



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

**PAUL MICHAEL NII ANANG OKOE**

**MODELO FACIOLÓGICO DAS COQUINAS DO ALBARDÃO NA PLATAFORMA  
INTERNA DO RS**

**Porto Alegre**

**2020**

PAUL MICHAEL NII ANANG OKOE

MODELO FACIOLÓGICO DAS COQUINAS DO ALBARDÃO NA PLATAFORMA  
INTERNA DO RS

Trabalho de conclusão de curso de Geologia da  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, apresentado na  
forma de monografia como requisito para obtenção do título  
de bacharelado em Geologia.

**Orientador:** Prof. Dr. Elírio Ernestino Toldo Júnior

**Co-Orientador:** Geól. Dr. Cristiano Fick

Porto Alegre

2020

## CIP - Catalogação na Publicação

Okoe, Paul Michael Nii Anang  
MODELO FACIOLÓGICO DAS COQUINAS DO ALBARDÃO NA  
PLATAFORMA INTERNA DO RS / Paul Michael Nii Anang  
Okoe. -- 2020.  
83 f.  
Orientador: Prof. Dr. Elírio Ernestino Toldo  
Júnior.

Coorientador: Geól. Dr. Cristiano Fick.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto  
de Geociências, Curso de Geologia, Porto Alegre,  
BR-RS, 2020.

1. coquinas. 2. plataforma interna. 3. Albardão. 4.  
altos batimétricos. 5. reservatório de petróleo. I.  
Toldo Júnior, Prof. Dr. Elírio Ernestino, orient. II.  
Fick, Geól. Dr. Cristiano, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente ao Deus e aos meus pais, David e Comfort Okoe por todo o apoio, suporte, incentivo e carinho sem os quais eu não teria chegado aqui. Aos meus irmãos Samuel de abençoada memória, Caleb e Morris, primos e primas, tios, tias e parentes, por terem me encorajado ao longo desses 5 anos do curso de geologia.

Ao Programa de Estudante-Convênio de Graduação (PEC-G) e ao Brasil pela oportunidade da bolsa de estudos.

A todos os professores do curso de Geologia da UFRGS, em especial ao meu orientador e mentor Prof. Dr. Elírio Ernestino Toldo Jr., por acreditar, me incentivar e conceder tamanha oportunidade de atuar como um verdadeiro pesquisador ao longo desses anos, além de oferecer toda a estrutura possível para a realização deste trabalho. Ao Geól. Dr. Cristiano Fick, meu co-orientador de altíssima qualidade, a quem me motiva e me levou para esse caminho de pesquisa, o qual foi um grande sucesso.

À PETROBRAS, pela concessão da bolsa de iniciação científica, ao Prof. Eduardo Puhl, coordenador do Projeto Coquinas, Prof. Rafael Manica e Profa. Ana Borges, chefes do Núcleo de Estudos de Correntes de Densidade (NECOD) do IPH/UFRGS e toda equipe deste núcleo de pesquisa. Também, à toda equipe envolvida no Projeto Coquinas, pelo excelente trabalho.

Ao “Pai de Sedimentologia”, Gilberto Santos e ao “Mago Zézão”, José Carlos Nunes, técnicos do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO) do Instituto de Geociências (IGEO) da UFRGS, por todo o apoio nas atividades de laboratório e de gabinete, as quais geraram dados fundamentais para esta dissertação. Ainda, aos professores e a todos os demais colegas do CECO-IGEO-UFRGS.

Agradeço ao CNPq e ao Prof. Wolfgang Kalkreuth pela primeira bolsa de iniciação científica e aos queridos do Laboratório de Análise de Rochas Geradoras de Petróleo do IGEO-UFRGS.

Agradeço imensamente às famílias do Policeman, do Oristin e do Abreu pelo acolhimento e carinho desde que eu cheguei aqui no Brasil. Ao “Alemão” do Xis Moita, pelo emprego, amor e pela admiração.

Por fim, agradeço a todos os colegas da /16 pela amizade e parceria de todos os dias. Aos bravos mapeadores da Faixa III, Sargento (PRF), Evandro e Vampiro. Ao CAEG pelo espaço, discussões e Horas Felizes e a todos os meus amigos mais queridos que acabei por conhecer na UFRGS, em Porto Alegre e no Brasil, pois conhecer vocês foram, sem dúvida, o maior ganho ao longo desses 6 anos neste país.

*“Again I saw that under the sun the race is not to the swift, nor the battle to the strong, nor bread to the wise, nor riches to the intelligent, nor favor to those with knowledge, but time and chance happen to them all.”*

*Ecclesiastes 9:11 (English Standard Version)*

*“For the vision is yet for an appointed time, but at the end it shall speak, and not lie: though it tarry, wait for it; because it will surely come, it will not tarry.”*

*Habbakuk 2:3 (King James Version)*

## RESUMO

Os depósitos de coquinas são importantes reservatórios de hidrocarbonetos no Brasil, no entanto, um desafio em termos de modelagem de reservatórios devido a sua complexidade e heterogeneidade. Para tal, é fundamental avaliar critérios sedimentológicos, estruturais e tafonômicos para proposição de seus modelos faciológicos e posicionais. Partindo dessa premissa, o presente trabalho tem por objetivo interpretar geneticamente os sedimentos mistos carbonato-siliciclásticos através da descrição faciológica, suas interações com forças hidrodinâmicas e destacar a influência morfoestrutural na distribuição dos depósitos bioclásticos na plataforma continental de Albardão. Esta plataforma, localizada na borda sudoeste da Bacia de Pelotas, apresenta uma litologia mista composta por areia fina, relativamente limpa e conchas de bivalves. A sua morfologia é caracterizada pela presença de vários bancos arenosos vinculados aos ciclos transgressivos e regressivos do nível do mar, formando linhas isobatimétricas irregulares que indicam a presença de vários altos batimétricos de origem estrutural decorrente do processo evolutivo da bacia. Abrange cerca de 33.000 km<sup>2</sup> e é limitada ao norte pela desembocadura da Lagoa dos Patos e ao sul pelo Arroio Chuí. Foram analisadas sedimentologicamente e tafonomicamente, 137 amostras de sedimento de fundo, coletadas em 3 operações oceanográficas. Com base nessas análises, três fácies carbonáticas foram reconhecidas em analogia ao esquema de classificação das rochas carbonáticas, uma fácies híbrida e quatro fácies siliciclástica. Estes foram agrupados em três associações de fácies: fácies de alta energia composta por rudstones (Rf) e grainstones (Gf), com conchas altamente fragmentadas abundantemente presentes na face da praia-antepraia (*foreshore-shoreface*), acima do FWWB onde ocorre acentuado retrabalhamento mecânico dos sedimentos, principalmente durante os eventos de tempestade; fácies de energia moderada constituindo-se de areia híbrida (Hs), areia (S) e areia lamosa (mS), entre o FWWB e o SWB, presente na zona de transição offshore (*transitional*) com ampla ação de *winnowing* e baixa taxa de retrabalhamento; fácies de baixa energia representada por lama arenosa (sM), lama (M) e lama micrítica (Mc), marcada pela decantação dos sedimentos finos abaixo do SWB (*offshore*). Em isóbatas <30 m, em direção à costa, preferencialmente em altos batimétricos, Rf e Gf prevalecem, exibindo uma geometria alongada na direção NE-SW com uma distribuição lateral heterogênea, enquanto sM, M e Mc predominam nas regiões mais profundas, > 50 m, com a mesma geometria. Hs, S, mS marcam a zona de transição, sendo proposto o seguinte modelo de fácies marinho raso, em direção à praia; M, Mc, sM, mS, S, Hs, Gf e Rf. Os resultados indicam uma faciologia de fundo controlada pela profundidade, pela morfologia dos altos batimétricos, pela declividade da plataforma interna, e pelo fluxo de energia das ondas incidentes com Rf e Gf sendo os reservatórios mais reconhecidos com alta permo-porosidade.

**Palavras-chave:** coquinas, plataforma interna, Albardão, altos batimétricos, reservatório de petróleo.

## ABSTRACT

Coquina deposits are important hydrocarbon reservoirs in Brazil, however, a challenge for the reservoir modeling due to their complexity and heterogeneity. As such, it is essential to evaluate sedimentological, structural and taphonomic criterias to propose their faciological and depositional models. Based on this premise, the present work aims to genetically interpret the mixed carbonate-siliciclastic sediments at the Albardão Shelf using facies description and its relationship with hydrodynamic forces and to investigate the morphostructural influence on the distribution of bioclastic deposits on the continental platform in the study area. This platform, located on the SW border of the Pelotas Basin, is composed of mixed lithologies comprising clean fine-grained sands and bivalve shells. Its morphology is characterized by several sandy banks formed during transgressive and regressive sea level cycles that created irregular isobathymetric lines and show several bathymetric highs with a structural control linked to the basin evolution. The Albardão Shelf covers about 33,000 km<sup>2</sup> and is limited to the north by the inlet of “Lagoa dos Patos” and to the south by the “Arroio Chuí”. Approximately 137 bottom sediment samples collected during three oceanographic cruises were analyzed for sedimentology and taphonomy. Based on these analyzes, three carbonate facies were recognized in analogy to the classification scheme of carbonate rocks, one hybrid facies and four siliciclastic facies. These eight facies were grouped into three facies associations representing high-energy facies, moderate and low energy facies. The high-energy facies association is composed of rudstones (Rf) and grainstones (Gf), with highly fragmented shells abundantly present in the foreshore–shoreface zone, above the FWWB where mechanical reworking of sediments occur during storm events. The moderate-energy facies association consist of hybrid sand (Hs), sand (S) and muddy sand (mS), between the FWWB and SWB, present in the offshore transitional zone with extensive action of winnowing and low rate of reworking. The low-energy facies association includes sandy mud (sM), mud (M) and micritic mud (Mc), characterized by the decantation of the fine sediments below the SWB (offshore). Landward, at isobaths less than 30 m, and commonly on bathymetric highs, Rf and Gf facies prevail, exhibiting an elongated geometry in the NE-SW direction with heterogeneous lateral distribution, whereas sM, M and Mc predominate in deeper isobaths, greater than 50 m, with the same geometry. Hs, S, mS facies mark the transition zone, being proposed the following shallow marine facies model, towards the beach; M, Mc, sM, mS, S, Hs, Gf and Rf. The results indicate a bottom faciology controlled by depth, bathymetric highs, morphology, inner shelf slope, and the energy flow of the incident waves with Rf and Gf being the best-recognized reservoirs with high permo-porosity.

**Keywords:** coquinas, inner shelf, Albardão, bathymetric highs, oil reservoir.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa geológico da área de localização dos concheiros do Albardão na Plataforma Sul Rio-grandense e a área de estudo (mod. Rosa <i>et al.</i> , 2007).....	2
Figura 2 – Fisiografia e principais estruturas da Bacia de Pelotas, limitada ao sul e ao norte pelos altos estruturais de Polônio e Torres, respectivamente (modificado de Urien & Martins, 1978, <i>apud</i> Dillenburg, 1988 – retirado de Barboza <i>et al.</i> , 2008).....	4
Figura 3 – Seção geológica esquemática da Bacia de Pelotas (compilada de Ojeda y Ojeda & Césero, 1973; Ojeda y Ojeda & Silva, 1975; Gonçalves <i>et al.</i> , 1979; Sanguinetti, 1979, 1980; Ornelas, 1981; Asmus & Guazelli, 1981 e Ojeda y Ojeda, 1982 <i>apud</i> Villwock, 1984 – retirado de Barboza <i>et. al.</i> , 2008).....	5
Figura 4A – Modelo batimétrico digital da plataforma continental sul-brasileira mostrando a localização da paleodrenagem do Rio de La Plata (mod. Correa <i>et al.</i> , 2014).....	9
Figura 4B – Perfil batimétrico transversal A-A’ com destaque para o relevo submarino representado pelos bancos arenosos ( <i>sand ridges</i> ) e os altos batimétricos (mod. Correa <i>et al.</i> , 2014).....	9
Figura 5 – Ilustração da plataforma continental com os limites interno e externo, e os principais processos oceanográficos (Dominguez <i>et al.</i> , 2011).....	16
Figura 6 – Fluxograma das principais atividades metodológicas.....	23
Figura 7 – Amostras de sedimentos (n=137) arquivadas na Litoteca do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica.....	25
Figura 8 – A) Amostrador de fundo Shipek <i>grab</i> . B) Amostrador de fundo Van Veen.....	25
Figura 9 – Visão geral do Laboratório de Sedimentologia – Sala de Processamento das amostras de sedimentos.....	26
Figura 10 – A) Jogo de peneira com os tamanhos de 2 mm e 0,0625 mm. B) Peneiramento das frações granulométricas.....	27
Figura 11 – Processo de quarteamento das amostras. A) Espalhamento dos sedimentos no quarteador. B) Separação das amostras para extrair uma porção representativa. C) Porções extraídas para análise.....	28
Figura 12 – A) Visão geral da análise morfoscópica dos grãos de quartzo e dos bioclastos. B) Análise tafonômica dos bioclastos. C) Análise da esfericidade e arredondamento dos grãos de quartzo.....	28
Figura 13 – A) Ataque químico com HCl da amostra representativa. B) Detalhe das reações químicas mostrando a efervescência da fração carbonática. C) Finalização das reações químicas após eliminação do CaCO <sub>3</sub> .....	30



Figura 14 – Classificação textural de sedimentos conforme limites entre grupos proposto por Folk (1954; 1974; 1980).....	31
Figura 15 – Classificação das rochas carbonáticas adotada neste trabalho (Dunham, 1962; Embry & Klovan, 1971).....	32
Figura 16 – Classificação textural das amostras da plataforma interna do Albardão.....	36
Figura 17 – Classificação composicional das amostras da plataforma interna do Albardão.....	37
Figura 18 – Representação gráfica da fragmentação das conchas nas fácies Rf (Rudstone fragmentado), Gf (Grainstone fragmentado), e Hs (Areia híbrida).....	38
Figura 19 – Principais fácies deposicionais: (A) Rudstone com conchas de bivalves (>2 mm) altamente fragmentadas (Rf); (B) Grainstone com conchas de bivalves (<2 mm) fragmentadas (Gf); (C) Lama micrítica (Mc); (D) Areia quartzosa com conchas não fragmentadas (Hs); (E) Areia quartzosa (S); (F) Areia quartzosa com lama (mS); (G) silte mais argila (lama siliciclástica) com areia (sM).....	40
Figura 20 – Representação gráfica do teor de carbonato (CaCO <sub>3</sub> ) contido nas amostras das diferentes fácies deposicionais.....	44
Figura 21 – Mapa batimétrico da plataforma interna do Albardão.....	45
Figura 22 – Mapa faciológico da plataforma interna do Albardão acoplado a batimetria.....	46
Figura 23 – Mapa faciológico acoplado ao modelo batimétrico 3D da plataforma interna do Albardão, e localização do Perfil batimétrico 1.....	47
Figura 24 – Modelo genético de fácies das coquinas do Albardão com a distribuição ao longo da plataforma interna controlada pela morfologia de fundo e o zoneamento hidrodinâmico, em um ambiente dominado por ondas com intenso retrabalhamento.....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resumo das etapas com as atividades de metodologia.....	23
Tabela 2 – Análise morfoscópica dos sedimentos do Albardão.....	37
Tabela 3 – Tabela de fácies das amostras da plataforma interna do Albardão.....	39

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Equação da velocidade orbital das ondas de gravidade.....	33
---	----

**LISTA DE ABBREVIATURAS E SIGLAS**

- Baf** – bioclasto altamente fragmentado
- Bmf** – bioclasto moderadamente fragmentado
- DHN** – Diretoria de Hidrografia e Navegação
- FWWB** – Nível de Base das Ondas de Tempo Bom
- G** – Cascalho
- Gf** – Grainstone fragmentado
- gM** – Lama cascalhosa
- gS** – Areia cascalhosa
- gmS** – Areia lamo-cascalhosa
- GEOMAR** – Geologia Marinha
- GPR** – Ground Penetrating Radar
- Hs** – Areia híbrida
- LOGMAR** – Laboratório de Oceanografia e Geofísica Marinha
- M** – Lama
- Mc** – Lama micrítica
- MCSb** – Margem Continental Sul-brasileira
- mG** – Cascalho lamoso
- msG** – Cascalho areno-lamoso
- mS** – Areia lamosa
- Pacc** = Porção de amostra com carbonato
- Pasc** = Porção de amostra sem carbonato
- Rf** – Rudstone fragmentado
- S** – Areia
- sG** – Cascalho arenoso
- sM** – Lama arenosa
- SWB** – Nível de Base das Ondas de Tempestade
- TSNA** – Trato de Sistema de Nível Alto

**UNEP/WCMC** – United Nations Environmental Programme/World Conservation Monitoring Centre

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE EQUAÇÕES.....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE ABBREVIATURAS E SIGLAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVO.....</b>	<b>3</b>
<b>3. ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 CONTEXTO GEOLÓGICO E TECTÔNICO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA .....</b>	<b>6</b>
<b>3.3 CONTEXTO HIDRODINÂMICO .....</b>	<b>10</b>
<b>3.4 EXEMPLOS DOS ANÁLOGOS DE COQUINAS.....</b>	<b>11</b>
<b>3.4.1 Fm. Morro do Chaves.....</b>	<b>13</b>
<b>3.4.2 Hamelin Coquina, Shark Bay .....</b>	<b>13</b>
<b>3.4.3 Depósitos de bivalves e gastrópodes marinhos, Bahía San Antonio.....</b>	<b>14</b>
<b>3.5 REVISÃO CONCEITUAL .....</b>	<b>15</b>
<b>3.5.1 Plataforma Continental.....</b>	<b>15</b>
<b>3.5.2 Origem dos Sedimentos .....</b>	<b>17</b>
<b>3.5.3 Transporte dos Sedimentos .....</b>	<b>18</b>
<b>3.5.4 Ação de Ondas e Correntes .....</b>	<b>18</b>
<b>3.5.5 Textura .....</b>	<b>19</b>
<b>3.5.6 Tafonomia .....</b>	<b>20</b>
<b>3.5.7 Fácies e sistemas deposicionais.....</b>	<b>21</b>
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 PRÉ-LABORATÓRIO .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1.1 Pesquisa bibliográfica .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2 LABORATÓRIO .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.1 Obtenção das amostras .....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.2 Análises sedimentológicas .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2.3 Análise tafonômica.....</b>	<b>30</b>

4.2.4	Descrição das amostras .....	30
4.2.5	Análise de fácies.....	31
4.2.6	Associações de fácies .....	32
4.2.7	Registro fotográfico.....	32
<b>4.3</b>	<b>PÓS-LABORATÓRIO .....</b>	<b>33</b>
4.3.1	Determinação da mobilidade dos sedimentos sob ação das ondas.....	33
4.3.2	Integração de dados obtidos .....	34
4.3.3	Interpolação da batimetria .....	34
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>35</b>
5.1	<b>SEDIMENTOLOGIA.....</b>	<b>35</b>
5.2	<b>TAFONOMIA .....</b>	<b>38</b>
5.3	<b>FÁCIES DEPOSICIONAIS .....</b>	<b>39</b>
5.3.1	Fácies Carbonáticas.....	40
5.3.2	Fácies Híbrida .....	42
5.3.3	Fácies Silicilásticas .....	43
5.4	<b>MAPA BATIMÉTRICO &amp; FACIOLÓGICO .....</b>	<b>45</b>
5.5	<b>MODELO BATIMÉTRICO 3D .....</b>	<b>47</b>
<b>6.</b>	<b>DISCUSSÕES .....</b>	<b>48</b>
6.1	<b>ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES.....</b>	<b>48</b>
6.1.1	Fácies de Alta energia .....	49
6.1.2	Fácies de Moderada energia.....	49
6.1.3	Fácies de Baixa energia.....	50
6.2	<b>MODELO DE FÁCIES .....</b>	<b>51</b>
6.3	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>52</b>
6.3.1	Caracterização do Reservatório.....	53
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>54</b>
<b>8.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>56</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Os reservatórios de coquina – rocha carbonática composta por conchas, são importantes produtores de hidrocarbonetos conhecidos no Triássico no Canadá, Jurássico – Cretáceo na China e Cretáceo na África Ocidental e no Brasil. Segundo Ramakrishnan *et al.*, 2001, cerca de 50% das reservas reconhecidas de hidrocarbonetos no mundo estão contidas em reservatórios carbonáticos com a maior parte da produção sendo em ambiente marinho raso e profundo. Estas são responsáveis por aproximadamente 60% da produção mundial de petróleo e 40% da produção de gás no mundo (Akbar *et al.*, 2008; Schlumberger, 2014).

No Brasil, as descobertas de espessos pacotes de coquinas na sequência de rochas do pré-sal se constituem atualmente em importantes reservatórios de petróleo na Margem Continental Brasileira (MCB), particularmente nas Bacias de Santos e Campos (Bertani & Carozzi, 1985; Dias *et al.*, 1988; Abrahão & Warme, 1990; Mello, 2008; Petersohn & Abelha, 2013; Thompson *et al.*, 2015; Carlotto *et al.*, 2017).

Entretanto, apesar da relevância econômica, o atual estado da arte sobre os modelos genéticos conceituais destas rochas é insuficiente, quando aplicados na interpretação dos ambientes deposicionais das acumulações de bioclastos fossilizáveis, quanto a arquitetura de fácies, bem como a evolução estratigráfica destes depósitos.

Para tanto, análogos recentes de coquinas, como por exemplo, os depósitos de bivalves em Shark Bay, na Austrália (Jahnert *et al.*, 2012), de gastrópodes no Lago Tanganica, Tanzânia (Cohen, 1989b; Tiercelin *et al.*, 1994; Soreghan & Cohen, 1996; McGlue *et al.*, 2010), dos bioclastos na plataforma interna do litoral sul do Rio Grande do Sul (Figueiredo *et al.*, 1981; Calliari & Klein, 1993; Klein, 1996; Corrêa, 2010), e dos depósitos marinhos de bivalves e gastrópodes na Bahía San Antonio, Província Rio Negro – Argentina (Charó *et al.*, 2014), além das suas peculiaridades quanto a diversidade de espécies e tipo de acumulações, podem ser utilizados como modelos para compreensão dos processos sedimentológicos e hidrodinâmicos das acumulações de coquinas.

Também, os estudos conduzidos por Calliari *et al.*, 1999, indicam que os depósitos carbonáticos da plataforma continental interna do Rio Grande do Sul representam uma importante jazida, com composição granulométrica e química adequada para uma variedade de usos, desde ração agrícola até aplicações industriais.

Partindo desta premissa, a pergunta científica que se lança é saber como os fluxos hidrodinâmicos oscilatórios em sistemas praias, associados a deformação da onda (refração, empolamento e quebra; sensu Short, 1999), atuam na dinâmica das acumulações e retrabalhamento dos grãos esqueléticos, como por exemplo os processos de *winning* e o retrabalhamento seletivo (sensu Kidwell, 1986), e quais são as feições faciológicas geradas que permitem identificar tais associações de processos.

Assim, o presente trabalho tem por objetivo interpretar geneticamente os extensos depósitos bioclásticos que ocorrem na plataforma interna do Albardão – RS, através da classificação faciológica e o desenvolvimento de um modelo deposicional em ambiente marinho raso resultante da interação das forças hidrodinâmicas com a superfície de fundo.

A região investigada situa-se na Margem Continental Sul-brasileira (MCSb), com área de aproximadamente 33.000 km<sup>2</sup>, limitada ao norte pela desembocadura do sistema Lagunar Patos-Mirim e, ao sul pelo Arroio Chuí (Fig. 1), entre as coordenadas geográficas latitudes 30°59'28"S, 34°20'56"S e longitudes 50°01'02"O, 53°03'30"O.

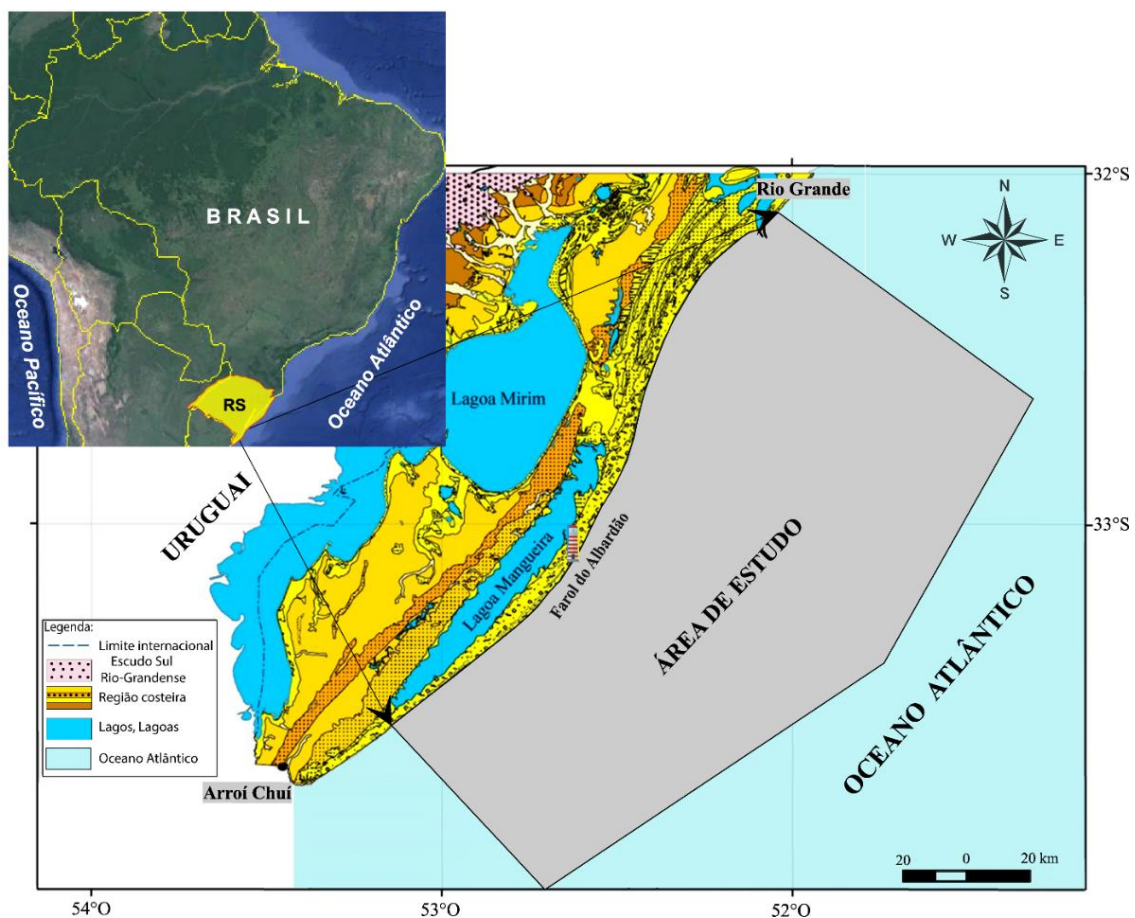


Figura 1 – Mapa geológico da área de localização dos concheiros do Albardão na Plataforma Sul Rio-grandense e a área de estudo (mod. Rosa *et al.*, 2007).



## **2. OBJETIVO**

### **Objetivo principal:**

Interpretar geneticamente os depósitos marinhos de coquinas no Albardão através da classificação faciológica e suas interações com as forças hidrodinâmicas.

