

ANNE KARINE NUNES DA MATA SILVA

**BIOESTRATIGRAFIA E PALEOECOLOGIA DE FORAMINÍFEROS DO  
ALBIANO–CENOMANIANO NA BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS, BRASIL:  
TESTEMUNHO UFRJ-2-LRJ-1-SE**

Trabalho Final de Curso  
(Geologia)

UFRJ  
Rio de Janeiro – RJ  
Agosto de 2022



ANNE KARINE NUNES DA MATA SILVA

**BIOESTRATIGRAFIA E PALEOECOLOGIA DE FORAMINÍFEROS DO  
ALBIANO–CENOMANIANO NA BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS, BRASIL:  
TESTEMUNHO UFRJ-2-LRJ-1-SE**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do Grau de Bacharel em Geologia.

Orientadores:

Prof. Dr. Aristóteles de Moraes Rios-Netto

Dra. Silvia Clara Pereira da Silva

UFRJ

Rio de Janeiro – RJ

Agosto/2022

Anne Karine Nunes da Mata Silva

**Bioestratigrafia e paleoecologia de foraminíferos do Albiano–Cenomaniano na Bacia de Sergipe-Alagoas, Brasil: testemunho UFRJ-2-LRJ-1-SE/ Anne Karine Nunes da Mata Silva**  
– Rio de Janeiro: UFRJ / IGEO, 2022.

xi, 70 p.: il., 30cm

Trabalho de Final de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia, 2022.

Orientadores: Aristóteles de Moraes Rios-Netto, Silvia Clara Pereira da Silva.

1. Geologia. 2. Setor de Paleontologia e Estratigrafia – Trabalho de Conclusão de Curso. I. Aristóteles de Moraes Rios-Netto. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geologia. III. Bioestratigrafia e paleoecologia de foraminíferos do Albiano–Cenomaniano na Bacia de Sergipe-Alagoas, Brasil: testemunho UFRJ-2-LRJ-1-SE.

ANNE KARINE NUNES DA MATA SILVA

BIOESTRATIGRAFIA E PALEOECOLOGIA DE FORAMINÍFEROS DO  
ALBIANO–CENOMANIANO NA BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS, BRASIL:  
TESTEMUNHO UFRJ-2-LRJ-1-SE

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia  
do Instituto de Geociências, Universidade Federal do  
Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito  
necessário para obtenção do Grau de Bacharel em  
Geologia.

Orientadores:

Prof. Dr. Aristóteles de Moraes Rios-Netto

Dra. Silvia Clara Pereira da Silva

Aprovado em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_

Por:

---

Orientador: Prof. Aristóteles de Moraes Rios-Netto, D. Sc (UFRJ)

---

Orientadora: Silvia Clara Pereira da Silva, D. Sc (UFRJ)

---

Prof. Leonardo Fonseca Borghi de Almeida, D. Sc. (UFRJ)

---

Geól. Roberto Pereira da Silva Júnior, M. Sc (PETROBRAS)

UFRJ

Rio de Janeiro – RJ

Agosto/2022

## Agradecimentos

Agradeço à Shell Brasil e Fundação Coppetec pelo apoio financeiro e logístico fornecido ao Projeto PRESAL, possibilitando assim o desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal do Rio de Janeiro, que apesar da situação financeira, sempre ofereceu suporte estudantil e científico gratuito, me fazendo evoluir profissionalmente.

A Deus, pois com muita fé e confiando sempre nas escolhas dEle, consegui chegar até aqui.

À toda a minha família, em especial aos meus pais, Claudenice e Diogenes, pelo incentivo, confiança, puxões de orelha, nos momentos necessários, e suporte que me deram sempre. Aos meus avós maternos, Eliza e Eduardo, que mesmo morando em outro estado, sempre me deram muito amor e incentivo para seguir meus sonhos. À minha avó paterna, Terezinha, que mesmo já tendo partido, por todo amor e apoio que me deu e continua dando, mesmo do plano espiritual.

Ao meu companheiro Caio de Almeida que me acompanha desde o início da graduação, sempre me apoiando, incentivando e compartilhando momentos felizes e difíceis comigo. Aos meus amigos que adquiri ao longo dessa trajetória e as minhas amigas que me acompanham desde a infância que fizeram a minha graduação ser mais leve.

À minha orientadora, Dra. Silvia Clara Silva, que com muita paciência, carinho, alegria, sotaque e vocabulário carregado de Portugal, dividiu todo o seu conhecimento comigo e sempre me guiou para direção e pensamento correto. Ao meu orientador e professor, Dr. Aristóteles de Moraes Rios-Netto, que com suas correções pontuais me fizeram evoluir a cada dia como geóloga.

Aos meus colegas de jornada do Laboratório de Micropaleontologia Aplicada (MicrA), pela amizade que construí ao longo desses anos e por tornar o ambiente de trabalho acolhedor.

*Suba o primeiro degrau com fé.  
Não é necessário que você veja toda a escada,  
Apenas dê o primeiro passo.*  
Martin Luther King

## Resumo

da Mata, Anne Karine Nunes da Mata Silva. **Bioestratigrafia e Paleocologia de Foraminíferos do Albiano–Cenomaniano na Bacia de Sergipe-Alagoas, Brasil: Testemunho UFRJ-2-LRJ-1-SE.** Rio de Janeiro, 2022. 70 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A Bacia de Sergipe-Alagoas (Nordeste do Brasil) tem papel fundamental no entendimento da história evolutiva do Oceano Atlântico Sul, e o poço UFRJ-2-LRJ-1-SE, perfurado na pedreira Votorantim, no município de Laranjeiras, estado de Sergipe, é um testemunho estratégico dessa história, apresentando um registro quase contínuo (439 metros) do Cretáceo (Albiano-Turoniano). O presente estudo tem como objetivo apresentar uma análise bioestratigráfica e paleoecológica das associações de foraminíferos reconhecidas numa seção de aproximadamente 50 metros do testemunho, correspondente ao intervalo Albiano-Cenomaniano. Para as análises, foram coletadas 19 amostras. Na análise bioestratigráfica foram reconhecidas duas biozonas, locais (biozonas *Herdbergella gorbachikae-Ticinella raynaudi* e *Rotalipora brotzeni*) e internacionais (biozonas *Parathalmaninella appenninica* e *Thalmaninella globotruncanoides*), que sugerem o limite Albiano-Cenomaniano entre as amostras (315,30 e 312,00m). As biozonas de foraminífero reconhecidas foram integradas às biozonas de nanofósseis calcários (Silva Jr. *et al.*, 2020) e aos bioeventos identificados de ostracodes (Vázquez-García *et al.*, 2021) previamente reconhecidos no mesmo poço para o mesmo intervalo estratigráfico. Na análise paleoecológica, é possível observar uma distinção tanto no estado de preservação, quanto na abundância e diversidade das associações de foraminíferos planctônicos presentes que, apesar das suas variações pontuais, tendem a diminuir para o topo do intervalo. Além disso, foi possível reconhecer um ambiente marinho com oscilações de profundidade compatível com a interpretação de um ambiente de plataforma marinha carbonática já indicada para este intervalo estratigráfico por Koutsoukos (1989) e Valle *et al.* (2019).

**Palavras-chave:** Foraminíferos; Bacia de Sergipe-Alagoas; Cretáceo.

## Abstract

da Mata, Anne Karine Nunes da Mata Silva. **Biostratigraphy and Paleoecology of Albian–Cenomanian Foraminifera of Sergipe-Alagoas Basin, Brazil: Core UFRJ-2-LRJ-1-SE.** Rio de Janeiro, 2022. 70 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

The Sergipe-Alagoas Basin (Northeast Brazil) plays a fundamental role in understanding the evolutionary history of the South Atlantic Ocean. The UFRJ-2-LRJ-1-SE well, drilled at Votorantim quarry, municipality of Laranjeiras, Sergipe State, is a strategic core for understanding this history, presenting an almost continuous (439 meters) record of the Cretaceous (Albian-Turonian). This study aims to present a biostratigraphic and paleoecological analysis of the foraminifera assemblages recognized in a section of approximately 50 meters of the core, corresponding to the Albian-Cenomanian interval. For both analyses, 19 samples were collected. In the biostratigraphic analysis, two biozones were recognized, local (*Herdbergella gorbachikae-Ticinella raynaudi* and *Rotalipora brotzeni* biozones) and international (*Parathalmaninella appenninica* and *Thalmaninella globotruncanoides* biozones), which suggest the Albian-Cenomanian boundary between the samples 315.30-312.00m, thus, allowing an integration with on nanofossils biozonation (Silva Jr. *et al.*, 2020) and the identified bioevents based on ostracodes (Vázquez-García *et al.*, 2021), which were previously recognized in the same well and in the same range stratigraphic. In the paleoecological analysis, it was possible to observe a distinction in the state of preservation and in the abundance and diversity of the planktonic foraminifera assemblages that, despite oscillating, tend to decrease towards the top of the stratigraphic interval. Furthermore, it was possible to recognize a marine environment with variations in water column, corroborating with the interpretation of a marine carbonate shelf environment already indicated for this stratigraphic interval by Koutsoukos (1989) and Valle *et al.* (2019).

**Key-words:** Foraminifera; Sergipe-Alagoas Basin; Cretaceous.

### **Lista de Figuras**

Figura 1. Mapa da localização da Bacia de Sergipe-Alagoas (Adaptado de Lana, 1990)

Figura 2. Diagrama estratigráfico da Sub-bacia de Sergipe. Formação Cotinguiba e Riachuelo destacada em vermelho (Campos Neto *et al.*, 2007).

Figura 3. Mapa simplificado da Bacia de Sergipe com a localização do poço UFRJ-2-LRJ-1-SE (adaptado Valle *et al.*, 2019).

Figura 4. Perfil esquemático do poço estudado e intervalo em que as amostras foram coletadas (Adaptado de Valle *et al.*, 2019).

Figura 5. Metodologia clássica utilizada no tratamento de microfósseis calcários (Adaptada de Piovesan *et al.*, 2017).

Figura 6. Bioeventos e biozonas reconhecidos no intervalo estratigráfico analisado.

Figura 7. Distribuição dos episódios reconhecidos no intervalo estratigráfico estudado.

Figura 8. Representação batimétrica da distribuição de foraminíferos ao longo de uma plataforma. (Adaptado de Saidova, 1967; Armstrong & Brasier, 2005)

### **Lista de Tabelas**

Tabela 1. Correlação entre zoneamento por nanofósseis calcários e foraminíferos planctônicos no Cretáceo médio.

Tabela 2. Resultados obtidos nas amostras correspondentes ao Albiano superior (Biozona *Parathamanninella appenninica*)

Tabela 3. Resultados obtidos nas amostras correspondentes ao Cenomaniano inferior (Biozona *Thalmaninella globotruncanoides*)

Tabela 4. Representação habitat preferencial e estratégia de vida dos espécimes mais abundantes na associação em análise.

### **Lista de Gráficos**

Gráfico 1. Representação gráfica das abundâncias relativas a nível de subordem no intervalo estratigráfico estudado. A primeira subordem no gráfico acima corresponde aos foraminíferos planctônicos e as demais incluem os foraminíferos bentônicos.

Gráfico 2. Representação gráfica das abundâncias relativas de famílias identificadas no intervalo estratigráfico estudado. As 8 primeiras famílias correspondem aos foraminíferos planctônicos e as demais aos foraminíferos bentônicos.

Gráfico 3. Representação gráfica das abundâncias relativas dos gêneros reconhecidos no intervalo estratigráfico estudado. Os 18 primeiros gêneros correspondem aos foraminíferos planctônicos e os restantes aos foraminíferos bentônicos.

Gráfico 4. Representação do número de exemplares obtidos em cada amostra no intervalo em análise. Albiano superior (338,80–315,30m) e Cenomaniano inferior (312,00– 288,00m).

## SUMÁRIO

Agradecimentos.....	iv
Resumo.....	vi
<i>Abstract</i> .....	vii
Lista de Figuras.....	viii
Lista de Tabelas.....	viii
Lista de Gráficos.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. O ESTUDO DE FORAMÍNIFEROS E SUA APLICAÇÃO.....	4
4. A BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS.....	7
4.1. Aspectos Gerais e Localização.....	7
4.2. Contexto Tectono-sedimentar.....	8
4.3. Formações Riachuelo e Cotinguiba.....	10
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	11
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	18
6.1. Classificação Taxonômica.....	18
6.2. Bioestratigrafia.....	28
6.2.1. Esquemas Zonais de foraminíferos.....	29
6.2.2. Composição das associações de foraminíferos.....	31
6.2.3. Discussão bioestratigráfica.....	34
6.3. Paleoecologia.....	39
6.3.1. Análise tafonômica.....	39
6.3.2. Abundância relativa.....	40
6.3.3. Riqueza e diversidade.....	43
6.3.4. Discussão Paleoecológica.....	44
7. CONCLUSÃO.....	52
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

APÊNDICE A – Estampas I e II com imagens obtidas através do MEV das espécies identificadas.....	61
APÊNDICE B – Diagramas de distribuição de foraminíferos planctônicos e bentônicos reconhecidos no poço UFRJ-2-LRJ-1-SE.....	65
APÊNDICE C – Diagramas de abundância relativa de foraminíferos planctônicos e bentônicos reconhecidos no poço UFRJ-2-LRJ-1-SE.....	68

## 1. INTRODUÇÃO

Durante a formação do Oceano Atlântico Sul, muitas bacias sedimentares se desenvolveram na margem continental do Brasil, e na maioria destas se estabeleceram vastas plataformas carbonáticas durante o Cretáceo devido ao desenvolvimento de condições adequadas para a deposição de carbonatos (Valle *et al.*, 2019).

Os foraminíferos são organismos protozoários unicelulares, cujo protoplasma, que é envolvido pela carapaça ou teca, é emitido sob a forma de pseudópodes reticulados que são utilizados para capturar alimento. A carapaça ou teca apresenta uma morfologia variada, podendo ser composta por matéria orgânica (tectina), minerais secretados (calcita, aragonita ou sílica) ou resultar da aglutinação de fragmentos sedimentares (Armstrong & Brasier, 2005). Com relação ao seu habitat, eles são quase exclusivamente marinhos, podendo ser encontrados também em ambiente mixohalino e são raros em água doce (e.g. Siemensma *et al.*, 2017). Somando-se a isso, estes microfósseis apresentam hábito de vida planctônico ou bentônico. As formas planctônicas vivem em suspensão na coluna d'água e têm capacidade de fazer migração vertical. As formas bentônicas habitam o fundo oceânico, tendo hábito infaunal (se enterram a poucos centímetros no substrato) ou epifaunal (vivem sobre o sedimento).

Desde a primeira metade do século XX, os foraminíferos têm sido aplicados à análise de bacias, incluindo a datação relativa (biozoneamentos internacionais), interpretação paleoambiental e identificação de variações do nível do mar. Assim, este grande grupo de microfósseis, além da aplicação bioestratigráfica, permite estimar a profundidade, temperatura e salinidade das águas superficiais e do fundo dos mares que habitavam (Petró, 2018).

No Brasil, investigações bioestratigráficas e paleoecológicas com a aplicação de foraminíferos iniciou-se com datações nas seções de poços de petróleo que, posteriormente foram comparados com estratos aflorantes (Schaller, 1969; Noguti & Santos, 1972; Koutsoukos, 1989, 1992).

A Bacia de Sergipe-Alagoas, localizada no nordeste do Brasil, contém um dos mais completos registros estratigráficos dentre as bacias da margem continental brasileira, e nela estão representadas diferentes fases de desenvolvimento tectono-sedimentar (Campos-Neto *et al.*, 2007), fato que lhe concede uma grande importância nos estudos relacionados à formação e evolução do Oceano Atlântico Sul (ex. Ojeda, 1982; Koutsoukos *et al.*, 1989; Koutsoukos *et al.*, 1991; Koutsoukos *et al.*, 1993). Além disso, esta bacia apresenta as seções carbonáticas do Cretáceo mais completas expostas em afloramento, representadas pelas formações Riachuelo e

Cotinguiba, além de sua sucessão marinha, depositada durante o Cretáceo, ser bem representada e rica em conteúdo fossilífero, como os foraminíferos.

Desta forma, sabendo que os foraminíferos são uma importante ferramenta de estudo, o presente trabalho trata da análise bioestratigráfica e paleoecológica a partir da caracterização das associações de foraminíferos correspondente ao intervalo estratigráfico Albiano/Cenomaniano do furo de sondagem UFRJ-2-LRJ-1-SE, localizado na Bacia de Sergipe-Alagoas, Nordeste do Brasil. Tendo em vista que existem estudos já realizados neste poço como a análise paleoambiental (Valle *et al.*, 2019), análise bioestratigráfica com base em nanofósseis calcários (Silva Jr. *et al.*, 2020) e análise bioestratigráfica baseada em ostracodes (Vázquez-García *et al.*, 2021).

## 2. OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho consiste na análise bioestratigráfica e paleoecológica, com base na composição das associações de foraminíferos planctônicos, do intervalo estratigráfico Albiano superior-Cenomaniano inferior/médio do poço UFRJ-2-LRJ-1-SE, localizado na Bacia de Sergipe-Alagoas, Brasil. Assim, pretende-se contribuir para o conhecimento do limite Albiano/Cenomaniano da Bacia de Sergipe-Alagoas, um intervalo particularmente relevante, considerando a dificuldade de sua caracterização, tendo em vista que dificilmente se obtém uma seção com um registro completo nas bacias do Atlântico sul.

Durante a realização deste trabalho, seguiram-se os seguintes objetivos secundários:

1. Desenvolver competências de coleta e tratamento de amostras para estudos micropaleontológicos, recorrendo aos métodos e técnicas de amostragem de testemunho, laboratoriais e de interpretação normalmente usados nesse tipo de trabalho;
2. Caracterizar as associações de foraminíferos registradas através da identificação taxonômica dos espécimes que as integram;
3. Reconhecer a distribuição estratigráfica das espécies identificadas através de associações previamente reconhecidas e descritas para outras seções correlativas situadas em diferentes bacias do hemisfério norte e sul;
4. Analisar a composição das associações registradas, a partir da determinação de vários índices de diversidade;
5. Interpretar a evolução das associações registradas e detectar eventuais relações entre a distribuição espacial das espécies e as respectivas fácies.

Com a execução deste estudo espera-se integrar os resultados obtidos com dados provenientes de outros métodos publicados em estudos anteriores, também realizados no poço UFRJ-2-LRJ-1-SE, como a análise paleoambiental por Valle *et al.* (2019), a análise bioestratigráfica com base em nanofósseis calcários por Silva Jr. *et al.* (2020) e a análise bioestratigráfica baseada em ostracodes por Vázquez-García *et al.* (2021).

### 3. O ESTUDO DE FORAMÍNIFEROS E SUA APLICAÇÃO

O grupo que conhecemos atualmente como foraminíferos, foi descrito inicialmente, como cefalópodes na segunda metade do século XVIII. Posteriormente, esse grupo foi reconhecido como protozoários em 1835 por Dujardim. Pouco depois, Alcide d'Orbigny (1802-1857) elaborou a primeira classificação e cunhou o termo foraminífero, no qual estudou a morfologia, distribuição e classificação desse grupo de microfósseis (Molina, 2004). Em 1962, o trabalho de d'Orbigny foi sucedido por Reuss, que propôs a primeira classificação moderna dos foraminíferos baseados em caracteres da concha, como perfurações e natureza da carapaça (Molina, 2004).

Com relação aos aspectos taxonômicos de foraminíferos, segundo Molina (2004), o primeiro cientista a realizar a classificação sistemática de foraminíferos, utilizando a natureza da teca como principal caractere diagnóstico, foi Williansom, em 1852. Observa-se, também, que as primeiras classificações sistemáticas se estabeleceram principalmente em função da disposição das câmaras e da abertura da teca desses foraminíferos.

Na primeira missão científica de pesquisa oceanográfica, expedição HMS Challenger (1872-1876), foram coletadas diversas amostras que foram estudadas pela primeira vez por Henry Bowman Brady (1835-1891) e publicadas por ele em 1884. Após diversas pesquisas realizadas nessa famosa expedição, no século XIX, foi iniciado o interesse por estudos paleoecológicos baseados em foraminíferos planctônicos e bentônicos.

Os trabalhos sobre foraminíferos continuaram ao longo do século XX, e pesquisadores como J.A. Cushman e N.N. Subbotina, desenvolveram metodologias para a aplicação de foraminíferos como indicadores bioestratigráficos. No final do século XX, A.R. Loeblich, H. Tappan e H.M. Bolli realizaram numerosos trabalhos pioneiros em classificação de foraminíferos. Com o tempo, os aspectos taxonômicos foram desenvolvidos principalmente com a publicação de uma série de catálogos em diferentes grupos, no qual o mais volumoso é o catálogo de foraminíferos compilado por Ellis e Messina desde 1941.

De acordo com Bolli *et al.* (1994) o reconhecimento do valor bioestratigráfico dos foraminíferos teve início apenas no final do século XIX, em função da demanda da indústria petrolífera e a necessidade de datação das seções de poços para posterior comparação com estratos aflorantes. A utilização de foraminíferos planctônicos para correlação de estratos teve início com J. Grzybowski, através do estudo de poços perfurados, no intuito de localizar petróleo na Austrália, em meados de 1898. Já os foraminíferos bentônicos foram usados com propósitos estratigráficos na primeira metade do século XX, uma vez que o conhecimento

acerca da taxonomia e das linhagens evolutivas de foraminíferos planctônicos ainda não estava muito bem fundamentado.

Com o reconhecimento do valor estratigráfico dos foraminíferos, os estudos se intensificaram e estes microfósseis, especialmente os planctônicos, passaram a ser considerados excelentes fósseis-guias devido ao seu alto potencial de preservação no registro geológico, abundância, rápida taxa de evolução e ampla distribuição geográfica.

As extinções em massa dos foraminíferos que ocorreram no final do Cretáceo, principalmente dos planctônicos, são importantes para estudos bioestratigráficos e paleoecológicos, pois contribuem com a datação geocronológica, como também possibilitam inferir conclusões sobre a paleoecologia dos outros diversos grupos fósseis. Sabendo disso, o histórico de estudos no Cretáceo realizados com base em foraminíferos indica que as análises bioestratigráficas iniciaram-se próximo à década de 1960, principalmente nos andares do Campaniano ao Maastrichtiano, nos EUA, Nova Jersey, no qual os foraminíferos encontrados dataram os dois últimos andares bioestratigráficos do Cretáceo (Olsson, 1960, 1964).

Ao longo dos anos, diversos esquemas zonais de aplicação internacional baseados em foraminíferos do Cretáceo foram propostos, como Bolli (1966), Longoria (1984), Sliter (1989), Caron (1985) e entre outros. O Cretáceo é atualmente subdividido em 38 biozonas de foraminíferos planctônicos, e o arcabouço bioestratigráfico desse intervalo vem sendo aprimorado com estudos recentes realizados em seções mediterrâneas (Sigal, 1977; Huber and Leckie, 2011; Huber et al., 2011) e em outras regiões (Petruzzo *et al.*, 2012; Huber e Petruzzo, 2014). Essas biozonas foram recentemente atualizadas por Coccioni e Premoli Silva (2015) com base na seção Bottaccione, Itália, e por Robaszynski e Caron (1995) estudando a seção Kalaat Senan, Tunísia, que estão incorporadas na Escala de Tempo Geológico (Gradstein *et al.*, 2012).

