

4 METODOLOGIA

O material analisado é proveniente do testemunho T1, coletado na planície de maré inferior/manguezal de Guaratiba. A região de estudo situa-se no complexo costeiro de Guaratiba/Sepetiba, na região sudoeste da baía de Sepetiba. Situada no bairro de Guaratiba, no extremo sudoeste do Estado do Rio Janeiro. A área é limitada pelas coordenadas $43^{\circ}40'00''\text{W}$ e $43^{\circ}37'00''\text{W}$, e $23^{\circ}00'00''\text{S}$ e $23^{\circ}03'00''\text{S}$ ficando compreendida entre as desembocaduras dos rios Piraquê e Piracão (Figura 4).

4.1 Testemunhagem

Em maio de 2012, sob condições de maré baixa, foi realizada a perfuração de T1 no manguezal de Guaratiba. A região para testemunhagem foi previamente escolhida para que pudesse ser correlacionado com o testemunho TE já analisado por Laut (2003) e Pereira (1998) (Figura 30).



Figura 30 - Localização do testemunho T1, alinhado lateralmente ao testemunho E, e ponto da amostragem – UTM 641497/7454767, fuso 23k, datum Córrego Alegre.

Para a testemunhagem foi utilizado um trado russo que é composto por (Figura 31):

- 1 tubo amostrador semi-cilíndrico (0,5 m X 7,5 cm de diâmetro e 2,0 mm de espessura).

- 1 ponteira afiada de 5 cm projetada para minimizar a perturbação do sedimento, causado pelo efeito da penetração no substrato, quando o amostrador é inserido.
- 3 barras de extensão (1,5 m X 1,5 cm de diâmetro).
- 1 manivela (1,5 cm de diâmetro) com um mecanismo de giro para facilitar a penetração da ponteira e a perfuração do substrato.
- 1 chapa de alumínio (0,5 m X 2,0 mm de espessura), que é rotacionada expondo o sedimento coletado no tubo amostrador. A cabeça do trado e a ponteira são conectadas à chapa através de um mecanismo de dobradiças com pinos de rotação.



Figura 31 - Componentes do trado russo, que são acondicionados em estojo de madeira (1: tubo amostrador; 2:ponteira; 3: barras de extensão; 4: manivela; 5: chapa de alumínio).

Na Figura 32A, pode-se observar um dos estágios operacionais do trado, que permitem a coleta de seções sedimentares de 50 cm a cada amostragem e a imediata visualização das mesmas. A observação *in situ* da coluna sedimentar recém-amostrada, como mostra a Figura 32B, mostrou-se uma vantagem operacional do trado russo, uma vez que foi possível verificar a qualidade da seção obtida. Caso fosse identificada qualquer perturbação na seção, como perda de material, o procedimento poderia ser repetido quantas vezes fossem necessárias, após limpar o tubo amostrador (Souza, et al., 2008).



Figura 32 - Estágios de testemunhagem. A) Penetração do testemunhador no substrato; B) Seção sedimentar recém-amostrada (com 50 cm).

A utilização do Trado Russo permitiu a recuperação 490 cm de sedimento na franja do manguezal de Guaratiba. No entanto, pelo fato de o tubo amostrador do equipamento contar com uma ponteira de 5 cm, entre uma amostragem e a outra seguinte houve perda também de 5 cm. Assim, o testemunho em totalizou uma coluna sedimentar de 440 cm, dividido em nove seções de 50 cm cada (Figura 33).

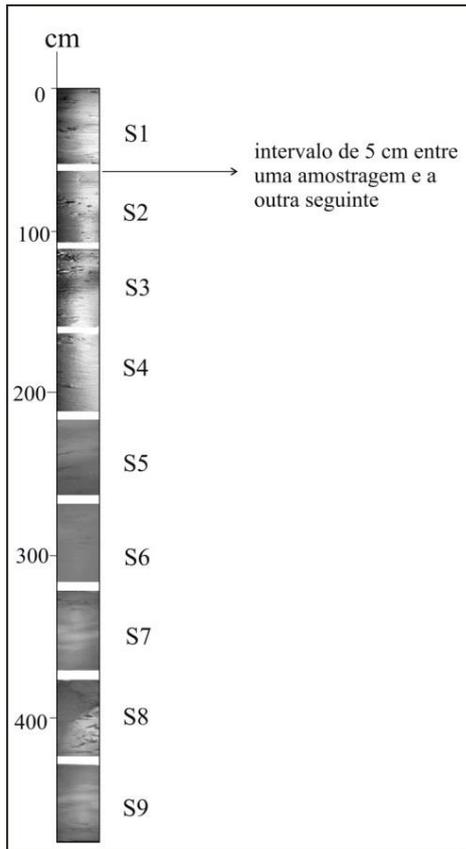


Figura 33 - Visão geral de T1, com a montagem das fotografias das seções amostradas e a indicação dos intervalos entre elas. A ordem de numeração das seções obedeceu à ordem de amostragem pelo trado russo.

Ainda em campo, cada seção – recolhida em tubos de PVC – foi identificada de acordo com sua profundidade, receberam marcação de “base” e “topo” e foram envolvidas com filme plástico, para evitar o ressecamento entre a coleta e o transporte até a universidade.

Em laboratório, as seções componentes de T1 foram desembulhadas do filme plástico, descritas macroscopicamente e subamostradas em intervalos de 5 cm.

4.2 Processamento das amostras

No Laboratório de Micropaleontologia da Faculdade de Geologia da UERJ, o testemunho T1, com 450 cm de comprimento foi fotografado e descrito segundo características macroscópicas como: granulometria, cor, estruturas sedimentares, presença de fragmentos biogênicos (raízes, e conchas) de acordo com a metodologia de Figueiredo Jr (1990).

Após ser descrito macroscopicamente, T1 foi subamostrado em intervalos de 5 cm para que fossem realizados os procedimentos para as análises geoquímicas, granulométricas e micropaleontológicas.

4.2.1 Matéria Orgânica

Para eliminar a matéria orgânica das amostras, foi adicionados 5 mL de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) a 10% em cada uma. Cada bécher com a respectiva amostra foi colocado sobre chapa aquecida a 70°C dentro de capela.

Para a retirada do reagente, as amostras foram lavadas com água destilada e posteriormente levadas à estufa em temperatura de 40°C para secagem.

A porcentagem da matéria orgânica foi determinada então pela diferença entre o peso inicial da amostra e o peso após a secagem em estufa e posteriormente pesadas.

4.2.2 Carbonato

O carbonato das amostras foi eliminado com ataque químico de 5 mL de ácido clorídrico (HCl) a 30%, com posteriores lavagens com água destilada para a retirada dos sais formados; esta etapa deve ser cuidadosa, pois para a retirada da água com o sal dissolvido pode haver perda das frações mais finas da amostra.

Após a queima do carbonato as amostras são levadas para estufa a 40°C para secagem e posteriormente pesadas, para cálculo de porcentagem de carbonato.