### **Objetivos específicos:**

- ✓ Descrever a morfologia submarina, os sedimentos de fundo e a hidrodinâmica da plataforma interna do Albardão;
- ✓ Interpretar os índices de fragmentação das conchas;
- ✓ Gerar um mapa de retrabalhamento mecânico das conchas;
- ✓ Propor um modelo genético de fácies sobre a evolução dos depósitos de conchas por analogia a classificação das rochas carbonáticas.

### 3. ESTADO DA ARTE

#### 3.1 CONTEXTO GEOLÓGICO E TECTÔNICO

A plataforma interna do Albardão se encontra na borda sudoeste da Bacia de Pelotas, que possui uma plataforma continental de declividade pouco acentuada com extensão entre 100 e 200 km (Zembruski, 1979), zona de quebra em torno da isóbata de 170 m (Martins, 1984), sendo formada por um espesso pacote sedimentar segundo Tessler & de Mahiques, (2009). Esta bacia foi definida por Ghignone (1960) como uma ampla bacia preenchida por sedimentos Terciários e Quaternários, com uma superfície ocupada pelas lagoas dos Patos, Mirim, Mangueira e do Peixe, entre outras, na costa do Rio Grande do Sul (Figs. 1, 2 e 3). A configuração desta bacia sugere um abatimento longitudinal, relativamente raso. As falhas normais e as linhas de flexura são paralelas à margem continental, logo, formando degraus escalonados (Fig. 2).

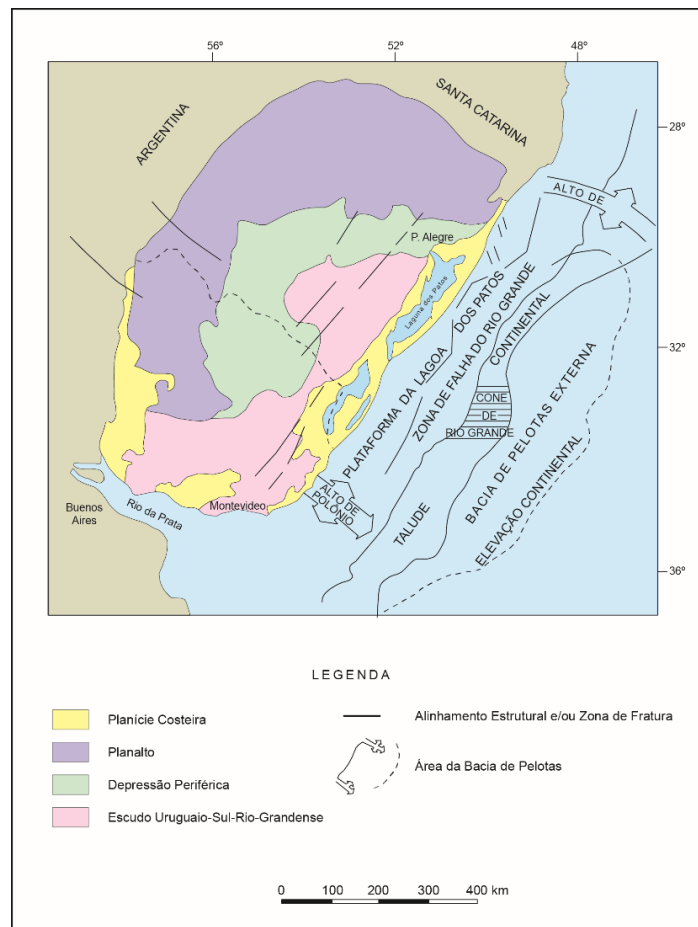


Figura 2 – Fisiografia e principais estruturas da Bacia de Pelotas, limitada ao sul e ao norte pelos altos estruturais de Polônio e Torres, respectivamente (modificado de Urien & Martins, 1978, *apud* Dillenburg, 1988 – retirado de Barboza *et al.*, 2008)

Além disso, a bacia também, é definida como marginal subsidente com preenchimento de seqüências clásticas continentais e transicionais (Asmus & Porto, 1972). Para tal fim, está representada uma seção geológica esquemática da Bacia de Pelotas elaborada por Villwock (1984) e modificada pelo Barboza *et al.* (2008) na Figura 3.

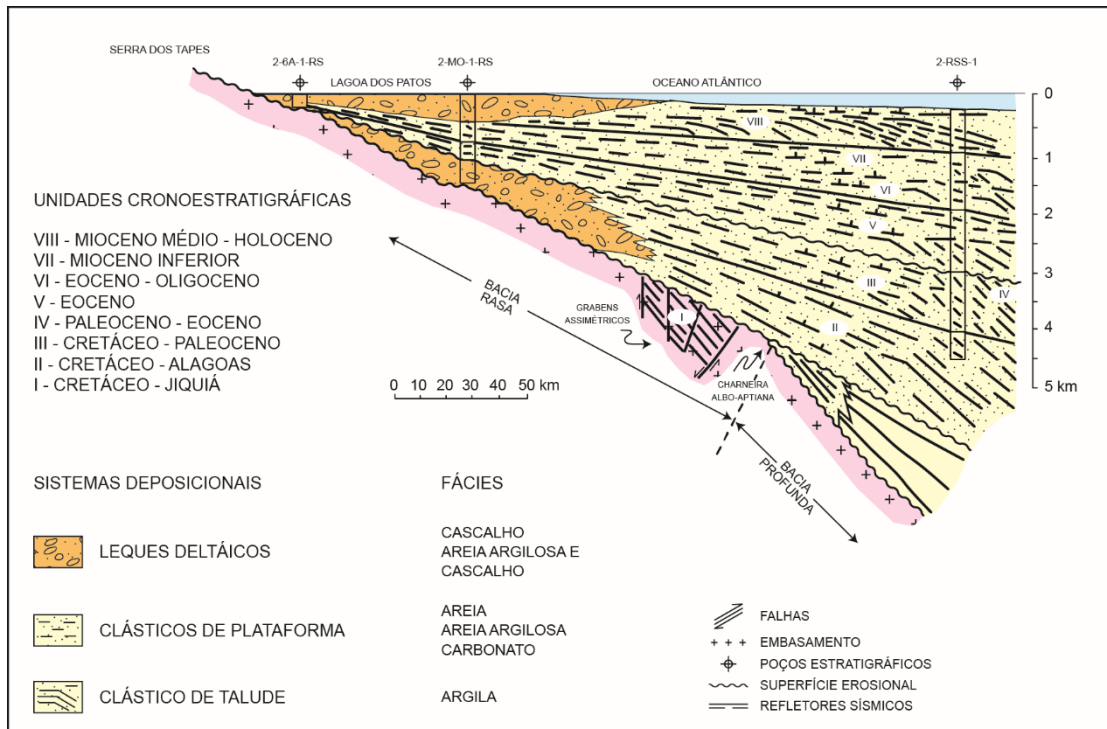


Figura 3 – Seção geológica esquemática da Bacia de Pelotas (compilada de Ojeda y Ojeda & Césero, 1973; Ojeda y Ojeda & Silva, 1975; Gonçalves *et al.*, 1979; Sanguinetti, 1979, 1980; Ornelas, 1981; Asmus & Guazelli, 1981 e Ojeda y Ojeda, 1982 *apud* Villwock, 1984 – retirado de Barboza *et al.*, 2008).

Sua origem está relacionada ao processo de rifteamento (também designado de tafrogênese) que ocorre pelo estiramento da crosta ou da litosfera (crosta e manto litosférico terrestres), o qual marcou a ruptura do paleocontinente Gondwana com a separação dos continentes sul-Americano e Africano, culminado com a abertura do Oceano Atlântico Sul, a partir do Jurássico e assim, iniciando a formação das bacias marginais brasileiras.

Dentro da classificação de Klemme (1980), enquadra-se no Tipo V – crosta intermediária e costeira, compreendendo o trecho meridional da margem continental brasileira ao sul da plataforma de Florianópolis. Segundo Asmus (1983), a Bacia de Pelotas se diferencia das demais no litoral brasileiro por registrar apenas o último estágio evolutivo, o oceânico. Conforme o autor em questão, os registros dos estágios anteriores deveriam ocorrer mais afastados da linha de costa, e estariam encobertos por espessos pacotes sedimentares.

As Fases Pré-rifte e Pós-rifte foram identificadas por Fontana (1990b, 1996), onde a primeira fase é representada por uma sequência basáltica associada ao início do rifteamento e a segunda, está relacionada ao soterramento das sequências do rifte sob um espesso prisma sedimentar. Uma discordância de idade albo-aptiana encobriu todas as unidades inferiores pelo progressivo *onlap* em direção a linha de charneira.

No Mioceno, a subsidência passou a ser mais efetiva pela atuação da flexura, ressaltando-se os *onlaps* costeiros evidenciados desde o Paleoceno. No Mioceno Superior até o Pleistoceno-Holocênio, o Cone do Rio Grande foi formado, com a deposição de um pacote sedimentar de maior espessura sobreposto essa unidade fisiográfica e morfológica de mar profundo, composto pela acumulação de material terrígeno, principalmente pelítico da drenagem do Rio de La Plata e da terras altas do Rio Grande do Sul (Martins *et. al.*, 1972).

### 3.2 MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA

A morfologia e sedimentologia do Albardão foram modeladas através dos eventos transgressivos-regressivos causadas pelas variações glacio-eustáticas do nível do mar, principalmente as mais recentes do Quaternário (Calliari & Klein, 1993). As flutuações do nível do mar formaram um conjunto de feições tanto de caráter erosivo como construtivo. Esta plataforma está morfológicamente caracterizada por um fundo irregular com presença de bancos e cordões lineares arenosos submarinos (*linear sand ridges*) lineares holocênicos – topografia relíquia, cujos eixos longos fazem um ângulo de cerca de 35° na direção NE com a linha de costa, junto aos afloramentos de *beach rocks* (Figueiredo *et al.*, 1981; Calliari & Klein, 1993; Calliari *et al.*, 1998).

O Albardão, se apresenta com uma litologia bimodal composta por sedimentos mistos carbonático-siliciclásticos depositados durante a fase regressiva pleistocênica e retrabalhados durante a fase transgressiva holocênica (Martins *et al.*, 1967, 1972; Urien & Martins, 1974; Figueiredo Jr. 1975; Figueiredo *et al.*, 1981; Corrêa & Ponzi, 1978; Calliari *et al.*, 1994; Kowsmann & Costa, 1974b, 1979; Tomazelli (1978); Calliari & Abreu, 1984; Asp, 1996, 1999 e Buchmann, 2002). Em geral, os sedimentos dessa área apresentam alta maturidade mineralógica tendo como fonte principal o complexo ígnea-metamórfico do escudo sul-riograndense e as rochas basálticas do planalto – Fm. Serra Geral (Pomerancblum & Costa, 1972).

Os minerais provindos destas rochas foram transportados e espalhados sobre a costa pela drenagem pleistocênica, diferente do atual sistema de drenagem.

Na área de plataforma interna há o predomínio de substratos arenoso (Calliari & Fachin, 1993) denominados bancos arenosos (*sand ridges*), cujas cristas são compostas por areias quartzosas relativamente limpas, médias a finas (reliíquias), oriundo de areias pleistocênicas (Martins, 1967; Martins da Silva, 1976; Villwock, 1987; Caron, 2014), com altura entre 4 e 10 m, largura entre 2 e 6 km, e alguns comprimentos de até 220 km segundo Figueiredo Jr., (1975). Encontram-se representados em praticamente toda a extensão da plataforma interna (Martins *et al.*, 1967; Urien & Martins, 1974; Kowsmann & Costa, 1979).

As cavas entre essas cristas são frequentemente cobertas pela fácies carbonática composta por concentrações notáveis de depósitos grossos (biodetritos) de idade Holocênica, datado pelo método  $^{14}\text{C}$  – 2,58 Ma (Figueiredo, 1975). Estes são constituídos de conchas inteiras de bivalves e fragmentos de conchas que ocorrem numa faixa de 30 km de extensão ao sul do Farol do Albardão (Fig. 1), (Figueiredo & Kowsmann, 1976; Figueiredo, 1975; Figueiredo *et al.*, 1981; Corrêa 1986; Corrêa & Toldo 1998; Caron, 2014). Tal material biodetrítico é resultado do retrabalhamento de paleolinhas de praias afogadas durante a transgressão holocênica e/ou retrabalhamento de depósitos biodetríticos na cava dos bancos arenosos pela hidrodinâmica atual (Figueiredo Jr., 1975; Corrêa, 1982; Calliari & Klein, 1993).

Essas conchas são de moderada a altamente fragmentadas e arredondadas, resultantes da fragmentação das carapaças de moluscos litorâneos, as quais caracterizariam um ambiente de alta energia na sua fase de deposição. Encontram-se entre as isóbatas de -15 a -35 m, e normalmente estão associadas a bancos arenosos alongados paralelos à linha de costa. (Martins *et al.*, 1972; Kowsmann & Costa, 1974b; Figueiredo Jr., 1975; Figueiredo *et al.*, 1981; Corrêa & Ponzi, 1978; Calliari *et al.*, 1993; Tomazelli, 1978; Calliari & Abreu, 1984; Asp, 1996, 1999; Buchmann, 2002).

Na plataforma média, os substratos apresentam aumento dos teores de lama (Calliari, 1998). Na altura da barra da Lagoa dos Patos, a cobertura arenosa é interrompida pelos sedimentos siltico-argilosos (lamosos costeiros) da fácies Patos (Martins *et al.*, 1972; Calliari & Fachin, 1993), provenientes do sistema lagunar Patos-Mirim e depositados por flocculação em sua desembocadura (Calliari & Fachin, 1993). Essa fácies é mais extensa na foz da desembocadura lagunar e pode abranger até a isóbata de -22 m com extensões de até 29,5 km (Martins, 1967; Villwock & Martins, 1972; Calliari & Abreu, 1984; Corrêa, 1987; Borzone &

Griep, 1991). Ao sul da desembocadura, o fundo submarino é extremamente homogêneo e sem irregularidades notáveis no seu relevo (Calliari & Abreu, 1984, Calliari & Fachin, 1993 e Calliari *et al.*, 1993). Em contraste, ao norte da barra, a plataforma apresenta a ocorrência de bancos arenosos lineares que chegam a apresentar diferenças de até 5 m entre a crista e a cava e comprimentos que podem atingir até 18 km (Figueiredo Jr., 1975). Neste setor, Calliari & Abreu, (1984) mapearam um conjunto de três elevações, situadas aproximadamente a 16 km a leste da barra da Lagoa dos Patos, que constituem os únicos substratos naturais consolidados existentes na região. O conjunto destas elevações, conhecido como Parcel do Carpinteiro, se constitui em um afloramento de *beach rocks* que, conforme Figueiredo Jr. (1980), pode estar relacionado à antiga linha de praia, em períodos de regressão marinha. Na plataforma externa predominam substratos lamosos, ocorrendo fácies arenosas e arenosas biodetríticas com restos de esqueletos de corais hermatípicos e substratos consolidados (Martins *et al.*, 1985).

As fácies lamosa, argilo-síltica e síltico-argilosa também foram observadas no extremo sul do Albardão, onde ocorre o paleocanal do Albardão apontado por Kowsmann *et al.*, (1977), que pode ser observado nas cartas náuticas entre o farol do Albardão e o Chuí com profundidade de 30 m, parcialmente preenchido com indícios batimétricos mapeado por Campos *et al.*, (2009), que sugerem ainda uma possível ligação entre o referido canal e o antigo paleodrenagem do Rio de La Prata (Fig. 4A), (Correa *et al.*, 2014). Esse paleocanal foi formado durante os períodos de regressão marinha, quando a plataforma esteve em grande parte exposta, logo, permitindo a migração da planície costeira em direção ao oceano conforme Abreu & Calliari, (2005).

A região sul da plataforma se apresenta com linhas isobatimétricas irregulares indicando a presença de diversos altos batimétricos, e, provavelmente, refletindo também a morfologia associada à paleodrenagem do Rio da La Prata (Fig. 4B), (Correa *et al.*, 2014). Esses altos demonstram indiretamente a depressão na zona sul da plataforma, a qual tem origem estrutural durante o processo evolutivo da bacia. Na última subida do nível de mar, essa depressão foi ocupada pelo Rio de La Plata (um braço do Rio de La Plata ou mesmo alguma outra drenagem do Uruguai).

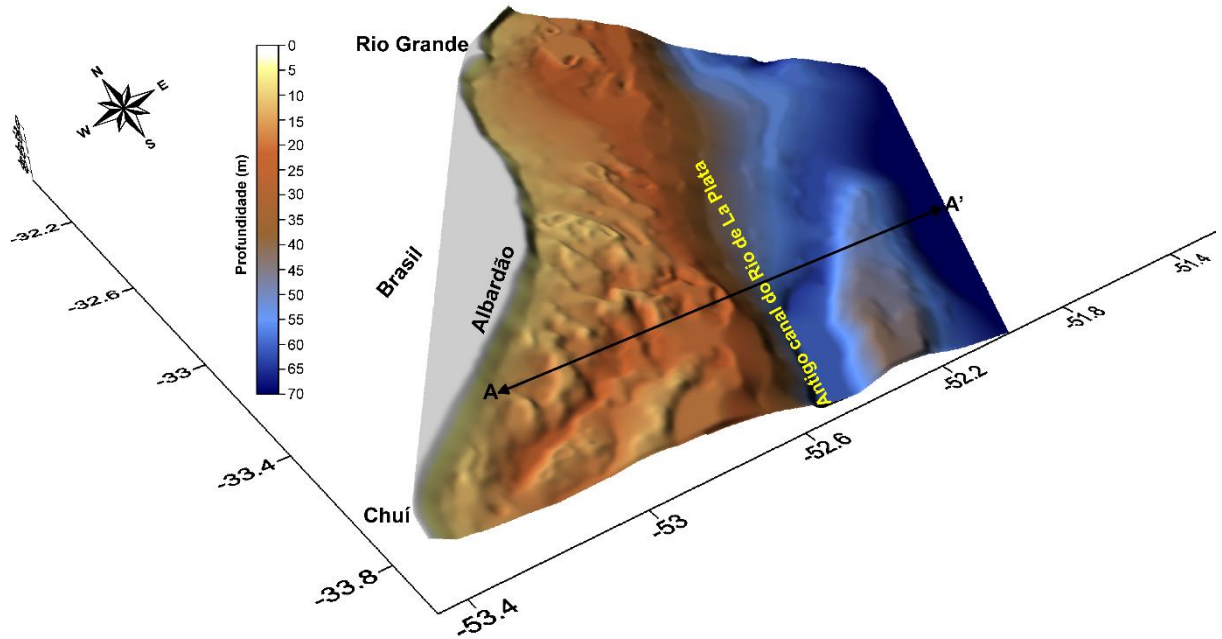


Figura 4A – Modelo batimétrico digital da plataforma continental sul-brasileira mostrando a localização da paleodrenagem do Rio de La Plata (mod. Correa *et al.*, 2014).

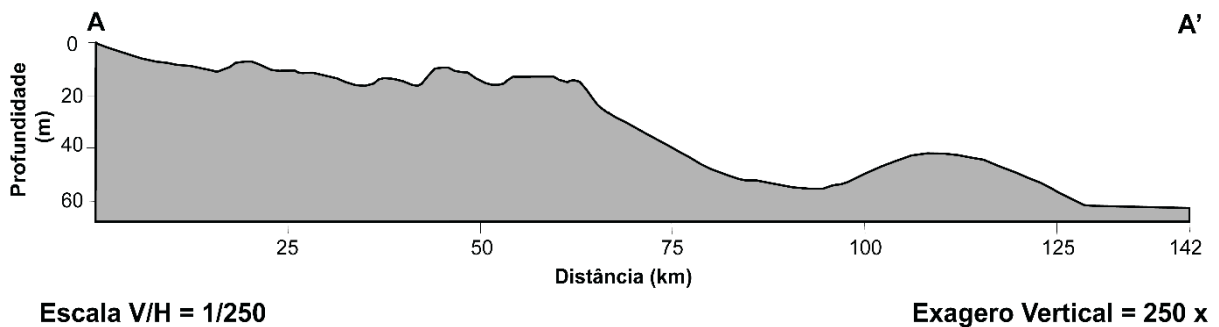


Figura 4B – Perfil batimétrico transversal A-A' com destaque para o relevo submarino representado pelos bancos arenosos (*sand ridges*) e os altos batimétricos (mod. Correa *et al.*, 2014).

O paleoambiente do Albardão tem sido interpretado como resultado da estabilização do nível do mar com idades entre 12.000 e 23.000 anos (Figueiredo, 1975). As características deste depósito de bioclastos em ambiente marinho raso, o tornam um análogo moderno recente de coquinas devido ao mecanismo de transporte (correntes e ondas induzidas pelo vento), origem dos sedimentos, bem como os depósitos biodetríticos presentes no sistema praiial adjacente, construídos e erodidos durante eventos de tempestade.

### 3.3 CONTEXTO HIDRODINÂMICO

Do lado oceânico, os processos hidrodinâmicos que definem as propriedades morfodinâmicas da plataforma do Albardão começam a operar a distâncias consideráveis, sendo mais efetivos na zona de arrebentação (*breaking zone*), onde as ondas dissipam sua energia retrabalhando os sedimentos, isto é, movendo sedimento e, subsequentemente, modificando a morfologia através de processos de erosão (retrabalhamento mecânico e *winnowing*) e deposição.

A costa do RS apresenta um regime de micromarés, caracterizada por marés astronômicas inferiores a 2 m, com amplitude média de 0,25 m, sendo que a maré meteorológica pode exceder 1,00 m (Andrade *et al.*, 2018). As marés astronômicas são insignificantes na área em estudo, sendo os fatores meteorológicos, os principais responsáveis pelas variações do nível d'água (maré meteorológica).

Ondulações produzidas no oceano Atlântico Sul e vagas geradas pelos fortes ventos locais de verão e primavera, provenientes de NE, incidem sobre a costa do Rio Grande do Sul. A agitação marítima é marcada por ondas de média a elevada energia, com altura significativa de 1,5 m e período entre 7 e 9 s, exceto pela passagem das frentes frias de S e SE (Almeida *et al.*, 1997, Sprovieri & Toldo, 2019). Consequentemente, o transporte e a deposição dos sedimentos ao longo da costa são primariamente dominados pela ação das ondas.

As fortes correntes litorâneas exibem um comportamento episódico, tendo como importante forçante as ondulações provenientes do quadrante sul, principalmente aquelas relacionadas à passagem de frentes frias nos períodos de inverno. Ondas com ângulo de incidência de 10° e altura de 1,79 m, geram correntes que atingem velocidades da ordem de 0,9 m/s (Jung & Toldo, 2011; Toldo *et al.*, 2006).

As características intermediárias a refletivas da praia do Albardão é pertinente à ocorrência de areia quartzosa fina misturada com concentrações significativas de fragmentos de conchas na praia, assim como na antepraia e plataforma interna. Esse fato faz com que o Albardão seja um análogo para estudos sobre a evolução e formação de coquinas do pré-sal, considerando-se uma das fácies - arenito híbrido (*Hybrid arenites*) da Fm. Coqueiros na Bacia de Campos (Bertani & Carozzi, 1985; Dias *et al.*, 1988; Abrahão & Warme, 1990; Carvalho *et al.*, 2000; Terra *et al.*, 2010; Muniz, 2013; Oliveira *et al.*, 2019) e da Fm. Morro do Chaves na Bacia de Sergipe-Alagoas (Tavares *et al.*, 2015).



A profundidade do limite superior e inferior da antepraia é muito variável dependendo do aporte e remoção local de sedimentos por condições de ondas e correntes. Estudos apontam como limite inferior as profundidades entre -16 e -20 m (Swift, 1975; Swift *et al.*, 1985). No entanto, na costa do Rio Grande do Sul, o limite inferior da antepraia pode alcançar a profundidade de 36,0 m em situações de eventos extremos (Almeida *et al.*, 1997) e, portanto, pode-se assumir que a região está compreendida entre a antepraia superior até a plataforma interna. Enquanto que o limite superior foi definido por Almeida *et al.* (1997), em 7,5 m.

### 3.4 EXEMPLOS DOS ANÁLOGOS DE COQUINAS

Na década de 70, a primeira jazida comercial de petróleo foi descoberta no sudoeste da Bacia de Campos (Campo de Badejo) com as coquinas de bivalves da Fm. Lagoa Feia sendo importantes reservatórios produtores de óleo. Diante disso, houve uma intensificação das atividades exploratórias na região e desde então, novas descobertas continuam sendo realizadas, sendo as mais recentes os campos gigantes de petróleo no intervalo do Pré-Sal da Bacia de Santos. Conseqüentemente, o estudo de reservatórios de coquina tem recebido um interesse revigorado e crescente de entender suas características sedimentológicas, diagenéticas e petrofísicas (Tavares *et al.*, 2015; Thompson *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2019).

O termo coquina foi definido por Schafer (1972) como acúmulos de conchas e/ou fragmentos de conchas depositados pela ação de algum agente de transporte. Pettijohn (1957) definiu as coquinas como rochas carbonáticas que consistem totalmente ou parcialmente de fragmentos de fósseis selecionados, mecanicamente transportados. Também é um termo genérico usado para designar rochas sedimentares constituídas por grãos esqueletais carbonáticos, geradas a partir de densas concentrações de partes duras de fósseis (conchas de moluscos) em ambientes subaquáticos conforme Kidwell (1986).

Os modelos deposicionais para a sequência do Pré-Sal (sin-rifte / não marinha) da Bacia de Campos sugerem que grandes concentrações de conchas foram depositadas, principalmente, nas margens dos lagos do tipo rampa (ou plataforma) sob a ação de ondas e correntes de tempestades, nas quais o *winnowing* da matriz (Kidwell, 1986; Fick *et al.*, 2018), e o retrabalhamento de bioclastos foram as dinâmicas dominantes dessas concentrações esqueléticas de grãos (Bertani & Carozzi, 1985; Dias *et al.*, 1988; Abrahão & Warne, 1990; Abrahão & Warne, 1990; Carvalho *et al.*, 2000; Muniz, 2013).

Além disto, na sequência de rochas da Fm. Coqueiros - Cretáceo Inicial do Pré-Sal, as camadas de coquina representam depósitos lacustres da idade Barremiano-Aptiana (Winter *et al.*, 2007) gerados durante a fase sin-rifte do supercontinente Gondwana (Conceição *et al.*, 1988; Segev, 2002; Dias, 2005) e que, às vezes, apresentam retrabalhamento mecânico e matriz siliciclástica (Bertani & Carozzi, 1985; Dias *et al.*, 1988; Abrahão & Warne, 1990; Carvalho; *et al.*, 2000; Terra *et al.*, 2010; Muniz, 2013).

Estas camadas constituem sedimentos bioclásticos do tipo *rudstone*, *grainstone* e *packstone*, compostas predominantemente por bivalves com comprimento de 0,3 a 5,0 cm, uma fauna com baixa diversidade. Os gastrópodes, ostracodes, pólen, esporos, fragmentos de ossos, dentes de peixes e escamas, assim como fragmentos de estromatólitos e laminitos de origem microbiana também são constituintes desses depósitos (Bertani & Carozzi, 1985a; Abrahão & Warne, 1990; Carvalho *et al.*, 1995).

Uma das fácies associada com a Fm. Coqueiros do pré-sal, o arenito híbrido – uma mistura de grãos siliciclásticos com bivalves cujo tamanho modal é <2 mm (Oliveira *et al.*, 2019), exemplifica o caso típico da plataforma interna do Albardão, onde os grãos siliciclásticos compostos por areias médias a finas (reliquias), prevalentemente limpas e lama (argila e silte), se encontram misturados com os bioclastos.