A aplicação de foraminíferos planctônicos do Cretáceo em estudos bioestratigráficos no Brasil, iniciou-se com datações nas seções de poços de petróleo. Desta forma, nas bacias sedimentares brasileiras, os foraminíferos ocorrem nas seções marinhas desde o Aptiano (Cretáceo inferior) até o Holoceno (Koutsoukos, 1989; Lima, 2002; Zerfass & Andrade, 2008). Noguti & Santos (1972) propuseram um esquema zonal com base em foraminíferos planctônicos, incluindo a seção do Aptiano até ao Mioceno, no qual foram estabelecidas 28 biozonas, sendo 5 para a seção do Cretáceo e 23 para a seção do Cenozoico. Posteriormente, este esquema zonal foi modificado por Noguti (1975), Beurlen (1982) e Viviers (1982), constituindo um único esquema zonal padrão elaborado especificamente para as bacias desta região.

Koutsoukos (1989), tem seu estudo com base em foraminíferos como referência no Brasil, com base em espécimes recuperados em amostras de afloramentos e de poços perfurados na Bacia Sergipe-Alagoas. Seu trabalho compreende uma revisão taxonômica, análise paleoecológica e definição de zoneamento bioestratigráfico de foraminíferos do intervalo Aptiano superior-Maastrichtiano da Bacia de Sergipe-Alagoas, no qual foram estabelecidas 23 biozonas com base em foraminíferos planctônicos para esta bacia (Aptiano Superior-Maastrichtiano) que, posteriormente, foram integradas às biozonas de amonitas (Koutsoukos & Bengtson, 1993).

Outros estudos micropaleontológicos no nordeste do Brasil foram desenvolvidos por Lima (2002) e Lima *et al.* (2011), que estudaram a bioestratigrafia da Bacia Pernambuco-Paraíba (Formação Gramame) com base em foraminíferos planctônicos e nanofósseis calcários a partir de lâminas delgadas de rochas carbonáticas, no qual a partir do reconhecimento de foraminíferos planctônicos, os estratos estudados foram datados como Maastrichtiano.

Silva (2007) estudou a bioestratigrafia da Bacia Pará-Maranhão com base em radiolários e foraminíferos planctônicos e bentônicos, onde determinou a idade relativa para o intervalo Campaniano-Maastrichtiano, além da identificação de eventos paleoambientais e paleoecológicos. Posteriormente, Silva (2011) realizou um estudo bioestratigráfico e paleoecológico com os foraminíferos planctônicos e bentônicos da Bacia de Barreirinhas do Estado do Maranhão, com exemplares do intervalo Albiano-Cenomaniano, no qual foram estabelecidas 7 biozonas com base em foraminíferos planctônicos, além do reconhecimento de eventos paleoecológicos caracterizados por variações climáticas ocorridas neste intervalo.

Uma vez que existem escassos trabalhos acerca dos foraminíferos planctônicos do Albiano superior-Cenomaniano inferior/médio, na Bacia de Segipe-Alagoas, os trabalhos acima apresentados foram um importante ponto de partida para alcançar alguns dos objetivos do presente estudo, que visa ampliar a escala bioestratigráfica, bem como, o conhecimento da composição das associações de foraminíferos para o mesmo intervalo temporal.

#### 4. A BACIA DE SERGIPE-ALAGOAS

A Bacia de Sergipe-Alagoas é uma bacia de margem continental brasileira que faz parte do sistema de rifte extensional que operou durante o final do Jurássico até o início do Cretáceo, culminando com a abertura do Oceano Atlântico Sul, após o rompimento do Gondwana Ocidental (Lana, 1990). Sabendo disso, o presente capítulo visa apresentar, de modo geral, o contexto geológico em que esta bacia se inclui, particularizando o contexto da seção que é objeto de estudo.

##### 4.1. Aspectos Gerais e Localização

A Bacia de Sergipe-Alagoas situa-se no litoral nordeste do Brasil entre as latitudes 9°S e 11°30'S e longitudes 35°30'O e 37°O. Possui uma área de aproximadamente 53.000 km<sup>2</sup>, dos quais 40.000 km<sup>2</sup> representam a porção *offshore* e 13.000 km<sup>2</sup> a porção *onshore*, admitindo que o limite esteja até a cota batimétrica de 2.000 m (Lana, 1990; Feijó, 1994). Esta é limitada a nordeste pela Bacia de Pernambuco-Paraíba (Alto de Maragogi) e a sudoeste pela Bacia de Jacuípe, onde o limite é indiviso (Figura 1).

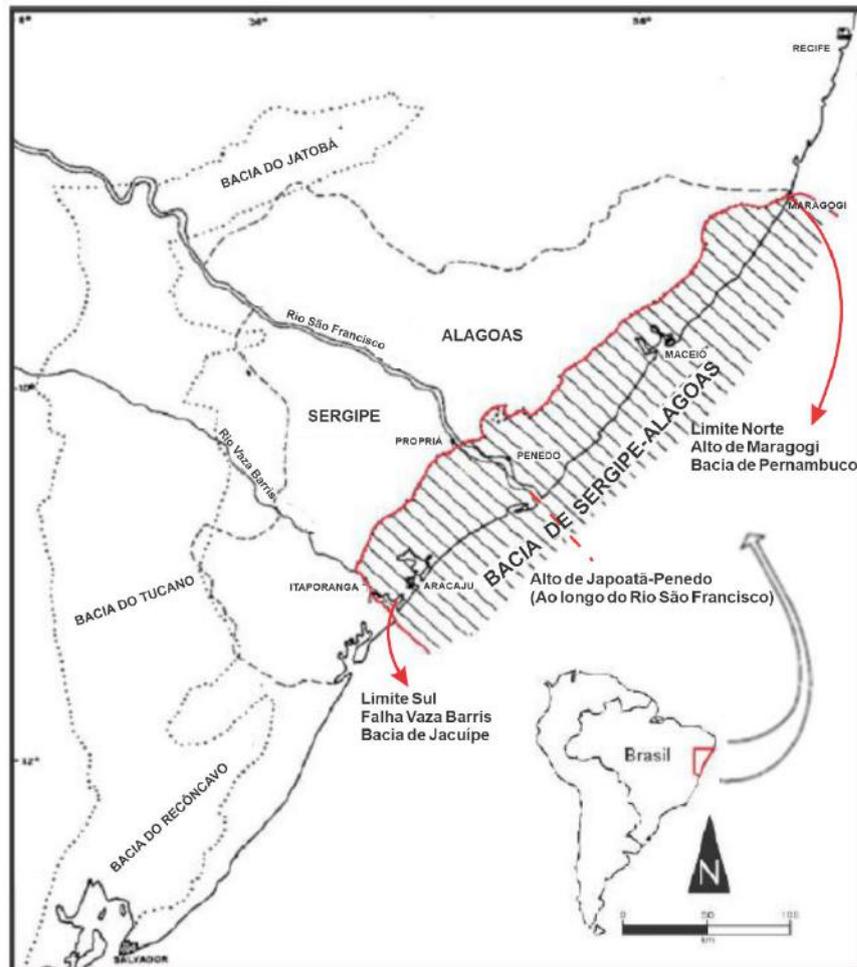


Figura 1. Mapa de Localização da Bacia de Sergipe-Alagoas (Adaptado de Lana, 1990)

Feijó (1994) divide a Bacia de Sergipe-Alagoas em duas bacias distintas, Bacia de Sergipe e Bacia de Alagoas, separadas pelo alto de Japoatã-Penedo. A principal justificativa que sustenta esse entendimento seriam importantes diferenças estruturais e estratigráficas que permitem esta divisão entre as duas áreas. No entanto, de acordo com Campos Neto *et al.* (2007), a Bacia de Sergipe-Alagoas pode ser tratada como uma única bacia, já que o Alto de Japoatã-Penedo não justifica sua separação, pois está restrito apenas à porção emersa e de águas rasas. Neste trabalho, a Bacia de Sergipe-Alagoas será retratada desta forma, apesar da variação do preenchimento sedimentar e estilo tectônico entre as porções sergipanas e alagoanas.

#### **4.2. Contexto Tectono-sedimentar**

A Bacia de Sergipe-Alagoas, assim como outras bacias da margem continental brasileira, teve sua origem relacionada aos processos tectônicos que levaram à fragmentação do supercontinente Gondwana e à formação do Oceano Atlântico Sul (Lana, 1990; Feijó, 1994; Souza-Lima *et al.*, 2002; Campos Neto *et al.*, 2007).

Segundo Campos Neto *et al.* (2007) o preenchimento sedimentar da bacia é dividido em 5 supersequências: Paleozóica, Pré-rifte, Rifte, Pós-rifte e Drifte, depositadas sobre rochas metamórficas proterozóicas do embasamento.

O intervalo estudado, que corresponde à porção superior da Formação Riachuelo e Formação Cotinguiba, está situado na seção Drifte na porção sul da Sub-bacia (Figura 2).

A supersequência drifte (Albiano-Pleistoceno) resultou no rompimento efetivo da crosta continental entre América do Sul e África, no qual gerou crosta oceânica. Além disso, representa um estágio de subsidência térmica da bacia, durante o qual foram depositados sedimentos sob condições marinhas restritas inicialmente e, posteriormente, em mar aberto (Campos Neto *et al.*, 2007).

A base dessa supersequência é representada por rochas carbonáticas e siliciclásticas da Formação Riachuelo que foram depositadas sob condições climáticas quente e seca.

Acima desta unidade estão depositadas as rochas carbonáticas de granulação fina da Formação Cotinguiba, que foram depositadas durante uma relativa elevação do nível do mar, que causou o afogamento da plataforma carbonática de Riachuelo (Koutsoukos *et al.*, 1993).

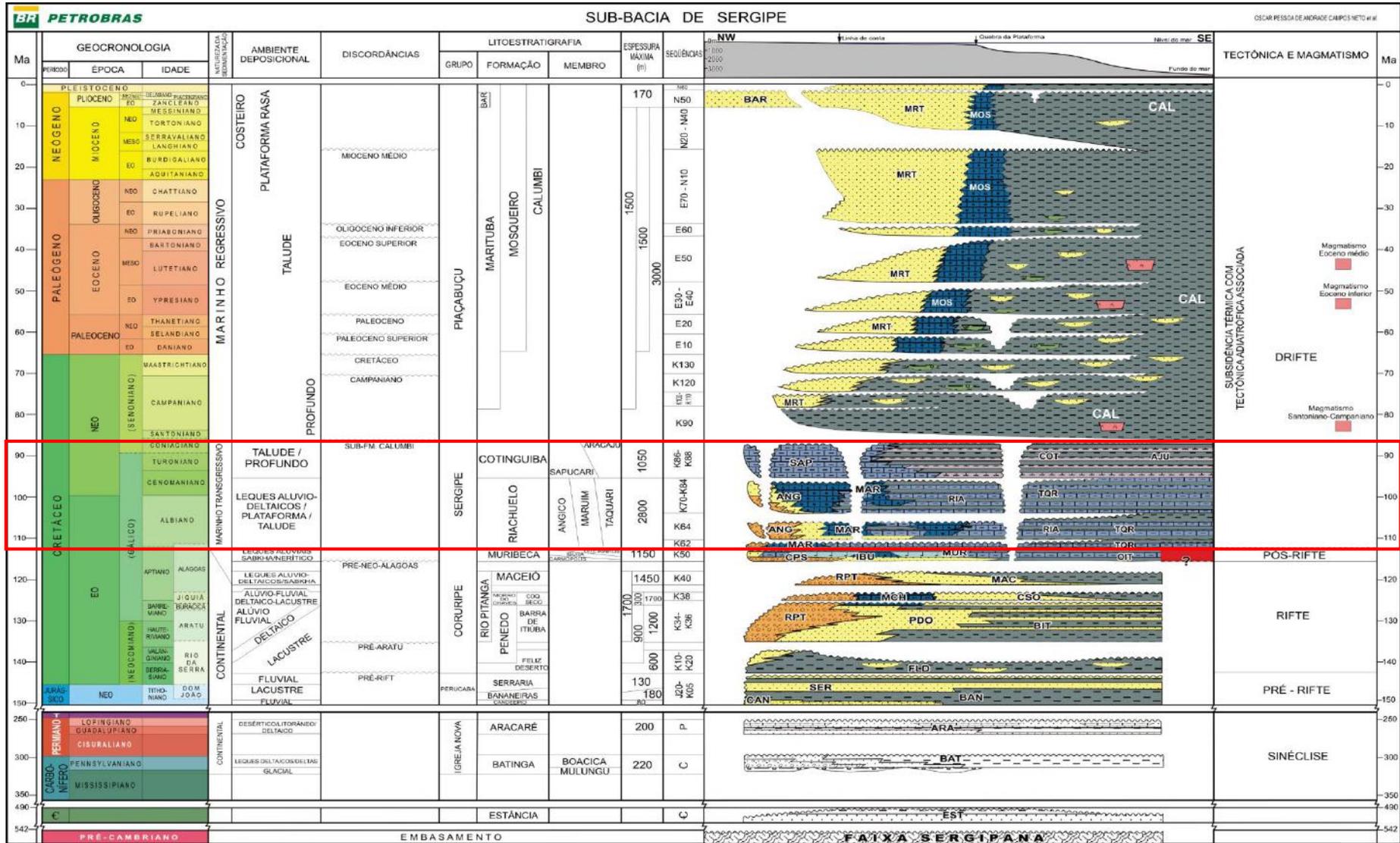


Figura 2. Diagrama estratigráfico da Sub-bacia de Sergipe. Formação Cotinguiba e Riachuelo destacada em vermelho (Campos Neto et al., 2007).

### 4.3. Formações Riachuelo e Cotinguiba

A partir de estudos anteriores, a sucessão sedimentar recuperada pelo testemunho do poço UFRJ-2-LRJ-1-SE foi atribuída às formações Riachuelo e Cotinguiba, e está detalhadamente descrita e caracterizada no trabalho de Valle *et al.* (2019).

A Formação Riachuelo corresponde a um sistema de plataforma carbonático-siliciclástico, constituído basicamente por calcarenitos, margas, folhelhos, arenitos e conglomerados, depositados sob condições especialmente marinhas. Esta unidade litoestratigráfica é dividida em três membros: Angico, Taquari e Maruim (Feijó, 1994; Souza-Lima *et al.*, 2002; Campos Neto *et al.*, 2007).

O Membro Angico é representado por conglomerados e arenitos siliciclásticos/bioclásticos de leques deltaicos. O Membro Maruim inclui calcarenitos oolíticos e oncolíticos, além de recifes algálicos isolados, associados a bancos carbonáticos que se desenvolveram em altos estruturais, nas regiões de baixo aporte sedimentar, parcialmente dolomitizados. Enquanto o Membro Taquari é caracterizado por intercalações de margas e folhelhos depositados nas porções mais profundas da bacia, tais como lagunas protegidas da ação de ondas ou no talude (Koutsoukos *et al.*, 1993; Campos Neto *et al.*, 2007).

A Formação Cotinguiba corresponde a um sistema de rampa carbonática formado durante um aumento global do nível do mar iniciado no Cenomaniano inicial, com ápice no Turoniano inicial (Koutsoukos *et al.*, 1993). Esta unidade sedimentar é essencialmente composta por calcilutitos, margas e folhelhos, com intervalos ricos em foraminíferos, calcíferos e radiolários, cujo são representados pelos membros Sapucari e Aracaju (Schaller, 1970). O Membro Sapucari é caracterizado por calcilutitos maciços e laminados intercalados com horizontes de *chert*, coquinas e brechas intraformacionais, depositadas nas porções mais proximais da plataforma (Walter *et al.*, 2005; Campos Neto *et al.*, 2007). O membro Aracaju é composto por calcários laminados, margas e folhelhos ricos em matéria orgânica, depositados nas porções mais distais, tais como talude da plataforma.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

O testemunho UFRJ-2-LRJ-1-SE, que é objeto de estudo deste trabalho, foi perfurado na Bacia de Sergipe-Alagoas, município de Laranjeiras, na propriedade da pedreira Votorantim S.A., nas coordenadas geográficas  $10^{\circ}50'49.79''\text{S}/37^{\circ}10'2.34''\text{O}$  (Figura 3). Este furo de sondagem possui 439 metros de profundidade e apresenta, aproximadamente, 95% de recuperação, enquadrando as formações Cotinguiba e Riachuelo (Valle *et al.*, 2019). Assim, apresentando um registro quase contínuo do Cretáceo, intervalo de tempo que corresponde aos primórdios da conexão entre o Atlântico Equatorial e a porção setentrional do Atlântico Sul.

A perfuração foi realizada em maio/2015, pelo Laboratório de Geologia Sedimentar do Departamento de Geologia/Instituto de Geociências/Universidade Federal do Rio de Janeiro (Lagesed/UFRJ) no âmbito do Projeto PRESAL (convênio UFRJ e BG Petróleo) e encontra-se depositado no repositório daquele Laboratório.



Figura 3. Mapa simplificado da Bacia de Sergipe com a localização do poço UFRJ-2-LRJ-1-SE (adaptado Valle *et al.*, 2019).

Sabendo da contribuição desse poço para o Cretáceo no Atlântico Sul, foram realizados trabalhos de características ambientais e bioestratigráficas. Para a análise ambiental, por Valle *et al.* (2019) no testemunho UFRJ-2-LRJ-1-SE, a sucessão Albiano superior -Turoniano inferior na Bacia de Sergipe-Alagoas, foi depositada em uma plataforma mista carbonatada-siliciclástica parcialmente protegida, que evoluiu para uma rampa carbonática morfologicamente associada a um baixo estrutural. Inicialmente, foi realizada uma evolução estratigráfica através de análises faciológicas para interpretação ambiental, em que foram reconhecidas dez microfácies sedimentares que permitiram reconhecer 3 sequências deposicionais de terceira ordem que refletem uma transgressão que afogou uma plataforma mais rasa e favoreceu a implantação de uma rampa carbonática, como também foi observado retrabalhamento na primeira sequência.

Na análise bioestratigráfica com base em nanofósseis calcários (Silva Jr. *et al.*, 2020), foram reconhecidas onze biozonas que permitiram atribuir a idade do Albiano superior-Turoniano inferior para o testemunho em questão. Foram observados nanofósseis aptianos que apontam para um retrabalhamento, como também foi observado a ausência do fóssil índice para o Cenomaniano inferior, o que sugere um hiato associado a atividade tectônica (falha).

No trabalho que se refere à análise bioestratigráfica baseada em ostracodes (García *et al.*, 2021), foi analisado o intervalo de 438,65 a 315,30m com o intuito de contribuir com a definição do limite Albiano superior/Cenomaniano inferior através do reconhecimento de bioeventos de ostracodes marinhos, no qual este limite foi sugerido na profundidade 315,30m. Assim, as biozonas propostas com ostracodes coincidem com as biozonas de nanofósseis calcários encontrados no mesmo testemunho.

Considerando as análises previamente realizadas no testemunho, neste presente estudo foram selecionadas e coletadas para a análise baseada em foraminíferos, 19 amostras, com espaçamento aproximadamente de três em três metros, que compreendem aproximadamente 50 metros do testemunho (338,80-288,00m) (Figura 4).

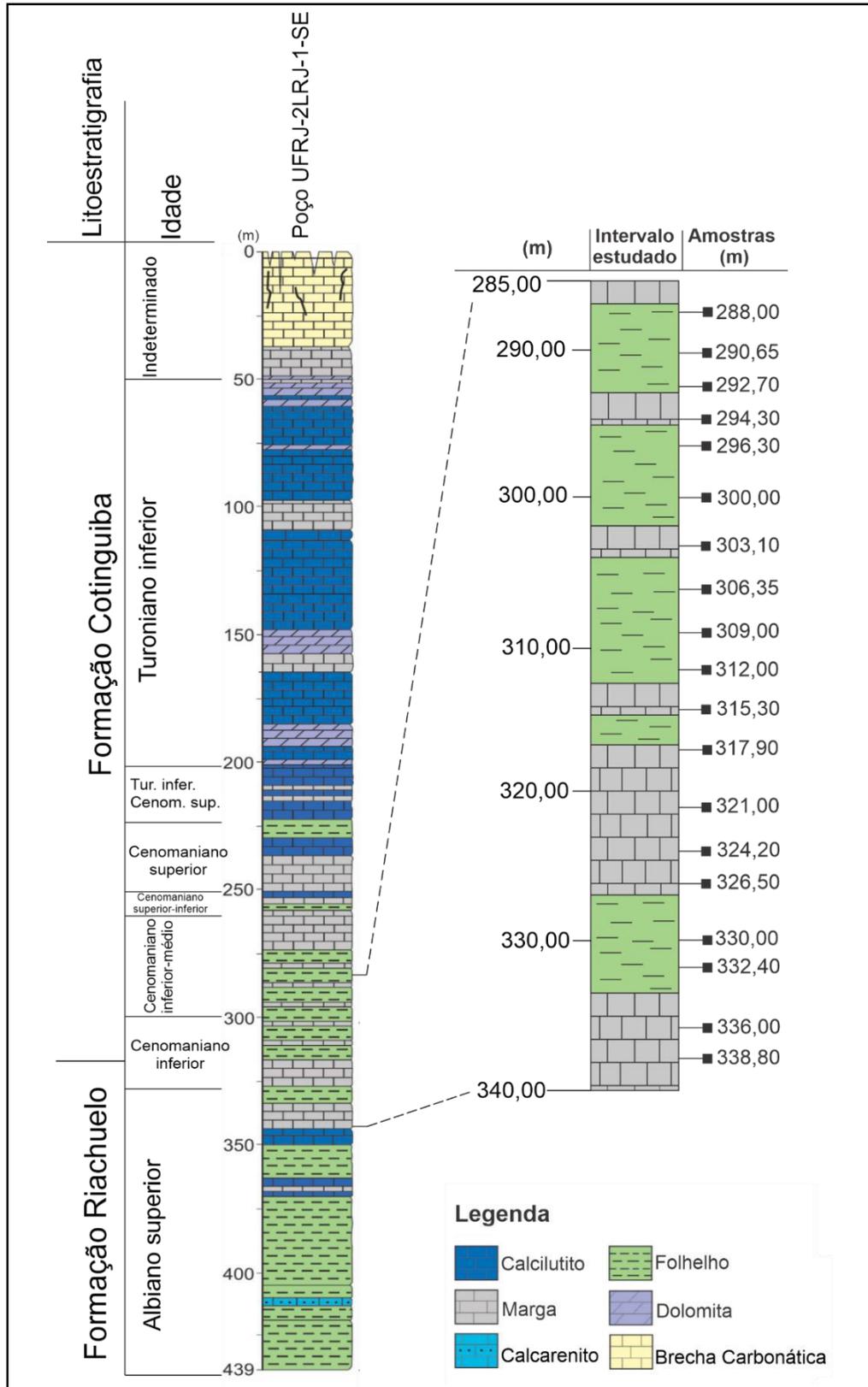


Figura 4. Perfil esquemático do poço estudado e intervalo em que as amostras foram coletadas (Adaptado de Valle *et al.*, 2019).

Para a seleção dos níveis nos quais as amostras foram coletadas, foram levados em consideração aqueles mais margosos e os que apresentavam coloração cinza a cinza-escuro, ou seja, os que aparentemente poderiam ter matéria orgânica e mais exemplares de foraminíferos.

Após a coleta das amostras, procedeu-se a preparação laboratorial que compreende procedimentos de natureza mecânica e química. A preparação das amostras, se deu no Laboratório de Preparação de Microfósseis/IGEO/UFRJ, tendo sido aplicado o procedimento clássico para a recuperação de microfósseis calcários, sendo dividido em diferentes etapas como descrito por Piovesan *et al.* (2017) (Figura 5).

A etapa laboratorial iniciou-se com a pesagem de aproximadamente 60g de cada amostra. Posteriormente, efetuou-se o ataque mecânico de cada uma das amostras, as quais são trituradas até os fragmentos obtidos alcançarem dimensões em torno de  $1\text{cm}^3$ , o que permite ampliar as superfícies para a exposição de produtos químicos.