4.2.3 Carbono Orgânico Total (COT) e Enxofre (S)

As amostras destinadas à análise de Carbono Orgânico Total (COT) e Enxofre (S) foram encaminhadas ao Laboratório Geológico de Preparação de Amostras (LGPA), onde foram processadas. A primeira etapa consistiu de pulverização em um almofariz de ágata e peneiramento em peneira de 80 mesh, sendo a fração mais fina utilizada. Numa balança analítica, cerca de 250 mg de cada amostra são pesados e levados à acidificação com HCl a 50% durante aproximadamente 12 horas, com o objetivo de se eliminar os carbonatos. Após a acidificação, as amostras são lavadas por cinco vezes, sendo a primeira lavagem feita com água destilada a 100°C e as outras lavagens em temperatura ambiente, eliminando-se

assim os cloretos formados pelo HCl. Por fim, as amostras foram secas em banho de luz a 80°C e pesadas novamente. As pesagens realizadas antes e depois da acidificação irão fornecer a quantidade de carbonatos eliminados da amostra, em porcentagem de massa. A quantidade de sedimento que não foi eliminada neste processo é chamada de resíduo insolúvel (R.I.).

Após a preparação, as amostras são levadas ao aparelho LECO SC- 444 dentro de recipientes chamados barquinhas e submetidas a uma temperatura de 1350°C até a sua combustão total. O equipamento tem capacidade para 36 amostras.

Durante a combustão, o CO₂ que se desprende é carregado até a célula de infravermelho, onde ele é detectado, o mesmo acontecendo com o enxofre sob a forma de SO₂. O equipamento está calibrado de maneira que pelas quantidades de CO₂ e SO₂ detectadas, ele fornece diretamente as porcentagens em peso de Carbono Orgânico Total (COT) e Enxofre Total (S), em função de ter sido utilizado o peso inicial da amostra antes da acidificação. O aparelho é calibrado com amostras padrões, e sua precisão com a introdução destas amostras antes e após as análises.

4.2.4 Análise granulométrica

Após os tratamentos químicos para a eliminação de MO e carbonato, os sedimentos foram levados a peneiras com intervalos de 0,5 ϕ , para a quantificação dos grãos mais grosseiros (>1,4 mm). Os mais finos (<1,4 mm) foram levadas a um granulômetro a laser modelo *MasterSizer2000* (Figura 34), que baseia-se na utilização da resposta da difração de raios laser na determinação do tamanho das partículas. O espectro de leitura do granulômetro é na faixa de 1 a 2 mm; por estas especificações técnicas, os grãos das amostras não devem ter diâmetro maior que 1,0 mm (MASTERSIZER2000, 2007).



Figura 34 - Granulômetro a laser modelo MasterSizer2000.

Os resultados foram processados no programa de tratamento estatístico da *University of London*, denominado “Gradistat 2008” desenvolvido por Blott e Pye (2001), que aproveita como base de operação o *Microsoft Excel* do *Windows*. O processamento estatístico, utilizado pelo programa, baseia-se em Folk e Ward (1957), com a classificação granulométrica modificada a partir de Udden (1914) e Wentworth (1922).

4.3 Foraminíferos

A alíquota de 10 mL do sedimento amostrado foi passada a úmido, pelas peneiras de 0,500 mm e 0,063 mm (SCHRÖDER et al., 1987), descartando-se as frações acima e abaixo deste intervalo. O material orgânico grosso e organismos maiores ficaram retidos na peneira de 0,500 mm e a maioria dos foraminíferos na peneira de 0,063 mm. Entre a lavagem de uma amostra e outra, as peneiras eram mergulhadas em corante Azul de Metileno para coloração de organismos que por ventura, após ficarem retidos na malha da peneira, pudessem vir a contaminar as amostras subsequentes.

Todas as amostras foram secas em estufa sob a temperatura de 50°C; os foraminíferos foram separados do material decantado por flotação em Tricloroetileno (C_2HCl_3) (SCOTT et al., 2001) por possuírem menor densidade. O material do sobrenadante foi recolhido em filtros de papel para a posterior análise em lupa binocular de luz incidente, separando-se do

sedimento as carapaças. Uma vez separadas, as carapaças dos foraminíferos, independente de tamanho, coloração ou grau de fragmentação, estão sendo triadas e fixadas com goma arábica em lâminas quadriculadas de fundo escuro, identificadas e contadas, sob lupa binocular com aumento de 80 X (UEHARA et al., 2007). Na contagem de cada amostra, procura-se o mínimo de 100 indivíduos para validação estatística.

As espécies identificadas foram fotografadas, após mineralização com ouro paládio a fim de torná-las condutoras em microscópio eletrônico de varredura (MEV). As fotomicrografias foram realizadas em MEV Zeiss, modelo DMS 960 no Departamento de Estratigrafia de Paleontologia (DEPA) da UERJ.

4.3.1 Sistemática

A revisão em nível sistemático para a classificação de Filo foi baseada em Margulis et al. (1999). A revisão em nível de Classes e de Ordens em especial foi baseada em Sen Gupta (1999), que apresenta uma adaptação do trabalho de Loeblich e Tappan (1992) sobre a composição química e mineralógica das tecas dos foraminíferos (BRUNO, 2012). As determinações de Família e Gênero basearam-se em Loeblich e Tappan (1988) e a identificação das espécies foi feita através de consultas a referências de vários autores como Brönnimann (1948, a,b), Cushman (1922), Cushman e Tinoco (1965), Laut et al. (2006), Laut (2007), Laut e Rodrigues (2011), Loeblich e Tappan (1964) e Semensato-Jr, 2006.

4.3.2 Tratamento Estatístico dos Dados

Para efeito de validação estatística, foram selecionadas as amostras com mais de 100 espécimes. O tratamento estatístico dos dados foi baseado nas análises da inter-relação entre os resultados bióticos, assim como a relação entre estes e as variáveis ambientais investigadas. Tais análises dividem-se em dois grupos:

4.3.2.1 Análises Univariadas

Utilizadas para definir e descrever os padrões de distribuição das espécies identificadas em T1 tiveram como base o uso dos seguintes **índices ecológicos**:

- Abundância Relativa: estabelecido por Tinoco (1989), este índice expressa a relação quantitativa entre um dos componentes bióticos e o todo. Desta maneira, a frequência é a porcentagem de indivíduos de uma determinada espécie, em relação à população total de uma amostra.
- Número de espécies (Riqueza): número total de espécies numa amostra.
- Constância: relação entre as espécies e a amostra, expressa em porcentagem segundo a fórmula $C = p.100/P$, onde p é o número de amostras contendo a espécie considerada e P , é o número total de amostras. As espécies são consideradas constantes quando presentes em mais de 60% das amostras; são acessórias ou pouco constantes as que apresentam uma ocorrência entre 25 a 59%; e são consideradas acidentais ou raras as que ocorrem em menos de 25% das amostras. (TINOCO, 1989).

No presente trabalho, as classes de constância foram definidas seguindo as modificações proposta por Laut (2007). Segundo o autor, um reajuste nas classes de constância faz-se necessário nos casos em que as populações apresentam índices de constância tão baixos que a grande maioria das espécies seria considerada raríssima. Esta correção então atenua possíveis distorções nas interpretações ecológicas/paleológicas da área estudada. Desta forma, empregou-se a seguinte classificação: espécies com valores de constância >60% foram consideradas muito constantes; entre 59% e 25% constantes, entre 24% e 10% pouco constantes; entre 9% e 5% restritas; e < que 5%, raras.