De forma geral, os depósitos carbonáticos da Bacia de Campos apresentam grandes variações faciológicas e diagenéticas a curtas distâncias, tanto no plano vertical quanto lateral. Isto explica por que tais reservatórios têm alta heterogeneidade e complexidade, como observado por Bruhn *et al.*, (2003).

Por conseguinte, o uso de depósitos análogos recentes de reservatórios de coquina como Holoceno Hamelin de Shark Bay, Austrália Ocidental (Jahnert *et al.*, 2012), os depósitos de bioclastos na plataforma interna do Albardão – alvo deste estudo (Figueiredo *et al.*, 1981; Calliari & Klein, 1993; Calliari & Abreu, 1984; Corrêa, 2010), os depósitos marinhos de bivalves e gastrópodes na Bahía San Antonio – Argentina (Charó *et al.*, 2014) e a Fm. Morro do Chaves (Pedreira Atol - AL) do Cretáceo Inferior – análogo antigo, localizado na Bacia de Sergipe-Alagoas (Kinoshita, 2010; Corbett *et al.*, 2013) são de grande importância para explicar, interpretar e compreender a formação dos antigos depósitos, de modo apropriado no contexto do presente como a chave do passado (Hutton, 1788 *apud* Caxito, 2017).

### 3.4.1 Fm. Morro do Chaves

A Fm. Morro de Chaves é um análogo antigo de coquinas que possui um contexto deposicional e temporal correlato às coquinas da Fm. Coqueiros da sequência de rochas do Pré-Sal da Bacia de Campos (Kinoshita, 2010; Corbett *et al.*, 2013). Conforme Figueiredo *et al.*, (1981), Milani *et al.*, (1988) e Feijó (1994), Winter *et al.*, (2007) e Kinoshita (2010), a formação em questão ocorre na Bacia de Sergipe-Alagoas, no nordeste do Brasil. Esta formação foi definida como uma sucessão carbonática da idade de Jiquiá (Barremiano tardio a Aptiano precoce) intercalada com rochas siliciclásticas das Fms. Coqueiro Seco e Rio Pitanga (Azambuja Filho *et al.*, 1998), onde apresenta-se quatro fácies principais: (1) fácies delta de leque associadas à escassez de falhas no NE da bacia, contendo conglomerados retrabalhados por ondas, (2) arenitos com bivalves, (3) camadas espessas de coquinas e (4) folhelhos lacustres, com espessura variando de 50 a 350 m, sendo as seções mais grossas associadas aos movimentos dos blocos de falha (Azambuja *et al.*, 1998).

As coquinas da Fm. Morro do Chaves foram depositadas durante o estágio local de Jiquiá (Barremian/Aptian) em um ambiente lacustre durante um sistema transgressivo de terceira ordem na bacia de Sergipe-Alagoas, sobrepondo os depósitos fluviais da Fm. Penedo (Azambuja *et al.*, 1998). Estas se constituem de conchas de moluscos (bivalves) com presença de ostracodes, gastrópodes e outros bioclastos. A matriz contém micrita, argila, areia siliciclástica (composta principalmente por quartzo) – um caso específico observado na plataforma interna do Albardão, o foco deste trabalho, e alguns litoclastos de rochas ígneas, sedimentares e metamórficas. Na Pedreira Atol, as coquinas da Fm. Morro do Chaves são caracterizadas por aproximadamente 50% da matriz siliciclástica.

Outro ponto de destaque das coquinas da Fm. Morro do Chaves, também pertinente ao Albardão, é a deposição preferencial dos carbonatos sobre altos estruturais, os quais estão geneticamente associados aos movimentos estruturais da bacia. Ademais, o acentuado retrabalhamento e deposição das conchas por influência das ondas de tempestade e deriva litorânea, se constituem nos agentes responsáveis pela acumulação dos bioclastos altamente fragmentados na região rasa do Albardão.

### 3.4.2 Hamelin Coquina, Shark Bay

Shark Bay, um patrimônio mundial em 1991 (UNEP/WCMC 2008), está localizada no Oceano Índico Oriental, na Austrália Ocidental. É caracterizada pelo sistema de carbonato

hipersalino do Holoceno, representado por depósitos microbianos (estromatólitos, trombólitos) e um sistema de cristas de praia formadas por coquinas. Este sistema se sobrepõe aos depósitos de uma barreira Pleistocênica com uma progradação em direção ao mar sobre os depósitos microbianos supramaré-intermaré por causa da queda do nível do mar do Holoceno tardio e devido ao alto volume de conchas de bivalves disponíveis. O processo dura há 4500 anos (Jahnert *et al.* 2012).

O sistema de cristas de praias de coquinas em Shark Bay tem uma origem relacionada à regressão do nível do mar durante um trato de sistema de nível alto (TSNA) que mudou as condições ambientais em *bays* como Hamelin Pool com 1.400 km<sup>2</sup> de área deposicional e L'Haridon Bight com área de 350 km<sup>2</sup>.

Os perfis de penetração no solo (GPR) no mesmo sistema de cristas de praia em Shark Bay (Jahnert *et al.* 2012), mostraram um sistema de acréscimo lateral com processos de tempestade responsáveis pelo acúmulo de grandes quantidades de coquinas em escala métrica, e um histórico de retrabalhamento subsequente dos materiais erodidos em um contexto de contínua queda do nível do mar. Em comparação com a Fm. Morro do Chaves – um depósito análogo antigo de coquinas, a escala das camadas e as superfícies de mergulho progradante observadas nas coquinas de Hamelin Pool são semelhantes.

Assim, o modelo progradacional da construção das cristas de praia em Hamelin serve como um análogo útil para os reservatórios antigos de coquina (Dias *et al.*, 1988) – Bacia de Campos, Brasil, depositados em sistemas lacustres (Carvalho *et al.*, 2000) e depósitos recentes de coquinas – a plataforma interna de Albardão, depositada em ambiente marinho raso (Figueiredo *et al.*, 1981; Calliari & Klein, 1993; Corrêa, 2010). Isto, porque ambos os análogos têm configurações hidrodinâmicas semelhantes, compartilham muitas características deposicionais e são ambientes semi-fechados dominados por ondas de tempestades (Platt & Wright, 1991; Jahnert *et al.*, 2012).

### **3.4.3 Depósitos de bivalves e gastrópodes marinhos, Bahía San Antonio**

Na costa norte-patagônica da Argentina, a sudoeste do Oceano Atlântico, o Golfo de San Matías apresenta conjuntos de depósitos de moluscos (bivalves e gastrópodes) (Feruglio, 1950), que se estendem da praia de El Cóndor a Piedras Coloradas. Paleo-praias, cordões litorâneos (depósitos de cascalho e areia), planícies costeiras e paleo falésias (cascalho cimentado) caracterizam esse golfo. Wichmann (1918) descreveu primeiro os depósitos

marinhos do Quaternário, atribuindo-os a uma formação quaternária reconhecida próxima da Bahía de San Antonio. Esta formação destaca cinco terraços marinhos ao longo da costa da Patagônia em relação às suas diferentes altitudes (Feruglio, 1950).

Angulo *et al.*, (1978) distinguiu os depósitos desta região em duas formações: (1) Fm. Baliza San Matías (Pleistoceno tardio –  $\geq$ MIS 9, MIS 7, MIS 5e) e (2) Fm. San Antonio (Holoceno – MIS 1) fundamentado em sua morfologia, grau de litificação e posição estratigráfica. Esta última produziu idades entre 40 e 28 ka a partir da datação  $^{14}\text{C}$  em conchas de moluscos, interpretadas como sedimentos re-transportados dos mais antigos. Os bivalves e gastrópodes marinhos encontrados no Pleistoceno e no Holoceno na Bahía de San Antonio se diferenciaram em termos de composição e abundância.

As variações do nível do mar devido ao regime de marés semi-diurnas na Bahía de San Antonio se constituem no fator preponderante da circulação marítima (juntamente com as ondas), responsável pela deposição das coquinas – um dos principais agentes hidrodinâmicos responsáveis pelo retrabalhamento e deposição dos bioclastos nas regiões rasas da plataforma continental interna de Albardão.

### 3.5 REVISÃO CONCEITUAL

#### 3.5.1 Plataforma Continental

A Plataforma Continental pode ser definida fisiograficamente como sendo aquela região de águas rasas e de declive suave que circunda os continentes, se estendendo desde a linha de praia até a quebra da plataforma, onde ocorre uma mudança abrupta na declividade. A melhor maneira de definir a Plataforma Continental é associando-lhe critérios, em especial a profundidade e a declividade.

Antes de tudo, a plataforma continental é uma feição do presente período geológico, tendo se originado numa gama de processos de acumulação e de erosão no Pleistoceno e no limite do Pleistoceno/Holoceno. Pode ser dividida em duas áreas: a) Plataforma Continental Interna: (Infratidal) – da linha de costa até a profundidade de -50 m (*offshore*); b) Plataforma Continental Externa – da profundidade de -50 m até a zona de quebra (Fig. 5). A última apresenta sedimentos “fósseis” (pleistocênicos), também chamados de “reliquias” – depósitos antigos análogos. Estes se encontram recobertos pelos depósitos atuais ou sub-atuais.

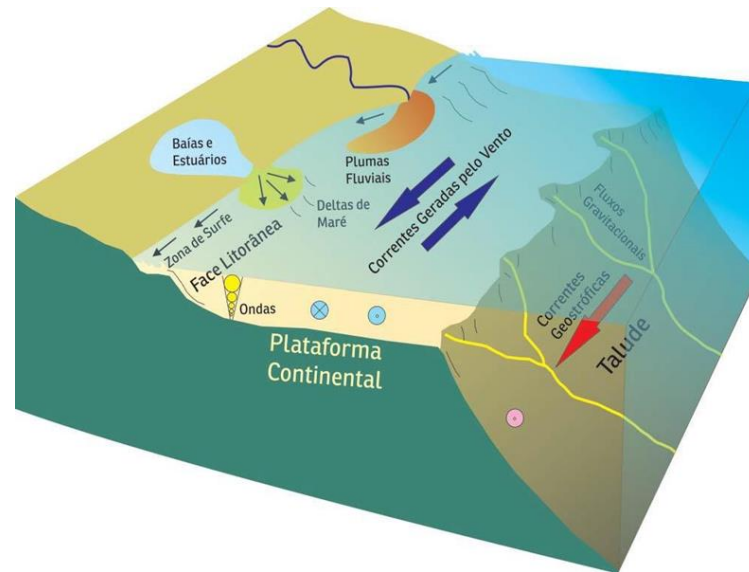


Figura 5 – Ilustração da plataforma continental com os limites interno e externo, e os principais processos oceanográficos (Dominguez *et al.*, 2011).

A profundidade em que termina o domínio da plataforma continental (profundidade de quebra) é bastante variável. Shepard, (1973) mostrou estatisticamente que a profundidade média fica em torno de 72 fathoms ( $\pm 130$  m), no entanto em certas plataformas continentais, especialmente nas plataformas localizadas em altas latitudes, esta profundidade pode chegar a 400-500 m ou mais (ex: Antártica; Noruega; Sul da Argentina). Por outro lado, certas plataformas podem terminar em profundidades tão rasas quanto 20 m (ex: Plataforma Nordeste Brasileira; região de Fossas).

A declividade da Plataforma Continental é bastante suave, em geral inferior a 1:1.000 e contrasta grandemente com o declive do Talude Continental que, geralmente, é superior a 1:40 (Coutinho, 1995; Suguio, 2003). A largura da Plataforma Continental é, também, muito variável. Segundo Shepard (1973), a largura média é em torno de 70-80 km mas, certas áreas praticamente não possuem plataforma enquanto que em outras ela se estende a mais de 500 km (ex: Sul da Argentina; Norte da Rússia; Mar da Noruega ( $\pm 1.400$  km); Alasca; Norte da Austrália ( $\pm 1.200$  km); Canadá e Este dos EUA (2 a 300 km)).

Em geral a topografia da Plataforma Continental é bastante regular sendo rara a ocorrência de feições (colinas, depressões, etc.) com relevo superior a 20 m. Dentre as feições topográficas mais importantes na morfologia das Plataformas Continentais, destacam-se os canais e vales fluviais afogados, os terraços e os bancos sedimentares de diversas origens. O modelado das Plataformas Continentais é em grande parte, o resultado das variações glacio-eustáticas do nível do mar. A migração da linha de costa (e em consequência da drenagem

costeira) imprimiu feições erosivas e deposicionais responsáveis por muitas das irregularidades topográficas encontradas nas Plataformas Continentais. Assim os Vales Submarinos (redes fluviais afogadas), muitos dos quais conectados com vales fluviais sub-aéreos, foram encontrados em inúmeras Plataformas Continentais.

Os terraços submarinos são identificados praticamente em todas as Plataformas Continentais do mundo. Alguns são feições deposicionais formadas por processos de progradação deltaica. Mas a maioria é de origem erosiva, correspondente a diferentes posições do nível do mar no Pleistoceno (terraços de abrasão). A terceira maneira pela qual alguns terraços submarinos podem ter sido criados seria por eventos tectônicos (subsidência). As paleo-linhas de costa ficam definidas em topografia submarina, pela presença de escarpas (Kowsmann *et al.*, 1977; Corrêa, 1979, 1983, 1984, 1986, 1987, 1996; Corrêa *et al.*, 1980, 1989, 1992; Corrêa & Baitelli, 1991; Corrêa & Villwock, 1996). A Plataforma Continental entre Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul apresentam 5 escarpas ou paleo-linhas: 20-25 m, 32-45 m, 60-70 m, 110-120 m, 130 m (Corrêa, 1996). Um destes terraços mais comumente encontrados nas Plataformas Continentais situa-se em profundidades entre 60-70 m.

Por fim, as condições hidrodinâmicas são importantes, bem como o relevo submarino, a ocorrência de extensos bancos arenosos (*sand ridges*) e ondas de areia (*sand waves*).

### 3.5.2 Origem dos Sedimentos

O material sedimentar, desde sua origem até o local onde será depositado, sofre a influência de variáveis físicas, químicas e biológicas. Estas variáveis atuam, na área fonte, durante o transporte, na área de deposição, e posteriormente no próprio depósito (diagênese). Na área fonte sob a ação dos agentes físicos, químicos e biológicos, ocorre intemperismo e erosão (Tucker, 2001). O clima (temperatura e umidade) vai influir sobre o tipo de intemperismo que vai predominar na área fonte e conseqüentemente nas características dos materiais resultantes (Blatt, 1982). Outro fator importante no caráter dos sedimentos é a influência tectônica. Um tectonismo intenso pode resultar em relevos íngremes, os quais fornecerão clastos angulosos, que devido às condições geomorfológicas da área, ocasionará a deposição dos mesmos nas proximidades da área fonte, sofrendo, portanto, pouco transporte. Estes sedimentos serão mal selecionados e imaturos (Ingersoll, 1979). Áreas fontes com relevos suaves típicas de embasamentos graníticos, produzem depósitos maduros constituídos de areia e argila, dependendo das condições climáticas (Blatt, 1982).

Os sedimentos ricos em quartzo (areia) têm sua área fonte nas margens cratônicas as quais são tectonicamente estáveis. A composição dos sedimentos arenosos é influenciada pelas características da área fonte, natureza dos processos sedimentares que ocorrem na bacia de sedimentação e pelo tipo de distribuição que terá durante o transporte entre a área fonte e a bacia de deposição. A relação existente entre a fonte e a bacia sedimentar é governada pela tectônica de placas a qual controla a distribuição dos diferentes tipos de sedimentos (Ingersoll, 1979). Portanto, os padrões detríticos das sequências arenosas das diferentes bacias dependem do tipo de tectônica de placas que atua na província.

### **3.5.3 Transporte dos Sedimentos**

Os sedimentos são transportados por diversos mecanismos, os quais incluem o vento, geleiras, ondas, correntes fluviais, correntes de maré, fluxos gravitacionais e de densidade. O transporte ocorre das seguintes formas: tração, suspensão, saltação e solução. Cada processo imprime no depósito sedimentar estruturas típicas.

A tração se processa por rolamento e deslizamento, produzindo seixos imbricados e de arredondamento variável. As areias transportadas por tração apresentam boa seleção granulométrica bem como formam acamadamento gradacional, porém sem matriz. Enquanto as areias transportadas por saltação, via de regra, apresentam marcas de ondas. O transporte por suspensão gera depósitos de baixa seleção granulométrica e pouco retrabalhamento dos grãos. A matriz é predominantemente pelítica. As estruturas sedimentares características são: a) as do tipo laminação plano paralela e, b) as marcas de fundo.

### **3.5.4 Ação de Ondas e Correntes**

A distribuição de tamanho dos sedimentos clásticos de ambientes de águas rasas é controlada pelas condições hidrodinâmicas, isto é, a ação das ondas e correntes. A ação das ondas é efetiva apenas em pequenas profundidades, e a questão de sua extensão tem sido frequentemente discutida por experimentações e observações diretas, sem, contudo, se ter uma resposta decisiva. Assim, o fluxo oscilatório das partículas de água produzidas por ação da onda, tem sido medida até uma profundidade de 200 m, mas por outro lado, medidas precisas, desenvolvidas em condições marinhas normais, forneceram dados de que os sedimentos são afetados a uma profundidade de alguns metros somente. Quanto maior a órbita, o comprimento e a amplitude das ondas, mais profunda é a sua ação. Todas estas circunstâncias dependem do



poder do vento e do tamanho da superfície do corpo de água. Numerosas medidas diretas de energia de onda têm provado que em média ela é muito maior nos oceanos do que nos mares.

Quanto as correntes, estas podem ser divididas nos seguintes grupos: 1) Correntes locais, influenciadas por diferenças locais de temperatura e salinidade; 2) Correntes de grande escala, semipermanentes induzidas pela direção predominante do vento. São características da circulação de certos mares ou grandes golfos; 3) Correntes de circulação oceânica (Malvinas, Brasil, etc); 4) Correntes de marés. Todas estas correntes podem afetar o sistema de deposição em ambientes de águas rasas. Suas velocidades médias variam de alguns cm/s a várias dezenas de cm/s. Algumas correntes locais atingem considerável velocidade, particularmente em estreitos, onde são capazes de transportar areia grossa e cascalho fino até profundidades de várias centenas de metros. Correntes de marés podem atingir velocidades expressivas (dezenas de metros nas proximidades da quebra da plataforma). Esta zona representa o local de correntes de fundo com velocidades mais rápidas que na plataforma interna. Todas estas correntes mencionadas acima são correntes de superfície que podem, mas não necessariamente afetar camadas de água profundas.

As correntes costeiras na plataforma interna não foram consideradas neste estudo por não apresentarem magnitudes significativas de velocidades, com capacidade de retrabalhamento mecânico dos sedimentos de fundo, conforme resultados obtidos por Andrade *et al.*, 2016 em estudos dessas forçantes no litoral norte do Rio Grande do Sul.

### 3.5.5 Textura

A textura e as estruturas sedimentares são importantes características dos sedimentos carbonático-siliciclásticos, visto que refletem os processos deposicionais envolvidos (Tucker, 2001). De acordo com Boggs (1992), a textura primária engloba três propriedades fundamentais das rochas sedimentares: tamanho de grão, forma (arredondamento, esfericidade) e fábrica (empacotamento e orientação). Neste trabalho foram empregadas as primeiras duas propriedades. A granulometria dos sedimentos tanto siliciclásticos quanto carbonáticos é determinada utilizando a escala de Udden-Wentworth (Udden, 1914; Wentworth, 1922), onde os intervalos variam de  $<0,0039$  mm a  $>256$  mm, e dividida em quatro classes principais, argila, silte, areia e cascalho segundo Boggs, (1992).

Quanto a forma, é normalmente medida pela esfericidade, a qual é dada pela variação de tamanho dos três eixos perpendiculares do grão, que corresponde ao quanto sua forma se

aproxima ou se afasta de uma esfera, sendo geralmente governada pelas propriedades físicas do grão componente de um sedimento ou fragmento de rocha sedimentar, incluindo clivagens, textura interna, etc. (Blatt, 1982). Para classificar o grão, a nomenclatura da tabela comparativa de Rittenhouse, (1943) é usada. O arredondamento diz respeito à angularidade, a qual considera a curvatura das bordas dos grãos, correspondendo ao quanto a superfície é lisa, e varia entre seis classes desde muito angular a muito bem arredondado, sendo o mais importante parâmetro morfoscópico na interpretação dos processos sedimentológicos (Tucker, 2001). O grau de arredondamento é controlado pelo tamanho dos grãos, sua dureza e condições de transporte (Blatt, 1982), e possui melhor significado para a interpretação de ambientes de sedimentação (Tucker, 2001). A textura superficial é expressa pela ornamentação das faces dos grãos sedimentares, se estas superfícies são lisas, onduladas, foscas ou polidas. Esta informação reflete os processos de abrasão sofridos pela partícula durante o transporte.

### 3.5.6 Tafonomia

A tafonomia dos organismos esqueléticos marinhos envolve processos biológicos, químicos e mecânicos que levam à abrasão, bioerosão, desarticulação, dissolução, incrustação, fragmentação, precipitação, orientação e classificação (Nielsen, 2004). Fragmentação, o foco neste trabalho, refere-se à desagregação de conchas inteiras para fragmentos de conchas, os quais possuem menos de 90% do seu tamanho e formato originais através de uma variedade de processos físicos e biológicos em um ecossistema (Zuschin *et al.*, 2003). As opiniões em relação às origens desses fragmentos, podem ser amplamente atribuídas ao esmagamento por predadores (Ginsburg, 1957; Trewin & Welsh, 1976; Vermeij, 1987) ou processos pos-mortem através de impacto de ondas ou transporte (Force, 1969; Parsons & Brett, 1991).

De modo geral, sedimentos carbonáticos tal como acumulações atuais de restos biológicos (bioclastos, conchas de bivalves, gastrópodes, etc.), são utilizadas como fonte de informação para reconhecer os processos de destruição, e assim determinar as alterações incorporadas no registro fóssil (Allison & Briggs 1991, Allison & Botjer 2011). A energia do ambiente deposicional assim como seu mecanismo de transporte, grau de retrabalhamento ou dissolução de sedimentos podem ser interpretadas recorrendo ao grau de fragmentação como um indicador (Ager, 1963; Link, 1967; Parsons & Brett 1991; Kidwell & Bosence 1991; Parsons-Hubbard, 2005; Tomašových & Rothfuss 2005; Best 2008; Rodrigues, *et al.*, 2010; Erthal, 2012; Staff *et al.*, 2002).

Entretanto, a determinação da assinatura tafonômica (dano tafonômico) – fragmentação, através da análise de tafofácies em moluscos de acumulações marinhas superficiais não responde de maneira direta à variação dos principais aspectos sedimentares (granulometria e composição do sedimento) e oceanográficos (salinidade, temperatura, correntes, etc.; Best & Kidwell 2000a, Parsons-Hubbard 2005, Tomasövénych e Zuschin 2009, Parsons-Hubbard *et al.*, 2011). Assim, há a necessidade de complementar danos tafonômicos com dados sedimentológicos.

### **3.5.7 Fácies e sistemas deposicionais**

O estudo de Sedimentologia e Estratigrafia modernas depende da ampla utilização de conceitos acerca de relações, sucessões, associações, modelos de fácies e sistemas deposicionais (sensu Fisher & McGowen, 1969; Borghi, 2000), e na análise de fácies (Miall, 1990; Reading, 1996; Walker & James, 1992; Borghi, 2000). O termo fácies foi definido como uma massa de sedimento ou unidade de rocha sedimentar caracterizada e distinguida das demais pela litologia, geometria estratal, estruturas sedimentares, petrotrama, aspectos físicos e biológicos (cores e fósseis) e por atributos direcionais, possuindo, portanto, um significado genético associado (Selley, 1970; Dalrymple, 2010).

A observação e descrição da assembleia desses atributos (análise de fácies) permitem identificar a gênese do depósito sedimentar para posteriormente interpretar o ambiente deposicional no qual o depósito foi formado, sendo também influenciados por fatores como mudanças no nível do mar, climáticas e tectônicas (Dalrymple, 2010). Assim, as características deposicionais primárias, tais como estruturas sedimentares, tamanho de grão e grau de seleção, são muito importantes para a identificação da fácies (Dalrymple, 2010).

A interpretação da gênese de um depósito de sedimento ou um pacote de rochas sedimentares e dos processos que o originaram passa pela subdivisão da sucessão sedimentar em unidades menores “internamente homogêneas”, denominada fácies deposicionais. É definida como um corpo de rocha ou depósito de sedimentos que apresenta uma combinação característica de litologias, estruturas físicas e biológicas que o diferencie dos corpos de rochas ou depósitos de sedimento adjacentes (Dalrymple, 2010).

Reading (1986), vinculou a geração de fácies aos processos sedimentares particulares, definidos por analogia com casos de estudo em ambientes de sedimentação atuais ou em ensaios de simulação laboratorial. Ambientes de sedimentação distintos formados por processos

deposicionais semelhantes, podem resultar em uma mesma fácies deposicional, considerando que uma estrutura sedimentar em particular pode ser formada em ambientes distintos. Conseqüentemente, é necessário realizar a análise do conjunto de fácies na sucessão (Dalrymple, 2010). O conjunto geneticamente relacionados entre si e que possuam relação em termos de ambiente de deposição é denominado de associação de fácies (Collinson, 1969).

A caracterização interpretativa (análise) das associações de fácies fornece informações sobre o ambiente deposicional que cada fácies individualmente não pode fornecer (Dalrymple, 2010). Portanto, as associações são fundamentais para a interpretação correta do ambiente deposicional, visto que duas fácies formadas em ambientes distintos podem ser descritivamente e hidrodinamicamente idênticas (Walker, 2006).

#### **4. METODOLOGIA**

Para alcançar os objetivos deste trabalho, a metodologia empregada incluiu as análises sedimentológica e tafonômica de 137 amostras de sedimento, coletadas na plataforma interna do litoral sul do Rio Grande do Sul durante operações oceanográficas GEOMAR IV, VI e VII, no âmbito do Projeto GEOMAR. As principais etapas metodológicas estão resumidas na Tabela 1.

##### **Aquisição de banco de dados**

A sistemática metodológica consistiu das seguintes etapas: 1) Etapa de pré-laboratório (pesquisa bibliográfica); 2) Etapa de laboratório (atividades de laboratório, as quais se tratam de análise sedimentológica – textura e morfoscopia, determinação de teor de carbonato e análise tafonômica); 3) Etapa de pós-laboratório (atividades de gabinete – integração dos dados e geração de mapas). A sequência destas etapas, destacando suas atividades principais, pode ser visualizada no fluxograma (Fig. 6).



Figura 6 – Fluxograma das principais atividades metodológicas.

Tabela 1 – Resumo das etapas com as atividades de metodologia.