Ao fim do ataque mecânico, as amostras já desagregadas, foram sujeitas ao procedimento químico, que consiste em juntar os fragmentos em um recipiente e cobrir com uma solução de  $\text{H}_2\text{O}_2$  (peróxido de hidrogênio) por cerca de três horas. Este ataque químico, tem como objetivo desagregar os microfósseis do sedimento, eliminando o máximo de sedimento possível.

Posteriormente, seguiu-se com a lavagem das amostras através de uma coluna de peneiras, com dimensões de malha de 0,250 mm, 0,125 mm, 0,0063 mm, passando-as por água corrente.

Após a lavagem, o material obtido nas diferentes peneiras foi colocado em recipientes para secagem em temperatura ambiente. Quando seco, cada fração é colocada em envelopes fechados, com identificação da amostra (poço e profundidade) e da fração de peneira a que se refere.

Finalizada a etapa anterior, o material relativo à fração 0,125mm foi quarteado, e iniciou-se o processo de triagem, classificação e quantificação dos foraminíferos, os quais foram realizados com o auxílio do estereomicroscópio Zeiss SteREO Discovery.V20 com aumento de 150,0X, além do uso do tabuleiro e pinceis umedecidos.

A triagem consiste na separação dos foraminíferos de outros microfósseis ou sedimentos, tentando-se alcançar 300 exemplares, seguindo estudos de Dennison & Hay (1967) e Fatela & Tabora (2002), que demonstraram que essa quantidade de microfósseis é suficiente para garantir uma boa representatividade estatística de uma amostra. Após serem triados, os microfósseis foram dispostos em células e identificados com a sigla do poço e a profundidade.

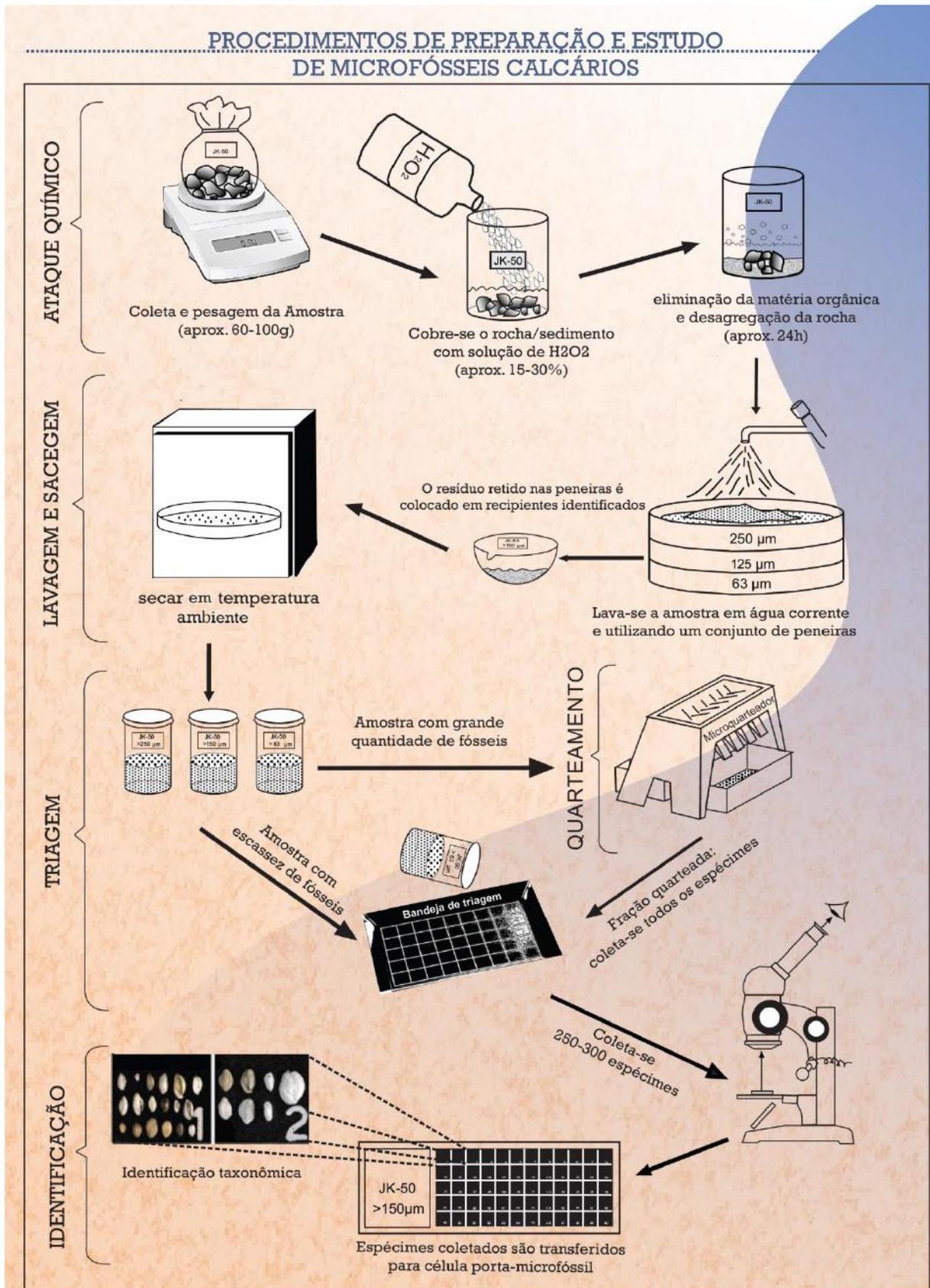


Figura 5. Metodologia clássica utilizada na preparação das amostras para estudo de microfósseis calcários (Adaptada de Piovesan *et al.*, 2017).

Posteriormente, os espécimes obtidos foram classificados e contabilizados tentando alcançar a categoria taxonômica específica em cada espécime, utilizando bibliografia especializada para classificação e interpretação dos dados (Loeblich e Tappan, 1988; Koutsoukos, 1989; Huber *et al.*, 2017b e outros).

Para interpretação bioestratigráfica foi utilizado o programa StrataBugs, que é um *software* de gerenciamento de dados bioestratigráficos. Este *software* possui um banco de dados taxonômico, com todas as espécies identificadas em cada amostra, que são plotados em uma tabela, indicando a distribuição destes táxons reconhecidos ao longo do intervalo estratigráfico analisado, facilitando a interpretação bioestratigráfica.

Na interpretação paleoecológica, foram realizadas análises quantitativas com todas as espécies em cada amostra através do *software* PAST, concebido por Hammer *et al.* (2001), que permite calcular diversos índices matemáticos de uso comum nas interpretações paleoecológicas, como índices de riqueza (índices de  $\alpha$  de Fisher e Margalef) e diversidade e dominância (índices de Simpson, Berger-Parker, Shannon e Wiener e Equitabilidade de Pielou). Estes índices citados são calculados a partir de expressões matemáticas que, com a utilização deste *software*, permitem uma análise e interpretação de dados mais consistente, depois de projetados em gráficos.

Os índices de riqueza de espécie permitem avaliar o número de espécies de uma unidade de amostra definida (Hammer e Harper, 2006). Para calcular a riqueza de uma associação utiliza-se o índice  **$\alpha$  de Fisher**, no qual sua expressão matemática é expressa por  $S = \alpha \ln(1 + n/\alpha)$ , sendo S: número total de espécies, e n: tamanho da amostra. O índice de **riqueza de Margalef** é definido pela expressão  $S = (S-1) / \ln N$ , sendo S: número total de espécies, e N: total número total de espécimes (Magurran, 1988; Hammer e Harper, 2006).

Para determinar a diversidade de uma associação utilizam-se índices baseados na abundância relativa de espécies. O **índice de Simpson** indica a probabilidade de dois indivíduos selecionados ao acaso corresponderem à mesma espécie, e a sua expressão matemática definida por  $1 - \lambda = \lambda = \sum p_i^2$ , sendo  $p_i = n_i/N$ ,  $n_i$ : número de espécimes de cada espécie e N: número total de espécimes (Hammer e Harper, 2006). Este índice possui valores de  $\lambda$  que podem ser compreendidos entre 0 e 1, em que 0 indica a ausência de dominância, e 1 representa uma associação na qual todos os exemplares pertencem à mesma espécie (Buzas, 1979; Magurran, 1988; Herrero e Canales, 1997; Beals *et al.*, 2000; Hammer e Harper, 2006; Silva *et al.*, 2017; Silva, 2021).

Outro índice utilizado é o de **Berger-Parker**, que se refere à relação entre o número de indivíduos do táxon mais comum ( $N_{\max}$ ) e o tamanho da amostra (N), no qual  $d = N_{\max}/N$ , ou

seja, relaciona o número de indivíduos da espécie mais abundante com o número total de indivíduos presentes na associação (Hammer e Harper, 2006). Desta forma, é possível quantificar a dominância dentro de uma dada associação.

Ainda sobre a diversidade, o índice de **Shannon-Wiener**, que avalia a incerteza em prever a que espécie pertencerá o espécime seguinte de uma associação, é definido através da expressão  $H' = -\sum p_i \ln p_i$ , sendo  $p_i = n_i/n$ ,  $n_i$ : número de espécimes de cada espécie, e  $n$ : número total de espécimes. O valor mais baixo de  $H'$  possível obtém-se no caso de um único táxon registrado numa única associação, em que  $H' = 0$ , enquanto os valores elevados indicam associações diversas. Deste modo, este índice depende do número de espécies e da abundância relativa de cada um dos táxons registrados em uma dada associação (Hammer e Harper, 2006; Silva *et al.*, 2017; Silva, 2021). Além disso, quanto maior for o valor deste índice, maior será a diversidade da associação

Por fim, o índice de **Equitabilidade de Pielou** permite determinar a distribuição de espécimes de uma espécie numa associação, e a sua expressão matemática é  $J' = H'/\ln S$ , sendo  $H'$ : índice de Shannon-Wiener, e  $S$ : número total de espécies. Se todas as espécies de uma mesma associação tiverem o mesmo número de espécimes ( $J'=1$ ), pode-se concluir que naquela associação não existe dominância de nenhuma espécie (Hammer e Harper, 2006; Silva *et al.*, 2017; Silva, 2021). Assim, este índice indica se há dominância de uma determinada espécie na associação em análise, logo, quando todas as espécies têm o mesmo número de exemplares numa associação, a equitabilidade tem valor 1, sugerindo que não existe dominância de uma espécie em relação a outra

A última etapa da metodologia consistiu na aquisição de imagens através do microscópio eletrônico de varredura (MEV) dos foraminíferos mais representativos, que foram obtidas no Centro de Tecnologia Mineral – CETEM/UFRJ, com o auxílio do equipamento HITACHI 3030TM Plus, operando a 15 kV em modo de baixo vácuo e utilizando um detector de elétrons secundários.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a triagem dos exemplares, foi realizada a análise taxonômica (6.1) dos espécimes coletados no intervalo estratigráfico estudado e, em seguida passou-se ao estudo bioestratigráfico (6.2) e paleoecológico (6.3). Os resultados obtidos são discutidos nas respectivas seções.

### 6.1. Classificação Taxonômica

O reconhecimento dos exemplares obtidos permitiu elaborar uma classificação taxonômica das espécies de foraminíferos identificadas ao longo do intervalo estratigráfico Albiano superior-Cenomaniano inferior do poço em análise. Para identificação de gêneros, espécies e categorias taxonômicas superiores utilizou-se a classificação proposta por Loeblich e Tappan (1988), a base de dados Mikrotax (Huber *et al.*, 2017b) e outras publicações especializadas.

As estampas dos foraminíferos encontram-se no apêndice A (Estampas I e II);

#### **Reino Protista**

Filo Sarcodina Schmarda, 1871

Classe Rhyzopoda Von Siebold, 1854

Ordem Foraminiferida Eichwald, 1830

Subordem Textulariina Delage & Hérouard, 1986

Superfamília Astrorhizacea Brady, 1881

Família Bathysiphonidae Avnimelech, 1881

**Gênero** *Bathysiphon* M. Sars, 1872

*Bathysiphon* cf. *B. dubius* (White, 1970)

Família Psammosphaeridae Haeckel, 1894

Subfamília Psammosphaerinae Haeckel, 1984

**Gênero** *Psammosphaera* Schulze, 1875

*Psammosphaera fusca* Schulze, 1875

*Psammosphaera* aff. *P. fusca* Schulze, 1875

*Psammosphaera* cf. *P. fusca* Schulze, 1875

Superfamília Hormosinacea Haeckel, 1894

Família Hormosinidae Haeckel, 1894

Subfamília Hormosininae Haeckel, 1894

**Gênero** *Caudammina* Montanaro Gallitelli, 1955

*Caudammina ovula* (Grzybowski, 1896)

*Caudammina* aff. *C. ovula* (Grzybowski, 1896)

*Caudammina* cf. *C. ovula* (Grzybowski, 1896)

Superfamília Lituolacea de Blainville, 1827

Família Lituolidae de Blainville, 1827

Subfamília Ammomarginulininae Podobina, 1978

**Gênero** *Ammobaculites* Cushman, 1910

*Ammobaculites* sp. indet.

**Gênero** *Haplophragmoides* Cushman, 1910

*Haplophragmoides herbichi* (Neagu, 1968)

Superfamília Cyclolinacea Loeblich & Tappan, 1964

Família Cyclamminidae Marie, 1941

Subfamília Buccicrenatinae Loeblich & Tappan, 1955

**Gênero** *Buccicrenata* Loeblich & Tappan, 1949

*Buccicrenata* cf. *B. libyca* Gohrbandt, 1966

*Buccicrenata hedbergi* (Maync, 1953)

Superfamília Spiroplectamminidae Cushman, 1927

Subfamília Spiroplectammininae Cushman, 1927

**Gênero** *Quasispiroplectammina* Loeblich & Tappan, 1982

*Quasispiroplectammina* aff. *Q. goodlana* (Lalicker, 1935)

*Quasispiroplectammina* cf. *Q. navarroana* (Cushman, 1932)

Superfamília Verneuilinacea Cushman, 1911

Família Verneuilinidae Cushman, 1911

Subfamília Verneuilininae Suleymanov, 1973

**Gênero** *Verneulinoides* Loeblich & Tappan, 1949

*Verneuulinoides* sp. indet.

Superfamília Textulariaceae Ehrenberg, 1838

Família Eggerelidae Cushman, 1937

Subfamília Dorothiinae Balakhmatova, 1972

**Gênero** *Marssonella* Cushman, 1933

*Marssonella oxycona* (Reuss, 1860)

*Marssonella* sp. indet.

Subordem Involutinina Hohenegger & Piller, 1977

Família Involutinidae Butschli, 1880

Subfamília Involutininae Butschli, 1880

**Gênero** *Trocholina* Paalzow, 1922

*Trocholina* sp. indet.

Subordem Spirillinina Hohenegger & Piller, 1975

Família Patellinidae Rhumbler, 1906

Subfamília Patellininae Rhumber, 1906

**Gênero** *Patellina* Williamson, 1858

*Patellina subcretacea* Cushman & Alexander, 1930

Subordem Miliolina Delage & Hérouard, 1896

Superfamília Miliolacea Ehrenberg, 1839

Família Spiroloculinidae Wiesner, 1920

**Gênero** *Spiroloculina* d'Orbigny, 1826

*Spiroloculina* sp. indet.

Subordem Lagenina Delage & Hérouard, 1896

Superfamília Nodosariacea Ehrenberg, 1838

Família Nodosariidae Ehrenber, 1838

Subfamília Nodosariinae Ehrenberg, 1838

**Gênero** *Prodentalina* Norling, 1968

*Prodentalina* cf. *P. communis* (d'Orbigny, 1826)

*Prodentalinoides oligostegia* (Reuss, 1846)

**Gênero** *Nodosaria* Lamarck, 1812

*Nodosaria limbata* d'Orbigny, 1840

*Nodosaria* cf. *N. limbata* d'Orbigny, 1840

*Nodosaria* sp. indet.

Subfamília Lingulininae Loeblich & Tappan, 1961

**Gênero** *Lingulina* d'Orbigny, 1826

*Lingulina* sp. indet.

Subfamília Frondicularia DeFrance, 1826

**Gênero** *Tristix* Macfadyen, 1941

*Tristix excavata* (Reuss), 1863

Família Vaginulinidae Reuss, 1860

Subfamília Lenticulininae Chapman, Parr & Collins, 1934

**Gênero** *Lenticulina* Lamarck, 1804

*Lenticulina* sp. indet.

**Gênero** *Saracenaria* DeFrance, 1824

*Saracenaria* sp. indet.

Subfamília Vaginulininae Reuss, 1860

**Gênero** *Citharina* d'Orbigny, 1839

*Citharina* sp. indet.

**Gênero** *Vaginulina* d'Orbigny, 1826

*Vaginulina* sp. indet.

Família Polymorphinidae d'Orbigny, 1839

Subfamília Polymorphininae d'Orbigny, 1839

**Gênero** *Eoguttulina* Cushman & Ozawa, 1930

*Eoguttulina anderyi* Petri, 1962

Subfamília Ramulininae Brady, 1884

**Gênero** *Ramulina* Jones, 1875

*Ramulina* cf. *R. tetrahedralis* Ludbrook, 1966

*Ramulina* sp. indet.

Família Ellipsolagenidae Silvetri, 1923

Subfamília Oolininae Loeblich & Tappan, 1961

**Gênero** *Oolina* d'Orbigny, 1839

*Oolina globosa* (Montagu), 1803

Superfamília Ceratobuliminacea Cushman, 1927

Família Epistominidae Wedekind, 1937

Subfamília Epistomininae Wedekind, 1937

**Gênero** *Epistomina* Terquem, 1883

*Epistomina spinulifera* (Reuss, 1863)

*Epistomina* sp. indet.

Subordem Rotaliina Delage & Hérouard, 1896

Superfamília Chilostomellacea Brady, 1881

Família Anomaliniidae Cushman, 1927

Subfamília Gyroidinoidinae Saidova, 1981

**Gênero** *Gyroidinoides* Brotzen, 1942

*Gyroidinoides infracretacea* Morozova, 1948

*Gyroidinoides nitida* (Reuss, 1844)

*Gyroidinoides* sp. indet.

Família Osangulariidae Loeblich & Tappan, 1984

**Gênero** *Osangularia* Brotzen, 1940

*Osangularia* sp. indet.

Família Gavelinellidae Hofker, 1956

Subfamília Gavelinellinae Hofker, 1956

**Gênero** *Gavelinella* Brotzen, 1942

*Gavelinella berthelini* (Keller) -*Gavelinella plummerae* (Tappan) -*Gavelinella reussi* (Keller) *plexus*, emended Koutsoukos, 1989

*Gavelinella* cf. *Ga. berthelini* (Keller) -*Gavelinella plummerae* (Tappan) -*Gavelinella reussi* (Keller) *plexus*, emended Koutsoukos, 1989

*Gavelinella* sp. indet.

**Gênero** *Lingulogavelinella* Malapris, 1965

*Lingulogavelinella* aff. *L. ciryi* Malapris-Bizouard, 1967

Subordem Globigerinina Delage & Hérouard, 1896

Superfamília Heterohelicacea Cushman, 1927

Família Guembelitriidae Montarano Gallitelli, 1957

**Gênero** *Guembelitria* Cushman, 1933

*Guembelitria cenomana* (Keller, 1935)

*Guembelitria* cf. *Gu. cenomana* (Keller, 1935)

Família Heterohelicidae Cushman, 1927

Subfamília Heterohelicinae Cushman, 1927

**Gênero** *Planoheterohelix* Georgescu & Huber, 2009

*Planoheterohelix* aff. *Pl. globulosa* (Ehrenberg, 1840)

*Planoheterohelix moremani* (Cushman, 1938)

*Planoheterohelix* cf. *Pl. moremani* (Cushman, 1938)

*Planoheterohelix* aff. *Pl. olssoni* (Georgescu, 2000)

**Gênero** *Protoheterohelix* Georgescu & Huber, 2009

*Protoheterohelix obscura* Georgescu & Huber, 2009

*Protoheterohelix washitensis* (Tappan, 1940)

*Protoheterohelix* cf. *Pr. washitensis* (Tappan, 1940)

Superfamília Planomalinea Bolli, Loeblich & Tappan, 1957

Família Globigerinelloididae Longoria, 1974

Subfamília Globigerinelloidinae Longoria, 1974

**Gênero** *Globigerinelloides* Cushman & ten Dam, 1948

*Globigerinelloides* cf. *G. alvarezi* (Eternod Olvera, 1959)

*Globigerinelloides aptiensis* Longoria, 1974

*Globigerinelloides* cf. *G. aptiensis* Longoria, 1974

*Globigerinelloides asper* (Ehrenberg, 1854) (Apêndice A, Estampa I, Figura 1)  
*Globigerinelloides* aff. *G. asper* (Ehrenberg, 1854)  
*Globigerinelloides* cf. *G. asper* (Ehrenberg, 1854)  
*Globigerinelloides barri* (Bolli, Loeblich & Tappan, 1957)  
*Globigerinelloides bentonensis* (Morrow, 1934) (Apêndice A, Estampa I, Figura 2)  
*Globigerinelloides* aff. *G. bentonensis* (Morrow, 1934)  
*Globigerinelloides* cf. *G. bentonensis* (Morrow, 1934)  
*Globigerinelloides maridalensis* (Bolli, 1959)  
*Globigerinelloides pulchellus* (Todd & Low, 1964)  
*Globigerinelloides texomaensis* Michael, 1973  
*Globigerinelloides ultramicrus* (Subbotina, 1949)  
*Globigerinelloides* aff. *G. ultramicrus* (Subbotina, 1949)  
*Globigerinelloides* sp. indet.

Família Planomalinidae Bolli, Loeblich & Tappan, 1957

**Gênero** *Planomalina* Loeblich & Tappan, 1946

*Planomalina praebuxtorfi* Wonders, 1975

Família Schackoinidae Pokorny, 1958

**Gênero** *Schakoina* Thalmann, 1932

*Schakoina* cf. *Sc. cenomana* (Schacko, 1897) (Apêndice A, Estampa I, Figura 3)

Superfamília Rotaliporacea Sigal, 1958

Família Hedbergellidae Loeblich & Tappan, 1961

Subfamília Hedbergellinae Loeblich & Tappan, 1961

**Gênero** *Hedbergella* Bronnimann & Brown, 1958

*Hedbergella accurata* Gorbachik et Alexandrova, 2001

*Hedbergella* cf. *H. accurata* Gorbachik et Alexandrova, 2001

*Hedbergella* aff. *H. gorbachikae* Longoria, 1974 *sensu* Koutsoukos, 1989 (Apêndice A, Estampa I, Figura 4)

*Hedbergella infracretacea* (Glaessner, 1937)

*Hedbergella* cf. *H. infracretacea* (Glaessner, 1937)

*Hedbergella* aff. *H. infracretacea* (Glaessner, 1937)

*Hedbergella labocaensis* Longoria, 1974

*Hedbergella* cf. *H. praelippa* Huber & Leckie, 2011

*Hedbergella sigali* Moullade, 1966

*Hedbergella* cf. *H. sigali* Moullade, 1966

*Hedbergella* sp. indet.

**Gênero** *Clavihedbergella* Banner & Blow, 1959

*Clavihedbergella* cf. *C. amabilis* (Loeblich & Tappan, 1961)

*Clavihedbergella* cf. *C. leckiei* (Bellier, Moullade, Tronchetti, 2003) (Apêndice A, Estampa I, Figura 5)

*Clavihedbergella simplex* (Morrow, 1934)

*Clavihedbergella* aff. *C. simplex* (Morrow, 1934)

*Clavihedbergella* cf. *C. simplex* (Morrow, 1934)

*Clavihedbergella simplicissima* (Magne & Sigal, 1954) (Apêndice A, Estampa I, Figura 6)

*Clavihedbergella* aff. *C. simplicissima* (Magne & Sigal, 1954)

*Clavihedbergella* cf. *C. simplicissima* (Magne & Sigal, 1954)

*Clavihedbergella* cf. *C. subcretacea* (Tappan, 1943)

*Clavihedbergella* sp. indet.