- Diversidade (H'): proposto por Shanon (1948), este índice possui aplicação satisfatória para amostras aleatórias de espécies de uma comunidade ou sub-comunidade de interesse (LAUT, 2007). É calculado através da equação $H' = -\sum p_i \ln p_i$, onde p_i representa a porção da i -ésima espécie na amostra e \ln é o logaritmo natural (base e), com a utilização do *Software* MVSP 3.1.
- Equitabilidade (J): índice referente à distribuição dos indivíduos entre as espécies, sendo proporcional à diversidade e inversamente proporcional a dominância. A medida de Equitabilidade ou Equidade compara à diversidade de *Shanon-Wiener* com a distribuição das espécies observadas que maximiza a diversidade. Este índice é obtido através da equação $J' = H'/\ln(S)$, onde S é a riqueza de espécie H' é o índice de diversidade de *Shannon-Wiener* e \ln é o logaritmo natural (base e) usando-se o *Software* MVSP 3.1.
- Dominância: índice proposto por Simpson (1949). Segundo Laut (2007), possui uma vantagem em relação a outros índices, pois considera não somente o número de espécies (s) e o total de números de indivíduos (N), como também a proporção do total de ocorrência de

cada espécie. Seu cálculo é realizado através da equação: $\sum ni(ni-1)/N(N-1)$, utilizando-se o *Software* MVSP 3.1.

A partir dos índices calculados utilizando o *Software* MVSP 3.1. foi confeccionada uma matriz biológica, que demonstrou os padrões de distribuição das espécies ao longo do testemunho.

4.3.2.2 Análises Multivariadas

No intuito de melhor analisar os padrões de ocorrência e co-ocorrência entre as espécies em um determinado ambiente, são de grande aplicabilidade as chamadas técnicas de análises multivariadas. Estabelecidas por um conjunto de autores (GAUCH, 1982; JONGMAN et al., 1995; MANLY, 1994; PIELOU, 1984), essas análises têm como objetivo reduzir um grande número de variáveis a poucas dimensões com o mínimo de perda de informação, permitindo a detecção dos principais padrões de similaridade, associação e correlação entre as variáveis (PRADO et al., 2002). As seguintes técnicas de análise multivariadas foram utilizadas no presente trabalho:

- Análises de Agrupamento

A fim de definir as associações de foraminíferos com base nos padrões de distribuição ao longo do testemunho, foi utilizada a análise de agrupamento Cluster, que é baseado na abundância relativa das espécies utilizando o *software* PCord 5,0, que trata os dados em hierarquia ascendente.

Para avaliar a similaridade entre os intervalos no testemunho, bem como identificar sub-ambientes semelhantes do ponto de vista da distribuição faunística no mesmo, foi aplicada uma análise de agrupamento em modo – Q. A matriz de relação entre os grupos foi gerada usando os valores de abundância de todas as espécies identificadas, elevadas à potência de 0,5, com o objetivo de amenizar a diferença entre as espécies dominantes em relação às que apresentaram valores de abundância muito baixos. Como medida de comparação entre os grupos gerados, empregou-se o Coeficiente de Distância Euclidiana e como estratégia de organização dentro do dendograma foi utilizado o Método de Ward (variância mínima).

A associação entre as espécies foi obtida com o uso da mesma matriz de abundância (frequência relativa) das espécies, transformada em potência de 0,5, mas com aplicação do

coeficiente de correlação linear r-Pearson (modo-R). Para o agrupamento das espécies, foi utilizado o Método de Ward (variância mínima). Este método quantifica a dependência linear entre os elementos, determinando a matriz de correlação e identificando a relação entre os micro-organismos.

- DCA (*Detrended Correspondence Analysis*)

O DCA é uma técnica de ordenação baseada na média recíproca. É gerado para banco de dados ecológicos e a terminologia é baseada em amostras e espécies.

As análises multivariadas em DCA também são realizadas através do *Software* PCord 5,0 sendo necessário a elevação das abundâncias das espécies à potência de 0,5 e minimização da importância das espécies raras.

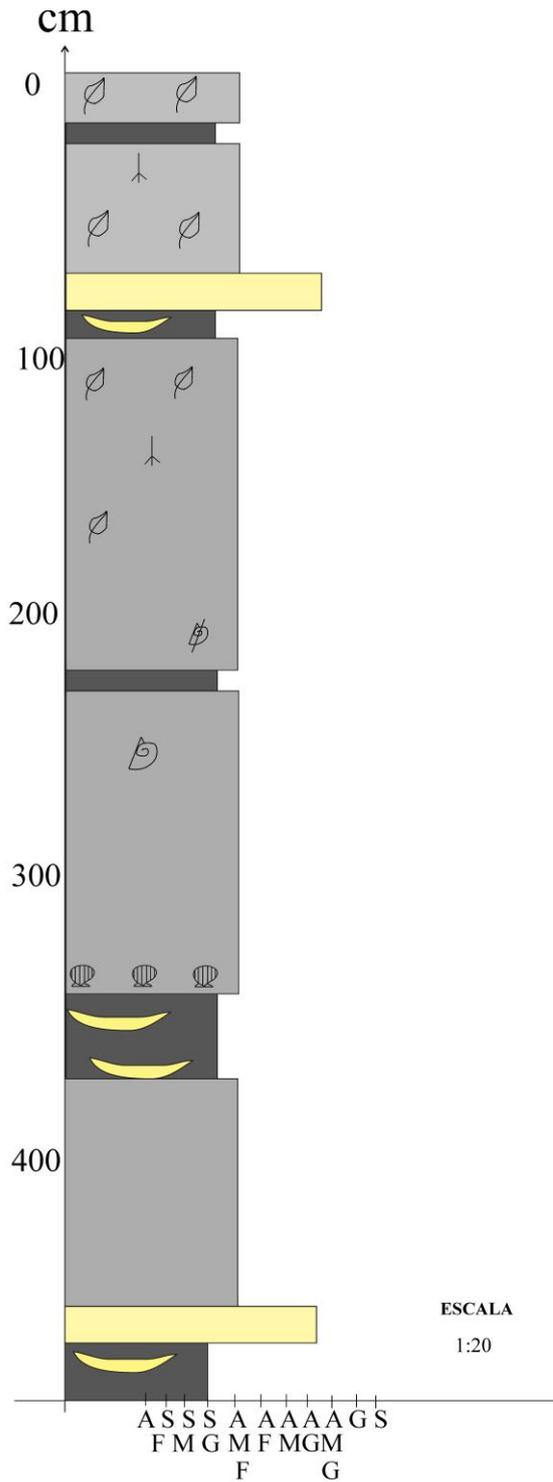
5 RESULTADOS

5.1 Descrição do testemunho T1

Em termos macroscópicos T1 apresentou coloração cinza, que variou de um cinza médio mais escuro (10YR6/1) na base a um cinza mais claro (10YR5/2) nos primeiros 50 cm (Figura 34). Foram também observadas mesclas de oxidação, de coloração marrom-avermelhada bem aparentes no topo.

De constituição essencialmente areno-lamosa, T1 apresentou-se quase que totalmente composto por material arenoso médio a fina rico em silte. Pequenas mudanças são notadas em quatro intervalos de lama com areia muito fina e silte muito grosso (480, 95 e 20 cm), e em dois outros compostos basicamente por areia grossa e pequenas porcentagens de material fino (85 e 440 cm).

Muitos componentes biogênicos foram reconhecidos, com destaque para os fragmentos vegetais, como raízes e folhas, e conchas. Na profundidade de 330 cm, foi possível identificar a concentração de conchas de moluscos bivalves articuladas e desarticuladas totalizando um pacote de 10 cm de espessura (Figura 35).