<b>Etapa</b>	<b>Atividade</b>	<b>Descrição de atividade</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Vulnerabilidade</b>
<b>Pré-Laboratório</b>	Pesquisa bibliográfica	Levantamento bibliográfico	Revisar os conhecimentos teóricos	x
<b>Laboratório</b>	Atividade de Laboratório I	Análise, descrição & classificação das amostras do GIV, GVI e GVII	Determinar a composição textural e composicional (teor de CaCO <sub>3</sub> ) bem como as classificações das amostras	Utilização de uma porção representativa da amostra total para determinar o teor de CaCO <sub>3</sub> e carência de testemunhos
	Atividade de Laboratório II	Registro fotográfico das amostras de fundo	Registrar as imagens das fácies identificadas	x
	Atividade de Laboratório III	Desenvolvimento da planilha sedimentológica	Digitalizar os dados adquiridos das análises sedimentológicas realizadas	Revisão atenta quanto aos erros e imprecisões decorrentes dos métodos empregados a época da coleta das amostras
<b>Pós-Laboratório</b>	Atividade de Gabinete I	Geração do mapa faciológico de fundo	Interpolar os dados cartográficos, batimétricos e sedimentológicos	x
	Atividade de Gabinete II	Determinação da mobilidade dos sedimentos sob ação das ondas	Cálculo da velocidade orbital das ondas	x
	Atividade de Gabinete III	Desenvolvimento de modelo deposicional e evolução de coquinas	Compilar e associar todos os dados para gerar modelo de sedimentação e retrabalhamento dos sedimentos carbonáticos (bioclastos)	x

## **4.1 PRÉ-LABORATÓRIO**

### **4.1.1 Pesquisa bibliográfica**

A etapa de pesquisa bibliográfica consistiu-se em levantamento bibliográfico realizado conforme quatro temas principais de estudo. Primeiramente, foram revisados estudos sobre o contexto regional da Margem Continental Brasileira, assim como sua caracterização por diversos autores.

Em seguida, as referências bibliográficas do contexto geológico da plataforma interna sul-brasileira e os relatórios de bordo de GEOMAR IV, VI e VII foram consultadas para a compilação de dados que auxiliassem o acervo de informações e no entendimento de região investigada. Nesta fase, a pesquisa concentra-se na sedimentologia, estratigrafia, estrutura e feições morfológicas do Albardão.

Posteriormente, o contexto hidrodinâmico do Albardão, assim como também dados oceanográficos mais atualizados sobre as forças hidrodinâmicas atuantes na plataforma interna do Rio Grande do Sul (RS), foram levantados. Além disso, foi pesquisado sobre a interação entre sedimentos mistos carbonático-siliciclásticos, energia das ondas e correntes, a qual é responsável pelos processos morfodinâmicos ocorrentes tanto na face da praia quanto na antepraia e plataforma interna.

Por fim, resultados e discussões de teses, dissertações, artigos e revistas científicas acerca de modelos deposicionais de coquinas considerados análogos às Bacias de Campos e Santos foram estudados.

## **4.2 LABORATÓRIO**

### **4.2.1 Obtenção das amostras**

As tarefas de laboratório foram realizadas com a retirada de 137 amostras (Fig. 7) armazenadas na Litoteca do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica (CECO), do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (IGEO-UFRGS), obtidas através de diversos cruzeiros oceanográficos, que incluem as operações GEOMAR IV, VI e VII no âmbito do projeto GEOMAR.



Figura 7 – Amostras de sedimentos (n=137) arquivadas na Litoteca do Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica.

Estas foram coletadas com amostradores Van Veen e Shipek *grab* (Fig. 8), sendo ambas dragas do tipo busca-fundo, a bordo do Navio Oceanográfico “Almirante Saldanha” da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) do Ministério da Marinha – Brasil. As coordenadas dos locais de coleta foram obtidas a partir das informações geradas pela passagem do satélite na área de estudo, registradas no equipamento de marca Magna Vox.

As atividades de bordo foram coordenadas pelo Chefe Científico de Operações e de Bordo, Prof. Dr. Luiz R. Martins (CECO-IGEO-UFRGS), e tendo como Comandante do navio de pesquisa o Capitão-de-Mar-e-Guerra Fernando Mendonça da Costa como capitão do navio de pesquisa.

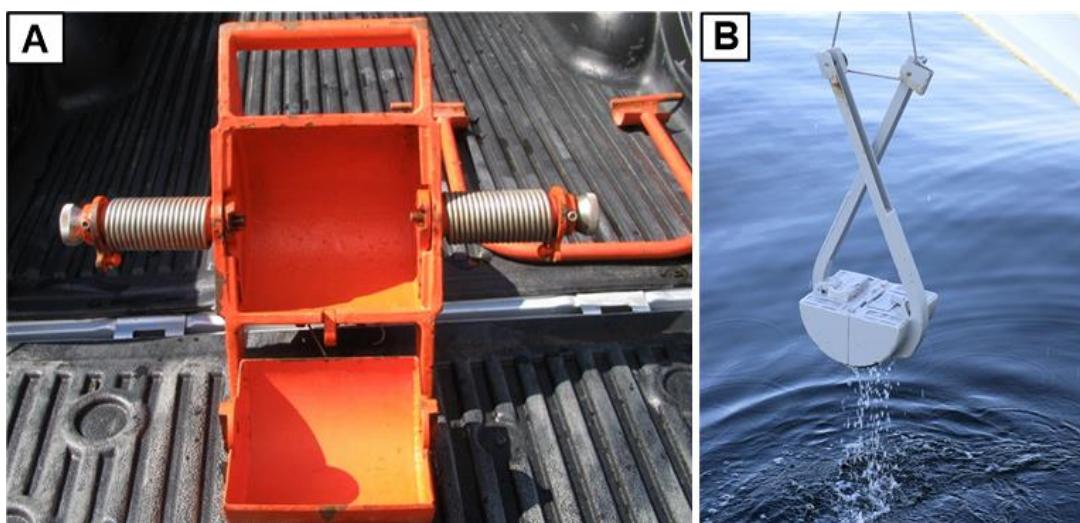


Figura 8 – A) Amostrador de fundo Shipek *grab*. B) Amostrador de fundo Van Veen.

#### 4.2.2 Análises sedimentológicas

As análises de textura, teor de carbonato e da tafonomia dos bioclastos foram executadas no Laboratório de Sedimentologia do CECO-IGEO-UFRGS (Fig. 9).



Figura 9 – Visão geral do Laboratório de Sedimentologia – Sala de Processamento das amostras de sedimentos.

##### 4.2.2.1 Análise textural

O processamento das amostras foi realizado através de análise granulométrica com peneiramento destas (Fig. 10), observando-se tamanhos de  $>0,062$  mm a  $<2$  mm. Posteriormente, foram extraídas três frações de tamanhos, sendo a Lama composta pelos seguintes materiais, argila, silte, mais a Areia e o Cascalho, respectivamente, conforme Folk (1954, 1974, 1980). Em seguida, a lama e a areia foram agrupadas e classificadas como matriz e o tamanho cascalho como “fábrica”. Finalmente, as amostras foram quarteadas (Fig. 11), pesadas e foi retirada uma porção para realização da análise morfoscópica nos tamanhos terrígenos de cascalho e areia (Fig. 12).

Assim, segue o passo a passo do método utilizado:

1. Checagem das amostras com a listagem;
2. Quarteamento;



3. Peso inicial da amostra para o teste granulométrico;
4. Análise granulométrica da porção teste com jogo de peneira de granulometria de 0,0625 mm e 2 mm para separar cada amostra em três frações com Lama (<0,0625 mm) e Areia (0,0625 – 2 mm) denominadas matriz e Cascalho (>2 mm);
5. Pesagem das frações de cada amostra utilizando balança elétrica eletrônica centesimal Bel M6202 - 6200g x 0,01g da Bel *Engineering* com calibração automática e precisão de duas casas decimais.

#### **Matriz (< 2 mm)**

- Peso (g)
- Porcentagem de finos: Silte + Argila (%)
- Porcentagem de areia (%)
  - ✓ Porcentagem de quartzo (%)
  - ✓ Porcentagem de sedimentos bioclásticos (%)

#### **Cascalho (> 2 mm)**

- Peso (g)
- Porcentagem de cascalho (%)
  - Bioclastos
    - ✓ Bioclastos moderadamente fragmentados (bmf)
    - ✓ Bioclastos altamente fragmentados (baf)

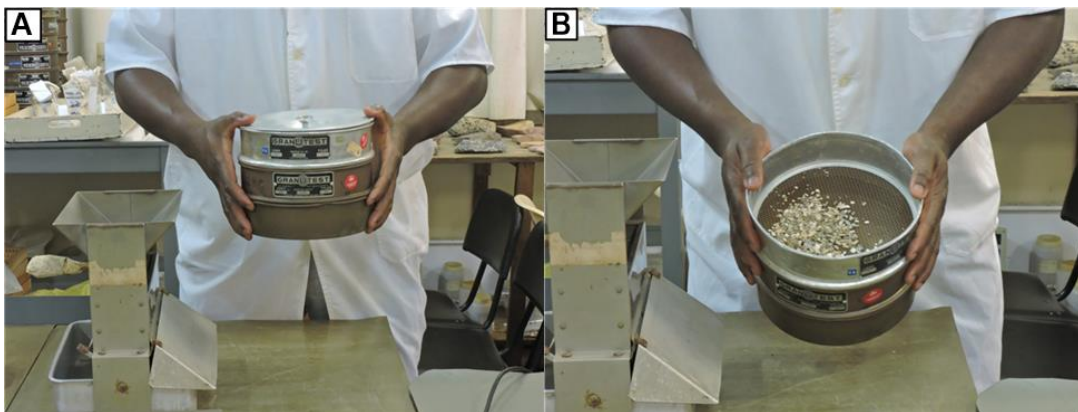


Figura 10 – A) Jogo de peneira com os tamanhos de 2 mm e 0,0625 mm. B) Peneiramento das frações granulométricas.



Figura 11 – Processo de quarteamento das amostras. A) Espalhamento dos sedimentos no quarteador. B) Separação das amostras para extrair uma porção representativa. C) Porções extraídas para análise.

O erro do método pode ocorrer devido a imprudências cometidas pelo operador como realização de quarteamentos sem precisão ou falta de calibração constante da balança. Desde que seguidos os padrões, o método é seguro.

#### 4.2.2.2 Análise morfooscópica

A avaliação morfooscópica foi realizada com auxílio de lupa binocular marca Litz MZ 125, com aumento de até 45x quando se observou o arredondamento e a esfericidade (Fig. 12).



Figura 12 – A) Visão geral da análise morfooscópica dos grãos de quartzo e dos bioclastos. B) Análise tafonômica dos bioclastos. C) Análise da esfericidade e arredondamento dos grãos de quartzo.

O erro da técnica pode ocorrer devido às descrições equivocadas da composição mineral por parte do profissional. Seguindo os padrões, a técnica é segura.

#### 4.2.2.3 Análise para determinação do Teor de Carbonato ( $\text{CaCO}_3$ )

As análises de detalhe devem seguir determinações mais rigorosas e, portanto, demandam mais cuidados e tempo.

### Método de ataque químico pelo ácido clorídrico (25% a frio)

Esta análise trata da determinação do teor de carbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) contido nas amostras do fundo por ataque químico com uso de HCL de 25% (Fig. 13). Para tal, as seguintes etapas foram empregadas:

1. Checagem das amostras com a listagem;
2. Quarteamento;
3. Retirada de uma fração representativa da amostra total e colocada num copo de béquer devidamente numerada e identificada;
4. Para as grandes conchas de tamanho acima de 2 mm ( $> 2$  mm) presentes nessa fração, usou-se o triturador elétrico de mandíbulas de marca Retsch-kg, Alemanha para reduzir seus tamanhos e facilitar o ataque químico;
5. Pesagem dessa fração usando balança elétrica eletrônica centesimal Bel M6202 - 6200g x 0,01g da Bel *Engineering* com calibração automática e precisão de duas casas decimais antes do ataque químico com HCL;
6. Em seguida, a amostra representativa é atacada quimicamente por HCL numa capela de exaustão para evitar a inalação de gases tóxicos;
7. Após terminar as reações químicas, a amostra é lavada e enxaguada por 5-8 vezes para a retirada de ácido, usando pHmetro portátil de marca *Hanna instruments*, modelo lapiseira para determinar o pH da amostra lavada;
8. Em seguida, a amostra é colocada em uma estufa com temperatura de  $70^\circ\text{C}$ , pelo tempo de 8 horas para secar;
9. Logo, repesa-se a amostra seca e subtrai-se do peso inicial para estabelecer a diferença;
10. Por fim, o cálculo do teor de carbonato é dado pela seguinte fórmula:

$$\text{Teor de Carbonato (TOC)} = \frac{P_{acc} - P_{asc}}{P_{acc}} \times 100\%$$

$P_{acc}$  = Porção de amostra com carbonato

$P_{asc}$  = Porção de amostra sem carbonato

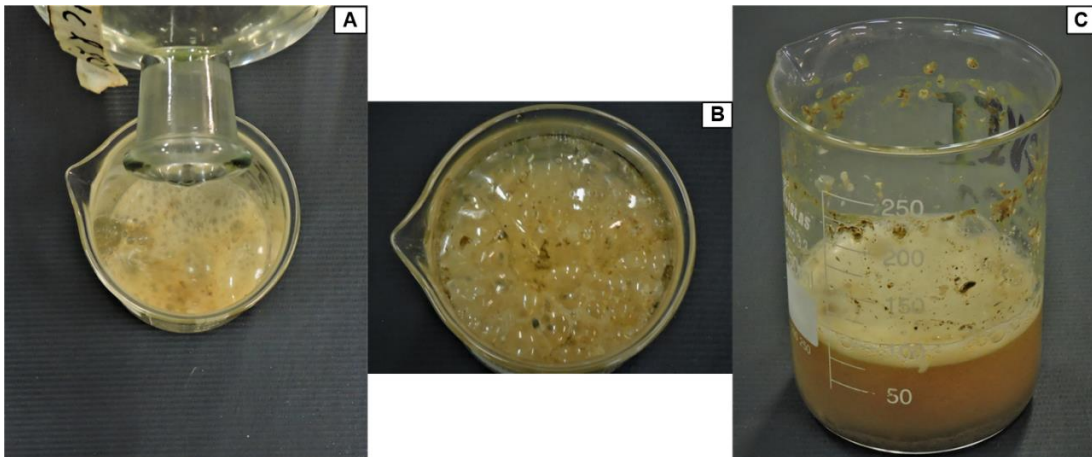


Figura 13 – A) Ataque químico com HCl da amostra representativa. B) Detalhe das reações químicas mostrando a efervescência da fração carbonática. C) Finalização das reações químicas após eliminação do  $\text{CaCO}_3$ .

O erro da técnica pode ocorrer devido a dosagens ácidas inadequadas, falta de calibração constante da balança ou pela inobservância de erros matemáticos na determinação do teor de carbonato das amostras examinadas através do método de diferença de pesos. Seguindo os padrões, a técnica é segura.

#### 4.2.3 Análise tafonômica

As conchas de bivalves e gastrópodes foram investigadas com base na assinatura tafonômica (grau de fragmentação), a qual varia de moderada a alta, classificadas neste estudo com valores de 1 a 2, indicando uma ordem crescente para cada estado de dano: **1** – bioclasto moderadamente fragmentado (bmf); **2** – bioclasto altamente fragmentado (baf).

#### 4.2.4 Descrição das amostras

As amostras foram descritas em relação às cores, propriedades físicas do grão (tamanho, forma e composição mineralógica) e o teor de carbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) contido nelas. Ademais, as descrições de fragmentação dos bioclastos (conchas) foram elaboradas para indicar o grau de retrabalhamento mecânico.

Para colocar cada amostra em um dos 15 grupos texturais principais (Fig. 14), duas propriedades foram determinadas: (1) a quantidade de material com tamanho cascalho (material mais grosso que 2,0 mm) com limites de 80, 30, e 5%; (2) a proporção de areia e lama (silte e argila), com limites de 1:9, 1:1 e 9:1 (Folk, 1954). Por fim, a classificação dos sedimentos carbonático-siliciclásticos foi elaborada.

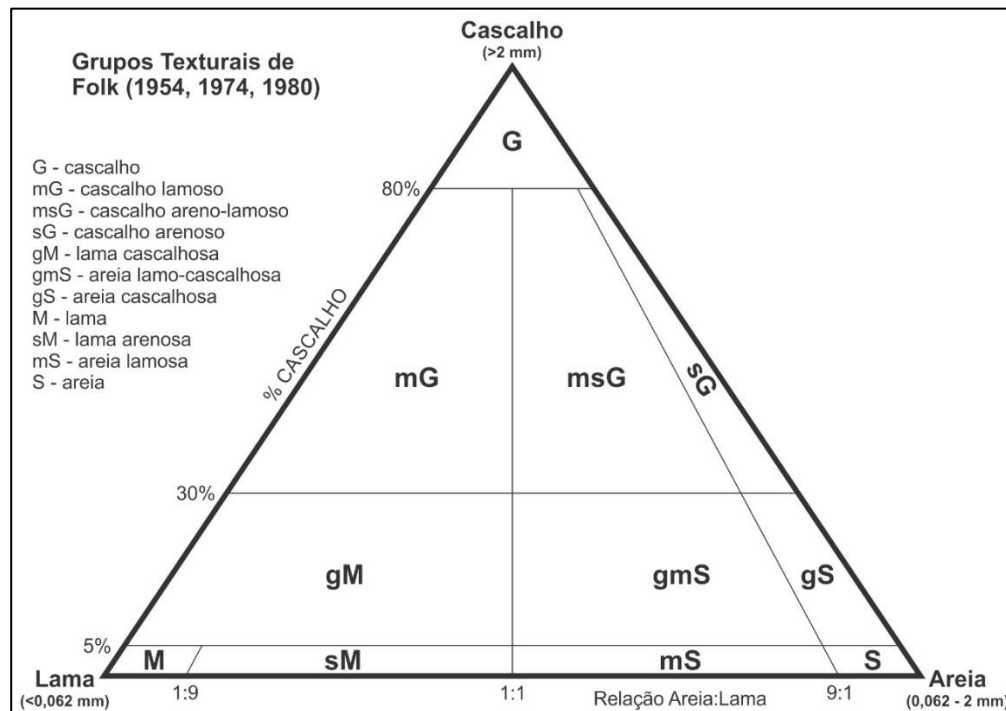


Figura 14 – Classificação textural de sedimentos conforme limites entre grupos proposto por Folk (1954; 1974; 1980).

#### 4.2.5 Análise de fácies

A análise de fácies permite levantar informações sobre o processo genético de um depósito sedimentar, para posteriormente interpretar o ambiente deposicional. Sendo assim, as características deposicionais primárias, tais como estruturas sedimentares, tamanho de grão, sua forma, grau de seleção, litologia, morfologia e geometria identificadas por códigos ou abreviações são mais importantes para a identificação da fácies (Eyles *et al.*, 1986; Miall, 1985; Dalrymple, 2010).

A definição de fácies foi baseada na composição litológica, mas no caso de sedimentos siliciclásticos e híbridos, o tamanho de grão também foi aplicado para distinguir as fácies. No caso de sedimentos carbonáticos com textura original reconhecível, uma subdivisão foi feita usando uma extensão para a litologia principal seguida pelo conteúdo de lama ou partícula suportada. Essas fácies serviram como a base para a interpretação do ambiente deposicional das coquinas do Albardão.

Os códigos aplicados para a denominação das fácies descritas foram as nomenclaturas propostas por Folk, (1954, 1974, 1980), Pettijohn, (1957) e Spencer, (1963) para grupos texturais de sedimentos siliciclásticos, Zuffa *et al.*, (1980) e Oliveira *et al.*, (2019) para sedimentos híbridos e por fim, Dunham (1962) modificada por Embry & Klovan (1971), e Folk (1962), a qual foi utilizada em analogia para rochas carbonáticas (Fig. 15).

CARBONATOS ALÓCTONES Componentes originais não ligados orgânicamente durante a deposição				CARBONATOS AUTÓCTONES Componentes originais ligados orgânicamente durante a deposição					
MENOS QUE 10% DE COMPONENTES > 2 mm			MAIS QUE 10% DE COMPONENTES > 2 mm						
CONTÉM LAMA CARBONÁTICA (< 0,03 mm)		NÃO CONTÉM LAMA CARBONÁTICA (< 0,03 mm)				ORGANISMOS QUE ATUARAM COMO OBSTÁCULOS	ORGANISMOS QUE ENCRUSTARAM E LIGARAM	ORGANISMOS QUE CONSTRUÍRAM UM ARCABOUÇO RÍGIDO	
SUPORTADO POR LAMA		SUPORTADO POR GRÃOS			SUPORTADO PELA MATRIZ	SUPORTADO POR COMPONENTES > 2 mm			
MENOS QUE 10% DE GRÃOS (> 0,03 < 2,0 mm)	MAIS QUE 10% DE GRÃOS (> 0,03 < 2,0 mm)								
<i>MUDSTONE</i>	<i>WACKESTONE</i>	<i>PACKSTONE</i>	<i>GRAINSTONE</i>	<i>FLOATSTONE</i>	<i>RUDSTONE</i>	<i>BAFFLESTONE</i>	<i>BINDSTONE</i>	<i>FRAMESTONE</i>	

Figura 15 – Classificação das rochas carbonáticas adotada neste trabalho (Dunham, 1962; Embry & Klovan, 1971).

As nomenclaturas baseiam-se no uso, fundamentalmente, de duas letras: uma, maiúscula e a outra, minúscula. Para tal fim, as fácies siliciclásticas denotam o tamanho único e tamanho modal com uma letra maiúscula e com uma letra minúscula, o tamanho menos abundante. Para as fácies carbonáticas, a primeira letra, maiúscula, indica o nome da “rocha” e a segunda, minúscula, destaca a morfologia dos bioclastos (conchas). Por último, a fácies híbrida designa a letra maiúscula para a ocorrência de uma mistura de grãos de diferentes composições em proporções variáveis.

#### 4.2.6 Associações de fácies

Para se estabelecer adequadamente o ambiente deposicional, é necessário a análise de um conjunto de fácies geneticamente relacionadas entre si, que possuam relação em termos do ambiente deposicional, denominado de associação de fácies (Collinson, 1969). Sendo assim, através da caracterização de associações, a qual se baseou na energia deposicional das fácies identificadas, foi possível interpretar e inferir o ambiente deposicional das coquinas do Albardão.

#### 4.2.7 Registro fotográfico

O registro fotográfico das fácies identificadas ocorreu no Laboratório de Sedimentologia do Núcleo de Estudos de Correntes de Densidade do Instituto de Pesquisa Hidráulica da

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – NECOD/IPH-UFRGS com microscópio estereoscópico binocular Zeiss, modelo Stemi 305 com *axiocam* de ampliação máxima de até 40x acoplada ao computador e câmera Nikon P530 para as imagens microscópicas e macroscópicas, respectivamente.

### 4.3 PÓS-LABORATÓRIO

#### 4.3.1 Determinação da mobilidade dos sedimentos sob ação das ondas

A relação entre a energia das ondas e o início do movimento dos sedimentos de fundo, pode ser avaliada pelos seguintes procedimentos:

**a** – Através da velocidade orbital ( $U$ ),

**b** - Através da tensão de cisalhamento ( $\tau_o$ ).

Embora estes procedimentos possuam diferenças metodológicas significativas entre si, eles apresentam em comum o parâmetro da velocidade orbital das ondas, o qual é deduzido a partir de medidas de altura ( $H$ ) e período ( $T$ ) da onda de superfície. Desta maneira, a efetividade da onda em provocar o início do movimento dos sedimentos, é função da velocidade orbital próxima ao fundo, e da sua frequência ( $1/T$ ).

Para os dois procedimentos é possível o tratamento a partir de ondas monocromáticas, onde a velocidade orbital máxima junto ao fundo ( $U_m$ ), ou mais corretamente, logo acima da camada limite gerada pela onda, pode ser determinada através da teoria linear, pela expressão:

$$U_m = \frac{H \sqrt{g} d}{2 d} \quad (7.2)$$

ou para a condição de águas rasas, pela expressão:

$$U_m = \frac{\pi H}{T \operatorname{senh} \frac{2 \pi d}{L}} \quad (7.1)$$

onde  $\pi$  equivale ao valor matemático de 3,14,  $L$  equivale ao comprimento da onda,  $g$  corresponde a aceleração da gravidade,  $d$  a profundidade do meio, e *senh* ao seno hiperbólico.

Almeida *et al.* (1997), com base nos parâmetros ondulatórios medidos no mar, definiram com base nas características do fundo arenoso da plataforma do Rio Grande do Sul, o limite externo (oceânico) e interno (litorâneo), em função da capacidade de movimentação dos sedimentos de fundo, pela atuação das ondas. Onde o limite oceânico equivale a máxima profundidade a partir da qual o transporte de sedimentos sob ação de ondas é praticamente nulo, ou seja, todo o transporte arenoso significativo, fica restrito a profundidades menores, não ocorrendo a partir daí alterações na cota de fundo, e o limite litorâneo aquela profundidade a partir da qual não ocorre mais transporte transversal nem longitudinal intenso.

Neste trabalho estes limites foram adaptados para definição da profundidade limite das ondas de tempo bom (*Fair Weather Wave Base* - FWWB), como equivalente ao limite litorâneo, e a profundidade de ação das ondas de tempestade (*Storm Wave Base* - SWB), ao limite oceânico.

#### **4.3.2 Integração de dados obtidos**

A integração de dados ocorreu no Laboratório de Oceanografia e Geofísica Marinha do CECO do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LOGMAR/IGEO-UFRGS). A compilação consistiu em uma digitalização dos resultados fornecidos pelas análises sedimentológicas, no Programa de Planilha Eletrônica *Microsoft Office Excel* 2013<sup>®</sup>.

A partir disso, foram desenvolvidas duas planilhas que contam com dados cartográficos (identidade, latitudes e longitudes, UTM's e profundidades das amostras) e dados sedimentológicos (resultados granulométricos, arredondamento e esfericidade dos grãos, classificações das amostras, porcentagens de teor de carbonato contido nas amostras e tafonomia - grau de fragmentação das conchas). Com esses dados, foi possível realizar a classificação e tabulação dos dados obtidos nas etapas anteriores, os quais possibilitaram o tratamento dos dados e, portanto, a geração dos mapas e modelos 3Ds nos softwares *ArcGis* 10.8<sup>®</sup> e *Surfer* 13<sup>®</sup>.

#### **4.3.3 Interpolação da batimetria**

O método de interpolação utilizado para geração do modelo batimétrico e do mapa de classificação das rochas carbonáticas para a área de estudo foi de vizinho natural do programa



computacional *Surfer 13*<sup>®</sup>, que é um interpolador determinístico e exato e utiliza a triangulação para obter o valor de altitude ou outro parâmetro para um determinado ponto. Os dados batimétricos foram obtidos das fichas técnicas das operações oceanográficas de GEOMAR IV, VI & VII. Esses dados foram digitalizados com revisão atenta quanto aos erros e imprecisões decorrentes dos métodos empregados na época da coleta durante o mapeamento do plataforma sul do Brasil, resultando em um total de 137 pontos amostrais com dados XYZ.

Este método que usa um algoritmo que interpola os pontos mais próximos e mais convenientes (com maior similaridade) pode ser usado para malhas de interpolação, tanto regulares como irregulares, tem um tempo de processamento equivalente ao volume de dados de entrada (Cintra, 1985. Watson, 1992).

A resolução da malha regular de interpolação realizada pelo programa foi de 2580 x 2568 metros. A resolução escolhida para a malha define o seu número de linhas e colunas 100 x 99, sendo esta escolha baseada nas dimensões da área e na distribuição e no número de amostras a serem interpoladas. A geração do mapa das isóbatas foi realizado com a função *Contour Map* do *Surfer 13*<sup>®</sup> que possibilita a escolha de equidistância, que no trabalho foi de 5 metros, frequência ou intervalo de classes com os contornos de mesmo valor, para as isóbatas plotados.