**Gênero** *Microhedbergella* Huber & Leckie, 2011

*Microhedbergella albiana* (Boudagher-Fadel, 1996) (Apêndice A, Estampa I, Figura 7)

*Microhedbergella* aff. *Mi. albiana* (Boudagher-Fadel, 1996)

*Microhedbergella* cf. *Mi. albiana* (Boudagher-Fadel, 1996)

*Microhedbergella intermedia* (Michael, 1973)

*Microhedbergella miniglobularis* Huber & Leckie, 2011

*Microhedbergella* aff. *Mi. miniglobularis* Huber & Leckie, 2011

*Microhedbergella praeplanispira* Huber & Leckie, 2011

*Microhedbergella pseudodelrioensis* Huber & Leckie, 2011

*Microhedbergella* aff. *Mi. pseudodelrioensis* Huber & Leckie, 2011

*Microhedbergella* cf. *Mi. pseudodelrioensis* Huber & Leckie, 2011

*Microhedbergella pseudotrocoidea* (Michael, 1973)

*Microhedbergella* aff. *Mi. pseudotrocoidea* (Michael, 1973)

*Microhedbergella* cf. *Mi. pseudotrocoidea* (Michael, 1973)

*Microhedbergella rischi* (Moullade, 1974)

*Microhedbergella* aff. *Mi. rischi* (Moullade, 1974)

*Microhedbergella rischi* trans. *madecassiana* Huber & Leckie, 2011

*Microhedbergella* sp. indet.

**Gênero** *Muricohedbergella* Huber & Leckie, 2011

*Muricohedbergella angolae* (Caron, 1978) (Apêndice A, Estampa I, Figura 8)

*Muricohedbergella* aff. *Mu. angolae* (Caron, 1978)

*Muricohedbergella* cf. *Mu. angolae* (Caron, 1978)

*Muricohedbergella astrepta* (Petruzzo & Huber, 2006)

*Muricohedbergella* cf. *Mu. astrepta* (Petruzzo & Huber, 2006)

*Muricohedbergella crassa* (Bolli, 1959)

*Muricohedbergella delrioensis* (Carsey, 1926) (Apêndice A, Estampa I, Figura 9)

*Muricohedbergella* aff. *Mu. delrioensis* (Carsey, 1926)

*Muricohedbergella* cf. *Mu. delrioensis* (Carsey, 1926)

*Muricohedbergella planispira* (Tappan, 1940) (Apêndice A, Estampa I, Figura 10)

*Muricohedbergella* aff. *Mu. planispira* (Tappan, 1940)

*Muricohedbergella* cf. *Mu. planispira* (Tappan, 1940)

*Muricohedbergella portstownensis* (Williams-Mitchell, 1948)

*Muricohedbergella* aff. *Mu. portstownensis* (Williams-Mitchell, 1948)

*Muricohedbergella* cf. *Mu. portstownensis* (Williams-Mitchell, 1948)

*Muricohedbergella praelibyca* (Petruzzo & Huber, 2006) (Apêndice A, Estampa II, Figura 1)

*Muricohedbergella* aff. *Mu. praelibyca* (Petruzzo & Huber, 2006)

*Muricohedbergella* sp. indet.

**Gênero** *Whiteinella* Pessagno, 1967

*Whiteinella baltica* Douglas & Rankin, 1969

*Whiteinella brittonensis* (Loeblich & Tappan, 1961)

*Whiteinella paradubia* (Sigal, 1952)

*Whiteineilla* sp. indet.

**Gênero** *Asterohedbergella* Hamaoui, 1964

*Asterohedbergella* cf. *A. asterospinosa* (Hamaoui, 1965)

**Gênero** *Liunella* Georgescu, 2010*Liunella globigerinelloides* (Subbotina, 1949)*Liunella* cf. *Li. globigerinelloides* (Subbotina, 1949)*Liuenella punctata* (Michael, 1973)

## Subfamília Rotundininae Bellie &amp; Salaj, 1977

**Gênero** *Praeglobotruncana* Bermúdez, 1952*Praeglobotruncana delrioensis* (Plummer, 1931) (Apêndice A, Estampa II, Figura 2)*Praeglobotruncana* cf. *P. delrioensis* (Plummer, 1931)*Praeglobotruncana inermis* Hasegawa, 1999*Praeglobotruncana* cf. *P. inermis* Hasegawa, 1999*Praeglobotruncana stephani* (Gandolfi, 1942)*Praeglobotruncana* cf. *P. stephani* (Gandolfi, 1942)*Praeglobotruncana* sp. indet.

## Família Favusellidae Longoria, 1974

**Gênero** *Favusella* Michael, 1973*Favusella washitensis* (Carsey, 1926)*Favusella* aff. *F. washitensis* (Carsey, 1926)*Favusella* cf. *F. washitensis* (Carsey)

## Família Rotaliporidae Sigal, 1958

## Subfamília Ticinellinae Longoria, 1974

**Gênero** *Biticinella* Sigal, 1956*Biticinella breggiensis* (Gandolfi, 1942)*Biticinella* cf. *B. breggiensis* (Gandolfi, 1942)**Gênero** *Ticinella* Reichel, 1950*Ticinella* aff. *T. bejaouaensis* Sigal, emend. Moullade, 1966*Ticinella madecassiana* Sigal, 1966 (Apêndice A, Estampa II, Figura 3)*Ticinella* aff. *T. madecassiana* Sigal, 1966*Ticinella* cf. *T. madecassiana* Sigal, 1966*Ticinella primula* Luterbacher, 1963 (Apêndice A, Estampa II, Figura 4)*Ticinella* aff. *T. primula* Luterbacher, 1963

*Ticinella* cf. *T. primula* Luterbacher, 1963

*Ticinella raynaudi* Sigal, 1966 (Apêndice A, Estampa II, Figura 5)

*Ticinella* aff. *T. raynaudi* Sigal, 1966

*Ticinella* cf. *T. raynaudi* Sigal, 1966

*Ticinella roberti* (Gandolfi, 1942)

*Ticinella* aff. *T. roberti* (Gandolfi, 1942)

*Ticinella* sp. indet.

Subfamília Rotaliporinae Sigal, 1958

**Gênero** *Rotalipora* Brotzen, 1942

*Rotalipora* aff. *R. montsalvensis* (Mornod, 1950)

*Rotalipora* sp. indet.

**Gênero** *Thalmaninella* Sigal, 1948

*Thalmaninella appenninica* (Renz, 1936) (Apêndice A, Estampa II, Figura 6)

*Thalmaninella brotzeni* Sigal, 1948 (Apêndice A, Estampa II, Figura 7)

*Thalmaninella* cf. *Th. globotruncanoides* (Sigal, 1948) (Apêndice A, Estampa II, Figura 8)

*Thalmaninella* sp. indet.

## 6.2. Bioestratigrafia

A bioestratigrafia tem como um de seus principais objetivos a correlação estratigráfica, pois ao se estabelecer um zoneamento bioestratigráfico (criação de novas biozonas ou reconhecimento de biozonas propostas anteriormente) existe a possibilidade de correlação lateral. Por essa razão prefere-se usar fósseis guias para o desenvolvimento destes estudos (Molina, 2004).

Os foraminíferos apresentam uma rápida proliferação e evolução, bem como ampla distribuição geográfica e fácil reconhecimento morfológico, o que permite sua utilização como marcadores bioestratigráficos (Antunes & Melo, 2001).

Neste poço, no qual o estudo baseado em foraminíferos está sendo realizado, já existem análises bioestratigráficas com base em nanofósseis calcários (Silva Jr. *et al.*, 2020) e ostracodes (Vázquez-García *et al.*, 2021). Desta forma, o intuito é realizar uma integração do arcabouço

bioestratigráfico de foraminíferos com nanofósseis calcários e ostracodes para a transição do Albiano-Cenomaniano.

### **6.2.1. Esquemas Zonais de foraminíferos**

Os esquemas zonais previamente estabelecidos representam uma ferramenta de grande utilidade na datação de amostras obtidas em testemunho. Além disso, podem ser caracterizados bioeventos que agregam valor bioestratigráfico.

Para a identificação de biozonas, foi utilizado o zoneamento bioestratigráfico internacional (Petruzzo *et al.*, 2012; Huber & Petruzzo, 2014 e Coccioni & Premoli Silva, 2015) e o zoneamento bioestratigráfico de aplicação regional estabelecido por Koutsoukos (1989). No entanto, existem analogias próximas entre os esquemas zonais de foraminíferos aplicados neste estudo e outros estabelecidos para estratos contemporâneos (Tabela 1) em bacias da margem equatorial (Ceará: Viviers, 1982; Potiguar: Viviers & Regali, 1987), margem continental sudeste do Brasil (Santos: Viviers, 1987; Campos: Azevedo *et al.*, 1987), e de outras localidades (Bolli, 1966; Nuguti & Santos, 1972; Sigal, 1977; Wonders, 1980; Longoria, 1984; Sliter, 1989; Caron, 1985). Assim, torna-se possível avaliar a importância dos esquemas zonais, correlacionando e identificando-se eventos numa escala maior. Neste estudo, ainda será possível a integração dos dados bioestratigráficos com os resultados obtidos através da análise de outros grupos fósseis: nanofósseis calcários por Silva Jr. *et al.* (2020) e dados de ostracodes por Vazquez-García *et al.* (2021) no mesmo poço e no mesmo intervalo estudado na Bacia de Sergipe-Alagoas.

Antes de avançar na análise bioestratigráfica do poço UFRJ-2-LRJ-1-SE ao longo da seção do Albiano superior/Cenomaniano inferior, é importante considerar que, de acordo com Nuguti & Santos (1972), verifica-se um comportamento anômalo da fauna de foraminíferos planctônicos, principalmente durante o Aptiano superior, Albiano e Cenomaniano no Brasil, o que pode estar diretamente relacionada com a ausência de algumas espécies índice para este intervalo de tempo. A explicação desse evento está relacionada, possivelmente, à presença de uma barreira ecológica causada pela grande proximidade entre o Brasil e África.

	Albiano superior	Cenomaniano inferior	
<b>Zona de nanofósseis</b>	UC0/BC27b	UC1?	Brown et al., 1998 Burnett, 1998
<b>Zona de foraminíferos</b>	<i>Rotalipora appenninica</i>	<i>Rotalipora brotzeni</i>	Bolli, 1966 (Internacional)
	<i>Rotalipora appenninica</i>	<i>Rotalipora brotzeni</i>	Sliter, 1989
	<i>Rotalipora appenninica</i> - <i>Planomalina buxtorfi</i>	<i>Rotalipora globotruncanoides</i> - <i>Rotalipora brotzeni</i>	Sigal, 1977 (Internacional)
	<i>Thalmaninella appenninica</i> - <i>Planomalina buxtorfi</i>	<i>Thalmaninella appenninica</i>	Wonders, 1980 (Internacional)
	K-17 <i>Thalmaninella appenninica</i> - <i>Rotalipora montsalvensis</i>		Longoria, 1984
	<i>Rotalipora appenninica</i>	<i>Rotalipora brotzeni</i>	Caron, 1985
	<i>Parathalmaninella appenninica</i>	<i>Thalmaninella globotruncanoides</i>	Gradstein, 2012 (Internacional)
	<i>Hedbergella gorbachikae</i> - <i>Ticinella raynaudi</i>	<i>Rotalipora brotzeni</i>	Koutsoukos, 1989 (Bacia de Sergipe-Alagoas)
	<i>Ticinella raynaudi</i>	?	Azevedo et al., 1987 (Bacia de Campos)
	<i>Whiteinella spp.</i>		Viviers, 1986, 1987 (Bacia de Santos)
	?	<i>Trocholina spp.</i>	Viviers & Regali, 1987 (Bacia de Potiguar)
	<i>Ticinella primula</i>	<i>Praeglobotruncana delrioensis</i>	Viviers, 1982 (Bacia do Ceará)
	<i>Hedbergella washitensis</i>		Noguti & Santos, 1972 (Brasil)

Tabela 1. Correlação entre zoneamento por nanofósseis calcários e foraminíferos planctônicos no Cretáceo.

### 6.2.2. Composição das associações de foraminíferos

As associações de foraminíferos descritas a seguir resultaram da amostragem realizada no poço UFRJ-2-LRJ-1-SE ao longo da seção do Albiano superior/Cenomaniano inferior, no qual foram reconhecidas unidades bioestratigráficas baseadas nos registros de bioeventos nas associações.

Dentre as associações de foraminíferos que se distribuem ao longo do intervalo em análise, foram coletados um total de 2980 espécimes que, de modo geral, apresentaram bom estado de preservação indicando uma piora da base para o topo, mas ainda assim foi possível reconhecer 7 subordens, 25 famílias, 48 gêneros e 168 espécies.

A Subordem Globigerinina (2081 espécimes) é a mais abundante dentre as subordens reconhecidas, a Família Hedbergeliidae é a mais abundante e *Muricohedbergella* é o gênero mais abundante em comparação aos 48 gêneros reconhecidos. Por fim, as espécies *Muricohedbergella delrioensis* (Carsey), *Muricohedbergella angolae* (Caron) e *Ticinella madecassiana* (Sigal), são as que apresentaram maior abundância com, respectivamente, 285 exemplares, 139 exemplares e 189 exemplares, além de se distribuírem ao longo de quase todo o intervalo analisado.

Após observar o padrão de distribuição das espécies ao longo do intervalo estratigráfico, foi possível reconhecer alguns bioeventos que podem ter interesse bioestratigráfico. Assim, foi possível observar que as espécies *Muricohedbergella delrioensis* (Carsey), *Muricohedbergella angolae* (Caron), *Muricohedbergella planispira* (Tappan) e *Muricohedbergella praelibyca* (Petrizzo & Huber), ocorrem ao longo de quase todo o intervalo estratigráfico analisado (Apêndice B). Espécies do Gênero *Microhedbergella*, como por exemplo *Microhedbergella albiana* (Boudagher-Fadel), *Microhedbergella rischi* (Moullade), *Microhedbergella pseudodelrioensis* (Huber & Leckie) e entre outras, além de *Ticinella raynaudi* (Sigal), características do Albiano (Huber *et al.*, 2017), se distribuem ao longo do intervalo amostrado de 338,80 a 315,30m, apresentando as últimas ocorrências na profundidade 315,30m (Apêndice B). Desta forma, constata-se que a partir das amostras correspondentes às profundidades 315,30 e 312,00m, essas espécies que são características do Albiano, tendem a desaparecer gradualmente, e a fauna começa a ser substituída por representantes de outras espécies. A partir das amostras 312,00 a 288,00m espécies pertencentes ao Gênero *Microhedbergella* não foram mais reconhecidas, porém espécies do Gênero *Muricohedbergella*, como por exemplo *Muricohedbergella delrioensis* (Carsey), *Muricohedbergella angolae* (Caron) e entre outras, mantiveram sua distribuição ao longo deste intervalo estratigráfico (Apêndice B). Além disso,

também foram reconhecidas pela primeira vez, espécies características do Cenomaniano, como *Thalmaninella brotzeni* (Sigal) e *Thalmaninella appenninica* (Renz).

### **Albiano superior**

Nas associações correspondentes ao Albiano superior identificaram-se 1890 espécimes, 5 subordens, 28 famílias, 34 gêneros e 100 espécies como mostrado na tabela 2. Assim, após a análise da distribuição dos exemplares obtidos neste trabalho, e com a análise das escalas zonais previamente estabelecidas para o intervalo Albiano-Cenomaniano, foi possível reconhecer a Biozona *Hedbergella gorbachikae* - *Ticinella raynaudi*, estabelecida por Koutsoukos (1989) de modo local na Bacia Sergipe-Alagoas, através do registro das co-ocorrências das espécies *Hedbergella* aff. *gorbachikae* Longoria *sensu* Koutsoukos (1989) e *Ticinella raynaudi* a partir da amostra 338,80m (Apêndice B). No entanto, existem considerações taxonômicas importantes quanto à classificação da espécie *Hedbergella gorbachikae* (Longoria) que não podem ser desconsideradas, nomeadamente, a sua distribuição bioestratigráfica de acordo com Huber *et al.* (2017). Desta forma, neste trabalho a espécie *Hedbergella gorbachikae* (Longoria) foi classificada como *Hedbergella* aff. *H. gorbachikae* Longoria *sensu* Koutsoukos (1989).

No âmbito de distribuição internacional, a primeira ocorrência de *Thalmaninella appenninica* (Renz) permite reconhecer a biozona internacional *Parathalmaninella appenninica* correspondente ao Albiano superior (Petruzzo *et al.*, 2012; Huber & Petruzzo, 2014; Coccioni & Premoli Silva, 2015). Nota-se que, apesar de não ter sido identificado o fóssil índice internacional do Albiano superior no intervalo estratigráfico estudado, foram reconhecidos outros bioeventos que ocorrem dentro desta biozona internacional, como por exemplo, os bioeventos de primeira ocorrência das espécies *Microhedbergella albiana* (Boudagher-Fadel), *Microhedbergella rischi* (Moullade), *Muricohedbergella astrepta* (Petruzzo & Huber), *Muricohedbergella praelibyca* (Petruzzo & Huber), *Muricohedbergella delrioensis* (Carsey) e *Ticinella raynaudi* (Sigal) que permitiram reconhecer o Albiano superior.

Biozona <i>Parathalmanninella appenninica</i>					
Amostras (m)	Nº subordens	Nº famílias	Nº gêneros	Nº espécies	Nº exemplares
338,80	4	7	11	23	208
336,00	5	14	22	46	791
332,40	2	6	9	26	296
330,00	5	7	9	19	218
326,50	3	6	10	32	297
324,20	2	5	7	12	25
321,00	3	6	9	12	26
317,90	2	3	5	5	18
315,30	3	3	3	2	11

Tabela 2. Resultados obtidos nas amostras correspondentes ao Albiano superior (Biozona *Parathamanninella appenninica*)

### **Cenomaniano inferior/ médio**

Nas amostras que correspondem ao intervalo do Cenomaniano inferior/médio, identificaram-se 1090 espécimes, 5 subordens, 21 famílias, 39 gêneros e 84 espécies como exemplificado na tabela 3. Assim, prosseguindo na análise da distribuição estratigráfica das espécies obtidas no testemunho, foi identificada a primeira ocorrência da espécie *Thamanninella brotzeni* Sigal (= *Rotalipora brotzeni*) na amostra 312,00m, o que permitiu o reconhecimento da Biozona *Thamanninella brotzeni*, sugerindo o Cenomaniano inferior de acordo com Bolli (1966), Caron (1985), Sliter (1989) e Koutsoukos (1989), marcando assim, o limite superior do Albiano superior a partir da amostra 312,00m.

A biozona subsequente à Biozona *Parathamanninella appenninica* (Albiano superior) é a Biozona *Thalmanninella globotruncanoides*, que se estende do Cenomaniano inferior a médio (Petruzzo *et al.*, 2012; Huber & Petruzzo, 2014; Coccioni & Premoli Silva, 2015). Na amostra 312,00m foi reconhecido um espécime com características morfológicas similares à espécie *Thalmanninella globotruncanoides* (Sigal), mas, devido ao mau estado de preservação, este espécime reconhecido no poço UFRJ-2-LRJ-1-SE foi classificado como *Thalmanninella* cf. *Th. globotruncanoides* (Sigal). No entanto, foram reconhecidos outros bioeventos que ocorrem dentro do intervalo desta biozona internacional, como a primeira ocorrência da espécie *Thalmanninella brotzeni* Sigal, além do registro das últimas ocorrências das espécies do Gênero *Microhedbergella* e a última ocorrência de *Ticinella raynaudi* Sigal.

Biozona <i>Thalmaninella globotruncanoides</i>					
Amostras (m)	Nº subordens	Nº famílias	Nº gêneros	Nº espécies	Nº exemplares
312,00	3	7	15	29	242
309,00	5	18	32	43	355
306,35	2	2	3	4	9
303,10	3	5	5	7	22
300,00	2	4	5	4	9
296,30	1	2	3	1	30
294,30	3	5	9	19	256
292,70	2	5	9	12	84
290,65	1	2	4	3	24
288,00	2	4	5	2	59

Tabela 3. Resultados obtidos nas amostras correspondentes ao Cenomaniano inferior (Biozona *Thalmaninella globotruncanoides*)

### 6.2.3. Discussão bioestratigráfica

Acompanhando o Apêndice B1, a fauna reconhecida neste trabalho é característica do Cretáceo, assim permitindo realizar a análise bioestratigráfica que possibilitou reconhecer o intervalo do Albiano superior e Cenomaniano inferior/médio (p.e. Bolli, 1966; Noguti & Santos, 1972; Azevedo *et al.*, 1987; Koutsoukos, 1989; Sliter, 1989; Petrizzo *et al.*, 2012; Huber & Petrizzo, 2014 e Coccioni & Premoli Silva, 2015), como também foram reconhecidas as espécies *Microhedergella minigloularis* Huber & Leckie e *Hedbergella praelippa* Huber & Leckie, as quais apresentam última ocorrência no Aptiano, assim indicando retralhamento.

Do ponto de vista bioestratigráfico, foram reconhecidas biozonas de aplicação regional, sendo *Hedbergella gorbachikae* - *Ticinella raynaudi* (Albiano superior) e *Rotalipora brotzeni* (Cenomaniano inferior) de acordo com Koutsoukos (1989). Além disso, também foi possível reconhecer biozonas de escala internacional como: *Parathalmaninella appenninica* (Albiano superior) e *Thalmaninella globotruncanoides* (Cenomaniano inferior-médio) estabelecidas em Petrizzo *et al.* (2012), Huber & Petrizzo (2014) e Coccioni & Premoli Silva (2015).

Assim, no intervalo 338,80 - 315,30m detectaram-se bioeventos de interesse bioestratigráfico que permitiram reconhecer o Albiano superior. Nas associações estudadas, a partir da amostra 338,80m, foi reconhecida a co-ocorrência das espécies *Hedbergella gorbachikae* Longoria e *Ticinella raynaudi* Sigal. De acordo com Koutsoukos (1989), a última ocorrência da espécie *Hedbergella gorbachikae* Longoria associada com *Ticinella raynaudi*

Sigal sugere o Albiano superior na Bacia Sergipe-Alagoas. Todavia, vale ressaltar que a espécie *Hedbergella gorbachikae* Longoria reconhecida por Koutsoukos (1989) apresenta uma distribuição estratigráfica até o Albiano superior, enquanto que, de acordo com Huber *et al.* (2017), esta espécie registra sua última ocorrência no Aptiano superior, podendo apresentar raras ocorrências no Albiano inferior. Assim, considerando a distribuição estratigráfica de *Hedbergella gorbachikae* Longoria, apesar das semelhanças morfológicas, os espécimes reconhecidos por Koutsoukos (1989) como pertencentes àquele táxon necessitam de revisão taxonômica, e possivelmente devem ser renomeadas, devido às divergências com Huber *et al.* (2017). Provisoriamente, os espécimes reconhecidos nas associações estudadas foram atribuídos à espécie *Hedbergella* aff. *H. gorbachikae* Longoria *sensu* Koutsoukos (1989).