LEGENDA				COORDENADAS
Litologia	Granulometria			UTM 641497 E Fuso 23K 7454767 S Datum Córrego Alegre Data: 29/05/2012
<ul style="list-style-type: none"> Areia Areia com Lama Lama com Areia 	<ul style="list-style-type: none"> A Argila S F Silte Fino S M Silte Médio S G Silte Grosso 	<ul style="list-style-type: none"> A M F Areia Muito Fina A F Areia Fina A M Areia Média A G Areia Grossa A M G Areia Muito Grossa 	<ul style="list-style-type: none"> G Grânulo S Seixo 	
	Estruturas sedimentares			
	<ul style="list-style-type: none"> Laminação Lenticular 			
	Fragmentos biogênicos			
	<ul style="list-style-type: none"> Bivalves Gastrópodes Fragmentos de gastrópodes Fragmentos vegetais Raiz 			

Figura 35 - Descrição faciológica do testemunho T1.

5.2 Parâmetros Geoquímicos

5.2.1 Matéria Orgânica (MO)

Da base para o topo de T1, os valores de MO apresentaram padrão crescente, tendo o topo apresentado as maiores porcentagens (Figura 36 e Anexo A). O intervalo entre 100 cm e 0 cm exibiu valores entre 35% e 25%, em contraste com as regiões mais basais, onde os teores não ultrapassaram 10 %.

Na Figura 35, é podem-se observar três intervalos de concentração de MO ao longo do testemunho, sendo dois de menor magnitude e um mais expressivo.

O primeiro corresponde ao intervalo situado entre a base e 360 cm, com os maiores valores em torno de valores de MO em torno de 6%. O segundo intervalo de concentração de MO, o menor entre os três, foi identificado entre 260 e 230 cm e também apresentou como valor máximo 6%. Após um pico de 13% em 165 cm, um novo e mais extenso intervalo de concentração de MO foi identificado, com os maiores valores chegando a 37%, no topo do testemunho.

5.2.2 Carbonato

Os teores de carbonato em T1 apresentaram um padrão relativamente constante ao longo do testemunho, com pequenos picos ocorrendo nas profundidades de 130, 95 e 40 cm. O intervalo compreendido entre 275 e 185 cm demonstrou o comportamento mais uniforme do parâmetro em todo o testemunho. Em 30 cm houve a menor concentração de carbonato em todo o testemunho; no entanto, a partir desta profundidade, as porcentagens sobem em direção ao topo atingindo seu valor máximo 35% em 0 cm (Figura 36 e Anexo A).

5.2.3 Carbono Orgânico Total (COT) e Enxofre (S)

Os valores de COT apresentaram um caráter crescente da base para o topo do testemunho, com discretos picos ocorrendo nas profundidades de 415 cm, 240 cm, 175 cm e 110 cm (Figura 36).

No intervalo compreendido entre 340 e 185 cm, foram encontradas as menores porcentagens de COT. Os 40 cm mais superficiais de T1 exibiram os maiores valores, sendo em 0 cm a o que apresentou o maior deles – cerca de 7 % (Anexo B).

As porcentagens de S demonstraram um padrão que pode ser chamado de oposto ao do COT em várias regiões de T1, além de importantes aumentos e quedas ao longo de todo testemunho (Figura 36).

Dois intervalos mostraram as maiores concentração de S: de 460 a 330 cm e de 275 ao topo do testemunho. No primeiro intervalo são reconhecidos picos nas profundidades de 450, 385 e 360 cm; no segundo, os picos de S situam-se em 110, 65 e 10 cm.

Um intervalo de uniformidade nos valores (os menores de todo o testemunho) também foi encontrado, praticamente coincidindo com o descrito para os valores de COT, mas com uma amplitude menor: de 330 a 275 cm.

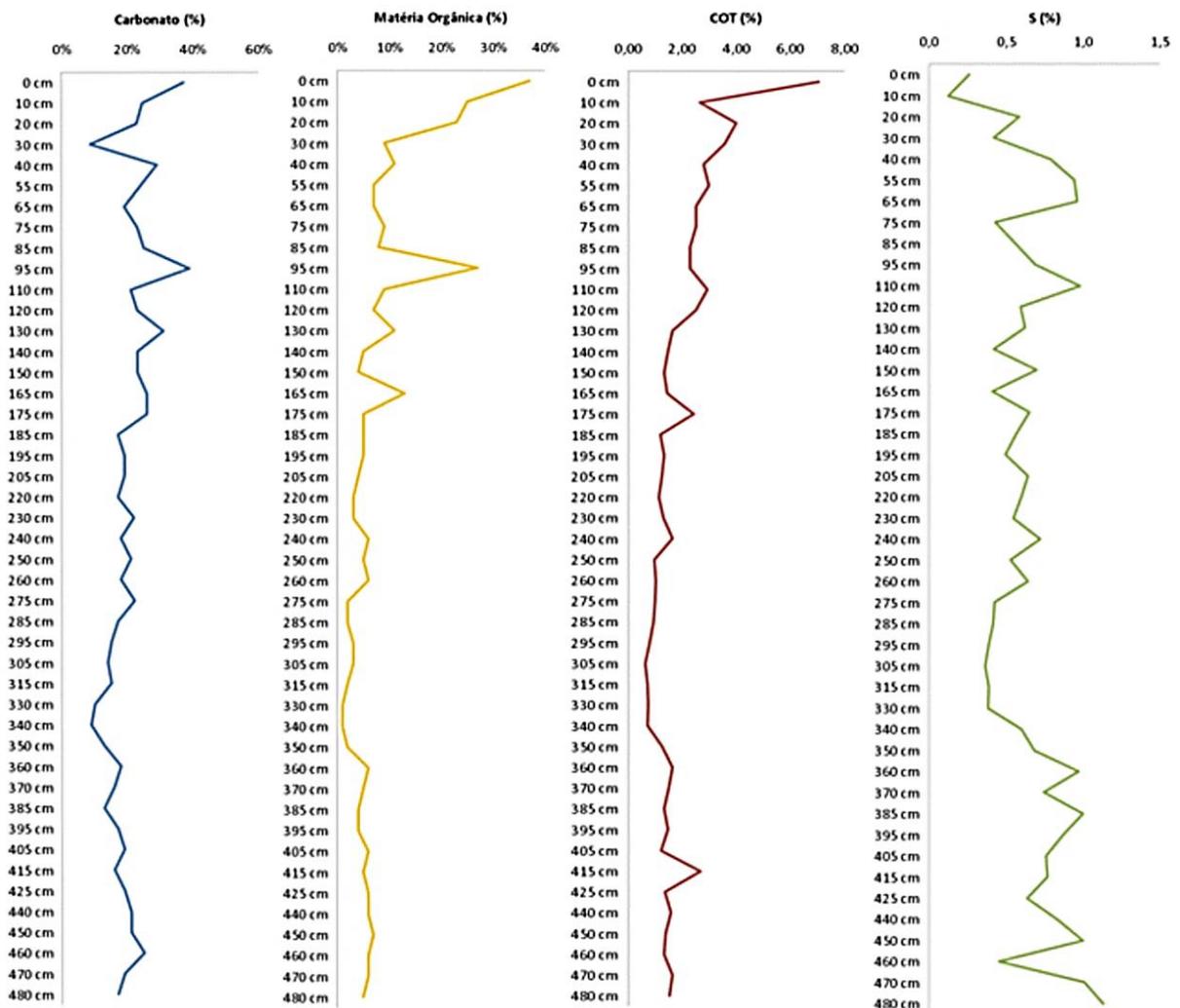


Figura 36 - Teores de MO, carbonato, COT e S ao longo do testemunho T1.