## **5. RESULTADOS**

Considerando as amostras estudadas, as análises sedimentológicas, tafonômicas e dados batimétricos permitiram alcançar os seguintes resultados.

### **5.1 SEDIMENTOLOGIA**

A partir das análises granulométricas, a composição textural das amostras foram caracterizadas conforme a classificação textural do diagrama do Folk, 1954; 1974; e 1980 (Fig. 16). Os vértices desse diagrama representam os membros finais da composição textural das partículas carbonáticas e siliciclásticas de tamanho Cascalho (>2 mm), Areia (>0,062 mm a <2 mm) e Lama (<0,062 mm).

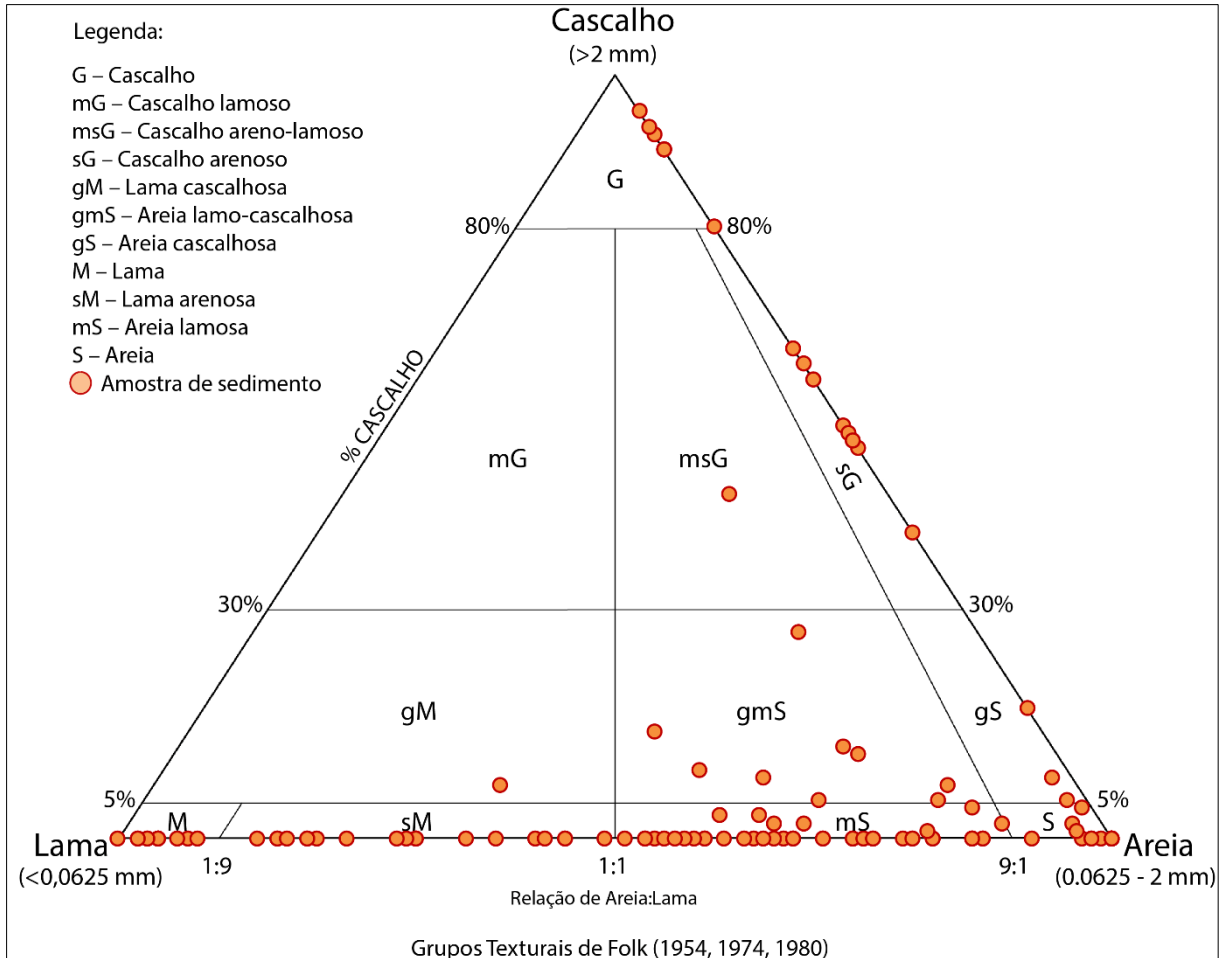


Figura 16 – Classificação textural das amostras da plataforma interna do Albardão.

A composição primária dos sedimentos destas foi traçada em um diagrama ternário quantificado por determinar o teor de carbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) dos constituintes destes (Fig. 17). Os vértices desse diagrama representam os membros finais da composição primária das partículas carbonáticas e siliciclásticas e vulcanoclástica. Esse diagrama foi elaborado baseado nas categorias propostas inicialmente por Zuffa (1980) e as mais recentemente propostas por Armelenti *et al.*, (2016), Goldberg *et al.*, (2017), e Oliveira *et al.*, (2019).

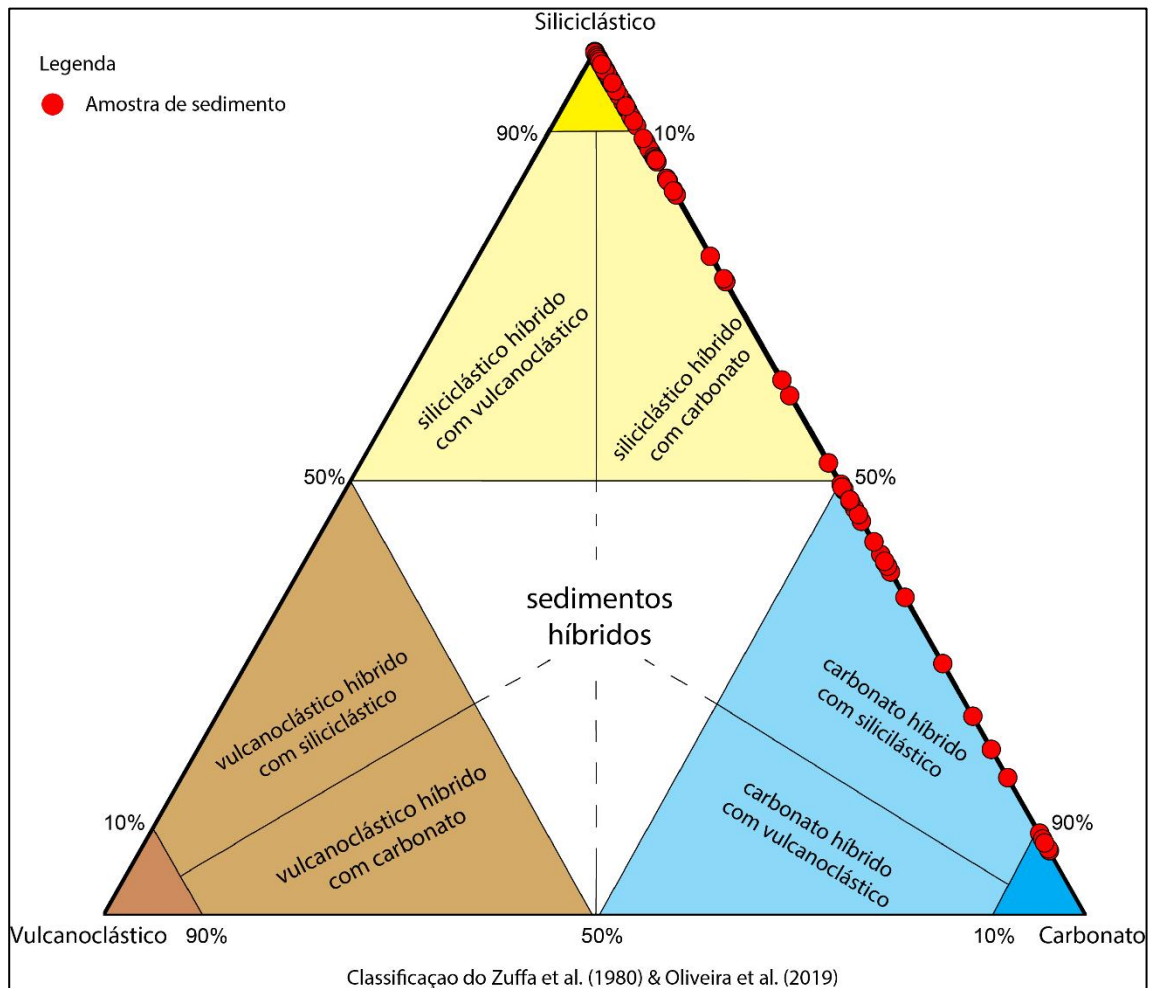


Figura 17 – Classificação composicional das amostras da plataforma interna do Albardão.

Quanto a morfoscopia das amostras, os sedimentos apresentaram alta maturidade textural e mineralógica, com composição predominantemente quartzosa destacando as seguintes características (Tab. 2):

Tabela 2 – Análise morfoscópica dos sedimentos do Albardão

Propriedade morfoscópica	Interpretação
<b>Arredondamento</b>	60% de grãos bem arredondado e 40% de grãos arredondados a sub-arredondados.
<b>Esfericidade</b>	80% de grãos com excelente esfericidade e 20% com boa esfericidade.
<b>Textura superficial</b>	90% de grãos mamelonado polidos e 10% de grãos mamelonado foscos.

Os sedimentos descritos da plataforma do Albardão são majoritariamente areia e lama siliciclástica com cerca de 32% de sedimentos carbonáticos alicerçado aos resultados sedimentológicos. Os sedimentos siliciclásticos são constituídos de areia quartzosa e lama composta por silte e argila, seguidos pelos carbonatos (bivalves e gastrópodes). Amostras de sedimentos com mais de 50% de um único componente foram definidas como lama ou areia siliciclástica e sedimentos carbonáticos. Os sedimentos misturados com mais de um componente designados como híbridos, foram nomeados de acordo com a composição primária principal seguida pelo componente secundário (Fig. 17). Deste modo, foi possível identificar as fácies siliciclásticas, carbonáticas e híbrida (Tab. 3).

## 5.2 TAFONOMIA

Os bioclastos examinados através da análise de tafofácies, mostraram assinaturas com diferentes estados de dano (grau de fragmentação), as quais variam de moderada a alta e classificadas neste estudo com valores de 1 a 2 (Fig. 18), indicando uma ordem crescente para cada estado de dano: **1** – bioclasto moderadamente fragmentado (**bmf**); **2** – bioclasto altamente fragmentado (**baf**).

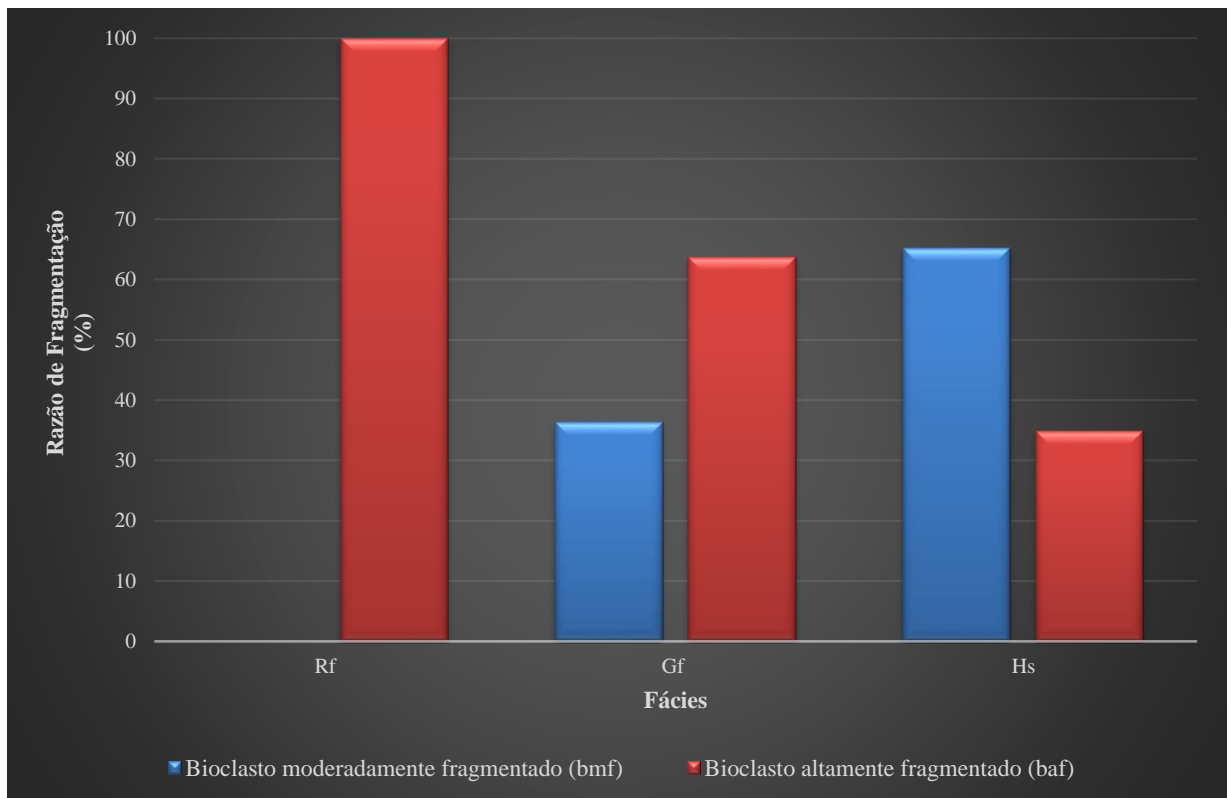


Figura 18 – Representação gráfica da fragmentação das conchas nas fácies Rf (Rudstone fragmentado), Gf (Grainstone fragmentado), e Hs (Areia híbrida).

### 5.3 FÁCIES DEPOSICIONAIS

Atendendo à definição das fácies, a identificação destas com fundamento em critérios descritivos, garantiu um entendimento sedimentológico conciso, necessário para o reconhecimento dos elementos de um sistema deposicional marinho raso. Em total, oito fácies foram reconhecidas correspondendo à quatro fácies siliciclásticas, uma híbrida e três carbonáticas. A seguir são essas fácies com suas descrições e interpretações sumarizadas na Tabela 3 com algumas das principais fácies mostradas na Figura 19 e a representação gráfica da distribuição do teor de carbonato (%) contido nestas (Fig. 20).

Tabela 3 – Tabela de fácies das amostras da plataforma interna do Albardão.

<b>Código</b>	<b>Nome da fácies</b>	<b>Descrição</b>	<b>Interpretação</b>
<b>Rf</b>	Rudstone fragmentado	Rudstones com bivalves desarticuladas e altamente fragmentadas com tamanho de grânulo a areia muito grossa	Ambientes rasos, zona de arrebenção superior com tração contínua por ação de ondas e correntes litorâneas, acima da FWWB
<b>Gf</b>	Grainstone fragmentado	Grainstone de bivalves, fragmentada e arredondada, com tamanho modal de areia muito grossa	Ambiente de alta energia, acima da FWWB, na zona de arrebenção inferior
<b>Mc</b>	Lama micrítica	Fácies composta por lama carbonática (argila micrítica)	Ambiente de baixa energia, áreas protegidas ou relativamente profundas, abaixo da SWB
<b>Hs</b>	Areia híbrida	Sedimentos com tamanho modal <2 mm, formados por uma mistura de grãos bioclásticos e siliciclásticos, sem um único tipo de partícula com mais de 90% da composição total	Mistura de bioclastos com grãos siliciclásticos que ocorrem tanto acima do FWWB quanto entre a FWWB e a SWB.
<b>S</b>	Areia	Areia fina a média, moderadamente a bem selecionada constituída por grãos de quartzo, sub-arredondados a bem arredondados, com alta esfericidade	Ambiente de moderada energia
<b>mS</b>	Areia lamosa	Mistura de lama e areia com 51-89% de areia (predominante) sem constituinte de cascalho	Ambiente de moderada energia
<b>sM</b>	Lama arenosa	Mistura de lama e areia com 51-89% de lama (predominante) sem constituinte de cascalho	Ambiente de baixa energia
<b>M</b>	Lama	Lama, levemente esverdeada, constituída por silte em matriz de argila	Ambiente de baixa energia

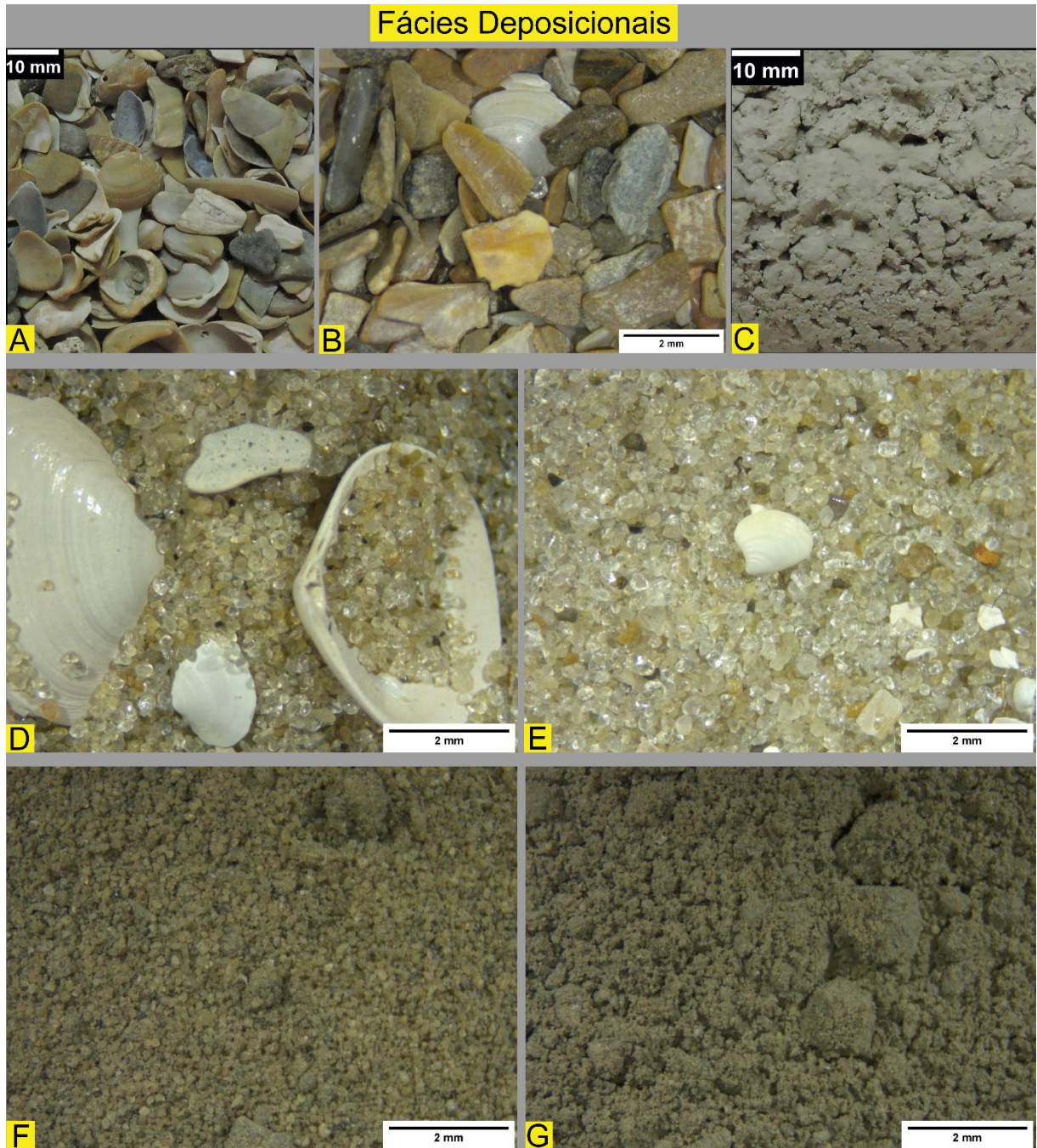


Figura 19 – Principais fácies deposicionais: (A) Rudstone com conchas de bivalves (>2 mm) altamente fragmentadas (Rf); (B) Grainstone com conchas de bivalves (<2 mm) fragmentadas (Gf); (C) Lama micrítica (Mc); (D) Areia quartzosa com conchas não fragmentadas (Hs); (E) Areia quartzosa (S); (F) Areia quartzosa com lama (mS); (G) silte mais argila (lama siliciclástica) com areia (sM).

### 5.3.1 Fácies Carbonáticas

As fácies carbonáticas foram definidas em analogia ao esquema das principais classificações vigentes (Dunham, 1962; Embry & Klovan, 1971; Folk, 1962). Essas fácies compõem Rudstone fragmentado (Rf), Grainstone fragmentado (Gf), com teor de carbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) variando de 50-90% (Fig. 20) e caracterizadas principalmente por serem grão-

suportadas sem lama, com grãos bioclásticos e Lama micrítica (Mc). A última é composta pela fração carbonática fina constituída de cristais menores que 0,0625 mm (fração silte e argila). Predominam nas Rf e Gf mais de 90% de bioclastos principalmente conchas bivalves, gastrópodes em proporções menores (menos de 2% em volume) e raras ocorrências de *beach rock*.

### **5.3.1.1 Rudstone fragmentado (Rf)**

Caracterizada por conchas de bivalves e gastrópodes desarticuladas, moderada a mal selecionada e altamente fragmentadas (Figs. 18 & 19) com tamanho maiores que 2 mm e tamanho modal de seixo a areia muito grossa. Contém teor de  $\text{CaCO}_3 > 50\%$  (Fig. 20), com conchas exibindo alto grau de retrabalhamento vinculado a ambientes rasos (face da praia - *foreshore*), acima do nível de base das ondas de tempo bom (FWWB), nas superfícies de fundo com profundidades inferiores a 7,5 m (Almeida *et al.* 1997), onde ocorre acentuado retrabalhamento mecânico dos sedimentos por ondas e correntes induzidas por eventos de tempestades conforme sugerido por Carvalho *et al.*, (2000) e Mizuno *et al.*, (2018), com abrasão contínua das conchas e transporte por correntes litorâneas (Folk, 1962; Fürsich and Oschmann, 1993; Muniz, 2013; Muniz & Bosence, 2018; Fick *et al.*, 2018; Oliveira *et al.*, 2019).

### **5.3.1.2 Grainstone fragmentado (Gf)**

Consistiu-se preponderantemente de bivalves bastante fragmentados com grãos de areia quartzosa, mal selecionada e arredondados, com tamanho entre 0,0625 mm e 2 mm e teor de  $\text{CaCO}_3 > 50\%$  (Fig. 20). Embora ambas fácies se encontram no mesmo ambiente de energia alta, o grau de fragmentação das conchas de Gf se distingue de Rf em termos de dano tafonômico (Figs. 18 & 19), possivelmente relacionado a sua ocorrência na antepraia (*shoreface*), (Muniz, 2013; Bizotto, 2014; Fick *et al.*, 2018; Muniz & Bosence, 2018). A presença de menores quantidades de areia quartzosa pode estar relacionada às ondas de tempestade que promovem a remoção dos finos (areia fina) das porções proximais e a redeposição destes nas regiões distais (Cohen, 1989b; Einsele, 1992).

### 5.3.1.3 Lama micrítica (Mc)

Composta por lama carbonática com mais de 90% da sua composição primária sendo micrita (Fig. 20). Apresenta matriz com pouquíssima quantidade de grãos siliciclásticos, formada em mar aberto (*offshore*), (Bertani & Carozzi, 1985a; Rigueti *et al.*, 2020) e associado aos ambientes de baixa energia, áreas protegidas ou relativamente mais profundas, abaixo da FWWB (Flügel, 2004; Muniz, 2013).

### 5.3.2 Fácies Híbrida

Os sedimentos híbridos estudados são caracterizados por uma mistura de grãos de composições diferentes em proporções variáveis, mas não contendo mais de 90% de um único tipo de partícula. Apresenta seleção dos grãos que varia de moderada a bem selecionada e representa sedimentos mistos carbonático-siliciclásticos com teor de carbonato menos de 50% (Fig. 20). Esses sedimentos são compostos principalmente por grãos de quartzo e, em proporções menores, por conchas de bivalves.

#### 5.3.2.1 Areia híbrida (Hs)

A composição primária desta fácies é uma mistura de areia quartzosa com conchas de bivalves menos fragmentados (Figs. 18 & 19), mal selecionada com granulometria que vai de areia grossa a grânulo (sobretudo conchas de bivalves inteiras). Esses sedimentos são relativamente limpos, sem a presença de lama com teor de  $\text{CaCO}_3 < 50\%$  (Fig. 20). A ocorrência de ambos os grãos bioclástico-siliciclásticos em conjunto, pode estar relacionada a fluxos terrígenos do complexo ígnea-metamórfico do escudo sul-rio-grandense e as rochas basálticas do planalto (Fm. Serra Geral) para a plataforma interna do Albardão (Pomerancblum & Costa, 1972). Esse caso ressalta o que foi observado das coquinas em riftes lacustres da Bacia de Sergipe-Alagoas (Tavares *et al.*, 2015) e da Bacia de Campos (Oliveira *et al.*, 2019). Sedimentos siliciclásticos também podem ser misturados com conchas devido a correntes induzidas por ondas de tempestades e forma em ambientes transicionais entre a antepraia inferior (*lower shoreface*) e transicional (Carvalho *et al.* 2000).



### 5.3.3 Fácies Silicilásticas

Além de ser a fácies predominante, sua composição primária é composta por areia quartzosa (material entre 0,0625 mm e 2 mm) e lama (silte mais argila), explicada como todo material fino de granulometria menos que 0,0625 mm. Esta fácies apresenta teor de  $\text{CaCO}_3$  <20% (Fig. 20) e é subdivida como: (1) fácies de areia constituída totalmente por composição mineralógica de areia quartzosa sem ocorrência de lama; (2) areia lamosa consistindo principalmente de grãos de quartzo (51-89%) com proporções menores de lama; (3) lama arenosa apresentando uma quantidade considerável de argila-silte (51-89%) com fração mínima de areia quartzosa; (4) Lama com composição de matriz totalmente integrada por silte e argila sem areia quartzosa.

#### 5.3.3.1 Areia (S)

Definida granulometricamente pela areia fina a média com teor de  $\text{CaCO}_3$  <15% (Fig. 20), composta principalmente por grãos de quartzo com arredondamento subangular a subarredondado e alta esfericidade. São bem selecionadas e formadas em ambiente de energia moderada a alta, em função da ação de ondas e correntes (Prothero, 1996) entre as zonas da face da praia (*foreshore*) e o mar aberto (*offshore*).

#### 5.3.3.2 Areia lamosa (mS)

Fácies heterogênea marcada pela mistura de areia e lama (silte + argila), sem constituinte de cascalho, com 51-89% da composição primária desta sendo areia quartzosa e lama o restante. Conta com teor de  $\text{CaCO}_3$  <12% (Fig. 20) e normalmente a classificação varia de moderada a bem selecionado. O tamanho de grão varia de areia (prevalente) a silte-argila com arredondamento subarredondado. Sedimentos dessa fácies são classificados em termos de maturidade textural como sedimentos ligados ao estágio maturo por ação de *winnowing* e isto permite relacionar estes ao ambiente de energia moderada delimitada entre mar aberto transicional e o mar aberto proximal (*offshore transition – proximal offshore*), (Folk, 1954).