Além disso, ao longo do intervalo de 338,80 a 315,30m, apesar de não ter sido reconhecido o fóssil índice que corresponde a Biozona internacional *Parathalmaninella appenninica*, foram identificados outros bioeventos de interesse bioestratigráfico com aplicação internacional que ocorrem dentro desta biozona: a ocorrência de *Schakoina* cf. *Sc. cenomana* (Schacko); o domínio de hedbergelídeos (p.e. *Muricohedbergella delrioensis* (Carsey), *Muricohedbergella praelibyca* (Petruzzo & Huber), *Muricohedbergella planispira* (Tappan)); ocorrência de espécies do Gênero *Globigerinelloides* (Coccioni & Premoli Silva, 2015); últimas ocorrências das espécies do Gênero *Microhedbergella* além das espécies *Hedbergella sigali* Moullade, *Hedbergella infracretacea* (Glaessner) e *Ticinella raynaudi* Sigal. Deste modo, o reconhecimento de todos estes bioeventos de escala internacional nas associações do intervalo 338,80 - 315,30m sugerem o Albiano superior.

Assim, ao comparar com a bioestratigrafia internacional, apesar de não ter sido reconhecido o fóssil índice que corresponde ao Albiano superior, provavelmente devido à presença de fatores paleoecológicos e/ou paleogeográficos registrados durante o Aptiano superior, Albiano e Cenomaniano no Brasil (Noguti & Santos, 1972), os outros bioeventos identificados indicam o Albiano superior a partir da amostra 338,80m.

O final do Albiano foi reconhecido a partir da amostra 312,00m através da primeira ocorrência de *Thalmaninella brotzeni* Sigal e do reconhecimento de outros bioeventos de interesse bioestratigráfico para o Cenomaniano. No âmbito regional, de acordo com Koutsoukos (1989), a primeira ocorrência da espécie *Thalmaninella brotzeni* Sigal (= *Rotalipora brotzeni*) permite reconhecer a Biozona *Rotalipora brotzeni* (Cenomaniano inferior). Vale ser ressaltado que a espécie *Thalmaninella brotzeni* Sigal, incluída no Gênero *Rotalipora* por Sigal (1958) e Robaszynski & Caron (1979), renomeada como *Thalmaninella brotzeni* (Robaszynski *et al.*, 2008), também é de grande importância bioestratigráfica

internacional pois, além de Koutsoukos (1989), outros autores (Sigal, 1977; Robaszynski & Caron, 1995; Premoli Silva & Sliter, 1995) consideram esta espécie marcadora do limite Albiano/Cenomaniano.

Adicionalmente, a partir da amostra 312,00m, foram reconhecidos bioeventos de caráter internacional que correspondem à Biozona *Thalmaninella globotruncanoides* (Petruzzo *et al.*, 2012; Huber & Petruzzo, 2014; Coccioni & Premoli Silva, 2015) que se estende do Cenomaniano inferior a médio. Estes bioeventos traduzem-se com as primeiras ocorrências de espécies do Gênero *Rotalipora*, e também das espécies *Thalmaninella brotzeni* Sigal, *Thalmaninella appenninica* (Renz) e *Thalmaninella* cf. *Th. globotruncanoides* (Sigal), além da ausência das ocorrências de espécies do Gênero *Microhedbergella*. De acordo com Bellier & Moullade (2002), Petruzzo & Huber (2006a) e Robaszynski *et al.* (2008), é importante considerar que a espécie *Thalmaninella globotruncanoides* (Sigal) é considerada rara no início de sua distribuição bioestratigráfica, sendo sua primeira ocorrência difícil de detectar devido à sua ocorrência em associação com outras espécies do Gênero *Thalmaninella*, ou por apresentar espécimes com características morfológicas semelhantes à espécie *Thalmaninella brotzeni* Sigal, que por vezes foram consideradas espécies equivalentes (Bralower *et al.*, 1995; Robaszynski & Caron, 1995).

Nas associações de foraminíferos analisadas, um espécime atribuído a *Thalmaninella* cf. *Th. globotruncanoides* (Sigal) foi reconhecido. Desta forma, a espécie índice que indica o Cenomaniano, de acordo com Petruzzo *et al.* (2012), Huber & Petruzzo (2014) e Coccioni & Premoli Silva (2015), foi classificada como nomenclatura aberta, atribuindo-se dúvidas devido ao seu estado de preservação. No entanto, o registro dos bioeventos mencionados que ocorrem dentro da Biozona *Thalmaninella globotruncanoides*, sugerem que as associações reconhecidas a partir da amostra 312,00m se incluem no intervalo do Cenomaniano inferior/médio.

De acordo com Noguti & Santos (1972), a ausência de algumas espécies índice do intervalo estratigráfico estudado ocorreu devido a uma barreira ecológica desenvolvida devido à proximidade entre Brasil e África que, conseqüentemente, pode ter provocado uma inibição na fauna planctônica, e apenas as formas mais aptas suportaram essas mudanças. Assim, devido a essa barreira ecológica, algumas espécies que conseguiam ingressar no Atlântico Sul, são encontradas apenas em raríssimos horizontes.

Ao comparar com a análise bioestratigráfica baseada em nanofósseis calcários realizada por Silva Jr. *et al.* (2020) neste mesmo poço e no mesmo intervalo, o autor reconheceu as biozonas UC0/BC27b (Albiano superior) e UC1? (Cenomaniano inferior), sugerindo que o

limite do Albiano/Cenomaniano estaria na profundidade 328,00m, porém o próprio autor atribuiu dúvidas devido à não ocorrência do fóssil índice que corresponde ao Cenomaniano inferior. Na integração com a análise bioestratigráfica baseada em ostracodes realizada por Vazquez-García *et al* (2021), também no mesmo intervalo e no mesmo poço, o autor indicou que o limite do Albiano/Cenomaniano estaria na profundidade 315,30m após o reconhecimento do biovento de *Bythoceratina tamarae* que corresponde ao Cenomaniano inferior (Figura 6).

A aplicação destas diferentes ferramentas bioestratigráficas (nanofósseis calcários, ostracodes marinhos e foraminíferos planctônicos), no mesmo intervalo estratigráfico e no mesmo poço analisado, salvo ligeiras diferenças próprias do método, corroboram com um limite Albiano/Cenomaniano.

Litoestratigrafia	Litologia	Amostras (m)	Biozona de foraminíferos				Biozona de nanofósseis Silva Jr. et al., 2020		Biozona de ostracodes García. et al., 2021	
			Bioeventos (Este estudo)	Koutsoukos (1989)	Petrizzo et al. (2012) Huber & Petrizzo (2014) Coccione & Premoli Silva (2015)	Cronoestratigrafia	Zonas/Subzonas Bown et al. (1998) Burnett (1998)	Cronoestratigrafia	Bioeventos	Cronoestratigrafia
Formação Cotinguiba	Folhelho	288,00		Zona <i>Rotalipora brotzeni</i> (Ce-1)	<i>Thalmanninella globotruncanoides</i>	Cenomaniano inferior a médio	UC1?	Cenomaniano inferior?	Cenomaniano inferior	
		290,65								
		292,70								
		294,30								
		296,30								
		300,00								
		303,10								
		306,35								
		309,00	▲ <i>Rotalipora cf. montsalvensis</i>							
		312,00	▲ <i>Thalmanninella appenninica</i> <i>Thalmanninella brotzeni</i> <i>Thalmanninella cf. globotruncanoides</i>							
315,30										
317,90										
Formação Riachuelo	Marga	321,00		Zona <i>Hedbergella gorbachikae</i> <i>Ticinella raynaudi</i> (Al-6)	<i>Parathalmanninella appenninica</i>	Albiano superior	UC0/BC27b	Albiano superior	Indeterminado	
		324,20								
		326,50	▲ <i>Praeglobotruncana delrioensis</i>							
		330,00	<i>Ticinella raynaudi</i> <i>Hedbergella aff. gorbachikae</i> <i>Muricohedbergella delrioensis</i> <i>Muricohedbergella praelibyca</i> <i>Muricohedbergella astrepta</i>							
		332,40								
		336,00								
		338,80	▲ <i>Microhedbergella albiana</i> <i>Microhedbergella rischi</i>							

 Marga  
 Folhelho

Figura 6. Bioeventos e biozonas reconhecidos no intervalo estratigráfico analisado.

### **6.3. Paleoecologia**

A paleoecologia visa o entendimento das relações entre os organismos e o paleoambiente, procurando inferir características ambientais de determinado habitat a partir das associações registradas de fósseis. De igual modo, a paleoecologia propõe-se descrever os ecossistemas do passado e compreender a sua estrutura e funcionamento, permitindo recolocar as entidades fósseis no contexto físico e biológico da sua época (Ricqlès, 1989).

Os foraminíferos são extremamente importantes em estudos paleoambientais e paleoceanográficos, tendo em vista que são sensíveis a fatores abióticos e bióticos que controlam sua distribuição biogeográfica e paleobatimétrica. Dentre os fatores abióticos, existem fatores físicos que incluem a luminosidade, turbidez, pressão e temperatura da água, e também existem fatores químicos, que abrangem a salinidade, índices de oxigênio e a disponibilidade de carbonato de cálcio (Vilela, 2004). Os fatores bióticos compreendem a interação das populações de foraminíferos, como competição, mobilidade, taxas de reprodução e entre outros (Molina, 2004).

Para realizar qualquer estudo de natureza paleoecológica é necessário analisar, do ponto de vista tafonômico, se as associações em estudo são originais ou se são provenientes de outros locais através da identificação de mecanismos de alteração tafonômica.

Deste modo, na seguinte seção será apresentada uma avaliação paleoecológica das associações de foraminíferos reconhecidas no intervalo estratigráfico estudado, que corresponde ao intervalo Albiano-Cenomaniano.

#### **6.3.1. Análise tafonômica**

A tafonomia tem como finalidade desvendar os processos de preservação e a maneira como estes afetam o registro fóssil (Efremov, 1940). De maneira geral, uma análise tafonômica objetiva revelar mecanismos químicos, físicos e biológicos que levaram à modificação no estado de conservação do conteúdo fossilífero, como também as propriedades de uma associação, alterando a sua estrutura original. Assim, para analisar a composição de uma associação paleontológica, é essencial distinguir os mecanismos de alteração tafonômica que terão contribuído para a sua modificação, e de que maneira tais mecanismos terão operado.

Os mecanismos de alteração que foram observados nas associações de foraminíferos presentes no intervalo estratigráfico estudado foram: recristalização, faturamento e desgaste. O mecanismo de recristalização se apresentou ao longo de todo intervalo estudado, porém foi mais

frequente em exemplares que se encontravam em níveis mais carbonáticos. Ao longo de todo intervalo também foi identificado fraturamento em algumas carapaças de foraminíferos, além de desgaste na superfície de alguns espécimes. De modo geral, os mecanismos de alteração citados se apresentaram mais frequentes nas amostras presentes no Cenomaniano inferior (amostras 312,00- 288,80m), incluindo alguns gêneros como *Muricohedbergella*, *Rotalipora*, *Thalmaninella* e *Praeglobotruncana*, porém, apesar de se observar tais mecanismos, nenhum deles inviabilizou a classificação da maioria dos espécimes.

### 6.3.2. Abundância relativa

A abundância relativa é um conceito estatístico utilizado na ecologia para determinar a dimensão das populações, pois duas comunidades podem apresentar as mesmas espécies, sendo que as suas proporções podem ser muito diferentes em cada uma delas (Costa, 2007). Para as associações de foraminíferos do intervalo estudado, foi calculada a abundância relativa nas diferentes categorias taxonômicas (subordem, família, gênero e espécie), sendo este cálculo realizado a partir do número de exemplares atribuídos a cada uma destas categorias taxonômicas, em relação ao número total de indivíduos.

De acordo com os percentuais das associações no intervalo em análise, de modo geral, a Subordem Globigerinina compreende cerca de 70% das associações, que corresponde aos foraminíferos planctônicos (Gráfico 1).

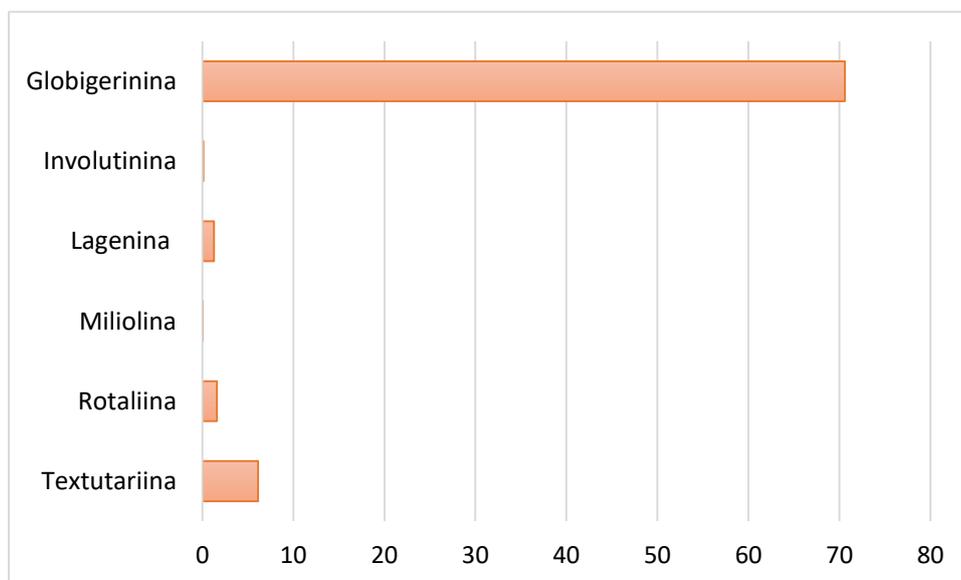


Gráfico 1. Abundância relativa das subordens presentes na seção estudada. A primeira subordem no gráfico acima corresponde aos foraminíferos planctônicos e as demais incluem foraminíferos bentônicos.

Nas associações analisadas foram reconhecidas 27 famílias ao longo do intervalo estudado, onde há maior representatividade de famílias correspondentes aos foraminíferos planctônicos, no qual os maiores percentuais equivalem à Família Hedbergellidae, que inclui cerca de 47% da composição das associações. A Família Rotaliporidae, segue a última, apresentando em torno de 11% de abundância relativa e a Família Globigerinelloididae que representa em torno de 6% da composição das associações (Gráfico 2).

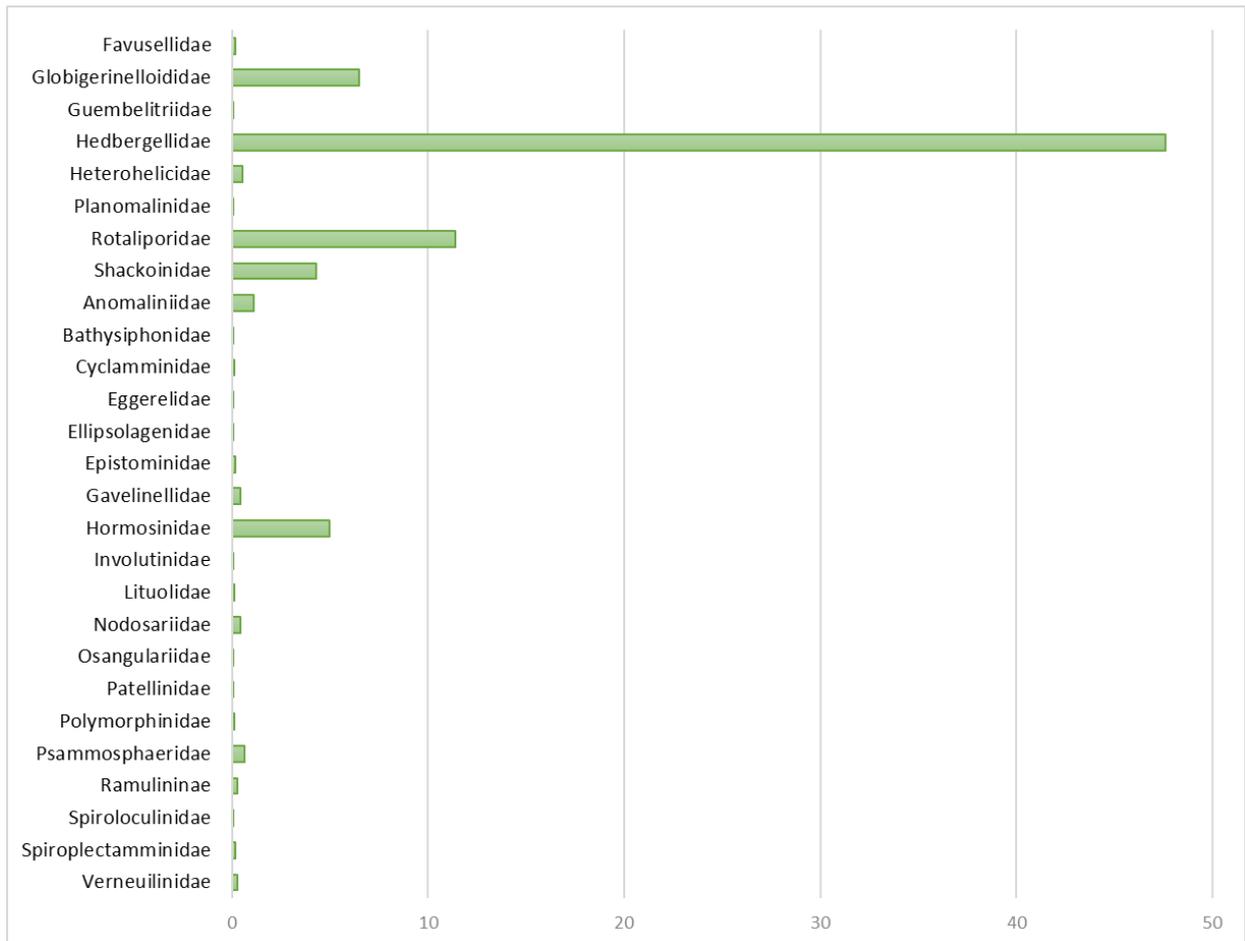


Gráfico 2. Abundância relativa de famílias identificadas no intervalo estratigráfico estudado. As oito primeiras famílias correspondem aos foraminíferos planctônicos e as demais aos foraminíferos bentônicos.

Ao nível de gênero, os que apresentam maior abundância relativa são aqueles inclusos nas associações planctônicas. Dentre os 47 gêneros identificados, o que apresentou maior abundância foi o gênero *Muricohedbergella* que representa em torno de 29% das associações, seguido de *Ticinella* apresentando aproximadamente 10%. Além de gêneros como *Microhedbergella* (cerca de 9%), *Gobigerinelloides* (cerca de 6%) e *Schakoina* (cerca de 4%). No entanto, é importante reportar que o Gênero *Microhedbergella* ocorre apenas no intervalo 338,80-315,30m, e também que o Gênero *Schakoina*, apesar de ocorrer somente na amostra

332,40m, apresenta um percentual próximo ao do Gênero *Globigerinelloides*, que ocorre ao longo de todo o intervalo estratigráfico. Os gêneros *Muricohedbergella* e *Ticinella*, além de apresentarem a maior abundância, se estendem ao longo de todo o intervalo analisado. Os demais gêneros reconhecidos no intervalo em análise, seja de foraminíferos planctônicos ou bentônicos, apresentam percentuais minoritários, como indicado no gráfico 3.

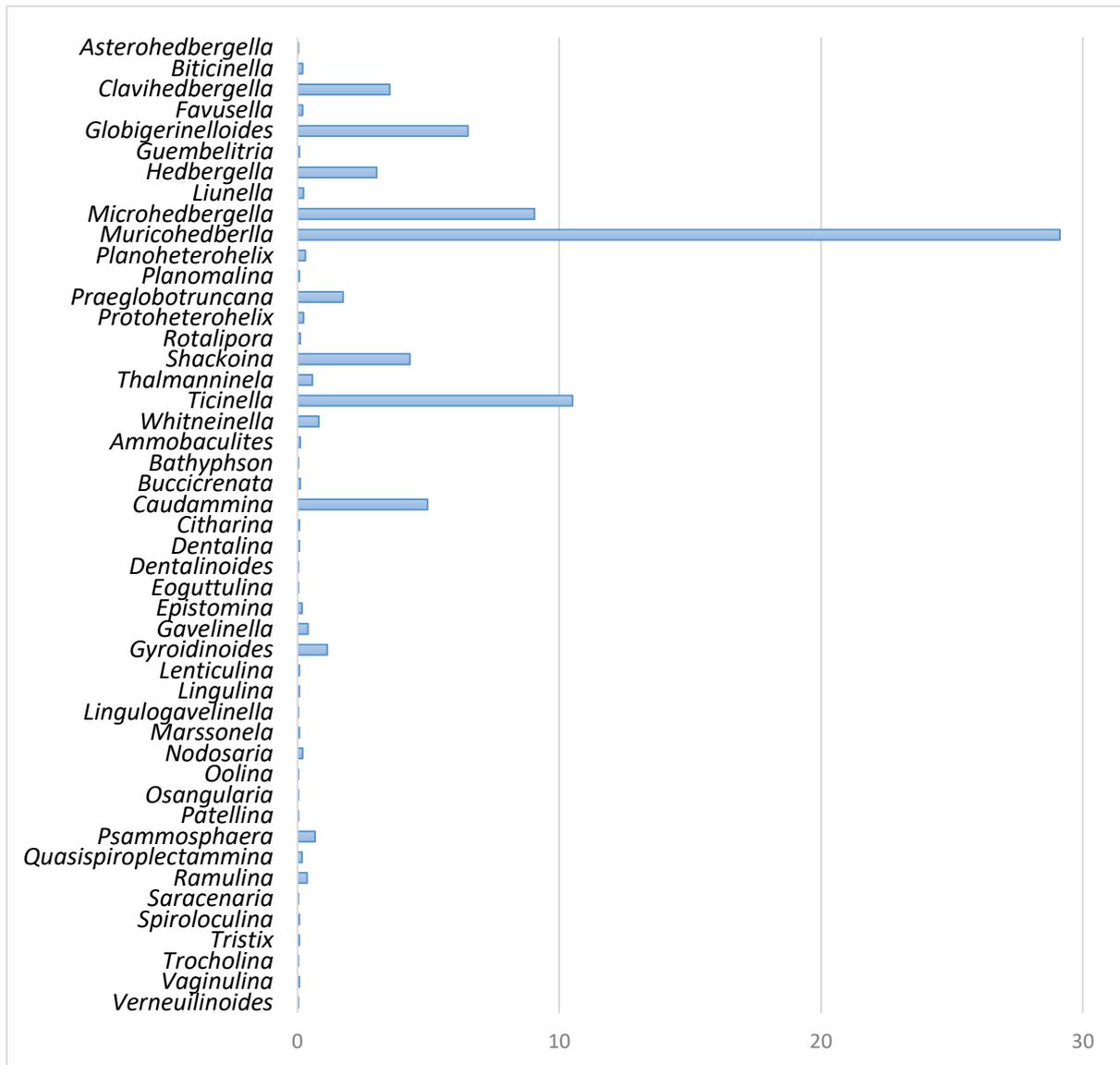


Gráfico 3. Abundância relativa dos gêneros reconhecidos no intervalo estratigráfico estudado. Os 18 primeiros gêneros correspondem aos foraminíferos planctônicos e os restantes aos bentônicos.

Na análise da distribuição das espécies (Apêndice C), observa-se que algumas delas apresentam maior representatividade na seção estudada, as quais a maioria pertence ao grupo de foraminíferos planctônicos. Analisando o apêndice C, observa-se que as espécies mais representativas são do Gênero *Muricohedbergella*, apresentando variação entre 2% a 47% na abundância relativa, *Mu. delrioensis* (0,79% a 50%), *Mu. angolae* (2% a 12%), *Mu. praelibyca*

(0,39% a 10%), *Mu. planispira* (1% a 50%), *Ti. madecassiana* (3% a 20%), *Gl. bentonensis* (0,64% a 10%), além de *Mi. albiana* (2% a 21%) que ocorrem em sua maioria na porção basal a média do intervalo, e *Schakoïna* cf. *Sc. cenomana* que, apesar de ocorrer somente na amostra 332,40m, representa 50% da composição das associações.