5.3 Análise Granulométrica

As classes texturais das amostras de T1 podem ser observadas na Tabela 1; em outra tabela, no Anexo C estão dispostos os valores percentuais de cada tipo granulométrico das amostras.

Entre as amostras houve a predominância de areias médias a finas ricas em silte e alguns intervalos com porcentagens maiores de areia grossa. Poucos intervalos mostraram-se essencialmente constituídos de lama.

Os sedimentos texturalmente mais grossos e mal selecionados foram identificados nas amostras referentes às profundidades de 380 a 315 cm, justamente no nível em que foram observadas, na descrição visual, as concentrações de lentes de areia dentro do material lamoso.

Os intervalos lamosos, compostos de silte muito grosso ficaram restritos às profundidades de 480, 460, 360, 230 e 95 cm.

Tabela 1 - Granulometria e classe textural dos sedimentos de T1 (continua)

PROFUNDIDADE (cm)	GRANULOMETRIA	GRUPO TEXTURAL
0	Areia Média com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
10	Areia Média com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
20	Silte Muito Grosso com Areia Muito Fina	Lama Arenosa
30	Areia Média com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
40	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
55	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
65	Areia Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
75	Areia Média com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
85	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia
95	Silte Muito Grosso com Areia Muito Fina	Lama Arenosa
110	Areia Muito Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
120	Areia Média com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
130	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
140	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
150	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
165	Areia Média com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
175	Areia Média com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
185	Areia Muito Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
195	Areia Muito Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
205	Areia Muito Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
220	Areia Muito Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
230	Silte Muito Grosso com Areia Muito Fina	Lama Arenosa
240	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
250	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
260	Areia Muito Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
275	Areia Muito Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
285	Areia Muito Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa

Tabela 1 - Granulometria e classe textural dos sedimentos de T1 (conclusão).

PROFUNDIDADE (cm)	GRANULOMETRIA	GRUPO TEXTURAL
295	Areia Média com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
305	Areia Muito Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
315	Areia Muito Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
330	Areia Muito Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
340	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
350	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
360	Silte Muito Grosso com Areia Muito Fina	Lama Arenosa
370	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
385	Areia Muito Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
395	Areia Média com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
405	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
415	Areia Média com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
425	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
440	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia
450	Areia Muito Fina Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
460	Silte Muito Grosso com Areia Muito Fina	Lama Arenosa
470	Areia Grossa Com Silte Muito Grosso	Areia Lamosa
480	Silte Muito Grosso com Areia Muito Fina	Lama Arenosa

5.4 Foraminíferos

Foram identificados foraminíferos pertencentes a 21 gêneros e 31 espécies representativos das Ordens Allogromiida, Milioliida, Rotaliida e Textulariida, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Lista de espécies de foraminíferos no testemunho T1.

<i>Ammoastuta inepta</i>	<i>Elphidium</i> sp
<i>Ammotium cassis</i>	<i>Haplophragmoides manilaensis</i>
<i>Ammonia beccarii</i> f. <i>parkinsoniana</i>	<i>Haplophragmoides wilberti</i>
<i>Ammonia beccarii</i> f. <i>tepida</i>	<i>Haynesina germanica</i>
<i>Ammonia roishauseni</i>	<i>Jadammina polystoma</i>
<i>Ammonia</i> sp	<i>Miliammina fusca</i>
<i>Arenoparrella mexicana</i>	<i>Paratrochammina clossi</i>
<i>Blymasphaera brasiliensis</i>	<i>Quinqueloculina seminulum</i>
<i>Bolivina striatula</i>	<i>Siphotrochammina lobata</i>
<i>Bolivina translucens</i>	<i>Tiphotrocha comprimata</i>
<i>Buliminella elegantissima</i>	<i>Trochammina inflata</i>
<i>Criboelphidium poeyanum</i>	<i>Trochammina macrescens</i>
<i>Criboelphidium vadensis</i>	<i>Trochammina</i> sp
<i>Elphidium discoidale</i>	<i>Trochammininta salsa</i>
<i>Elphidium excavatum</i>	<i>Warrenita palustris</i>
<i>Elphidium gunteri</i>	

A revisão em nível sistemático para a classificação de Filo, Classes e Ordens, assim como para as determinações de Família e Gênero e Espécies é apresentada na seção “Sistemática”, após os Anexos.

As fotomicrografias em microscopia eletrônica de varredura (MEV) encontram-se dispostas na seção de Estampas, em anexo, seguindo a mesma disposição da sistemática.

5.4.1 Padrões gerais de distribuição ao longo do Testemunho 1 (T1)

De uma forma geral, a distribuição das carapaças obedeceu a um padrão flutuante de concentração, com vários intervalos estéreis em foraminíferos.

Entre os intervalos de 480 a 415 cm não foram encontradas carapaças, e nos intervalos subsequentes, como em 385 cm, os registros começaram a ocorrer de forma bastante dispersa, raramente chegando ao total de 100 espécimes.

Este padrão foi sofrendo modificações em direção ao topo, sendo identificado, a partir de 310 cm, o intervalo de maior concentração de testas do testemunho e que se estendeu até

165 cm. No entanto, de 150 até 120 cm foi identificada uma nova diminuição na quantidade de testas, que começaram a aparecer novamente, e de forma expressiva, de 65 cm até o topo do testemunho; neste intervalo pôde ser identificado então o segundo e último intervalo de concentração de carapaças.

Das 31 espécies identificadas em T1, quinze foram de calcárias hialinas, uma calcária porcelanácea e quinze aglutinantes.

Os foraminíferos de testa calcária hialina ocorreram de 315 a 165. A única espécie calcária porcelanácea – *Quinqueloculina seminulum*, da Ordem Millionida – foi identificada apenas no intervalo de 145 cm a 150 cm.

Dentre os foraminíferos aglutinantes, a Ordem Textulariida mostrou-se dominante, com destaque para a espécie *Arenoparrella mexicana* a partir de 125 cm, e para as espécies dos gêneros *Trochammina* e *Haplophragmoides*, este se concentrando nos 20 cm mais superficiais do testemunho. As espécies aglutinantes dominam com exclusividade o segundo intervalo de concentração de testas, compreendido entre a profundidade de 65 cm até o topo do testemunho.

Em termos de abundância *A. mexicana*, apresentou os maiores valores: a espécie foi identificada em todos os intervalos que continham foraminíferos aglutinantes, além de ocorrências isoladas em intervalos de profundidades maiores, dominados por espécies calcárias. A espécie chegou a exibir abundância de 100% nos intervalos: de 95 - 105 cm e 120 - 130 cm. As espécies aglutinantes secundariamente mais abundantes foram *T. inflata* e *T. macresces*, com abundâncias relativas bastante modestas e que não ultrapassaram 15%.

Apesar de *A. mexicana* ser a espécie que apresenta os maiores valores de abundância em T1, ela é pouco constante, apresentando valor de constância de 11%. As demais espécies de foraminíferos aglutinantes foram restritas, como *Blymasphaera brasiliensis* e *Trochammina inflata*, e raras (todas com frequência menor do que 5%), como *Ammonoastuta inepta*, *Ammotium cassis*, *Haplophragmoides manilaensis*, *H. wilberti*, *Jadammina polystoma*, *Milliammia fusca*, *Paratrochammina clossi*, *Siphotrochammina lobata*, *Tiphotrocha comprimata*, *Trochammina macrescens*, *Trochammina* sp e *Trochamminita salsa*. Espécies como *Paratrochammina clossi*, *Tiphotrocha comprimata* e *Warrenita palustris* exibiram caráter raríssimo.