#### 5.3.3.3 Lama arenosa (sM)

Esta fácies apresenta uma combinação de lama (silte + argila) e areia com ausência do componente cascalho. Possui teor de  $\text{CaCO}_3$  <8% (Fig. 20), com 51-89% da sua composição mineralógica primária sendo silte-argila e areia como as demais. Em geral, os sedimentos são

mal selecionados com granulometria variando de silte-argila (dominante) a areia e arredondamento anguloso. São classificados em termos de maturidade textural como sedimentos ligados ao estágio imaturo por causa do conteúdo considerável de argila e estes são pertinentes ao ambiente de energia moderada delimitada entre mar aberto transicional e o mar aberto (*offshore transitional* e *offshore*), (Folk, 1954).

#### 5.3.3.4 Lama (M)

Formada por mais de 90% de sedimentos finos cuja composição primária são siltes, com matriz de argila, com teor de  $\text{CaCO}_3 < 7\%$  (Fig. 20). Apresenta granulometria  $< 0,0625 \text{ mm}$  e ocorre junto com Mc nas regiões mais profundas onde há deposição de sedimentos por decantação em condições de baixa energia. Pode estar relacionada às regiões distais no mar aberto (*offshore*), (Bertani & Carozzi, 1985a; Dias *et al.*, 1988, Abrahão e Warne, 1990; Tavares *et al.*, 2015; Oliveira *et al.*, 2019).

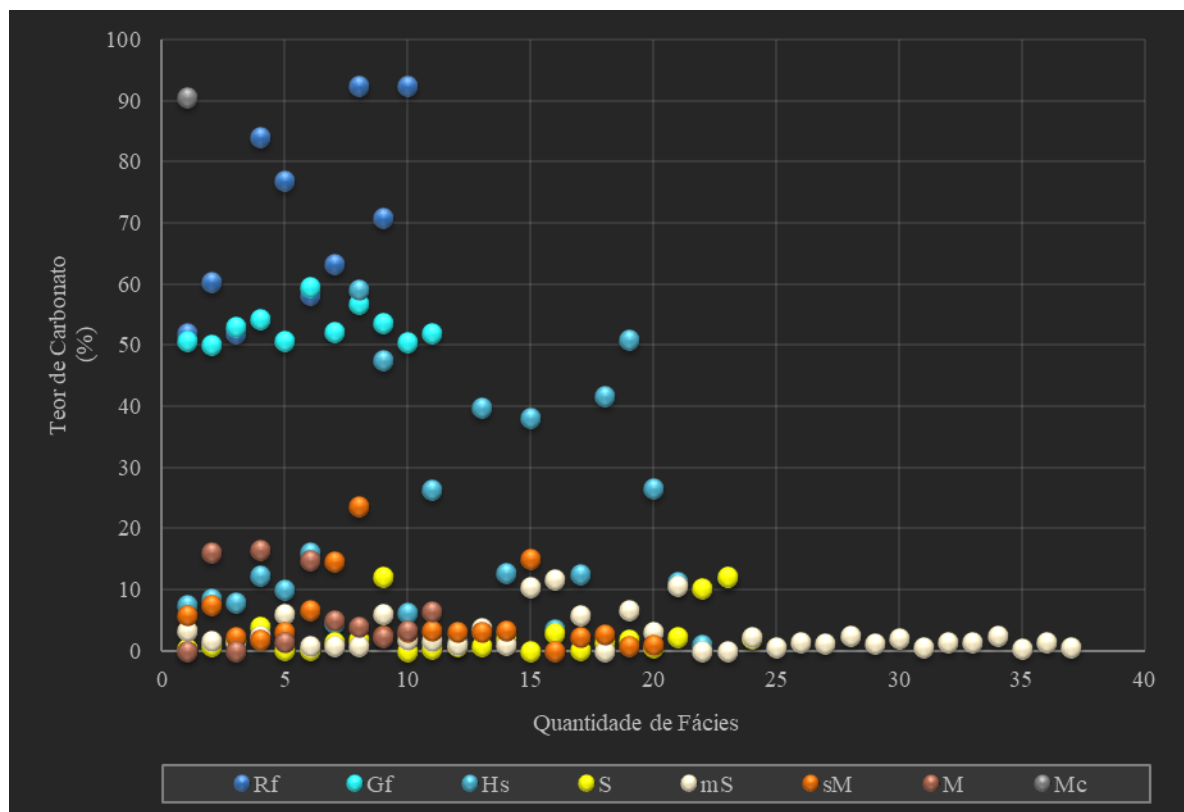


Figura 20 – Representação gráfica do teor de carbonato ( $\text{CaCO}_3$ ) contido nas amostras das diferentes fácies deposicionais.

## 5.4 MAPA BATIMÉTRICO & FACIOLÓGICO

Com base nos dados cartográficos e batimetria levantados durante a coleta das amostras examinadas, foi gerada por meio de interpolação o mapa da batimetria (Fig. 21).

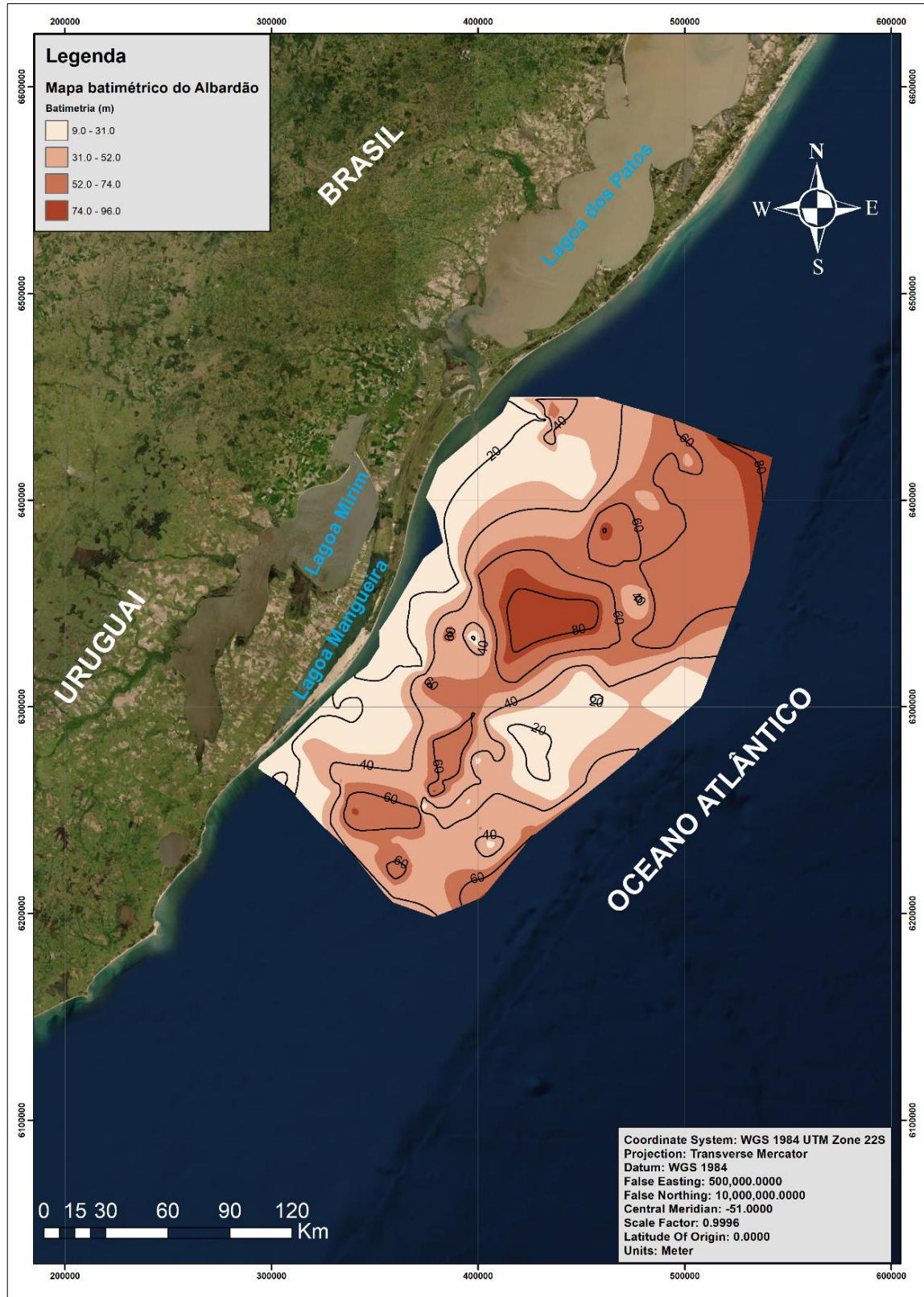


Figura 21 – Mapa batimétrico da plataforma interna do Albardão.

Com a finalidade de visualizar a cobertura das fácies reconhecidas neste estudo e compreender a distribuição espacial e a variação com a profundidade, o mapa faciológico foi acoplado à batimetria do Albardão (Fig. 22).

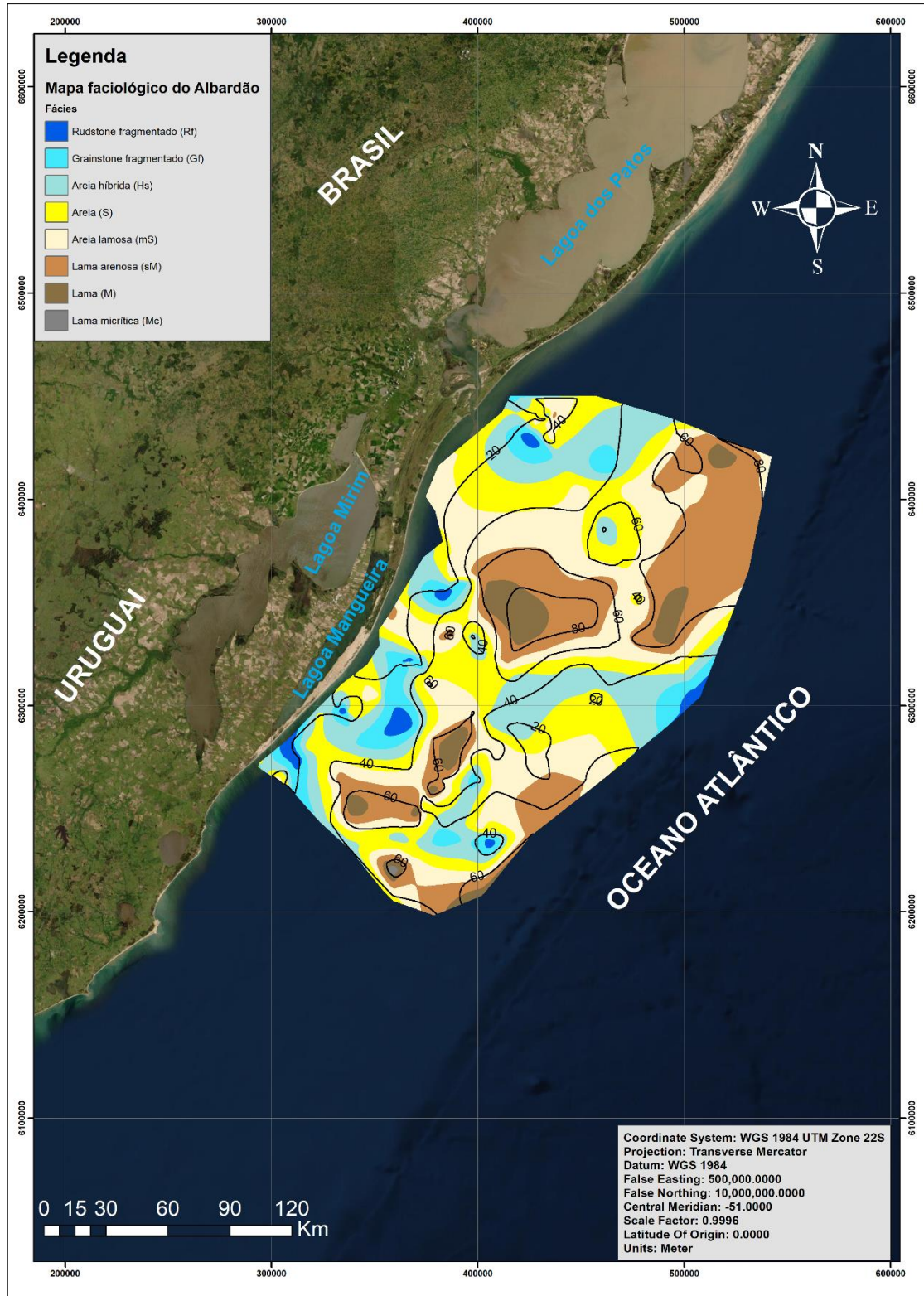


Figura 22 – Mapa faciológico da plataforma interna do Albardão acoplado a batimetria.

Nas isóbatas menores de 30 m, em direção ao continente (Figs. 21 & 22), Rf e Gf prevalecem a fragmentação dos bioclastos sendo mais efetiva nessas profundidades, com os depósitos exibindo uma geometria alongada na direção NE-SW e uma distribuição lateral heterogênea, enquanto que sM, M e Mc predominam nas regiões mais profundas, maiores que 50 m, com a mesma geometria. Hs, S, mS marcam a zona de transição entre as duas regiões.

### 5.5 MODELO BATIMÉTRICO 3D

Com o propósito de caracterizar a morfologia do fundo em relação à faciologia do Albardão, os dados batimétricos, faciológicos ( fácies reconhecidas) e modelo 3D foram unificados, logo, permitindo a representação do relevo do fundo (Fig. 23).

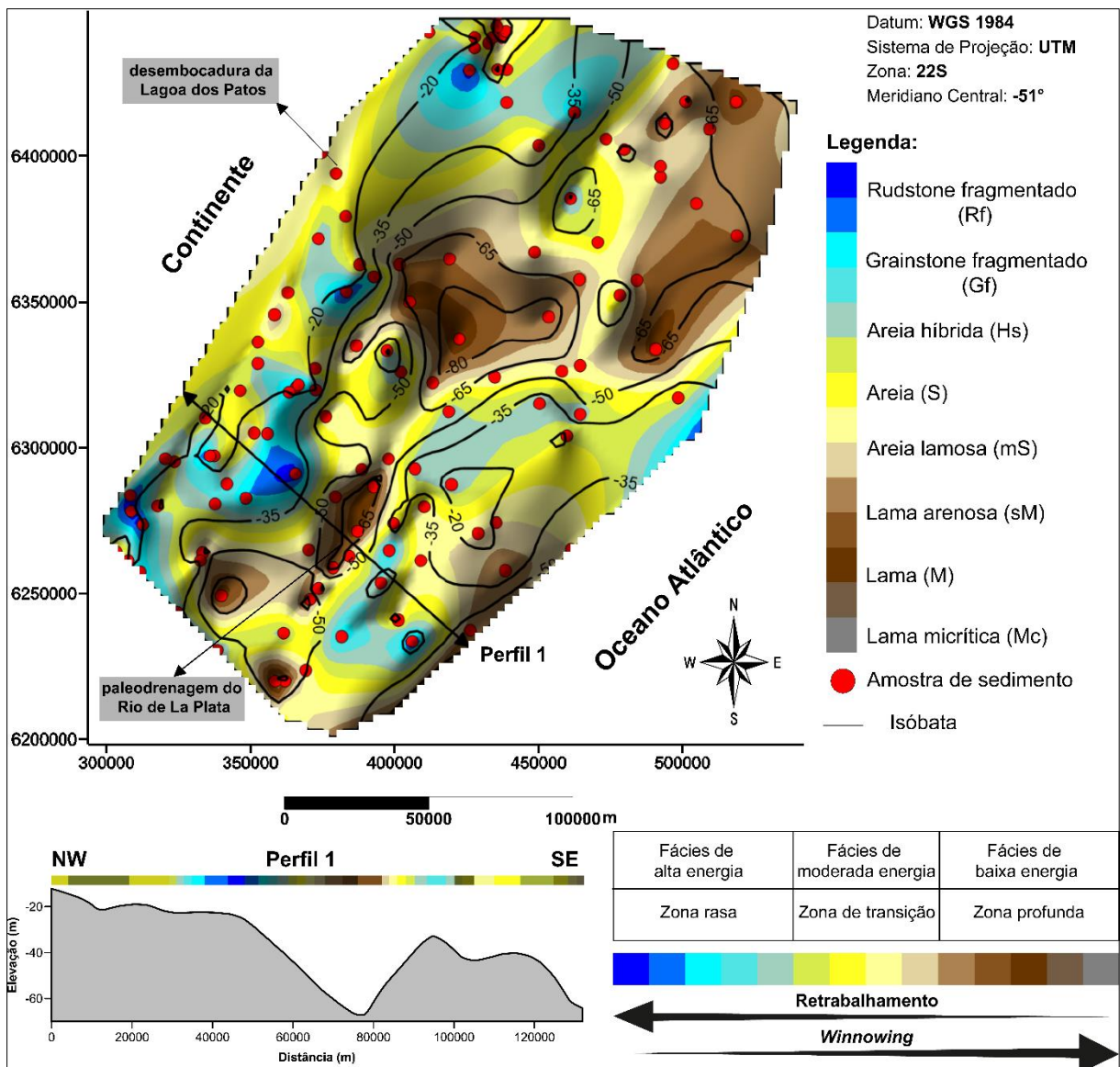


Figura 23 – Mapa faciológico acoplado ao modelo batimétrico 3D da plataforma interna do Albardão, e localização do Perfil batimétrico 1.

O perfil batimétrico transversal (Perfil 1) com direção NW-SE realizado sobre o modelo batimétrico 3D (Fig. 23), possibilitou a identificação das possíveis cicatrizes de antigos paleocanais e paleodrenagens como o paleodrenagem do Rio de La Plata e alguns altos batimétricos. Esses altos evidenciam a presença de vários bancos arenosos que formam linhas isobatimétricas irregulares como foi apontado pelo Figueiredo Jr., (1975). Outrossim, Rf, Gf e Hs se depositam preferencialmente nos altos batimétricos como visto na Figura 23 e isto ressalta o controle e a influência morfoestrutural destes na deposição e distribuição dos depósitos bioclásticos.

Vale realçar que durante os eventos de tempestades as areias quartzosas com bioclastos, tanto nas partes superiores quanto nas cavas dos bancos, são mobilizados pela ação de ondas e correntes. Desse modo, os sedimentos carbonático-silicilásticos são transportados para as zonas submarinas mais rasas entre a face da praia superior e a antepraia superior (*foreshore-shoreface* superior) e/ou junto aos altos batimétricos presentes na plataforma interna. Consequentemente, os depósitos resultantes deste retrabalhamento são compostos por bioclastos altamente fragmentados com matriz siliciclástica retrabalhada (matriz primária). Contudo, a fração arenosa mais fina será removida com mais frequência durante o transporte sob condições de alta energia (remoção seletiva da matriz sedimentar), produzindo-se um Rf puro sem matriz e Gf com proporções menores de grãos siliciclásticos, justamente por estar um pouco mais distante da Rf.

## **6. DISCUSSÕES**

Para elaborar o modelo deposicional de fácies e interpretar a distribuição dos depósitos que ocorrem na plataforma interna de Albardão, três associações de fácies foram propostas. Cada associação é composta por fácies geneticamente relacionadas entre si com seu significado ambiental.

### **6.1 ASSOCIAÇÃO DE FÁCIES**

Neste estudo, três associações de fácies representativa para cada ambiente deposicional foram definidas: alta energia, moderada energia, baixa energia, fundamentadas no agrupamento dos depósitos geneticamente relacionadas entre si (Collinson, 1969).

### 6.1.1 Fácies de Alta energia

#### Descrição

Composta por “rudstones” (Rf) e “grainstones” (Gf), com conchas de bivalves altamente fragmentadas, presentes abundantemente na face da praia (*foreshore*) e antepraia (*shoreface*), acima do FWWB e nos altos batimétricos (as cristas dos bancos arenosos) situados no mar aberto (*offshore*), acima da profundidade limite de ação das ondas de tempestade (SWB), com menor ocorrência de areia quartzosa retrabalhada. Apresenta granulometria média a grossa e acentuado retrabalhamento mecânico dos sedimentos bioclásticos por ondas e correntes durante eventos de tempestade (Muniz, 2013; Oliveira *et al.* 2019).

#### Interpretação

A ocorrência de abundante acumulação de conchas na face da praia (*foreshore*), decorre dos processos hidrodinâmicos onde as conchas, inicialmente dispersas, se comportam como partículas sedimentares (Kidwell *et al.* 1986; Kidwell & Holland 1991; Radley & Barker 2000). O alto aporte bioclástico de Rf e Gf com ausência, ou reduzida concentração de sedimentos terrígenos nas respectivas fácies, sugere a remoção dos sedimentos finos das regiões proximais e redeposição em zonas distais (Cohen, 1989b; Einsele, 1992).

Conchas com alto grau de fragmentação no Rf e Gf implicam condições de elevada energia ou retrabalhamento prolongado, indicativo de configurações hidrodinâmicas que ocupam a superfície de fundo acima do nível base da onda de tempo bom (FWWB), (Brett & Baird 1986; Fürsich & Oschmann 1993). Bivalves bioclásticos retrabalhados são geneticamente relacionados à elevada energia que se desenvolve também sobre as superfícies mais rasas associadas aos altos estruturais, produzindo também, nestes locais, depósitos de calcarenito bioclástico (Carvalho *et al.* 2000).

### 6.1.2 Fácies de Moderada energia

#### Descrição

A fácies de energia moderada é caracterizada por três compartimentos que ocorrem neste ambiente. O compartimento superior compõe Hs, composto por matriz fina (areia) intercalada com bioclásticos desarticulados, com baixa a moderada fragmentação, e mal selecionada. As fácies desta associação, em geral, apresentam um padrão bimodal devido à presença de conchas com tamanhos maiores e baixa fragmentação, misturadas com conchas e sedimentos

siliciclásticos de tamanhos menores e maior grau de retrabalhamento. O compartimento intermediário é composto por S e mS constituídos por areia quartzosa de granulometria fina a muito fina, com a última apresentando predominância de areia quartzosa, muito fina e subordinadamente misturada com lama (silte e argila). O último compartimento é ocupado pelo sM com predomínio de sedimentos lamosos (silte e argila) em relação à areia quartzosa.

### **Interpretação**

O primeiro compartimento indica uma região acima do nível do SWB com ação combinada de ondas e correntes da antepraia inferior – mar aberto transicional (*lower shoreface – offshore transition*), sobre a superfície de fundo com profundidades inferiores a 36,0 m. Hs com conchas desarticuladas podem ocorrer em regiões próximas ao limite da ação da FWWB, onde o processo de *winnowing* causa a remoção da matriz fina do sedimentos bioclásticos, preservando as conchas (Fürsich & Oschmann, 1993).

O segundo e terceiro compartimento estão associados a uma região entre o nível de base da ação das ondas de tempestade (SWB) e a ação das ondas de tempo bom (FWWB), (Reading & Collinson, 1996), os quais correspondem ao ambiente mar aberto transicional (*offshore transition*). A decantação e a tração sob regime de fluxo inferior e fluxos gravitacionais. Uma provável ocorrência de bivalves com matriz e conchas articuladas pode representar fácies depositada próximo ao ambiente onde os bivalves viveram. Porém, neste trabalho tal ocorrência não foi registrada.

### **6.1.3 Fácies de Baixa energia**

#### **Descrição**

sM, M e Mc, principalmente compõem o ambiente de baixa energia. Essas fácies estão associadas aos sedimentos siliciclásticos muito finos - areia, silte, argila e lama micrítica.

#### **Interpretação**

Região abaixo da ação do SWB, que indica condições de baixa energia hidrodinâmica, caracterizada por processos de decantação. A configuração hidrodinâmica da fácies de baixa energia se deve à falta das ações de ondas (abaixo do nível de base de ondas) em mar aberto (*offshore*) – zonas mais profundas (Bizotto, 2014).



## 6.2 MODELO DE FÁCIES

Baseado na descrição e interpretação das fácies de alta, moderada e baixa energia, um modelo genético foi desenvolvido (Fig. 24) dentro do contexto geológico, oceanográfico e morfológico da área. A irregularidade (altos batimétricos), declividade e heterogeneidade da plataforma interna do Albardão, as quais são relacionadas aos bancos arenosos que caracterizam o fundo dessa plataforma, se responsabilizam pelo posicionamento das fácies ao longo do perfil no modelo deposicional do Albardão.

A fácies de alta energia caracterizada pelas Rf & Gf, se depositam tanto nos altos batimétricos (as cristas dos bancos arenosos) situados no mar aberto (*offshore*), acima da profundidade limite de ação das ondas de tempestade (SWB), como nas zonas face da praia – antepraia (*foreshore – shoreface*), acima da profundidade limite das ondas de tempo bom (FWWB). No mar aberto, durante ondas de tempestades, as conchas nas cristas dos bancos são retrabalhadas e transportadas por ação de ondas e correntes até a face da praia – antepraia. Nesses sub-ambientes, ocorre acentuado retrabalhamento mecânico das conchas da Rf por consequência da quebra das ondas na face da praia (*foreshore*) e diminuição de taxa de fragmentação das conchas da Gf na antepraia (*shoreface*) superior.

No ambiente de mar aberto transicional (*offshore transition*), a fácies de moderada energia representada por Hs, S e mS ocorre, associada a região entre o nível de base da ação das ondas de tempestade (SWB) e a ação das ondas de tempo bom (FWWB), com extensa ação de *winnowing*, ocasionando a remoção da matriz fina do sedimentos bioclásticos, logo, preservando as conchas nos altos batimétricos e na face da praia (*foreshore*) – antepraia (*shoreface*). Em mar aberto (*offshore*) – zona abaixo da ação do SWB (abaixo do nível de base de ondas), o processo de decantação é responsável pela deposição das fácies sM, M e Mc.

Os depósitos reliquiais se encontram nos altos batimétricos nas porções mais afastadas e profundas, os quais não foram incluídos no modelo genético deste estudo por não estarem vinculados a hidrodinâmica atual.