### 6.3.3. Riqueza e diversidade

Os índices de riqueza e diversidade são direcionados para identificar a diversidade de uma determinada associação de organismos, incluindo cálculos de riqueza (número de exemplares em uma dada associação) e abundância proporcional de espécies. Além disso, estes índices são utilizados para várias propostas: a análise da diversidade ao longo do tempo permite identificar eventos e tendências; utilizam-se como indicadores geográficos e ambientais, e permitem caracterizar diferentes tipos de comunidades (Hammer e Harper, 2006).

Neste estudo, os índices utilizados na análise de riqueza de espécies foi o índice de Fisher  $\alpha$  e o índice de Margalef (descrição no capítulo 5), nos quais quanto maior for o valor calculado, maior é a riqueza da associação em análise.

Ao longo de toda a seção analisada, de modo geral, o índice de Fisher  $\alpha$  apresenta valores que variam entre 1,7 e 17,7. Nas amostras 338,80-315,30m os valores oscilam entre 3,5 e 15,8, destacando uma diminuição de riqueza para o fim do Albiano superior. Nas amostras 312,00-288,00m os valores oscilam entre 1,7 e 17,7, destacando-se uma maior riqueza na amostra 309,00m e, além disso, uma tendência de diminuição na riqueza para o fim do intervalo estratigráfico. Os valores do índice de Margalef oscilam entre 1,2 e 9, onde as amostras 338,80-315,30m apresentam variações entre 1,7 e 8,8, no qual a amostra 336,00 m (8,8) apresenta o maior valor deste índice e, além disso, estes valores apresentam uma tendência decrescente para o fim do intervalo. Nas amostras 312,00-288,00m, os valores são variáveis (1,2 a 9), apresentando também uma diminuição na riqueza para o topo da seção.

A abundância proporcional de espécies é estimada através do cálculo da riqueza e dominância. Neste estudo, os índices utilizados foram: índice de Simpson, índice de Berger-Parker, índice de Shannon e Wiener e índice de Equitabilidade de Pielou (descritos no capítulo 5).

Os valores do índice de Simpson variam entre 0,2 a 0,9 ao longo da seção. O intervalo que compreende as amostras 338,80-315,30m apresenta valores que variam entre 0,6 e 0,9, indicando diversidade intermediária em algumas amostras e em outras uma maior abundância

de espécies pertencentes aos gêneros *Ticinella*, *Microhedbergella*, *Muricohedbergella* e *Schakoina*. As amostras 312,00-288,00m apresentam valores que oscilam entre 0,2 e 0,9. No início deste intervalo os valores apresentam-se de certa forma altos, indicando uma maior abundância de espécies pertencentes aos gêneros *Muricohedbergella*, *Ticinella* e *Globigerinelloides*, os valores apontam uma tendência de aumento de diversidade para o topo da seção.

O índice de Berger - Parker apresenta um caráter oscilante, com valores entre 0,1 e 0,9, indicando uma menor abundância de espécies na transição da amostra 315,30m para a amostra 312,00m, além de apresentar maiores valores nas amostras 296,30-288,00m.

O índice de Shannon-Wiener indica a diversidade de uma associação. Beerbower e Jordan (1969) classificam os valores deste índice como: baixa diversidade ( $<0,6$ ), diversidade moderada ( $0,6 < e < 1$ ) e diversidade alta ( $>1$ ). Sabendo disso, os valores ao longo do intervalo estratigráfico em análise variam entre 0,5 e 3,3, indicando uma variação de baixa diversidade a alta. Sendo, de modo geral, uma diversidade maior nas amostras 338,80-315,30m com oscilações na diversidade nas amostras 312,00-300,00m e menor nas amostras 296,30-288,00m, que corresponde ao fim do intervalo.

Por fim, os valores do índice de Equitabilidade de Pielou variam entre 0,3 e 1,0, ao longo da seção estudada, indicando que em algumas amostras há uma boa abundância de espécies e em outras não, como na amostra 321,00m que apresenta valor 1,0, sugerindo que não ocorre dominância de uma espécie em relação a outra.

Após uma análise geral dos valores dos índices de riqueza e diversidade ao longo da seção estudada, observa-se uma certa tendência nestes valores, com mudanças visíveis que permitiram realizar uma distinção em três intervalos. O primeiro intervalo apresenta valores altos, mas variáveis. No segundo intervalo os valores oscilam, mas apresentam uma tendência decrescente. Por fim, no último intervalo os valores são baixos.

#### **6.3.4. Discussão Paleoecológica**

No intervalo estratigráfico estudado, que compreende o intervalo Albiano/Cenomaniano, o número de foraminíferos obtidos ao longo da seção é quase regular e apresenta oscilações ao longo da seção, no qual a quantidade de exemplares tende a diminuir para o fim do intervalo estratigráfico e, em algumas amostras, o número de 300 exemplares não foi alcançado (Gráfico 4).

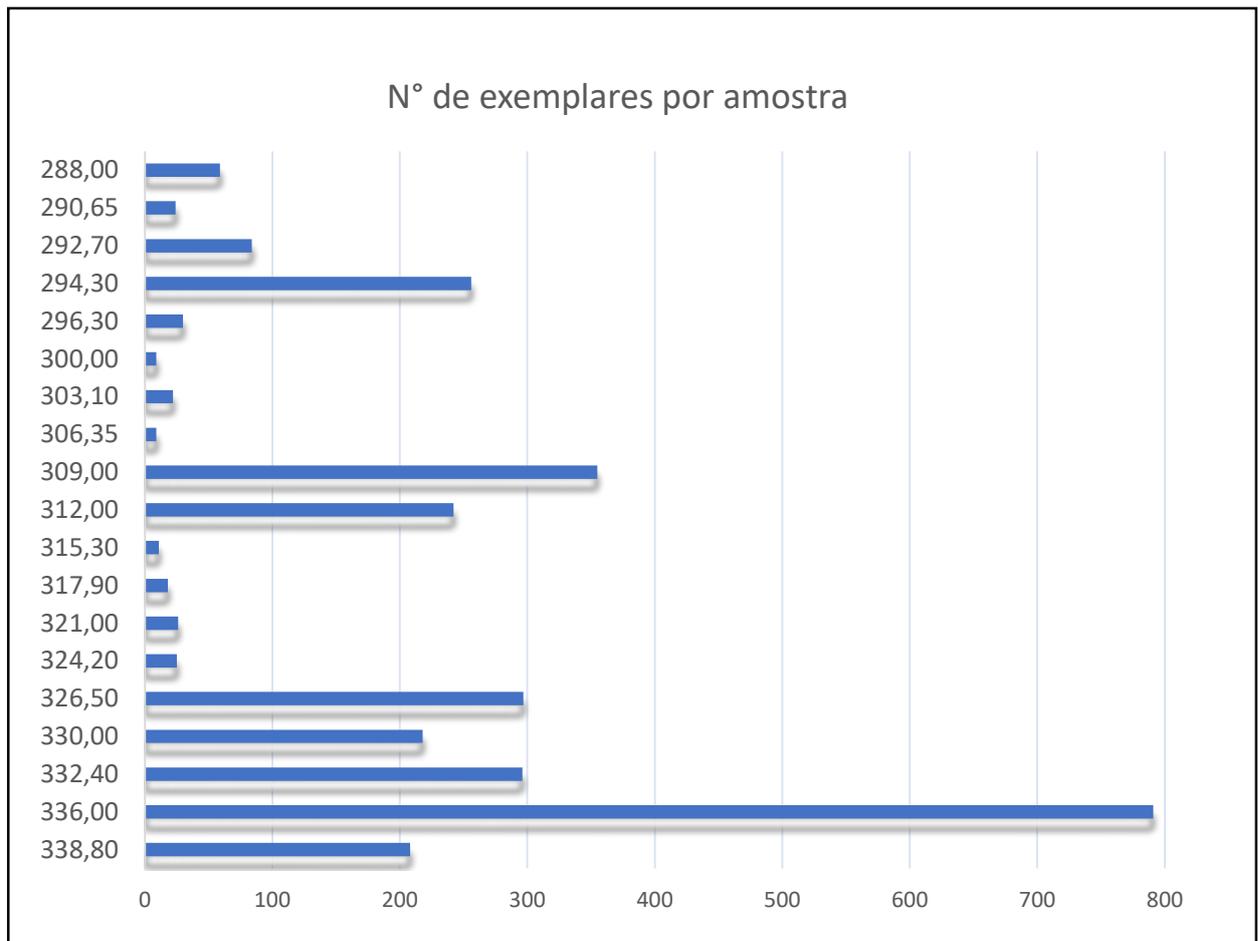


Gráfico 4. Representação do número de exemplares obtidos em cada amostra no intervalo em análise. Albiano superior (338,80-315,30m) e Cenomaniano inferior/médio (312,00-288,00m).

De modo geral, os exemplares obtidos apresentam-se bem preservados, salvo em algumas amostras onde alguns espécimes refletem processos de alteração tafonômica, que, contudo, não condicionaram o número total de exemplares presentes nas associações, e só pontualmente impediram a sua classificação. Deste modo, a redução de exemplares em algumas amostras pode ter ocorrido devido a fatores paleoambientais.

As associações de foraminíferos registradas no intervalo em análise, apresentou uma abundância de 2890 espécimes, incluindo 6 subordens, 27 famílias e 47 gêneros. A Subordem Globigerinina é a mais representativa (em torno de 70%), indicando que a maior parte da associação é composta por foraminíferos planctônicos. A Família Hedbergellidae inclui cerca de 47% das associações e, o Gênero *Muricohedbergella* é o mais representativo, correspondendo em média 29% da associação de foraminíferos, sugerindo um ambiente de plataforma nerítica externa a batial (Murray, 1991).

De acordo com Caron & Homewood (1983), Premoli Silva & Sliter (1999) e Hart (1999), os foraminíferos planctônicos do Cretáceo podem ser divididos em dois tipos de estratégia de vida. As espécies r-estrategista (oportunistas) são típicas de ambientes de condições relativamente instáveis, além de serem caracterizadas por uma morfologia mais simples. Essas espécies são mais tolerantes a variações nas condições físico-químicas. Alguns exemplos de espécies encontradas no intervalo em análise são pertencentes aos gêneros *Hedbergella*, *Microhedbergella*, *Muricohedbergella*, *Globigerinelloides*, *Schakoina* e *Ticinella* (Wonders, 1980; Leckie, 1987; Price *et al.*, 1998; Wilson & Norris, 1998; Hart, 1999; Wilson & Norris, 2001; Norris *et al.*, 2002; Prince & Hart, 2002; Petrizzo *et al.*, 2008; Coxall *et al.*, 2007; Ando *et al.*, 2010; Polivoda *et al.*, 2011), sendo que as mesmas ocorrem ao longo de todo o intervalo analisado, com exceção de *Hedbergella* e *Microhedbergella* que ocorrem no intervalo que compreende as amostras 338,80-315,30m, e *Schakoina* que ocorre somente na amostra 332,40m, indicando depletação de oxigênio (Coccioni *et al.*, 2006).

Os foraminíferos planctônicos que do grupo k-estrategista são, de maneira geral, espécies optam por condições ambientais mais estáveis e menos tolerantes a variações de parâmetros bióticos e abióticos da coluna d'água (Caron & Homewood, 1983; Hallock *et al.*, 1991). Alguns exemplos são espécies de gêneros com quilhas, como *Rotalipora* e *Thalmaninella* (Price *et al.*, 1998; Wilson & Norris, 1998; Ando *et al.*, 2010), as quais foram reconhecidas na profundidade 312,00m.

Desta forma, de acordo com a análise da representatividade das espécies reconhecidas na seção estudada, constata-se que as espécies mais representativas se incluem no grupo de espécies oportunistas. De acordo com o habitat preferencial destas espécies, foi possível também correlacionar com um ambiente de plataforma marinha (Murray, 1991; Koutsoukos, 1989) (Tabela 4).

Gênero	Espécies	Habitat	Estratégia de vida	Autores
<i>Ticinella</i>	<i>T. primula</i> <i>T. raynaudi</i> <i>T. madecassiana</i>	Camada mista superior Camada mista superior Águas rasas	r-estrategista	Wilson and Norris, 2001; Petrizzo <i>et al.</i> , 2008; Ando <i>et al.</i> , 2010; Wilson and Norris, 1998; Wonders, 1980;
<i>Globigerinelloides</i>	<i>G. asper</i> <i>G. bentonensis</i>	Camada mista inferior	r-estrategista	Polivoda <i>et al.</i> , 2011; Petrizzo <i>et al.</i> , 2008;
<i>Microhedbergella</i>	<i>Microhedbergella sp.</i>	Águas rasas	?	Leckie, 1987
<i>Schackoina</i>	<i>Schackoina sp.</i>	Termoclina	r-estrategista	Coxall <i>et al.</i> , 2007
<i>Clavhedbergella</i>	<i>Cl. simplicissima</i>	Termoclina	?	Petrizzo <i>et al.</i> , 2008, Ando <i>et al.</i> , 2010; Coxall <i>et al.</i> , 2007;
<i>Muricohedbergella</i>	<i>Muricohedbergella sp.</i>	Águas rasas	r-estrategista	Hart, 1999; Price and Hart, 2002;
	<i>M. planispira</i>	Termoclina		Petrizzo <i>et al.</i> , 2008;
	<i>M. praelibyca</i>	Termoclina		Petrizzo <i>et al.</i> , 2008
	<i>M. delrioensis</i>	Termoclina (Alb/Cen) - Camada mista; (Cen) - Termoclina Cenomaniano - camada mista superior Camada mista		Petrizzo <i>et al.</i> , 2008; Norris and Wilson, 1998; Ando <i>et al.</i> , 2010 Norris <i>et al.</i> , 2002 Price <i>et al.</i> , 1998
<i>Thalmaninella</i>	<i>Th. appenninica</i>	(Alb/Cen) - Termoclina superior; Águas profundas Cenomaniano - camada mista superior	k-estrategista	Ando <i>et al.</i> , 2010; Norris & Wilson, 1998  Norris & Wilson, 1998; Price <i>et al.</i> , 1998
	<i>Th. brotzeni</i>	Águas profundas		Norris & Wilson, 1998

Tabela 4. Representação habitat preferencial e estratégia de vida dos espécimes mais abundantes na associação em análise. (Adaptado de Gilardoni, 2017).

Além da análise da abundância relativa das diferentes categorias taxonômicas nas associações de foraminíferos para interpretação paleoecológica, foram aplicados índices de riqueza e diversidade que permitiram observar que as associações analisadas ao longo do intervalo estratigráfico variam em termos desses parâmetros. Assim, em termos gerais, as associações são relativamente ricas e diversas, sem indicação de estresse ambiental.

Na análise geral dos índices de riqueza e diversidade ao longo da seção estudada, foram observadas variações nos valores que permitiram distinguir três episódios paleoecológicos, além da composição das associações, que podem corresponder a mudanças nas condições ambientais (Figura 7).

No primeiro episódio, correspondente às amostras 338,80-315,30m (base da Biozona *Parathalmanninella appenninica*), foram reconhecidas 117 espécies, sendo composto principalmente por *Muricohedbergella delrioensis* (10%), *Ticinella madecassiana* (8%), *Mu. angolae* (4%), *Microhedbergella rischi* (4%), espécies indeterminadas (13%), *Caudammina* cf. *C. ovula* (7%), ocorrendo com elevada abundância na amostra 330,00m, e *Schakoina* cf. *Sc. cenomana* (7%) que ocorre somente nas amostras 332,40m. Assim, as espécies mais representativas neste intervalo sugerem um ambiente nerítico externo com oscilações no nível do mar de acordo com a Tabela 4. Vale ser pontuado que a espécie reconhecida como *Schakoina* cf. *Sc. cenomana*, é uma espécie incluída no Gênero *Schakoina* que apresenta, como característica morfológica, câmaras alongadas. De acordo com Coccioni *et al.* (2006), o alongamento das câmaras dos foraminíferos planctônicos do Cretáceo inferior vem sendo interpretado como uma forma de adaptação à depletação de oxigênio na porção superior da coluna d'água, no qual a abundância relativa de foraminíferos planctônicos com essas tais características pode ser proporcional a um *stress* ambiental.

Apesar dos índices de riqueza e diversidade se apresentaram oscilantes neste episódio, refletem inicialmente condições ambientais relativamente estáveis e favoráveis para desenvolvimento das associações que, posteriormente, se tornam menos favoráveis para o topo.

No segundo episódio, que inclui as amostras 312,00-300,00m (biozonas *Parathalmanninella appenninica* e *Thalmanninella*), foram reconhecidas 85 espécies. Sendo composta em sua maioria por *Mu. delrioensis* (12%), *Mu. angolae* (7%), *Mu. praelibyca* (5%), *Muricohedbergella* sp. indet. (6%), *Ticinella madecassiana* (6%), *Globigerinelloides asper* (5%) e espécies indeterminadas (11%), além das espécies que se incluem nos gêneros *Rotalipora* (próximo a 1%) e *Thalmanninella* (3%) que, apesar de apresentarem percentuais

relativamente baixos, sugerem assim, de modo geral, um ambiente com aprofundamento da plataforma marinha (Norris & Wilson, 1998; Price *et al.*, 1998; Ando *et al.*, 2010).

Os valores dos índices são variáveis e indicam condições ambientais de certa forma instáveis, inicialmente favoráveis com tendências a piorar. Assim, apesar de ser refletido um ambiente instável, ainda é favorável para o desenvolvimento das associações.

Por fim, no terceiro episódio, amostras 296,30- 288,00m (Biozona *Thalmaninella globotruncanoides*), foram reconhecidas 41 espécies. No entanto, a maior parte da associação é composta por espécies indeterminadas (62%) e *Muricohedbergella* sp. indet. (6%), apontando uma má preservação dos espécimes em comparação com os episódios anteriores, além de apresentar valores dos índices que sugerem uma mudança desfavorável nas condições ambientais.

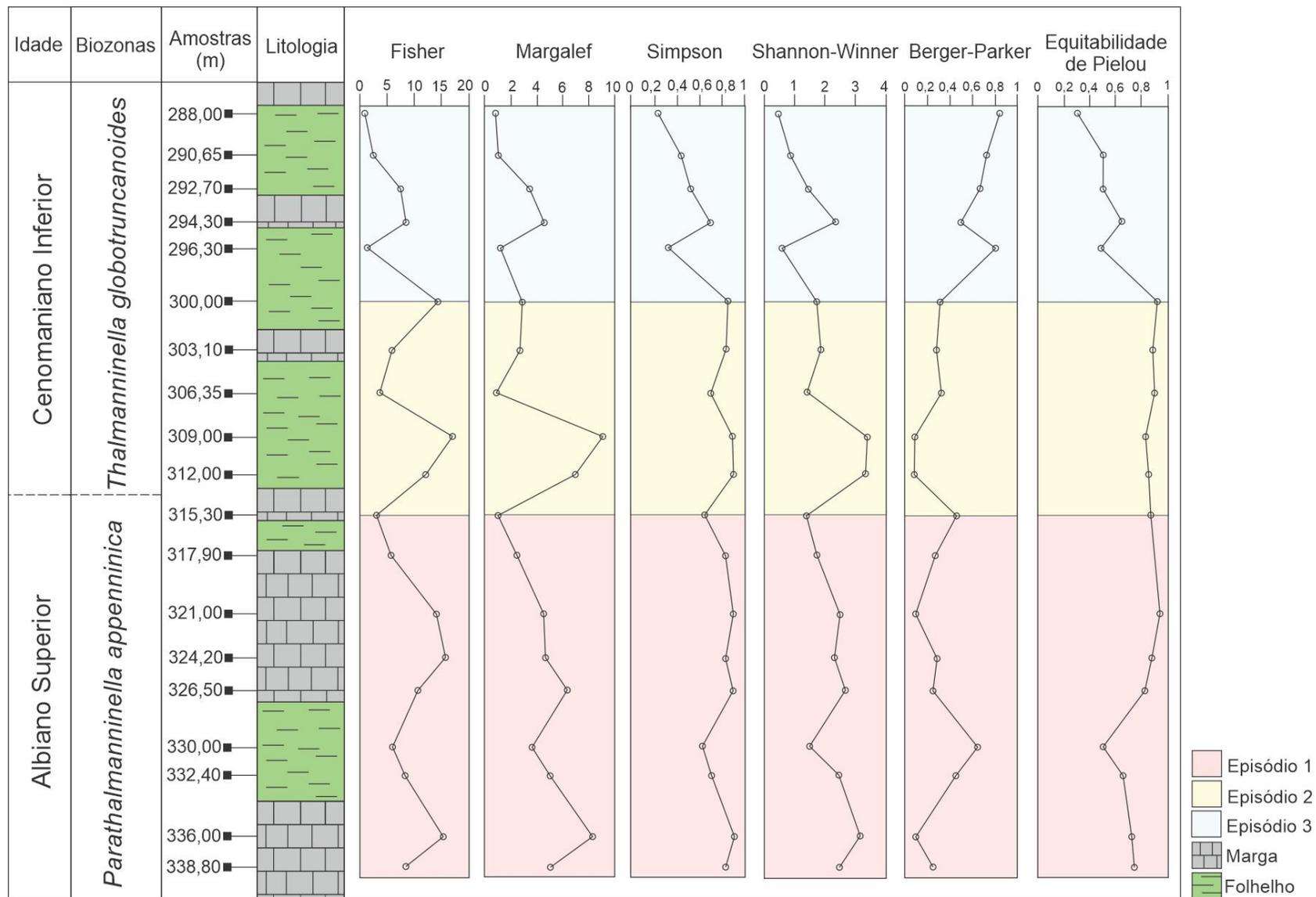


Figura 7. Distribuição dos episódios reconhecidos no intervalo estratigráfico estudado.

As mudanças e oscilações nos índices de riqueza e diversidade podem ter sido causadas por um ciclo transgressivo, reconhecido por Valle *et al.* (2019) no mesmo intervalo estratigráfico. Este ciclo pode ter influenciado no aporte sedimentar, temperatura, coluna d'água e entre outros fatores, assim causando mudanças paleoambientais. Nas associações estudadas, é possível visualizar uma diminuição na riqueza e diversidade para o topo do intervalo. Na base da seção as associações são majoritariamente compostas por fauna de ambiente nerítico (Apêndice C; Gilardoni, 2017). As espécies de foraminíferos adaptadas a este tipo de ambiente vão diminuindo a sua representatividade e sendo substituída gradualmente por uma fauna de ambiente mais profundo para o topo do intervalo, o que corrobora com o ciclo transgressivo (Valle *et al.*, 2019). A diminuição da riqueza e diversidade para o topo do intervalo analisado está relacionada com essa mudança de ambiente, que se torna um pouco mais instável para os foraminíferos previamente adaptados. Uma vez que o intervalo analisado se encontra no início deste ciclo transgressivo, a instabilidade provocada pelas oscilações da coluna d'água e aporte sedimentar influenciam não só na riqueza e diversidade como também no estado de preservação das associações que piora para o topo da seção.

Em tese, os episódios paleoecológicos associados ao habitat preferencial das espécies sugerem que a fauna reconhecida aponta para um paleoambiente nerítico externo a batial (Figura 8), apresentando breves oscilações no nível do mar, corroborando com a análise paleoambiental descrita por Koutsoukos (1989) e Valle *et al.* (2019).