As espécies consideradas como constantes foram as calcárias; entre elas encontram-se as espécies mais constantes de todo o testemunho, como *Ammonia beccarii* f. *parkinsoniana*, *Ammonia beccarii* f. *tepida*, *Criboelphidium poeyanum* e *Haneysina germanica*. Foram consideradas pouco constantes as espécies *Elphidium gunteri*, *Elphidium* sp. e *Bolivina*

striatula; restritas, *Buliminela elegantissima*, *Criboelphidium vadensis* e *Elphidium discoidale*, e raras, *Bolivina translucens*, *Bolivina sp*, *Ammonia roishauseni* e *Ammonia sp*.

Tabela 3 - Classes de constância das espécies identificadas em T1.

Espécies	p	P	Constância	
			%	Classe de Dominância
<i>Ammonia beccarii f. parkinsoniana</i>	16	45	36%	Constante
<i>Ammonia beccarii f. tepida</i>	16	45	36%	Constante
<i>Criboelphidium poeyanum</i>	14	45	31%	Constante
<i>Elphidium excavatum</i>	13	45	29%	Constante
<i>Haynesina germanica</i>	12	45	27%	Constante
<i>Elphidium gunteri</i>	9	45	20%	Pouco constante
<i>Elphidium sp</i>	7	45	16%	Pouco constante
<i>Bolivina striatula</i>	6	45	13%	Pouco constante
<i>Arenoparrella mexicana</i>	5	45	11%	Pouco constante
<i>Buliminela elegantissima</i>	4	45	9%	Restrita
<i>Blymasphaera brasiliensis</i>	4	45	9%	Restrita
<i>Criboelphidium vadensis</i>	3	45	7%	Restrita
<i>Elphidium discoidale</i>	3	45	7%	Restrita
<i>Trochammina inflata</i>	3	45	7%	Restrita
<i>Bolivina translucens</i>	2	45	4%	Rara
<i>Bolivina sp</i>	2	45	4%	Rara
<i>Haplophragmoides manilaensis</i>	2	45	4%	Rara
<i>Miliammina fusca</i>	2	45	4%	Rara
<i>Siphotrochammina lobata</i>	2	45	4%	Rara
<i>Trochammina macrescens</i>	2	45	4%	Rara
<i>Trochammininta salsa</i>	2	45	4%	Rara
<i>Trochammina sp</i>	2	45	4%	Rara
<i>Ammonoastuta inepta</i>	2	45	4%	Rara
<i>Haplophragmoides wilberti</i>	1	45	2%	Rara
<i>Paratrochammina clossi</i>	1	45	2%	Rara
<i>Tiphotrocha comprimata</i>	1	45	2%	Rara
<i>Jadamina polystoma</i>	1	45	2%	Rara
<i>Warrenita palustris</i>	1	45	2%	Rara
<i>Ammonia sp</i>	1	45	2%	Rara
<i>Quinqueloculina lamarkiana</i>	1	45	2%	Rara
<i>Ammotium cassis</i>	1	45	2%	Rara
<i>Ammonia roishauseni</i>	1	45	2%	Rara

5.4.2 Índices Ecológicos

A partir de uma matriz biológica gerada pelo programa MSVP 3.1, foram gerados os índices ecológicos utilizados para determinar as características de T1 no que diz respeito à população dos foraminíferos recuperados no mesmo (Anexo E).

Nos intervalos de 195 cm e 10 cm foram observados os maiores valores de riqueza de todo o testemunho – onze espécies no total – assim como os maiores valores de dominância. Com valores expressivos de dominância, destaca-se também o intervalo compreendido entre 300 cm e 285 cm (Figura 37).

Esses dois três grupos de intervalos também apresentaram maior diversidade (H'), sendo o intervalo de 195 cm o que apresentou maior diversidade (2,1).

Entre 155, 140, e 295 cm e encontram-se os maiores índices de equitabilidade (valores entre 0,8 e 1,0) No entanto, somente nas primeiras profundidades citadas, houve um caráter oposto em relação à dominância (Figura 37).

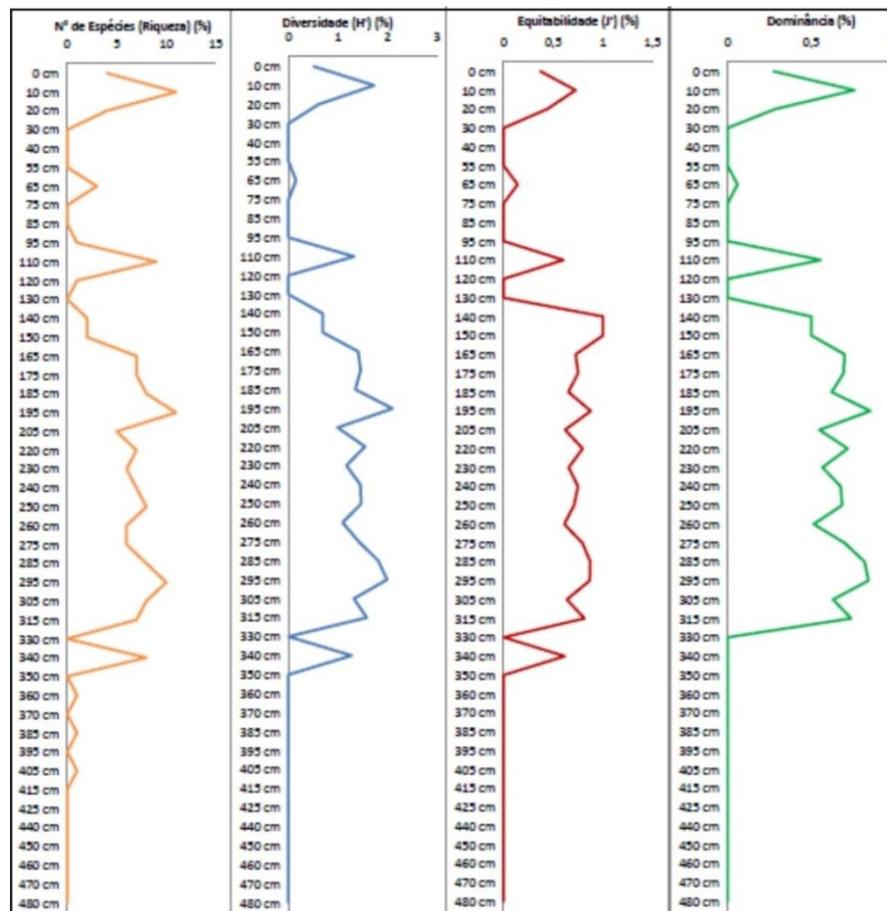


Figura 37: Índices ecológicos gerados a partir da abundância dos foraminíferos identificados em T1.