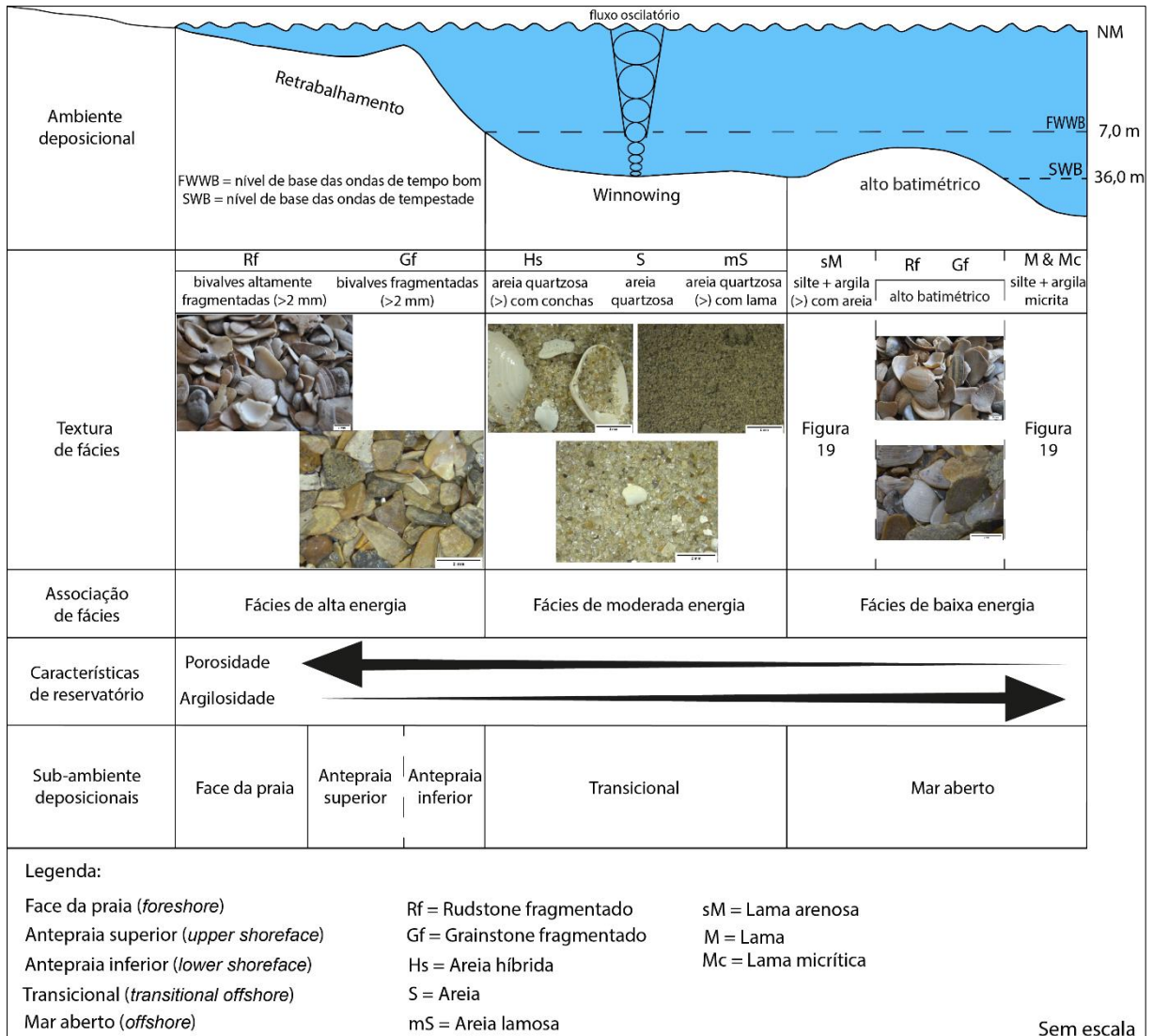


Figura 24 – Modelo genético de fácies das coquinas do Albardão com a distribuição ao longo da plataforma interna controlada pela morfologia de fundo e o zoneamento hidrodinâmico, em um ambiente dominado por ondas com intenso retrabalhamento.

### 6.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos dos reservatórios da Formação Coqueiros do Pré-sal têm sido muito importantes na exploração e produção de petróleo no Brasil e, principalmente, com às novas descobertas na Bacia de Santos, a compreensão dos fatores controladores da gênese de um reservatório carbonático se tornam ainda mais importantes. Para tal, a caracterização dos depósitos de coquinas do Albardão se constitui num análogo útil para aprimorar as atividades exploratórias destas jazidas de petróleo, precisamente das coquinas nas Bacias de Santos e Campos.

### 6.3.1 Caracterização do Reservatório

Dentro das fácies constatadas, duas principais foram definidas como reservatórios, com Rf sendo considerado o de melhor qualidade. Essencialmente composta inteiramente por conchas de bivalves e gastrópodes altamente fragmentadas, moderada a mal selecionada, com alta porosidade primária preservada (Bizotto, 2014; Oliveira *et al.*, 2019). Se forma tanto nas cristas dos bancos arenosos (altos batimétricos) distal à costa como depósito de coquinas no mar aberto (*offshore*), retrabalhado por ondas de tempestade (SWB), (Soreghan & Cohen, 1996), quanto na face de praia (*foreshore*), como depósito com acentuada taxa de retrabalhamento por ondas e correntes de tempo bom (FWWB), (Oliveira *et al.*, 2019). A deposição e distribuição dessas coquinas são influenciadas pela profundidade, o fluxo de energia das ondas incidentes, a natureza morfoestrutural e a declividade da plataforma interna, as quais são marcadas por vários bancos arenosos vinculados aos ciclos transgressivos-regressivos do nível do mar, formando assim, linhas isobatimétricas irregulares.

Grainstone fragmentado, o segundo melhor reservatório consiste em conchas de bivalves fragmentadas, mal selecionada e com uma boa porosidade primária preservada. Formase também tanto nas cristas dos bancos arenosos (altos batimétricos) distal à costa, como depósito de coquinas em mar aberto (*offshore*) e retrabalhado por ondas de tempestade (SWB), (Soreghan & Cohen, 1996), quanto na antepraia (*shoreface*), como depósito com bastante conchas fragmentadas por ondas e correntes de tempo bom (FWWB). Entretanto, a ocorrência de grãos siliciclásticos de quartzo pode diminuir drasticamente a permo-porosidade do reservatório e, portanto, se comporta como barreiras de permeabilidade (Oliveira *et al.*, 2019). Uma analogia semelhante se aplica à fácies híbrida identificada, onde os grãos de areia quartzosa superam os bioclastos, reduzindo ainda mais a permo-porosidade deste reservatório.

Por fim, a caracterização de Gf como o segundo melhor reservatório se deve a descoberta dos recentes campos do Pré-Sal no Alto Externo da Bacia de Santos, que apresentavam acúmulo de óleo em coquinas do Aptiano inferior, depositadas nos altos estruturais do embasamento da referida Bacia (Carminatti *et al.*, 2008; Petersohn e Abelha, 2013; Abelha, 2015; Carlotto *et al.*, 2017). Essas coquinas bivalves contêm pequenas quantidades de intraclastos, composição híbrida, sedimentos siliciclásticos e camadas pelíticas.

## 7. CONCLUSÕES

Em conclusão, este estudo permitiu a caracterização faciológica e interpretação genética dos depósitos mistos carbonático-siliciclásticos da plataforma interna do Albardão, tendo-se como foco principal as fácies carbonáticas e híbridas. Também, foi possível propor o modelo de comportamento dos depósitos carbonáticos e os fatores controladores da qualidade permo-porosa do reservatório, variável muito importante na exploração de petróleo.

Foram estabelecidas as seguintes principais conclusões:

- Em total, oito fácies foram reconhecidas das quais três carbonáticas, uma fácies híbrida e quatro siliciclásticas.
- As fácies foram agrupadas em três associações: fácies de alta energia composta por rudstones (Rf) e grainstones (Gf); fácies de moderada energia constituindo-se de areia híbrida (Hs), areia (S) e areia lamosa (mS); fácies de baixa energia representada por lama arenosa (sM), lama (M) e lama micrítica (Mc).
- Somente as fácies deposicionais de alta energia apresentam acentuado grau de fragmentação, uma condição favorável a gênese de um reservatório com atributo de boa permo-porosidade.
- As fácies carbonáticas evidenciaram alto teor de  $\text{CaCO}_3$  (>50%) à medida que as fácies híbridas e siliciclásticas apresentaram teores menos que 50%.
- O ordenamento do modelo faciológico marinho raso, a partir do mar aberto em direção à praia, apresenta a seguinte distribuição faciológica:  $M > Mc > sM > mS > S > Hs > Gf > Rf$ .
- A qualidade do reservatório das coquinas é controlada pelas características deposicionais (textura, seleção, composição mineralógica, teor de  $\text{CaCO}_3$ ).
- A faciologia do fundo é controlada pela profundidade, pela morfologia dos altos batimétricos e pela declividade da plataforma interna.
- As acumulações bioclásticas de bivalves são o produto final da atuação de processos sedimentares associados ao fluxo de energia das ondas incidentes, principalmente aquelas de tempestades, que retrabalharam e depositaram as conchas sobre as cristas dos bancos arenosos (altos batimétricos) em mar aberto e na face da praia-antepraia da plataforma do Albardão.

- A qualidade permoporosa do reservatório está, em princípio, diretamente ligada à fácies deposicional. As maiores porosidades são encontradas em intervalos formados por fácies deposicionais de maior energia, com menor quantidade ou ausência de areia ou lama.

## 8. REFERÊNCIAS

- Abelha, M. 2015. *Brazilian Carbonate Oil Fields: A Perspective. Brazilian Petroleum Conference - Carbonates: From Genesis to Production* - Rio de Janeiro/Brazil.
- Abrahão, D. & Warne, J.E. 1990. Lacustrine and associated deposits in a rifted continental margin-lower cretaceous Lagoa Feia formation, Campos basin, offshore Brazil. *In: Katz, B.J. (Ed.), Lacustrine Basin Exploration: Case Studies and Modern Analogs. AAPG Memoir 50*, pp. 287–305.
- Abreu, J.G.N. & Calliari, L.J. 2005. Paleocanais na plataforma continental interna do Rio Grande do Sul: evidências de uma drenagem fluvial pretérita. *Revista Brasileira de Geofísica*. 23(2): 123-132
- Ager, D.V. 1963. *Principles of Paleoecology, An Introduction to the Study of How and Where Animals and Plants Lived in the Past*. New York, McGraw–Hill, 371p.
- Akbar, M., Steckhan, J., Tamimi, M., Zhang, T. & Saner, S. 2008. Estimating Cementation Factor (m) for Carbonates Using Borehole Images and Logs. *In: Society of Petroleum Engineers, Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference*, Abu Dhabi, United Arab Emirates, p. 1-10.
- Almeida, L. E. S. B., Rosauo, N. M. L. & Toldo Jr., E. E. 1997. Análise Preliminar das Marés na Barra do Rio Tramandaí, RS. *In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1997, Vitória, ES. Anais do XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Vitória, ES: ABRH, 1997. 1: 559-566.
- Allison, P.A. & Briggs D.E.G. (eds.). 1991. Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record. *Topics in Geobiology*, v. 9, Plenum, 591p.
- Allison, P.A. & Bottjer, D.J. (eds.). 2011. Taphonomy: process and bias through time. 2° ed. *Topics in Geobiology*, v. 32, Springer, 599 p.
- Andrade, M.M., Toldo Jr., E.E. & Nunes, J.C. 2016. Variabilidade das correntes na plataforma interna ao largo de Tramandaí, RS durante o verão de 2014. *Pesquisas em Geociências*, 43 (3): 289-298.
- Andrade, M.M., Toldo Jr., E.E. & Nunes, J.C.R. 2018. Tidal and subtidal oscillations in a shallow water system in southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 66 (3): 245-254. ISSN 1982-436X. <https://doi.org/10.1590/s1679-87592018017406603>.
- Angulo, R., Fidalgo, F., Gómez Peral, M.A., Schnack, E.J., 1978. Las ingresiones marinas cuaternarias en la bahía de San Antonio y sus vecindades, provincia de Río Negro. *In: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO, 7, 1978, Buenos Aires, Argentina, Acta*, vol. 1, pp. 271-283.
- Armelenti, G., Goldberg, K., Kuchle, J. & De Ros, L.F. 2016. Deposition, diagenesis and reservoir potential of non - carbonate sedimentary rocks from the rift section of Campos Basin, Brazil. *Petroleum Geoscience* 22 (3), 223–239.
- Asmus, H.E. & Porto, R. 1972. Classificação das bacias sedimentares brasileiras segundo a tectônica de placas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 26 Belém, 1972. Anais...*, Belém: SBG, 2: 67-90.

- Asmus, H.E. 1983. A Bacia de Pelotas no esquema evolutivo da margem continental brasileira. *In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA*, 1, Porto Alegre, 1983. *Anais...*, Porto Alegre: SBG, p. 245-252.
- Asmus, H.E. & Guazelli, W. 1981. Descrição Sumária das Estruturas da Margem Continental Brasileira e das Áreas Oceânicas e Continentais Adjacentes – Hipótese sobre o Tectonismo Causador e Implicações para Prognósticos do Potencial de Recursos Minerais. *Projeto REMAC*, CENPES, 9: 269p.
- Asp, N.E. 1996. *Avaliação da potencialidade de depósitos de calcário biodetrítico da plataforma interna e linha de costa do Rio Grande do Sul*. Rio Grande, 71p. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de graduação em Oceanologia, (inédito), Instituto de Oceanografia, FURG.
- Asp, N.E. 1999. *Evidências de estabilizações no nível do mar no Quaternário da plataforma continental entre Rio Grande e Chuí – Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, 118p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Azambuja Filho, N.C., Arienti, L.M. & Cruz, F. E.G. 1998. Guidebook to the Rift-Drift Sergipe Alagoas, Passive Margin Basin, Brazil. THE 1998 AMERICAN ASSOCIATION OF PETROLEUM GEOLOGISTS INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION, *Roteiro de Excursão*, p.113.
- Barboza, E.G., Rosa, M.L.C.C. & Ayup-Zouain, R.N. 2008. Cronoestratigrafia da Bacia de Pelotas: uma revisão das sequências deposicionais. *Gravel* - ISSN 1678-5975, Junho – 2008, 6 (1):125-138. Porto Alegre.
- Bertani, R.T. & Carozzi, A.V. 1985a. Lagoa Feia formation (lower cretaceous), Campos basin, offshore Brazil: rift valley stage lacustrine carbonate reservoirs — I. *Journal of Petroleum Geology* 8 (1): 37–58.
- Bertani, R.T. & Carozzi, A.V. 1985b. Lagoa Feia formation (lower cretaceous), Campos basin, offshore Brazil: rift valley stage lacustrine carbonate reservoirs — II. *Journal of Petroleum Geology* 8 (2): 199–220.
- Best, M.M.R. & Kidwell, S.M. 2000a. Bivalve taphonomy in tropical mixed siliciclastic–carbonate settings. I. Environmental variation in shell condition. *Paleobiology*, 26: 80–102.
- Best, M.M.R. 2008. Contrast in preservation of bivalve death assemblages in siliciclastic and carbonate tropical shelf settings. *Palaios*, 23:796-809.
- Bizotto, A. C. 2014. *Coquinas eoaptianas do sudoeste da Bacia de Campos: fácies deposicionais, eventos diagenéticos e fatores controladores da qualidade do reservatório Rio Claro*, São Paulo, 168p. Dissertação de Mestrado, Programa De Pós-Graduação em Geologia Regional, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- Blatt, H. 1982. *Sedimentary Petrology*. New York, W.H Freeman and Company, 564p.
- Boggs, S. 1992. *Petrology of Sedimentary Rocks*. New Jersey, The Blackburn Press, 707p.
- Borghi, L. 2000. Visão geral da análise de fácies sedimentares do ponto de vista da arquitetura deposicional. *Bol. Mus. Nac., N.S., Geol.*, Rio de Janeiro, 53: 1-26.

- Borzzone, C.A. & Griep, G.H. 1991. Características do Sedimento Superficial Infralitoral da Região Costeira Adjacente à De-semboadura da Lagoa dos Patos, RS, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 18 (1): 71-78.
- Brett, C.E. & Baird, G.C. 1986. Comparative taphonomy: a key to palaeoenvironmental interpretation based on fossil preservation: *Palaios*, 1: 207–227.
- Bruhn, C.H.L., Gomes, J.A.T., Lucchese, C.D. & Johann, P.R.S. 2003. Campos basin: reservoir characterization and management – historical overview and future challenges. In: OTC 15220. OFFSHORE TECHNOLOGY CONFERENCE, Houston, Texas, pp. 14pp.
- Buchmann, F.S. 2002. *Bioclastos de organismos terrestres e marinhos na praia e plataforma interna do Rio Grande do Sul: natureza, distribuição, origem e significado geológico*, Porto Alegre, 122p. Tese de Doutorado em Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Cadée, G.C. 1968. Molluscan biocoenoses and thanatocoenoses in the Ria de Arosa, Galicia, Spain. *Zool. Verh. Leiden*, 95: 1-121.
- Cadée, G.C. 1994. Eider, shelduck, and other predators, the main producers of shell fragments in the Wadden Sea. *Paleontology*, 37: 181-202.
- Calliari, L.J. & Abreu, J.G. 1984. Litologia da plataforma continental interna adjacente a cidade do Rio Grande (RS), através da interpretação de registros de sonar de varredura lateral e amostragem superficial. XXXIII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Anais..., 1984. Rio de Janeiro.
- Calliari, L.J. & Klein, A.H. 1993. Características Morfodinâmicas e Sedimentológicas das Praias Oceânicas Entre Rio Grande e Chuí, RS. *PESQUISAS*, 20 (1): 48-50. ISSN 0100-5375.
- Calliari, L.J. & Fachin, S. 1993. Laguna dos Patos – Influência nos Depósitos Lamíticos Costeiros. *Pesquisas em Geociências*, 20 (1): 57-69.
- Calliari, L.J., Tozzi, H.A. & Klein, A.H. 1998. Beach Morphology and Coastline Erosion Associated with Storm Surges in the Southern Brazil - Rio Grande to Chuí, RS. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70 (2): 231-247.
- Calliari, L.J., Corrêa, I.C.S. & Asp, N.E. 1999. Inner Shelf and Beach Seashell Resources in Southern Brazil. In: MARTINS, L.R. & SANTANA, C.I. (Org.). Non-Living Resources of the Southern Brazilian Coastal Zone and Continental Margin, p. 39-49.
- Campos, P.C., Weigert, S.C. & Madureira, L.S.P. 2009. Ecobatimetria e características acústicas do leito oceânico na região do Canal do Albardão – Rio Grande do Sul – Brasil. *Revista Atlântica*, Rio Grande, 31 (1): 5-23.
- Carvalho, M.D., Praca, U.M. & Telles, A.C.S. 2000. Bioclastic carbonate lacustrine facies molds in the Campos basin (lower cretaceous), Brazil. In: Gierlowskikordesch, E.H., Kelts, K.R. (Eds.), Lake Basins through Space and Time. Tulsa: AAPG. *AAPG Studies in Geology*. 46: 245–256.
- Carlotto, M.A., Da Silva, R.C.B. & Yamato, A.A. 2017. Libra: a newborn giant in the Brazilian presalt province. In: Merrill, R.K., Sternbach, C.A. (Eds.), Giant Fields of the Decade 2000–2010. vol. 113. *AAPG Memoir*, pp. 165–176.



- Carminatti, M., Wolff, B., Gamboa, L.A.P., 2008. New Exploratory Frontiers in Brazil: WORLD PETROLEUM CONGRESS, 19, Madrid, Spain 2008.
- Caron, F. 2014. *Estratigrafia e Evolução da Barreira Holocênica na Região Costeira de Santa Vitória do Palmar, Planície Costeira do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, 172p. Tese de Doutorado apresentada como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Ciências.
- Carvalho, M.D., Praça, U.M., Dias, J.L., Silva-Telles Jr., A.C., Horschutz, P., Hessel, M.H., Hanashiro, M., Scuta, M.S., Barbosa, A.S.C., Freitas, L.C.S. & Sayd, A.D. 1995. *Coquinas da Formação Lagoa Feia da Bacia de Campos: estudos sedimentológicos na caracterização da qualidade do reservatório*, Rio de Janeiro, PETROBRAS, CENPES - Depex. (Internal Report, 3 v.).
- Carvalho, M.D., Praça, U.M., Telles, A.C.S. 2000. Bioclastic carbonate lacustrine facies molds in the Campos basin (lower cretaceous), Brazil. *In: Gierlowskikordesch, E.H., Kelts, K.R. (Eds.), Lake Basins through Space and Time. Tulsa: AAPG. AAPG Studies in Geology. 46: 245–256*
- Caxito, F.A. 2017. James Hutton e o Sublime Geológico: a Teoria da Terra entre o Iluminismo e o Romantismo. *Terra Didática*, 13(3):235-243. <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/> Acesso em: 30 set. 2020.
- Charó, M.P., Gordillo, S., Fucks, E.E. & Giaconi, L.M. 2014. Late Quaternary molluscs from the northern San Matías Gulf (Northern Patagonia, Argentina), southwestern Atlantic: Faunistic changes and paleoenvironmental interpretation. *Quaternary International* 352 (2014) 26 – 47. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2013.12.044>
- Cintra, J.P. 1985. *Contribuição ao estudo de representação de superfícies com o auxílio do computador*, São Paulo, 293p. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- Cohen, A.S. 1989b. The taphonomy of gastropod shell accumulations in large lakes: an example from Lake Tanganyika. *Paleobiology* 15: 26–45.
- Collinson, J.D. 1969. The sedimentology of the Grindslow Shales and the Kinderscout Grit: a deltaic complex in the Namurian of northern England. *Journal of Sedimentary Petrology*, 39: 194-221.
- Conceição, J.C.J., Zalan, P.V. & Wolff, S. 1988. Mecanismo, evolução e cronologia do rifte Sul-Atlântico. *Boletim Geociências Petrobras* 2: 255–265.
- Corbett, P., Câmara R., Monteiro R., Tavares A.C.G., Teixeira B. & Borghi, L. 2013. Framework for modeling of wireline log response from carbonate outcrops. *In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE BRAZILIAN GEOPHYSICAL SOCIETY, 13, 2013, Anais...*, Rio de Janeiro Sociedade Brasileira de Geofísica.
- Corrêa, I.C.S. & Ponzi, V.R. 1978a. Bioclastic Carbonate Deposits Along Albardão And Mostardas In Rio Grande do Sul Inner Continental Shelf. *In: Seminario sobre ecologia bentonica y sedimentacion de la plataforma continental del Atlantico sur, Montevideo-Uruguay. Memorias. Montevideo-Uruguai, p. 67-91.*
- Corrêa, I.C.S. & Ponzi, V.R.A. 1978b. Depósitos de Calcário Biodetrítico das Regiões de Albardão e Mostardas Na Plataforma Interna do Rio Grande do Sul. *In: XXX*

- CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Recife-PE. *Anais...*, Recife-PE, 2:851-866.
- Corrêa, I.C.S. 1979. Paleolinhas de Costa na Plataforma Continental entre São Paulo e Santa Catarina. *In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA, 2. Rio Claro-SP. Atas...*, Rio Claro-SP. 1: 269-278.
- Corrêa, I.C.S., Ponzi, V.R. & Trindade, L.A.F. 1980. Níveis Marinheiros Quaternários da Plataforma Continental do Rio de Janeiro. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31. Balneário Camboriu - SC. Anais...*, Balneário Camboriu-SC. 1: 578-587.
- Corrêa, I.C.S. 1982. Estudo da sedimentação quaternária da plataforma continental média e externa do Rio Grande do Sul. *In: XXXII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Anais 4: Salvador, BA. SBG, 1504-1513.*
- Corrêa, I.C.S. 1983. Terraços Marinheiros da Plataforma Continental Brasileira entre Rio de Janeiro e Santa Catarina. *In: SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 1. Porto Alegre. Atas...*, Porto Alegre-RS. p.412.
- Corrêa, I.C.S. 1984. Ocorrência de Terraços Marinheiros na Plataforma Continental Sul-Brasileira. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON "LATE QUATERNARY SEA-LEVEL CHANGES AND COASTAL EVOLUTION". Mar del Plata-Argentina. Special Publication. Mar del Plata-Argentina. p.3-6.*
- Corrêa, I.C.S. 1986. Evidence de la Fluctuation du Niveau de la mer dans la Plateforme Continentale du Rio Grande do Sul, Brésil. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SEA LEVEL CHANGES AND QUATERNARY SHORELINES. São Paulo-SP. Special Publication. São Paulo-SP. 3:27-28.*
- Corrêa, I.C.S. 1987. Sedimentos superficiais da Plataforma Continental do RS. *PESQUISAS (Mar del Plata) 19: 95-104.*
- Corrêa, I.C.S., Baitelli, R., Santos, H.N. & Ade, M.V.B. 1989. Sea Level Change in South-Brazilian Continental Shelf. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GLOBAL CHANGES IN SOUTH AMERICA DURING THE QUATERNARY. São Paulo-SP. Special Publication...*, São Paulo-SP. 1:245-249.
- Corrêa, I.C.S. & Baitelli, R. 1991. Translação do Litoral Sul-Brasileiro de 17.500 anos BP a 6.500 anos BP: O Exemplo do Rio Grande do Sul. *In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 3. Belo Horizonte-MG. Publicação Especial nº1. RESUMOS...*, Belo Horizonte-MG. p.112-115.
- Corrêa, I.C.S. 1996. Les Variations du Niveau de la Mer durant les 17.500 ans BP: L'Exemple de la Plate-Forme Continentale du Rio Grande do Sul-Brásil. *Marine Geology. Elsevier, Amsterdam-Holanda. 130 (1/2): 163-178.*
- Corrêa, I.C.S. & Villwock, J.A. 1996. Continental Shelf and Coastal Plain Sediments of the Southeast and South Coast of Brazil. *In: MARTINS, L.R. & CORRÊA, I.C.S. (eds.). 1996. Explanatory Text of the Atlas Morphology and Sedimentology of the Southwest Atlantic Coastal Zone and Continental Shelf from Cabo Frio (Brazil) to Península Valdés (Argentina). Porto Alegre-RS: UFRGS/IG/CECO. p. 41-54.*
- Corrêa, I.C.S. & Toldo Jr. E.E. 1998. The Sea Level Stabilization in the Rio Grande do Sul Continental Shelf, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências, 70: 213 - 219.*

- Corrêa, I.C.S. 2010. Mapeamento e Recursos Minerais na Plataforma Continental e área Oceânica Internacional. *In*. REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 62, 2010, Natal. *Anais...*, Natal, SBPC, pp. 1-5.
- Corrêa, I.C.S., Medeanic, S., Weschenfelder, J., Toldo Júnior, E.E., Nunes, J.C.R. & Baitelli, R. 2014. The palaeo-drainage of the La Plata River in Southern Brazil continental shelf. *Revista Brasileira de Geofísica* 32(2): 259-271. ISSN 0102-261X, [www.scielo.br/rbg](http://www.scielo.br/rbg).
- Coutinho, P. N. 1995. *Relatório Técnico da área de Oceanografia Geológica do Programa REVIZEE - Score Central. Levantamento do Estado da Arte da Pesquisa dos Recursos Vivos Marinhos do Brasil*, REVIZEE. 68p.
- Dalrymple, R.W. 2010. Interpreting Sedimentary Successions: Facies, Facies Analysis and Facies Models. *In*: James, N.P., Dalrymple, R.W. (Ed.). *Facies Models 4. Newfoundland, Canadian Sedimentology*, p. 3-19.
- Dias, J.L., Oliveira, J.Q. & Vieira, J.C. 1988. Sedimentological and stratigraphic analysis of the Lagoa Feia formation, rift phase of Campos basin, offshore Brazil. *Rev. Bras. Geociências* 18 (3): 252–260.
- Dias, J.L. 2005. Stratigraphy, sedimentology and volcanism of the Lower Cretaceous phase along eastern Brazilian continental margin. *In*: 14TH INTERNATIONAL CONGRESS OF THE IAS, 2005, Recife. *Annals...*, Recife, p. 1–2.
- Dillenburg, S.R. 1988. *Contribuição à Evolução Paleogeográfica Quaternária da Plataforma Continental do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, 77p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Dominguez, J.M.L., Ramos, J. M. F., Rebouças, R.C., Nunes, A.S. & Melo, L.C.F.de. 2011. *A plataforma continental do município de Salvador: geologia, usos múltiplos e recursos minerais*. CBPM, Série Arquivos Abertos, 37, p. 73. <http://www.lec-ufba.org/publicacoes/platssa2011.pdf>
- Dunham, R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *In*: Ham, W. E. (ed.), *Classification of carbonate rocks: American Association of Petroleum Geologists Memoir*, p. 108-121.
- Einsele, G. 1992, *Sedimentary basins. Evolution, facies, and sediment budget*: Berlin, *Springer-Verlag*, 628 p., doi: 10.1007/978-3-642-77055-5.
- Embry, A.F. & KLOVAN, J.E. 1971. A Late Devonian reef tract on Northeastern Banks Island, NWT: *Canadian Petroleum Geology Bulletin*, 19: 730-781.
- Erthal, F. 2012. *Assinaturas tafonômicas em bivalves marinhos recentes na costa do Brasil e seu significado paleoambiental*, Porto Alegre, 212p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 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/>>.
- Eyles, N. & Clark, B.M. 1986. Significance of hummocky and swalley cross-stratification in late Pleistocene lacustrine sediments of the Ontario basin, Canada. *Geology*, 14(8): 679-682.