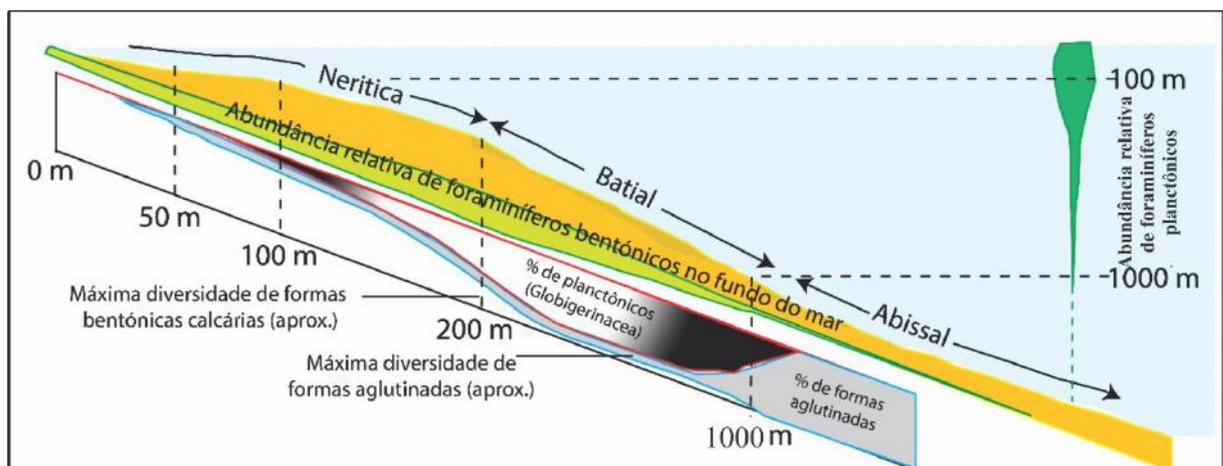


Figura 8. Representação batimétrica da distribuição de foraminíferos ao longo de uma plataforma. (Adaptado de Saidova, 1967; Armstrong & Brasier, 2005)

## 7. CONCLUSÃO

Para a realização das análises baseada em foraminíferos no poço UFRJ-2-LRJ-1-SE, foram coletadas 19 amostras, nas quais se obtiveram um total de 2980 espécimes com um estado de preservação variando de bom a moderado, com tendência a piora para o topo do intervalo estratigráfico estudado. Todavia, foi possível reconhecer 7 subordens, 25 famílias, 48 gêneros e 168 espécies, sendo toda a fauna reconhecida característica do Cretáceo.

De modo geral, a Subordem Globigerinina é a mais abundante dentre as subordens reconhecidas, indicando que a maior parte da associação é composta por foraminíferos planctônicos. A Família Hedbergeliidae é a mais abundante e *Muricohedbergella* é o gênero mais abundante em comparação aos 48 gêneros reconhecidos. As espécies *Muricohedbergella delrioensis*, *Muricohedbergella angolae* e *Ticinella madecassiana* são as que apresentaram maior abundância, além de se distribuírem ao longo de quase todo o intervalo analisado.

Assim, a partir da caracterização das associações de foraminíferos no poço, foi possível realizar uma análise bioestratigráfica e reconhecer eventuais episódios paleoecológicos para o intervalo Albiano/Cenomaniano.

No intervalo 338,80 - 315,30m detectaram-se bioeventos que permitiram reconhecer a Biozona local *Hedbergella gorbachikae-Ticinella raynaudi* (Koutsoukos, 1989) e a Biozona internacional *Parathalmanninella appenninica* (Petruzzo *et al.*, 2012; Huber & Petruzzo, 2014; Coccioni & Premoli Silva, 2015), que sugerem o Albiano superior.

Para o intervalo 312,00-288,00m, em escala bacinal, foi reconhecida a espécie *Thamanninella brotzeni*, que corresponde à Biozona *Rotalipora brotzeni*, indicando o Cenomaniano inferior de acordo com Koutsoukos (1989). Foram também reconhecidos outros bioeventos de caráter internacional que correspondem à Biozona *Thalmanninella globotruncanoides* (Petruzzo *et al.*, 2012; Huber & Petruzzo, 2014; Coccioni & Premoli Silva 2015). Desta forma, após o reconhecimento de bioeventos de escala internacional reconhecidos no intervalo 312,00-288,00m sugere-se o Cenomaniano inferior/médio para este intervalo.

Por fim, o limite do Albiano/Cenomaniano foi reconhecido entre as amostras 315,30-312,00m que, ao correlacionar com a análise bioestratigráfica baseada em outros grupos fósseis (Silva Jr. *et al.*, 2020; Vazquez-García *et al.*, 2021), no mesmo poço e mesmo intervalo, corroboram aproximadamente com mesmo limite.

Como mencionado anteriormente, foi observado um estado de preservação bom a moderado dos espécimes, e os mecanismos de alteração tafonômica identificados pontualmente

não inviabilizaram a classificação da maioria dos espécimes. Assim, a avaliação paleoecológica é válida, uma vez que, a composição das associações é representativa da paleofauna original.

Do ponto de vista paleoecológico, as associações são relativamente abundantes e diversas, no entanto, observou-se diminuição na riqueza e diversidade em direção ao topo da seção. A partir do cálculo dos índices de riqueza, diversidade e dominância, foi possível reconhecer 3 diferentes episódios paleoecológicos.

No primeiro episódio (338,80-315,30m) os índices aplicados refletem um ambiente inicialmente com condições ambientais relativamente estáveis e favoráveis que, posteriormente, se tornam menos favoráveis para o desenvolvimento das associações. No segundo episódio (312,00-300,00m), os índices se mostraram variáveis, apontando condições ambientais instáveis, inicialmente um pouco mais favoráveis ao desenvolvimento das populações. No terceiro episódio (296,30-288,00m), os valores sugerem uma mudança desfavorável nas condições ambientais, prejudicando o desenvolvimento das associações previamente estabelecidas.

A evolução das condições ambientais reconhecidas ao longo do intervalo estudado, podem ter sido controladas pelo ciclo transgressivo identificado por Valle *et al.* (2019). Este ciclo pode ter influenciado no aporte sedimentar, temperatura, coluna d'água e entre outros fatores paleoecológicos, e, conseqüentemente, afetou o desenvolvimento das associações de foraminíferos.

Na análise do comportamento da composição das associações ao longo deste intervalo, sugere-se inicialmente um ambiente marinho raso com oscilações no nível do mar. Um ambiente nerítico externo a batial superior, colaborando com a interpretação de um ambiente marinho de plataforma carbonática proposto por Koutsoukos (1989) e Valle *et al.* (2019) para este intervalo.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antunes, R. L., & Melo, J. H. G., 2001. Micropaleontologia e estratigrafia de seqüências. *Estratigrafia de Seqüências: conceitos e aplicações*. São Leopoldo, UNISINOS, 137-218.
- Armstrong, H. A. e Brasier, M. D., 2006. Microfossils. *Blackwell publishing*, 2nd ed., Australia, pp. 142-187.
- Azevedo, R. M., Gomide, J., & Viviers, M. C., 1987. Geo-história da Bacia de Campos, Brasil: do Albiano ao Maastrichtiano. *Revista Brasileira de Geociências*, 17(2), 139-146.
- Beals, M., Gross, L., & Harrell, S., 2000. Diversity indices: Simpson's D and E. *The Institute for Environmental Modelling (TIEM), University of Tennessee, USA*.
- Beerbower, J. R., e Jordan, D., 1969. Application of information theory to paleontologic problems: Taxonomic diversity. *Journal of Paleontology*, 43 (5), pp. 1184-1198.
- Bellier, J.-P. & Moullade, M., 2002. Lower Cretaceous planktic foraminiferal biostratigraphy of the western North Atlantic (ODP leg 171B), and taxonomic clarification of some key index species. *Revue de Micropaléontologie* 45, 9–26.
- Beurlen G., 1982. Bioestratigrafia e geohistória da seção marinha da margem continental brasileira. *Boletim Técnico da Petrobras*, 25(2):77-83.
- Bolli H.M, Beckman, J.P., Saunders, J.B., 1994. Benthic foraminiferal biostratigraphy of the south Caribbean region. Cambridge, Cambridge University Press, 408 p.
- Bolli, H. M., 1966. Zonation of Cretaceous to Pliocene marine sediments based on planktonic foraminifera. Geologisches Institut der Eidg. Technischen Hochschule und der Universität Zürich.
- Bralower, T.J., Leckie, R.M., Slliter, W.V., Thierstein, H.R., 1995. An integrated: Cretaceous microfossil biostratigraphy. In: Berggren, W.A., Kent, D.V., Hardenbol, J. (Eds.), *Geochronology, Time Scales and Global*.

- Buzas, M. A., 1979. The measurement of species diversity. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, Short Course, 6, pp. 3-10.
- Campos Neto, O.P., Souza-Lima, W. & Cruz, F.E., 2007. Bacia Sergipe-Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 15 (2): 405-415.
- Caron, M. & Homewood, P., 1983. "Evolution of early planktic foraminifers", *Marine Micropaleontology*, 7, 6, 453-462.
- Caron, M., Bolli, H. M., Saunders, J. B., & Perch-Nielsen, K., 1985. Cretaceous planktic foraminifera. *Plankton stratigraphy*, 1, 17-86.
- Coccioni, R., Premoli Silva, I., 2015. Revised Upper Albian–Maastrichtian planktonic foraminiferal biostratigraphy and magnetostratigraphy of the classical Tethyan Gubbio section (Italy). *Newsletters on Stratigraphy* 48/1: 47–90.
- dos Anjos Zerfass, G. D. S., & de Jesus Andrade, E., 2007. Foraminíferos e Bioestratigrafia: uma abordagem didática. *Terrae didatica*, 3(1), 18-35.
- Efremov, J. A., 1940. Taphonomy: a new branch of geology. *Pan-Am. Geologist*, 74, 81-93.
- Fatela, F., & Taborda, R., 2002. Confidence limits of species proportions in microfossil assemblages. *Marine micropaleontology*, 45(2), 169-174.
- Feijó, F.J., 1994. Bacias de Sergipe e Alagoas. *Boletim de Geociências da Petrobras*, 8: 149-161.
- Gilardoni, S. E., 2017. Late Albian-Cenomanian planktonic foraminiferal biostratigraphy, taxonomy and paleoceanographic inferences. Università Degli Studi Di Milano. Tese de Pós-Doutorado. 250p.
- Hallock, P., Premoli Silva, I., Boersma, A., 1991. Similarities between planktonic and larger foraminiferal evolutionary trends through Paleogene paleoceanographic changes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 83(1-3), p.49-64.

- Hammer, O. & Harper, D. A. T., 2006. Paleontological Data Analysis. Oxford, Blackwell Publishing, 351 p.
- Hart, M. B., 1999. The evolution and biodiversity of Cretaceous planktonic Foraminiferida. *Geobios*, 32 (2), p. 247-255.
- Hart, M. B., & Koutsoukos, E. A., 2015. Paleoecology of Cretaceous foraminifera: examples from the Atlantic Ocean and Gulf of Mexico region.
- Herrero, C. & Canales, M. L., 1997. Diversidad en los foraminíferos del tránsito Toarciense/Aaleniense en la sección de Fuentelsaz (Cordillera Ibérica). *Revista Española de Paleontología*, 12 (2), p. 233-242.
- Huber, B.T., Petrizzo, M.R., 2014. Evolution and taxonomic study of the Cretaceous planktonic foraminifer genus *Helvetoglobotruncana* Reiss, 1957. *Journal of Foraminiferal Research*, 44, p. 40–57.
- Ogg, J.M, Ogg, G.M & Gradstein, F.M., 2016. A Concise Geologic Time Scale. Elsevier, 2016, p.167-186.
- Koutsoukos, E.A.M., 1989. Mid to late cretaceous microbiostratigraphy, paleoecology and paleogeography of the Sergipe Basin, northeastern Brazil. Department of Geological Sciences of Polytechnics South West, Plymouth. Tese de Doutorado. 645p.
- Koutsoukos, E.A.M., 1992. Late Aptian to Maastrichtian foraminiferal biogeography and palaeoceanography of the Sergipe Basin, Brazil. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 92, p.295–324.
- Koutsoukos, E.A.M., Destro, N., Azambuja Filho, N.C., Spadini, A.R., 1993. Upper Aptian–Lower Coniacian carbonate sequences in the Sergipe Basin, northeastern Brazil. *Cretaceous Carbonate Platforms*. p.127–144.
- Koutsoukos, E.A.M., Mello, M.R., Azambuja Filho, N.C., Hart, M.B., Maxwell, J.R., 1991. The upper Albian–Aptian succession of the Sergipe Basin, Brazil: Paleoenvironmental

Assessment of Sergipe Basin. American Association of Petroleum Geologists *Bulletin*, 75 (3), p.479–498.

Lana, M.C., 1990. Bacia de Sergipe-Alagoas: uma hipótese de evolução tectonosedimentar. *Origem e Evolução de Bacias Sedimentares: Petrobrás*, 311, p.332.

Lima, F.H.O., 2002. Estratigrafia integrada do Maastrichtiano (Formação Gramame) da Bacia de Pernambuco-Paraíba – NE do Brasil: caracterização faciológica e evolução paleoambiental. Porto Alegre: UFRGS. Tese de Doutorado, 2 vols.

Lima, F.H.O., Sanjinés, A.E.S. & Strohschoen Júnior, O., 2011. Microbiofácies: Análise bioestratigráfica aplicada em lâminas delgadas de rochas calcárias. In: Congresso Brasileiro de Paleontologia, 22, 2011. Atas, Natal, RN, p.589-592.

Loeblich, A. R. & Tappan, H., 1988. Foraminifera genera and their classification. *Van Nostrand Reinhold Company*, New York, 2, 970 p.

Longoria, J.F., 1984. Cretaceous biochronology from the Gulf of Mexico region based on planktonic foraminifera microfossils. *Micropaleontology*, p.225-242.

Magurran, A. E., 1988. Ecological diversity and its measurement. *Chapman and Hall*, London, p. 1-179.

Mascarenhas, G. B. C., 2015. Foraminíferos e Ostracodes do Cretáceo Superior: Análise Taxonômica, Paleobiogeográfica e Paleoecológica. Formação Algodões, Bacia de Camamu, Bahia. Salvador, Universidade Federal da Bahia-UFBA. Tese de doutorado. 185p.

Molina, E., 2004. Micropaleontología. Concepto, historia y estado actual. In: *Micropaleontología. Prêsas Universitarias de Zaragoza* (Ed. Molina, E.), España, p. 13-33.

Noguti I., 1975. Zonación bioestratigráfica de los foraminíferos del Terciário de Brasil. *Revista Española de Micropaleontología*, 7(3), p.391-401.

- Noguti, I. & Santos, J. F., 1972. Zoneamento preliminar por foraminíferos planctônicos do Aptiano ao Mioceno na plataforma continental do Brasil. *Boletim técnico da Petrobrás*, 15(3), p.265-283.
- Ojeda, H.A.O., 1982. Structural Framework, Stratigraphy, and Evolution of Brazilian Marginal Basins. American Association of Petroleum Geologists *Bulletin*, 66 (6), p.732–749.
- Olsson, R. K., 1960. Foraminifera of latest Cretaceous and earliest Tertiary age in the New Jersey Coastal Plain. *Journal of Paleontology*, p.1-58.
- Olsson, R. K., 1964. Late Cretaceous planktonic foraminifera from New Jersey and Delaware. *Micropaleontology*, 10(2), p.157-188.
- Petrizzo, M. R. & Huber, B. T., 2006a. Biostratigraphy and taxonomy of Late Albian planktonic foraminifera from ODP Leg 171b (western north Atlantic Ocean). *Journal of Foraminiferal Research* 36, p.165–89.
- Petrizzo, M. R., Caron, M., & Silva, I. P., 2015. Remarks on the identification of the Albian/Cenomanian boundary and taxonomic clarification of the planktonic foraminifera index species *globotruncanoides*, *brotzeni* and *tehamaensis*. *Geological Magazine*, 152(3), p.521-536.
- Petrizzo, M.R., Huber, B.T., Gale, A.S., Barchetta, A., Jenkyns, H.C., 2012. Abrupt planktic foraminiferal turnover across the Niveau Kilian at Col de Pré-Guittard (Vocontian Basin, southeast France): new criteria for defining the Aptian/Albian boundary. *Newsletters on Stratigraphy* 45(1), p.55.
- Petró, S.M., 2018. Introdução ao Estudo dos Foraminíferos. *Porto Alegre: IGEO/UFRGS*.
- Piovesan, E.K., Melo, R.M., Pedrosa, F.A., Santos, C.R.G. & Barros, C.L., 2017. Guia de Aulas Práticas de Micropaleontologia (Manual de aula prática). Recife, Universidade Federal de Pernambuco-UFPE. 63p.

Premoli Silva, I. & Sliter, W. V., 1995. Cretaceous planktonic foraminiferal biostratigraphy and evolutionary trends from the Bottaccione section, Gubbio, Italy. *Palaeontographia Italica* 82, p.1–89.

Premoli Silva, I. & Sliter, W. V., 1999. Cretaceous paleoceanography: evidence from planktonic foraminiferal evolution. The Evolution of the Cretaceous Ocean-Climate System, *Special Paper of the Geological Society of America*, 332, p.301-328.

Ricqlès, A., 1989. Les mécanismes hétérochroniques dans le retour des tétrapodes au milieu aquatique. *Geobios*, 22, p. 337-348.

Robaszynski, F., Amédro, F., Gonzalez-Donoso, J. M. & Linares, D., 2008. The Albian (Vraconian) – Cenomanian boundary at the western Tethyan margin (Central Tunisia and southeastern France). *Bulletin de la Société géologique de France* 179, p. 245–66.

Robaszynski, F., Caron, M., 1995. Foraminifères planctoniques du crétacé: commentaire de la zonation Europe-Méditerranée. *Bulletin de la Société géologique de France* 166, 681e 692.

Schaller, H. 1969. Revisão estratigráfica da Bacia de Sergipe/Alagoas. *Boletim Técnico da Petrobras* 12(1), p. 21-86.

Sigal, J., 1977. Essai de zonation du Crétacé Méditerranéen a l'aid e des foraminifères planctoniques. *Géologie méditerranéenne*, 4(2), p. 99-107.

Silva Jr., R., de Moraes Rios-Netto, A., Silva, S. C., Valle, B., Borghi, L., & Abbots-Queiroz, F., 2019. Middle Cretaceous calcareous nannofossils from the cored well UFRJ-2-LRJ-01-SE, Sergipe-Alagoas Basin, Brazil: New biostratigraphy and paleobiogeographic inferences. *Cretaceous Research*, 106, 104245.

Silva, C. P., 2007. Estudo sobre Foraminíferos e Radiolários do Cretáceo, Bacia ParáMaranhão, Margem Equatorial Brasileira. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RGS. Dissertação de Mestrado.

Silva, C. P., 2011. Bioestratigrafia e Paleoecologia de Foraminíferos da Bacia de Barreirinhas, Cretáceo, Margem Equatorial Brasileira. Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre-RGS. Tese de Doutorado.

Silva, S.C., Canales, M.L., Sandoval, J., Henriques, M.H., 2017. Paleocological quantitative analysis based on benthic foraminifera of the Aalenian-Bajocian boundary (upper Bradfordensis - lower Discites) in Barranco de Agua Larga section (Betic Cordillera, Southern Spain). *Journal of Iberian Geology*, 43 (1), pp. 75-96.

Silva, S. C. P., 2021. Foraminíferos da passagem Aaleniano-Bajociano na Península Ibérica. 2021. Universidade de Coimbra. Tese de Doutorado. 500p.

Sliter, W.V., 1989. Biostratigraphic zonation for Cretaceous planktonic foraminifers examined in thin section. *Journal of Foraminiferal Research*, 19(1), p.1-19.

Souza-Lima, W., Andrade, E.J., Bengston, P. & Galm, P.C., 2002. A Bacia Sergipe-Alagoas: evolução geológica, estratigrafia e conteúdo fóssil. *Aracaju: Fundação Paleontológica Phoenix*, p. 1-34.

Valle, B., Dal'Bó, P. F., Mendes, M., Favoreto, J., Rigueti, A. L., Borghi, L., & Silva, R., 2019. Stratigraphic evolution of a Brazilian carbonate platform during the Cretaceous: the late Albian–early Turonian of the Sergipe–Alagoas Basin. *Facies*, 65(1), p. 1-17.

Vázquez-García, B., Ceolin, D., Fauth, G., Borghi, L., Valle, B., & Netto, A. D. M. R., 2021. Ostracods from the late Albian–early Cenomanian of the Sergipe–Alagoas Basin, Brazil: New taxonomic and biostratigraphic inferences. *Journal of South American Earth Sciences*, 108, 103169.

Vilela, C.G., 2004. Foraminíferos. In:Carvalho, I.S. (Ed.). *Paleontologia*. Rio de Janeiro: Interciência. p. 269-284

Viviers, M. C., 1982. Biocronoestratigrafia da Bacia do Ceará. *Congresso Brasileiro de Geologia* 32(1982), p. 2433-2449.

Viviers, M.C & Regali, M.P.S., 1987. Estudo paleoambiental preliminar no Cretáceo da Bacia de Portugal. *Revista Brasileira de Geociências*, 17 (2), p. 123-130.

Viviers, M.C, 1987. Foraminíferos planctônicos no Cretáceo Médio da Bacia de Santos, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 17 (2), p. 154-161.

Walter, S.; Herrmann, A.D. & Bengtson, P., 2005. Stratigraphy and facies analysis of the Cenomanian–Turonian boundary succession in the Japarutuba area, Sergipe Basin, Brazil. *Journal of South American Earth Sciences*, 19 (3), p. 273-283.

Wonders, A.A.H., 1980. Middle and Late Cretaceous planktonic foraminifers of the Western Mediterranean area. University Utrecht Micropaleontology *Bulletin*, 24, 117 p.

Young, J.R., Wade, B.S., & Huber B.T. (eds) pforams@mikrotax website. 21 Apr. 2017. URL: <http://www.mikrotax.org/pforams>. Acessado em 11/02/2019.

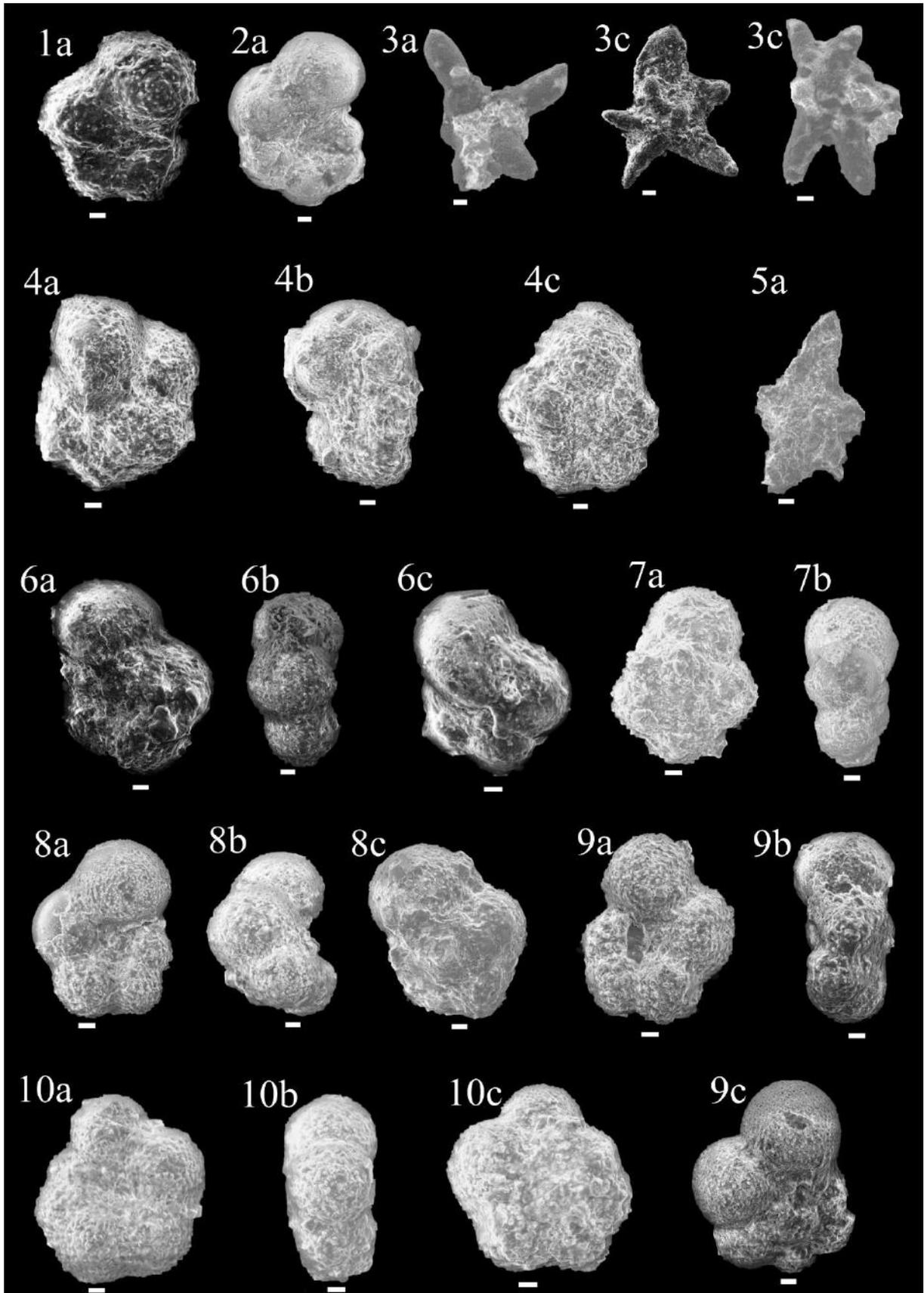
**APÊNDICE A** – Estampas I e II com imagens obtidas através do MEV das espécies identificadas.