5.4.3 Análises de Agrupamento

De acordo com a análise de agrupamento em modo - Q, utilizando-se um nível de similaridade de 85% T1 foi dividido em quatro grupos:

- Grupo I: Intervalos de 0-5 cm, 20-25cm e 65-70 cm.
- Grupo II: Intervalos de 10-15 cm e 150-155 cm,
- Grupo III: Intervalos de 165-170 cm, 175-180 cm, 185-190 cm, 205-210 cm, 220-225 cm, 230-235 cm, 230-235 cm, 240-245 cm, 250-255 cm, 260-265 cm, 275-280 cm, 305-310 cm, 315-320 cm.
- Grupo IV: Intervalos de 195-200 cm, 285-300 cm e 295-300 cm.

A análise de grupamento em modo- R, com a utilização do nível de similaridade em 72%, individualizou a fauna do testemunho em oito assembleias:

- Assembleia A: *Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides wilberti*, *H. manilaensis*, *Jadammina polystoma* *Trochammina inflata*, *Trochammina macrescens* e *Trochammina* sp.
- Assembleia B *Siphotrochammina lobata* e *Trochamminita salsa*.
- Assembleia C: *Ammonia parkisoniana*, *A. tepida* e *Criboelphidium vadensis*.
- Assembleia D: *Bolivina striatula*, *Buliminella elegantissima*, *Elphidium* sp e *Haneysina germanica*
- Assembleia E: *Ammonia* sp, *Elphidium discoidale*, *E. excavatum*, *E. gunteri* e *Criboelphidium poeyanum*.

A correlação entre as análises em modo – Q e em modo – R, demonstrou que o Grupo I mostrou-se composto pelas assembleias A e B; o Grupo II, pela assembleia A; o Grupo III, pelas assembleias C, D e E; e o Grupo IV, pelas assembleias C e E (Figura 38).

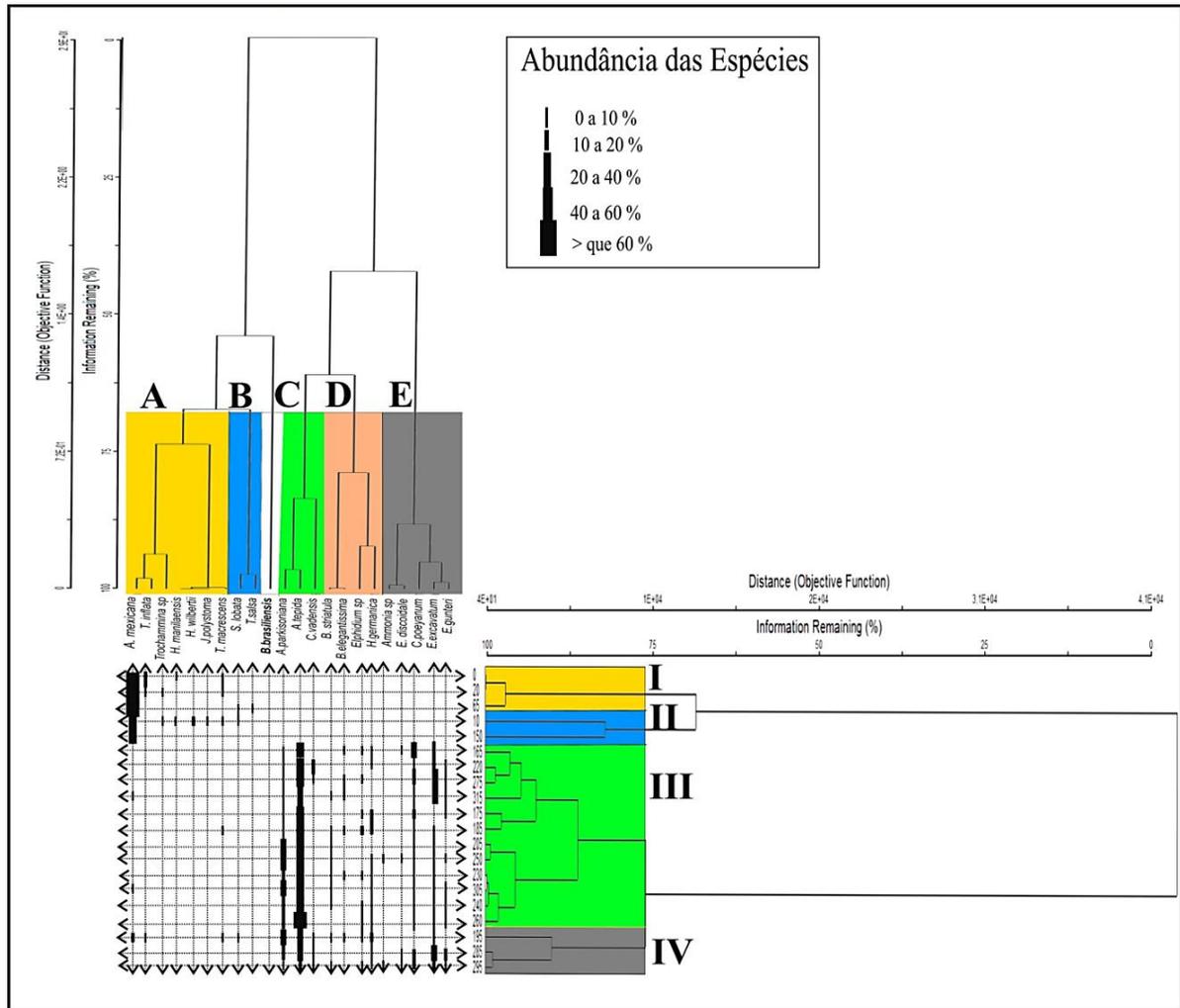


Figura 38 - Correlação entre análises de grupamento nos Modos Q e R em T1.

Portanto, tais grupos podem ser assim definidos:

- **Grupo I:** composto por nove espécies aglutinantes – *Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides manilaensis*, *H.wilberti*, *Jadammina polystoma*, *Siphotrochammina lobata*, *Trochammina inflata*, *Trochammina macrescens*, *Trochammina sp.* e *Trochamminita salsa*. Abrange os intervalos de 0-5 cm, 10-15 cm, 20-25cm, 65-70 cm e 150-155 cm.
- **Grupo II:** composto por sete espécies aglutinantes – *Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides wilberti*, *H. manilaensis*, *Jadammina polystoma*, *Trochammina inflata*, *Trochammina macrescens* e *Trochammina sp.* Compreende os intervalos de 10-15 cm e 150-155 cm.
- **Grupo III:** representado por treze espécies calcárias – *Ammonia parkisoniana*, *A. tepida*, *Ammonia sp*, *Bolivina striatula*, *Buliminella elegantissima*, *Criboelphidium vadensis*, *Criboelphidium poeyanum*, *Elphidium discoidale*, *E. excavatum*, *E. gunteri*, *Elphidium sp* e *Haneysina germanica*. É reconhecido nos seguintes intervalos: 165-170 cm, 175-180 cm,

185-190 cm, 205-210 cm, 220-225 cm, 230-235 cm, 230-235 cm, 240-245 cm, 250-255 cm, 260-265 cm, 275-280 cm, 305-310 cm, 315-320 cm.

– Grupo IV: representado por oito espécies calcárias – *Ammonia parkisoniana*, *A. tepida*, *Ammonia* sp, *Criboelphidium poeyanum*, *Criboelphidium vadensis*, *Elphidium discoidale*, *E. excavatum*, *E. gunteri* – pode ser identificado entre 195 e 200 cm, 285 e 300 cm e entre 295 e 300 cm.