- Feijó, F.J. 1994. Bacias de Sergipe e Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, Rio de Janeiro, 8 (1):149-161.
- Feruglio, E. 1950. Descripción Geológica de la Patagonia, Tomo III. *Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales*, Buenos Aires, Argentina, p. 432.
- Fick, C., Toldo Jr., E.E. & Puhl, E. 2018. Shell concentration dynamics driven by wave motion in flume experiments: insights for coquina facies from lake-margin settings. *Sedimentary Geology* 374: 98–114.
- Figueiredo Jr., A.G. 1975. *Geologia dos depósitos calcários biodetríticos da plataforma continental do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, 72p. Dissertação de Mestrado em Geociências, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Figueiredo Jr., A.G. & Kowsmann, R.O. 1976. Interpretação dos registros de sonar de varredura lateral obtidos na plataforma sul-riograndense durante a Operação GEOMAR VII. Rio de Janeiro, Petrobrás, CPRM, DNPM, DHN, CNPQ.
- Figueiredo Jr., A.G. 1980. Response of water column to strong wind forcing Southern Brazilian inner shelf: implications for sand ridge formation. *Marine Geology*, Amsterdam, 35: 367-376.
- Figueiredo Jr., A.G., Sanders, J. & Swift, D.J.P. 1981. Storm-graded layers on inner continental shelves: Examples from Southern Brazil and the Atlantic Coast of the Central United States. *Sedimentary Geology*, 31: 171-190.
- Fisher, W.L. & McGowen, J.H. 1969. Depositional systems in the Wilcox Group of Texas (Eocene) and their relationship to occurrence of oil and gas. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, Tulsa, 53:30-54.
- Flügel, E. 2004. *Microfacies of Carbonate Rocks. Analysis, Interpretation and Application*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 976.
- Folk, R.L. 1954. The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary rock nomenclature. *Journal Geology*, 62: 344–356. doi: 10.1086/626171.
- Folk, R.L., 1962. Spectral subdivision of limestone types. In: Ham, W.E. (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks. A Symposium*. vol. 1. *AAPG Memoir*, pp. 62–84.
- Folk R.L. 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Austin, Hemphill Publishing Company, 182p.
- Fontana, R.L. 1990b. *Desenvolvimento termomecânico da Bacia de Pelotas e parte sul da Plataforma de Florianópolis*. In: Gabaglia, G.P.R. & Milani, E.J. (eds.). *Origem e evolução de bacias sedimentares*. Rio de Janeiro: Petrobras, p. 377-400.
- Fontana, R.L. 1996. *Geotectônica e Sismoestratigrafia da Bacia de Pelotas e Plataforma de Florianópolis*, Porto Alegre, 214p. Tese de Doutorado em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Force, L.M. 1969. Calcium carbonate size distribution on the west Florida shelf and experimental studies on microarchitectural control of skeletal breakdown. *Journal of Sedimentary Petrology*, 39: 902–934.
- Fürsich, F.T. & Oschmann, W. 1993. Shell beds as tool in basin analysis: the Jurassic of Kachchh, western India. *J. Geol. Soc.* 150:169–185.

- Ghignone, J.I. 1960. Reconhecimento Gravi-magnético na Bacia de Pelotas. *Boletim Técnico da PETROBRAS*. Rio de Janeiro: Petrobras, 3 (2): 73-79.
- Ginsburg, R.N. 1957. Early diagenesis and lithification of shallow-water carbonate sediments in South Florida. *In: Leblanc, R.J. & Breeding, J.G. (eds) Regional Aspects of Carbonate Deposition. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publications*, 5: 80–98.
- Goldberg, K., Kuchle, J., Scherer, C., Alvarenga, R., Ene, P.L., Armelenti, G. & De Ros, L.F. 2017. Re-sedimented deposits in the rift section of the Campos Basin. *Marine Petroleum Geology* 80: 412–431.
- Gonçalves, A., Oliveira, M.A.M. & Motta, S.O. 1979. Geologia da Bacia de Pelotas e da Plataforma de Florianópolis. *Boletim Técnico da Petrobras*. Rio de Janeiro: Petrobras, 22 (3): 157-174.
- Hollmann, R. 1968. Zur Morphologie rezenter Molluskenbruchschille. *Paläont. Z.*, 42: 217-235.
- Hutton, J. 1788. Theory of the Earth; or an investigation of the laws observable in the composition, dissolution, and restoration of land upon the Globe. *Trans. Royal Society of Edinburgh*, 1:209-304.
- Ingersoll, R.V. & Suczek, C.A. 1979. Petrology and provenance of Neogene sand from Nicobar and Bengal fans, DSDP sites 211 and 217. *Journal of Sedimentary Petrology*, 49 (4): 1217–1288.
- Jahnert, R., De Paula, O., Collins, L., Strobach, E. & Pevsner, R. 2012. Evolution of a coquina barrier in Shark Bay, Australia by GPR imaging: architecture of a Holocene reservoir analog. *Sediment. Geol.* 281: 59–74.
- Jung, G. & Toldo Jr., E. E. 2011. Longshore Current Vertical Profile on a Dissipative Beach. *Revista Brasileira de Geofísica (Impresso)*, 29: 691 - 702.
- Klemme, H.D. 1980. Types of petroliferous basins. *In: Foster, N. H. & Beaumont, E.A. 1987 – Geologic Basins, In: Classification, modelling and predictive stratigraphy. Treatise of Petroleum Geology, Reprint Series, 1. Tulsa, Ok, AAPG, p. 87-101.*
- Klein, A.H.F. 1996. *Concheiros do Albardão: Variações espaço-temporais dos sedimentos e da morfologia praias*. Porto Alegre, 119 p. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UFRGS.
- Kidwell, S.M. 1986. Models for fossil concentrations: paleobiological implications. *Paleobiology* 12: 6–24.
- Kidwell, S.M., Fürsich, F.T. & Aigner, T. 1986, Conceptual framework for the analysis and classification of fossil concentrations: *Palaios*, 1: 228–238.
- Kidwell, S.M. & Holland S.M. 1991, Field description of Coarse Bioclastic Fabrics: *Palaios*, 6: 426–434.
- Kidwell S.M. & Bosence, D.W.J. 1991. Taphonomy and time-averaging of marine shelly faunas. *In: Allison, P.A. & Briggs D.E.G. (eds.) Taphonomy: releasing the data locked in the fossil record, Plenum, p. 115-209.*

- Kinoshita, E.M. 2010, Modelagem sísmica-geométrica de fácies dos carbonatos lacustres da Formação Morro do Chaves, Bacia de Sergipe–Alagoas: *Boletim de Geociências da Petrobras*, 18: 249–269.
- Kowsmann, R.O. & Costa, M.P.A. 1974a. Paleolinhas de costa na plataforma continental das regiões Sul e Norte brasileira. *Revista Brasileira de Geociências*, 4: 215-222.
- Kowsmann, R.O. & Costa, M.P.A. 1974b. Interpretação de testemunhos coletados n margem continental brasileira durante a operação GEOMAR VI. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28°. Anais...* Porto Alegre: SBG, p. 297-304.
- Kowsmann, R.O., Costa M.P.A., Vicalvi, M.A., Coutinho, M.G.M. & Gamboa, L.A.P. 1977. Modelo da sedimentação holocênica na plataforma continental sul brasileira. *In: Projeto REMAC – Evolução sedimentar holocênica da plataforma continental e do talude do Sul do Brasil. Série Projeto REMAC: 2: 7–26.* Rio de Janeiro, PETROBRAS, CENPES, DINTEP.
- Kowsmann, R.O & Costa M.P.A. 1979. Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes (Final report). *Série Projeto REMAC 8.* Petrobras. Rio de Janeiro, 55 pp.
- Krumbein, W.C. 1941. Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 11: 64-72.
- Krumbein, W.C. & Pettijohn, F.J. 1938. *Manual of sedimentary petrography.* New York: Appleton-Century-Crofts, 549p.
- Link, A.G. 1967. Delineating the major depositional environments in northern Port Phillip Bay, Victoria. *Journal of Sedimentary Research*, 37: 931–951.
- Miall, A.D. 1985. Architectural element analysis: a new method of facies analysis applied to alluvial deposits. *Earth Sci. Rev.*, 22: 261-308.
- Miall, A.D. 1990 – *Principles of sedimentary basin analysis.* 2.ed. New York: Springer-Verlag, 668p.
- Martins, L. R., Urien, C. M., Eichler, B. B. 1967. Distribuição dos Sedimentos da Plataforma Continental Sul Brasileira e Uruguai. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 21°, Anais...*, 20-43, Curitiba, Brasil.
- Martins, L. R., Melo, U., França, A. M., Santana, I. & Martins, I. R. 1972. Distribuição Faciológica da Margem Continental Sul Rio-grandense. *In: XXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Anais...*, 115-131.
- Martins da Silva, M.A. 1976. *Mineralogia das areias de praia entre Rio Grande e Chuí, RGS,* Porto Alegre, 98 p. Dissertação de Mestrado em Geociências Curso de Pós-Graduação, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Martins, L.R. 1984. *Modelo Sedimentar do Cone do Rio Grande,* Porto Alegre, 222p. Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Martins, L.R.S. & Martins, I.da.R. 1985. Contribuição a Sedimentologia da Plataforma Externa e Talude Superior de Santa Catarina. *Pesquisas em Geociências*, 17 (17): 91-111.
- McGlue, M.M., Soreghan, M.J., Michel, E., Todd, J.A., Cohen, A.S., Mischler, J., O’Connell, C.S., Castañeda, O.S., Hartwell, R.J., Lezzar, K.E. & Nkotagu, H.H. 2010. Environmental

- controls on shell-rich facies in a tropical lacustrine rifts: a review from Lake Tanganyika's littoral. *Palaios* 25 (7): 426-438.
- Mello, M.R. 2008. The Super Giant Great Lagoa Feia Petroleum System: the New Frontier of Exploration in the Pre-salt Sequences of the Great Campos Basin, Brazilian. *AAPG Search and Discovery Article*. AAPG Annual Convention, San Antonio, Texas.
- Milani, E. J., Lana, M. C. & Szatmari, P. 1988. Mesozoic rift basins around the Northeast Brazilian microplate (Reconcavo-Tucano-Jatoba, Sergipe-Alagoas). Triassic-Jurassic Rifting: Continental Breakup and the Origin of the Atlantic Ocean and Passive Margins, *Developments in Geotectonics*, 22, Elsevier, Amsterdam, 833-858.
- Muniz, M.C. 2013. *Tectono-Stratigraphic Evolution of the Barremian-Aptian Continental Rift Carbonates in Southern Campos Basin, Brazil*, Londres, pp. 324. PhD Thesis. Royal Holloway University of London.
- Muniz, M. C. & Bosence, D. W. J. 2018. Lacustrine carbonate platforms: Facies, cycles, and tectonosedimentary models for the presalt Lagoa Feia Group (Lower Cretaceous), Campos Basin, Brazil. *AAPG Bulletin*, 102 (12): 2569-2597. DOI:10.1306/0511181620617087
- Nielsen, J.K. 2004. Taphonomy in the light of intrinsic shell properties and life habits: marine bivalves from the Eemian of northern Russia. *Paläontol. Z.*, 78: 53-72.
- Ojeda y Ojeda, H.A.O. 1982. Structural Framework, Stratigraphy and Evolution of the Brazilian Marginal Basins. *American Association of Petroleum Geologists Memoir* 26: 205-212.
- Ojeda y Ojeda, H.A.O. & Césero, P. 1973. Bacias de Santos e Pelotas. Geologia e perspectivas petrolíferas. PETROBRAS/DEPEX/RJ, *Relatório Interno*, 50p.
- Ojeda y Ojeda, H.A.O. & Silva, A.B. 1975. Bacias de Santos e Pelotas: Relatório de progresso, *Relatório Interno*, PETROBRAS/DEPEX. Rio de Janeiro.
- Oliveira, V.C.B.d., Silva, C.M.A.d., Borghi, L.F., Carvalho, I.S.d. 2019. Lacustrine coquinas and hybrid deposits from rift phase: Pre-Salt, lower Cretaceous, Campos Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences* 95 (2019): 102-254.
- Ornelas, L.P. 1981. *Os ostracodes e seu significado na interpretação dos eventos Cenozóicos na Bacia de Pelotas, RS. Transgressões, Regressões, Paleoecologia e Bioestratigrafia*. Porto Alegre, 218p. Tese de Doutorado. Curso de Pós-Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- 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*. London, Belhaven Press, 22–65.
- Parsons-Hubbard, K.M. 2005. Molluscan taphofacies in Recent carbonate reef/lagoon systems and their application to sub-fossil samples from reef cores. *Palaios*, 20:175-191.
- Parsons-Hubbard, K.M., Brett C.E. & Walker, S.E. 2011. Taphonomic field experiments and the role of the Shelf and Slope Experimental Taphonomy Initiative. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 312:195-208.
- Petersohn, E. & Abelha, M. 2013. Libra, Brazil pre-salt, geological assessment. National agency of petroleum natural gas and biofuels (ANP). Available in: [http://www.brasil-rounds.gov.br/arquivos/Seminarios\\_P1/Apresentacoes/partilha1\\_tecnico\\_ambiental\\_iningles.pdf](http://www.brasil-rounds.gov.br/arquivos/Seminarios_P1/Apresentacoes/partilha1_tecnico_ambiental_iningles.pdf), Accessed date: March 2015.

- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. & Siever, R. 1973. Sand and Sandstone. *Springer-Verlag*, Berlin, 617 p.
- Paley, O.H., Blackwelder, B.W., Doyle, L.J., Estes, E. & Terlecky, P.M. 1969. Aspects of carbonate sedimentation on the Atlantic continental shelf off the Southern United States. *J. Sediment. Petrol.*, 39: 744-768.
- Platt, N.H. & Wright, V.P. 1991. Lacustrine carbonates. Facies models, facies distribution and hydrocarbon aspects. In: P. Anadón, L. Cabrera and K. Kelts (Editors), Lacustrine Facies Analysis. *Int. Assoc. Sedimentol., Spec. Publ.*, 13: 55-72.
- Pomerancblum, M. & Costa, M. P. A. 1972. Integração de informações sobre os minerais pesados na Plataforma Continental Brasileira. *Anais...*, 26º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, São Paulo, SBG, 3: 179-186.
- Prothero D. & Schwab F. 1996. *Sedimentary geology: an introduction to sedimentary rocks and stratigraphy*. New York, Freeman & Co, 593p.
- Radley, J.D. & Barker, M.J. 2000. Palaeoenvironmental significance of storm coquinas in a Lower cretaceous coastal lagoonal succession (Vectis Formation, Isle of Wight, southern England): *Geological Magazine*, 137: 193–205.
- Ramakrishnan, T.S., Ramamoorthy, R., Fordham, E., Schwartz, L., Herron, M., Saito, N. & Rabaut, A. 2001. A model-based interpretation methodology for evaluating carbonate reservoirs. THE SOCIETY OF PETROLEUM ENGINEERS ANNUAL TECHNICAL CONFERENCE AND EXHIBITION, 2001, *Annals...*, New Orleans, p. 01-15.
- Reading, H.G. 1986. Facies. In: READING, H.G. (Ed.). *Sedimentary environments and facies*. 2.ed. Oxford: *Blackwell Scientific Publications*. p. 4-19.
- Reading, H.G. (Ed.), 1996. *Sedimentary environments: processes, facies and Stratigraphy*. 3.ed. London: Blackwell Science. 688p.
- Reading, H.G. & Collinson, J.D. 1996. *Clastic coasts*. In: Reading, H.G. (Ed.), *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, third ed. Blackwell Science, London, p. 688.
- Rigueti, A.L., Dal' B'ó, P. F., Borghi, L. & Mendes, M. 2020. Bioclastic accumulation in a lake rift basin: the early cretaceous coquinas of the Sergipe–Alagoas basin, Brazil. *Journal of Sedimentary Research*, 90: 228–249. DOI: <http://dx.doi.org/10.2110/jsr.2020.11>
- Rittenhouse, G. 1943. A visual method of estimating two-dimensional sphericity. *Journal of Sedimentary Petrology*, 13 (2): 79-81.
- Rodrigues S.C. & Simões M.G. 2010. 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.
- Rocha, R., Griep, G. & Weigert, S. 2014. Mapeamento do Paleoleito do Canal do Albardão, Bacia de Pelotas, Brasil. *Revista Geonorte*, Edição Especial 4, 10 (1): 203-207. (ISSN 2237-1419).
- Rosa, M.L.C.C., Barboza, E.G., Tomazelli, L.J., Ayup-zouain R.N., & Dillenburg S.R. 2007. Aplicação de Ferramentas de Visualização Tridimensional na Modelagem Geomorfológica da Região Sul da Província Costeira do Rio Grande do Sul. *Gravel - ISSN 1678-5975*, 5 (1): 1-10, Porto Alegre.



- Sanguinetti, Y.T. 1979. Miocene Ostracodes of the Pelotas Basin, State of the Rio Grande do Sul, Brasil. *PESQUISAS*. Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 12: 119-187, p.1-13.
- Sanguinetti, Y.T. 1980. Bioestratigrafia (Ostracodes do Mioceno da Bacia de Pelotas, Rio Grande do Sul). *PESQUISAS*. Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 13: 7-34.
- Schafer, W. 1972. *Ecology and Paleoecology of Marine Environments*. The University of Chicago Press, Chicago, pp. 568p.
- Schlumberger, 2014. <https://www.slb.com/technical-challenges/carbonates>, accessed 13/05/2020.
- Segev, A. 2002. Flood basalts, continental breakup & the dispersal of Gondwana: evidence for periodic migration of upwelling mantle flows (plumes). European Geosciences Union, Stephan Mueller, *Special Publication 2*, 171–191.
- Short, A. 1999. *Handbook of Beach and Shoreface Morphodynamics*. John Wiley, Chichester 379 p.
- Shepard, F.P. 1973. Scotian shelf and Grand Banks. In: The future petroleum provinces of Canada their Geology and potential. *Canadian Society of Petroleum Geology Memoir* 1:519-559.
- Selley, R.C. 1970. *Ancient sedimentary environments*. London: Chapman & Hall. 237p.
- Spencer, D. W. 1963. The interpretation of grain size distribution curves of clastic sediments. *Journal Sedimentary Petrology* 33 (1): 180-90.
- Sprovieri, F. & Toldo Jr., E.E. 2019. Reconstruction and Analysis of Wave Climate in Southern Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography* submetido.
- Soreghan, M.J. & Cohen, A.S. 1996. Textural and compositional variability across littoral segments of Lake Tanganyika: the effect of asymmetric basin structure on sedimentation in large rift lakes. *American Association of Petroleum Geology Bulletin*. 80: 382–409.
- Staff, G.M. & Powell, E.N. 1990. Local variability of taphonomic attributes in a parautochthonous assemblage: can taphonomic signature distinguish a heterogeneous environment? *J. Paleontology*, 64: 648-658.
- Staff, G.M., Callender, W.R., Powell, K.M., Parsons-Hubbard, K.M., Brett, C.E., Walker, S.E., Carlson, D.D., White, S., Raymond, A. & Heise, E.A. 2002. Taphonomic trends along a foreereef slope: Lee Stocking Island, Bahamas. II. Time. *Palaios*, 17:66-83.
- Suguio, K. 2003. *Ambientes de Sedimentação Marinhos*. In: Geologia Sedimentar. São Paulo. Ed. Edgard Blücher Ltda. 280-287.
- Swift, D.J.P. 1975. Barrier-island genesis: evidence from the central Atlantic shelf, eastern U.S.A. *Sedimentary Geology*, 14: 1–43.
- Swift, D.J.P., Niedoroda, A.W., Vincent, C.E. & Hopkins, T.S. 1985. Barrier island evolution, middle Atlantic shelf, U.S.A. Part 1: Shoreface dynamics. In: G.F. Oertel and S.P. Leatherman (Editors), Barrier Islands. *Marine Geology*, 63:307-330.
- Tauber, A.F. 1942. Postmortale Veränderungen an Molluskenschalen und ihre Auswertbarkeit für die Erforschung vorzeitlicher Lebensräume. *Palaeobiol.*, 7: 448-495.

- Tavares, A.C., Borghi, L., Corbett, P., Nobre-Lopes, J. & Camara, R. 2015. Facies and depositional environments for the coquinas of the Morro do Chaves Formation, Sergipe-Alagoas Basin, defined by taphonomic and compositional criteria. *Brazilian Journal of Geology* 45 (3): 415–429.
- Terra, G.J.S., Spadini, A.R., França, A.B., Sombra, C.L., Zambonato, E.E., Juschaks, L.C.S., Arienti, L.M., Erthal, M.M., Blauth, M., Franco, M.P., Matsuda, N.S., Silva, N.G.C., Moreti-Junior, P.A., D'Avila, R.S.F., Souza, R.S., Tonietto, S.N., Anjos, S.M.C., Campinho, V.S. & Winter, W.R. 2010. Classificação das rochas carbonáticas aplicável às bacias sedimentares brasileiras. *Boletim de Geociências da Petrobras* 18 (1): 9-29.
- Tessler M. G. & de Mahiques M. 2009. Processos oceânicos e produtos sedimentares. Pp 376-399. *Decifrando a Terra 2ª edição*. São Paulo, Companhia Editora Nacional, 623p.
- Tomašových, A. & Rothfuss, T.A. 2005. Differential taphonomy of modern brachiopods (San Juan Islands, Washington State): effect of intrinsic factors on damage and community-level abundance. *Lethaia*, 38:271-292.
- Thompson, D.L., Stilwell, J.D. & Hall, M. 2015. Lacustrine carbonate reservoirs from Early Cretaceous rift lakes of Western Gondwana: Pre-Salt coquinas of Brazil and West Africa. *Gondwana Research* 28: 26-51.
- Tiercelin, J.J., Cohen, A.S., Soreghan, M.J. & Lezzar, K.E. 1994. Pleistocene-Modern Deposits of the Lake Tanganyika Rift Basin, East Africa: a Modern Analog for Lacustrine Source Rocks and Reservoirs. *SEPM Special Publications*, AAPG, Denver Meeting, pp. 37–59
- Toldo Jr., E. E., Almeida, L. E., Nicolodi, J. L., Absalonsen, L. & Gruber, N. L. 2006. O Controle da Deriva Litorânea no Desenvolvimento do Campo de Dunas e da Antepraia no Litoral Médio do Rio Grande do Sul. *Pesquisas em Geociências*, 33 (2): 35 - 42.
- Tomazelli, L.J. 1978. Minerais pesados da Plataforma Continental do Rio Grande do Sul. *Acta Geologica Leopoldensia*, 2 (3): 103-159.
- Trewin, N.H. & Welsh, W. 1976. Formation and composition of a graded estuarine shell bed. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 19: 219–230.
- Tucker, M. E. 2001. *Sedimentary Petrology 3ed*. Oxford, Blackwell Publishing, 262p.
- Udden, J. A. 1914: Mechanical composition of clastic sediments. *Bull. Geol. Soc. Am.* 25: 655-744.
- Urien, C. M. & Martins, L. R. 1974. Sedimentos da Plataforma Continental Sul Americana entre Cabo Santa Marta (Brasil) e Terra do Fogo (Argentina). Parte 1. Texturas e origem. CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28, *Anais* 3: 213-223, Porto Alegre, Brasil.
- Urien, C.M. & Martins, L.R. 1978. Structural and physiographic map of eastern South America and western South Atlantic. *Série Mapas* 3. CECO/UFRGS.
- UNEP/WCMC (United Nations Environmental Programme/World Conservation Monitoring Centre), 2008. *Shark Bay Western Australia*. Report, Cambridge, England.
- Vermeij, G.J. 1987. *Evolution and Escalation: An Ecological History of Life*. Princeton, Princeton University Press, NJ, 527p.
- Vermeij, G.J. 1979. Shell architecture and causes of death of Micronesian reef snails. *Evolution*, 33: 686-696.

- Villwock, J.A. 1984. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brazil. A synthesis. *PESQUISA*, Porto Alegre, Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 16: 5-49.
- Villwock, A. 1987. Processos costeiros e a formação das praias arenosas e campos de dunas ao longo da costa Sul e Sudeste Brasileira. SIMPÓSIO SOBRE ECOSISTEMAS DA COSTA SUL E SUDESTE BRASILEIRA, Anais..., Porto Alegre, ACIESP, 54: 1/1.
- Villwock, J.A. & Tomazelli, L.J. 1995. *Geologia Costeira do Rio Grande do Sul*. Notas Técnicas, 8: 1-45.
- Walker, R.G. & James, N.P. (eds.), 1992. *Facies models - response to sea level change*. Stittsville: Geological Association of Canada. 409p.
- Walker, R.G. 2006. Facies models revisited: Introduction. In: Posamentier, H. W. & Walker, R.G. (Ed.). 2006. *Facies Models Revisited*. Oklahoma, SEPM, p. 1-19.
- Watson, D.F. 1992. *Contouring: A guide to the analysis and display of spatial data*, Pergamon Press, ISBN 0-08-040286-0, 321p.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392.
- Wichmann, R. 1918. Estudios geológicos e hidrológicos en la región comprendida entre la Boca de Río Negro, San Antonio y Choele Choel, Tomo XIII. *Anales del Ministerio de Agricultura de la Nación, Sec. Geología y Mineralogía y Minería, Argentina*, p. 3.
- Winter, W.R., Jahnert, R.J. & França, A.B. 2007. Bacia de Campos. *Bol. Geociências Petrobras* 15: 511–529.
- Yamaguchi, M. 1977. Shell growth and mortality rates in the coral reef gastropod *Cerithium nodulosum* in Pago Bay, Guam, Mariana Islands. *Marine Biology*, 44: 249-263.
- Zembrusky, S.G. 1979. Geomorfologia da margem continental sul brasileira e das bacias oceânicas adjacentes. In (Chaves, H.A.F. Ed). Geomorfologia da Margem Continental Brasileira e das Áreas Oceânicas Adjacentes. *Série Projeto REMAC*, 7: 129–177. PETROBRAS, DNPM, CPRM, DHN, CNPq.
- Zuffa, G.G. 1980. Hybrid arenites: their composition and classification. *J. Sediment. Petrol.* 50: 21–29.
- Zuschin, M. & Hohenegger, J. 1998. Subtropical coral-reef associated sedimentary facies characterized by molluscs (Northern Bay of Safaga, Red Sea, Egypt). *Facies*, 38: 229-254.
- Zuschin, M., Stachowitsch, M. & Stanton, R.J. 2003. Patterns and processes of shell fragmentation in modern and ancient marine environments. *Earth- Science Reviews*, 63: 33–82.