### **Estampa I**

Imagens de exemplares de foraminíferos realizadas com o auxílio do Microscópio de Varredura Eletrônica (MEV) do poço UFRJ-2-LRJ-1-SE. Barras de escala = 100 µm. Para a, b e c refere-se, respectivamente, vista umbilical, lateral e dorsal.

**1a.** *Globigerineloides asper*. **2a.** *Globigerineloides bentonensis*. **3a.** *Schakoina* cf. *Sc. cenomana*. **3c.** *Schakoina* cf. *Sc. cenomana*. **3c.** *Schakoina* cf. *Sc. cenomana*. **4a.** *Hedbergella* aff. *H. gorbachikae*. **4b.** *Hedbergella* aff. *H. gorbachikae*. **4c.** *Hedbergella* aff. *H. gorbachikae*. **5a.** *Clavhedbergella* cf. *Cl. leckie*. **6a.** *Clavhedbergella simplicissima*. **6b.** *Clavhedbergella simplicissima*. **6c.** *Clavhedbergella simplicissima*. **7a.** *Microhedbergella albiana*. **7c.** *Microhedbergella albiana*. **8a.** *Muricohedberlla angolae*. **8b.** *Muricohedberlla angolae*. **8c.** *Muricohedberlla angolae*. **9a.** *Muricohedberlla delrioensis*. **9b.** *Muricohedberlla delrioensis*. **9c.** *Muricohedberlla delrioensis*. **10a.** *Muricohedberlla planispira*. **10b.** *Muricohedberlla planispira*. **10c.** *Muricohedberlla planispira*.

## Estampa I

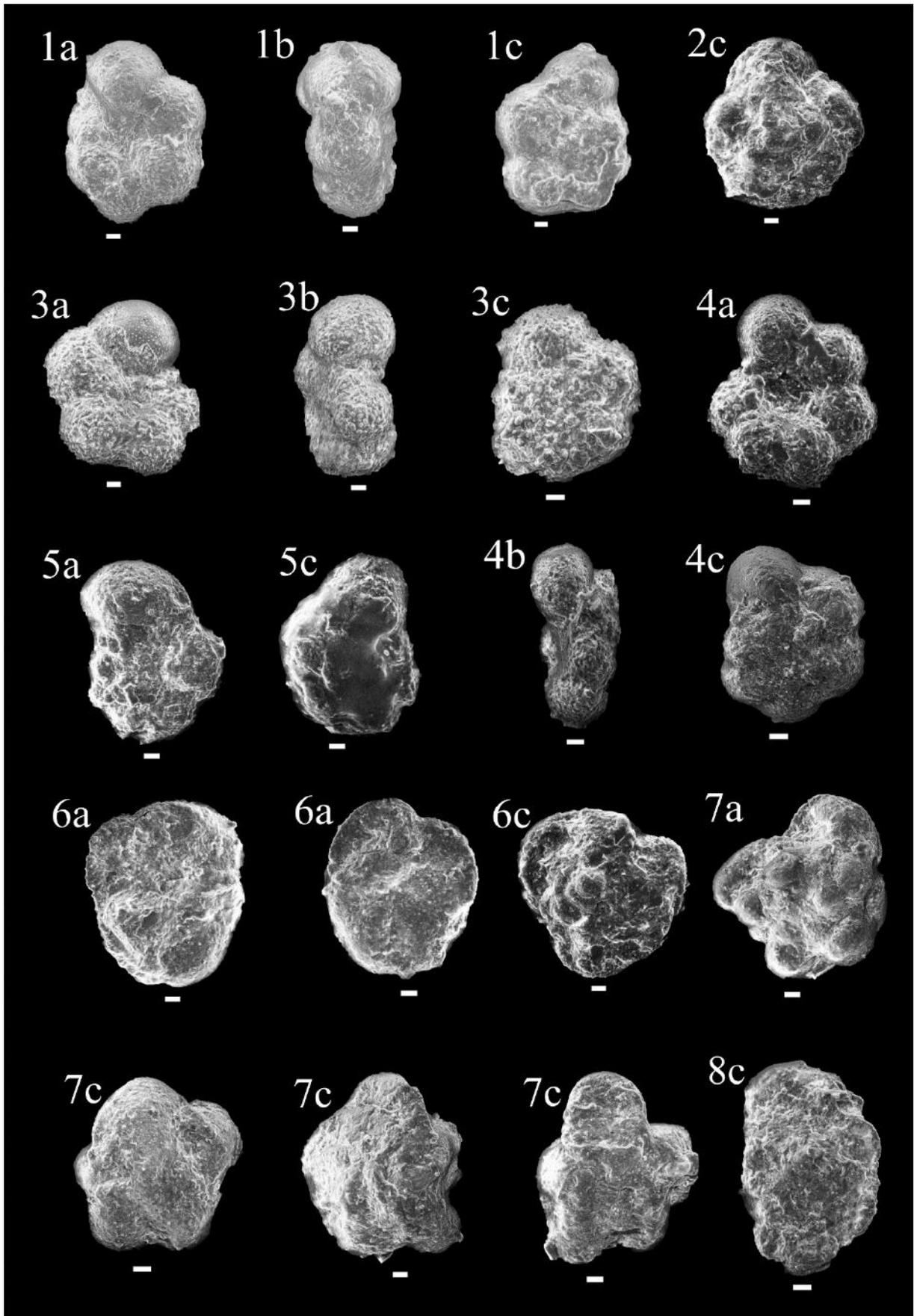


## Estampa II

Imagens de exemplares de foraminíferos realizadas com o auxílio do Microscópio de Varredura Eletrônica (MEV) do poço UFRJ-2-LRJ-1-SE. Barras de escala = 100  $\mu\text{m}$ . Para a, b e c refere-se, respectivamente, vista umbilical, lateral e dorsal.

**1a.** *Muricohedbergella praelibyca*. **1b.** *Muricohedbergella praelibyca*. **1c.** *Muricohedbergella praelibyca*. **2c.** *Praeglobotruncana delrioensis*. **3a.** *Ticinella madecassiana*. **3b.** *Ticinella madecassiana*. **3c.** *Ticinella madecassiana*. **4a.** *Ticinella primula*. **4b.** *Ticinella primula*. **4c.** *Ticinella primula*. **5a.** *Ticinella raynaudi*. **5c.** *Ticinella raynaudi*. **6a.** *Thalmaninella appenninica*. **6a.** *Thalmaninella appenninica*. **6c.** *Thalmaninella appenninica*. **7a.** *Thalmaninella brotzeni*. **7c.** *Thalmaninella brotzeni*. **7c.** *Thalmaninella brotzeni*. **7c.** *Thalmaninella brotzeni*. **8c.** *Thalmaninella* cf. *Th. globotruncanoides*.

## Estampa II



**APÊNDICE B** – Diagramas de distribuição de foraminíferos planctônicos e bentônicos reconhecidos no poço UFRJ-2-LRJ-1-SE.

# UFRJ-2-LRJ-1-SE

Escala: 1:300

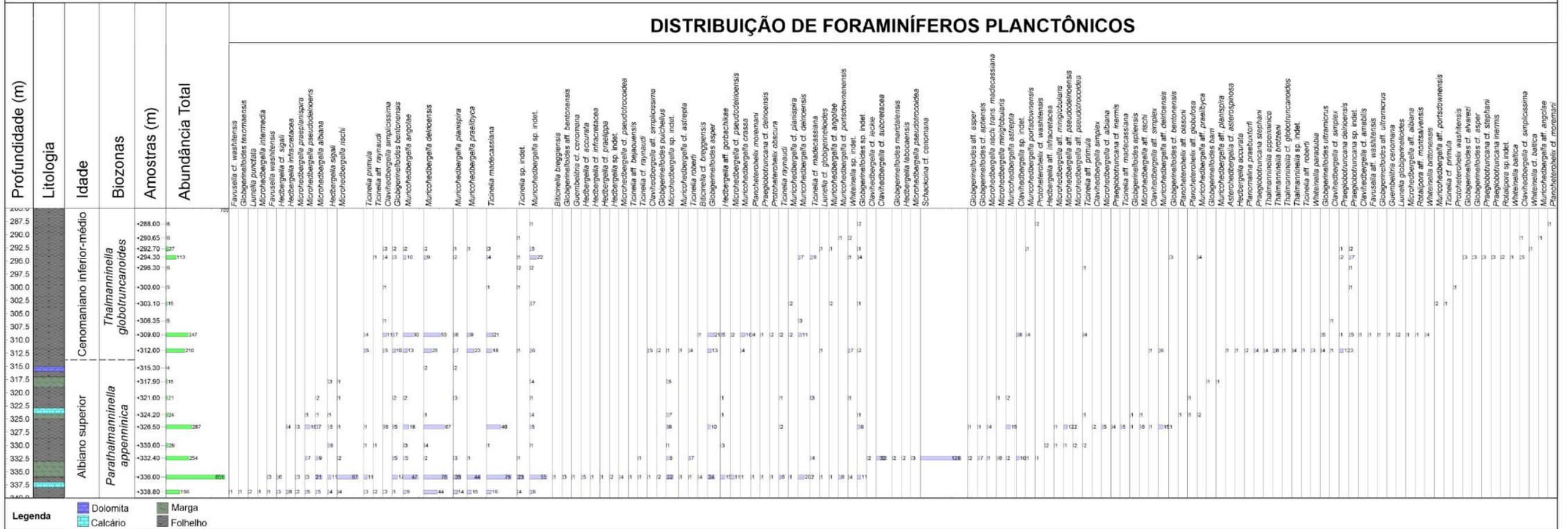
Anne Karine Nunes da Mata Silva, 2022

Poço: UFRJ-2-LRJ-1-SE

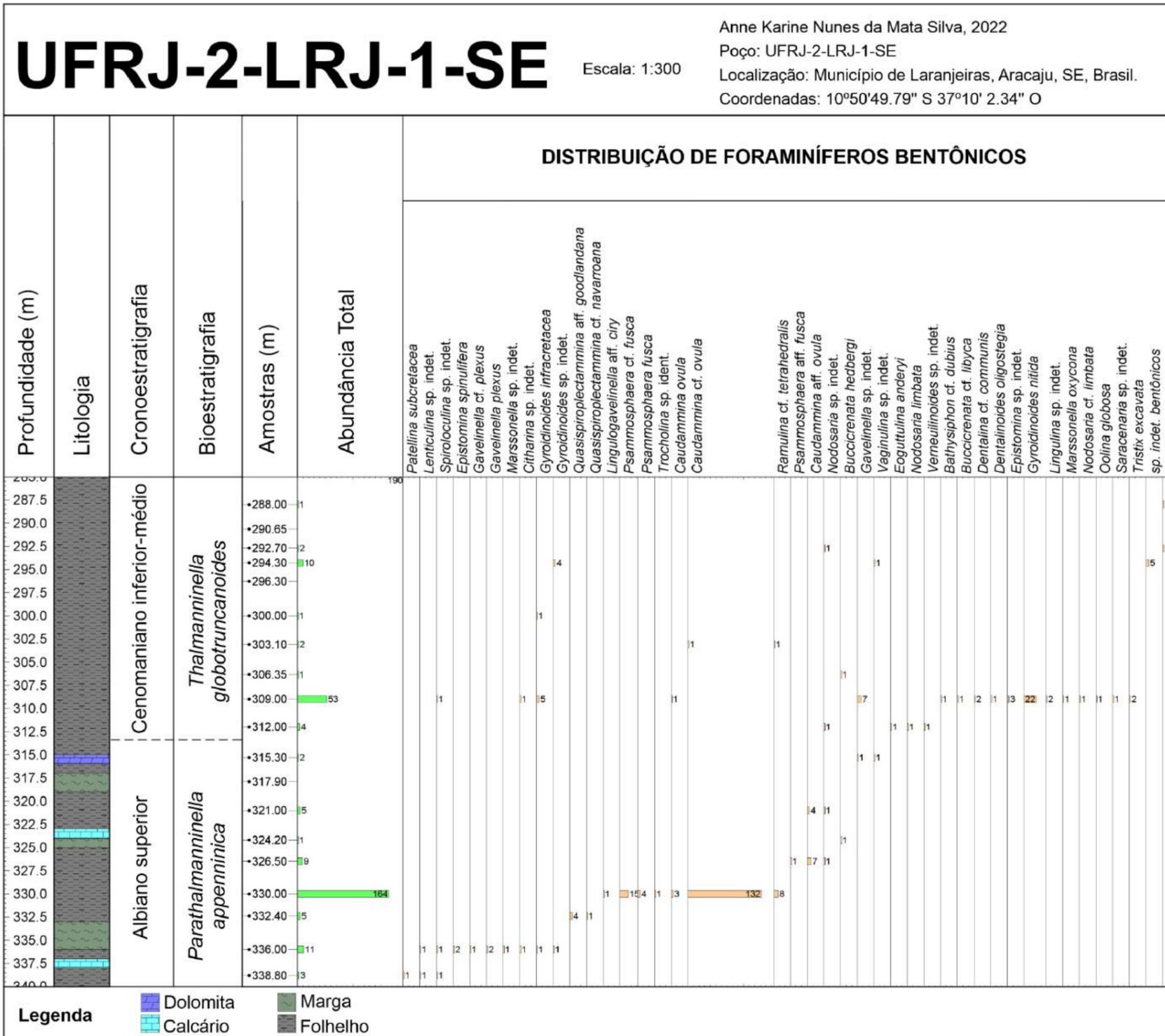
Localização: Município de Laranjeiras, Aracaju, SE, Brasil.

Coordenadas: 10°50'49.79" S 37°10' 2.34" O

## DISTRIBUIÇÃO DE FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS



APÊNDICE B.1. Diagrama com a distribuição de foraminíferos planctônicos reconhecidos no intervalo estudado no poço UFRJ-2-LRJ-1-SE.



APÊNDICE B.2. Diagrama com a distribuição de foraminíferos bentônicos reconhecidos no intervalo estudado no poço UFRJ-2-LRJ-1-SE.

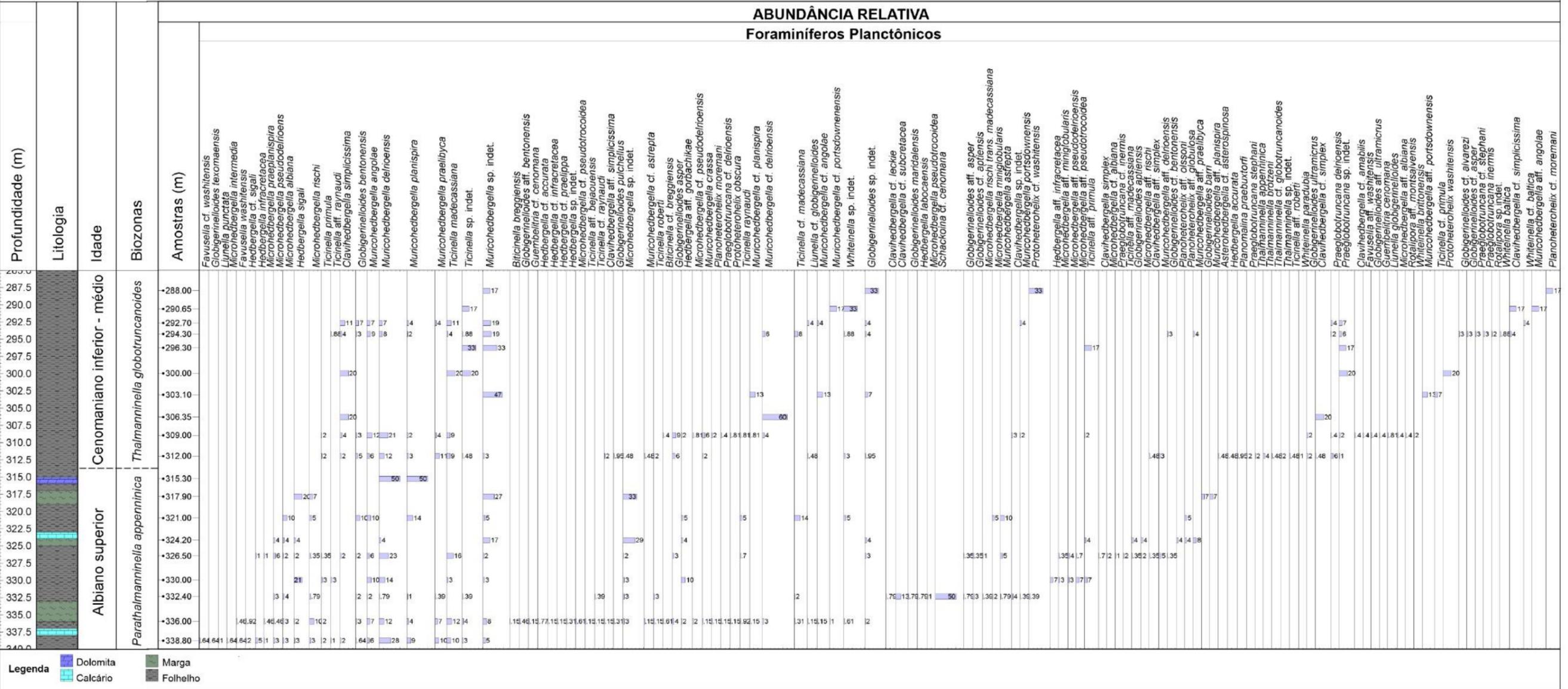
**APÊNDICE C** – Diagramas de abundância relativa de foraminíferos planctônicos e bentônicos reconhecidos no poço UFRJ-2-LRJ-1-SE.

# UFRJ-2-LRJ-1-SE

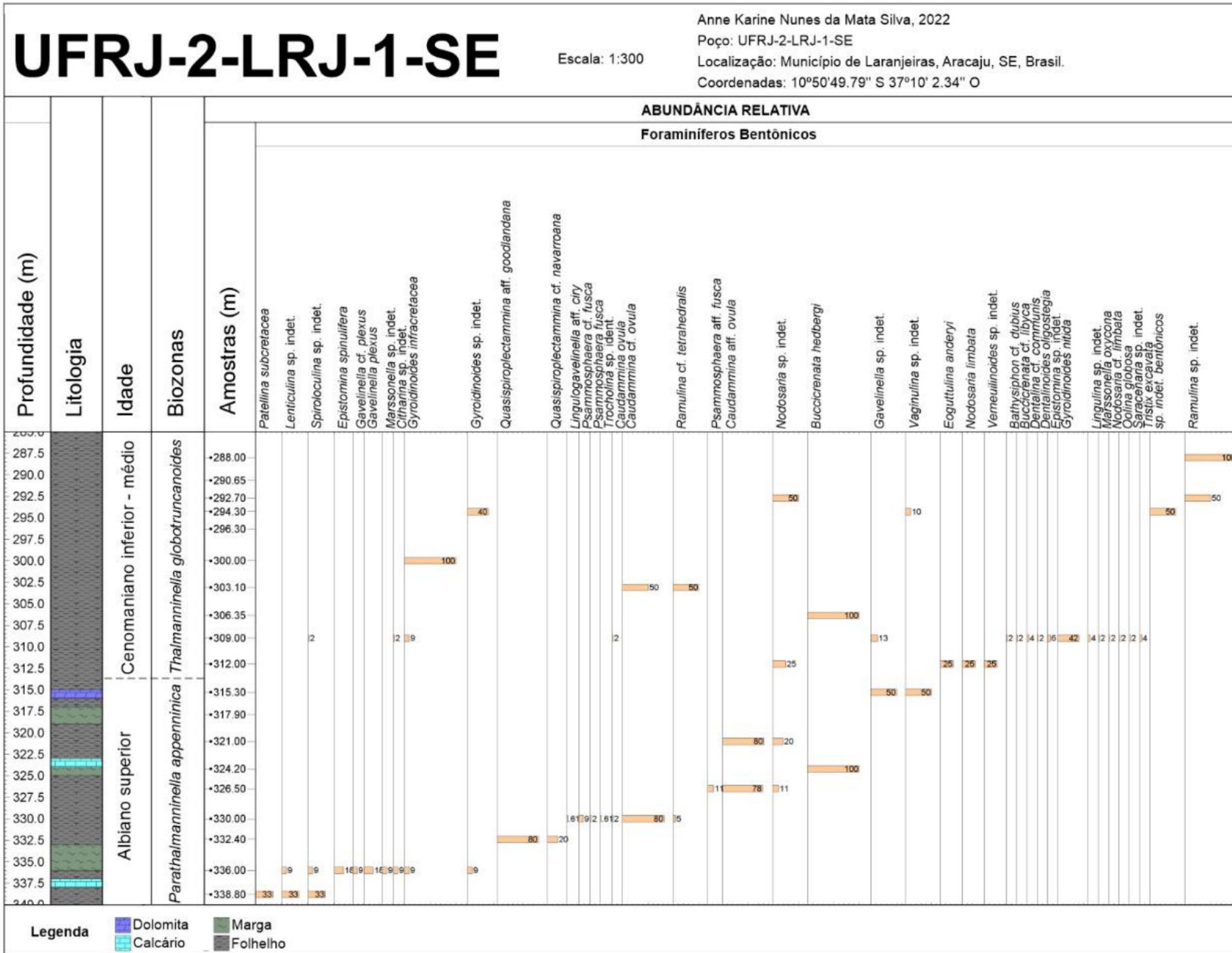
Escala: 1:300

Anne Karine Nunes da Mata Silva, 2022  
 Poço: UFRJ-2-LRJ-1-SE  
 Localização: Município de Laranjeiras, Aracaju, SE, Brasil.  
 Coordenadas: 10°50'49.79" S 37°10' 2.34" O

## ABUNDÂNCIA RELATIVA Foraminíferos Planctônicos



APÊNDICE C.1. Diagrama com a abundância relativa de foraminíferos planctônicos reconhecidos no intervalo estudado no poço UFRJ-2-LRJ-1-SE.



APÊNDICE C.2. Diagrama com a abundância relativa de foraminíferos bentônicos reconhecidos no intervalo estudado no poço UFRJ-2-LRJ-1-SE.