A análise de agrupamento em DCA, utilizando variáveis ambientais como teores de matéria orgânica (MO), carbonato, areia, sedimentos finos (silte e argila), carbono orgânico total (COT) e enxofre (S), apresentou coeficiente das correlações entre as distâncias em 70% no eixo 1 e 17% no eixo 2 (Figura 39).

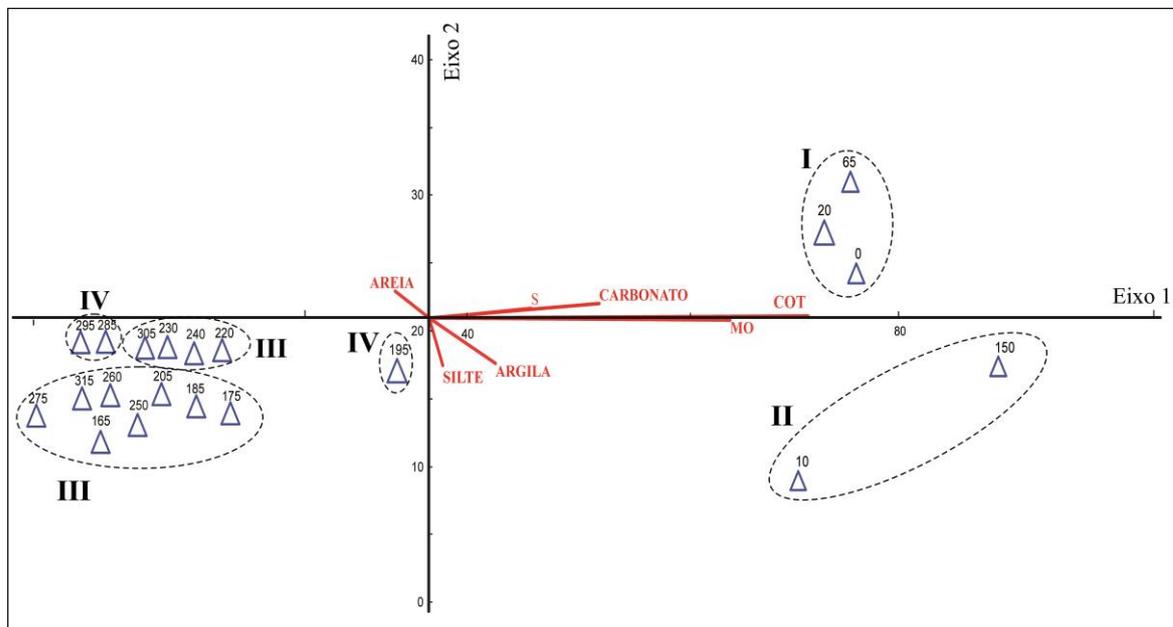


Figura 39 - Análise de agrupamento em DCA, mostrando as variáveis ambientais que mais influenciaram a distribuição das espécies em seus intervalos de ocorrência e nas respectivas associações faunísticas (I, II, III e IV) ao longo do testemunho T1.

Com base nestes coeficientes, verificou-se que o parâmetro ambiental com maior vetor e menor angulação no eixo 1 foi o COT, seguido pela matéria orgânica, pelo carbonato, e por último o enxofre. No eixo 2, a variável com vetor de menor angulação foi o silte. Os vetores de maior angulação foram os relativos à areia e à argila.

O teor de COT foi o que mais influenciou a preservação das carapaças dos organismos presentes nas profundidades de 0, 20, 65, 95, 110, 120, 140, 385 e 405 cm; este parâmetro é seguido pelos teores de matéria orgânica (MO), carbonato e enxofre (S). Nas amostras correspondentes a 10, 110, 150 e 360 cm, o único fator que se mostrou relevante sobre a fauna

preservada de foraminíferos foi o silte. As referidas amostras englobam os Grupos I e II, ou seja, aqueles compostos exclusivamente por espécies aglutinantes. Pode-se constatar então que a preservação destas espécies foi fortemente influenciada pelas quantidades de COT, MO, carbonato, S e silte presentes no sedimento.

Entre os demais intervalos de T1 considerados na análise em DCA – 165, 175, 185, 195, 205, 220, 230, 240, 250, 260, 275, 285, 295, 305, 315, 340 cm – não houve qualquer parâmetro que tenha mostrado influência sobre o conteúdo faunístico. Apenas a areia pareceu estar perto de exercer tal influência, mas de maneira muito sutil. Como estas regiões do testemunho demonstraram a exclusividade de ocorrência de foraminíferos calcários (exceto na profundidade de 195 cm, onde foram registradas as espécies aglutinantes *Arenoparrella mexicana*, *Trochammina inflata*, *T. macrescens* e *Trochamminita salsa*), conclui-se que a distribuição dos mesmos ao longo de T1 não está relacionada a quaisquer condições ambientais específicas.

6 DISCUSSÃO

6.1 Dados Abióticos

A constituição granulométrica de T1 apresentou pequenas diferenças em relação a descrita para o testemunho TE e que podem estar relacionadas às diferentes metodologias empregadas para a análise granulométrica de cada testemunho, de acordo com Barros e Nogueira (2012). Estes autores, comparando os resultados obtidos através do método de pipetagem (utilizado em TE) e do uso de granulômetro a laser (empregado no testemunho T1), concluíram que o primeiro pode levar a uma superestimativa nos teores de argila, exibindo desta forma limitações para a análise de sedimentos finos.

T1 mostrou ser constituído de material lamoso, assim como TE coletado lateralmente, mas com maiores teores de areias médias e finas, o que resultou em uma classificação textural predominantemente areno-lamosa, em vez de lamosa.

De 490 a 380 cm, é encontrado o primeiro intervalo de concentração de areias médias a grossas, provavelmente constituindo depósitos de barras arenosas, típicas de ambientes em regressão (SUGUIO, 2003).

Entre 370 e 330 cm, as areais mostraram-se organizadas em lentes em meio a sedimentos lamosos, fazendo contato com um nível de concentração de conchas sobrejacente. Estas conchas, que podem estar em posição de vida ou não, constituem um fator de importante significado em estudos de variação do mar no Holoceno, na medida em que evidenciam uma condição de submersão e conseqüentemente, marcando ciclos transgressivos. Os baixos teores de COT e MO são consistentes com esta proposição, já que estão geralmente relacionados a ambientes mais abertos, óxicos e com maior aporte de águas marinhas (LAPLACE et al., 2010); lagunas marinhas e baías podem constituir exemplos desses ambientes.

Em vista disso, a superfície delimitada pelo nível conchífero citado marca a base de uma sequência formada por sedimentos essencialmente finos, representados por areias finas rica em lama e silte com variações nos teores de MO, COT e S. Esta sequência pode ser identificada até a profundidade de 180 cm, quando juntamente com um pico de MO, há o começo do segundo intervalo de concentração de sedimentos mais grossos. Estas feições, por sua vez, podem estar relacionadas a um pequeno rebaixamento do nível do mar, expondo canais que foram afogados em condições de rápida submersão, cenário condizente com um ambiente de sedimentação estuarina (DOMINGUEZ et al., 1981).

A deposição de areais mais grossas após a instalação do estuário, que passou a formar uma laguna, pode indicar uma queda no nível relativo do mar e a formação de barras arenosas. Estas barras, delimitando a região onde se formam, favorecem uma sedimentação de ambiente lagunar, de baixa energia e formada por sedimentos finos que constituiriam, em épocas mais recentes, o padrão sedimentar característico dos manguezais.

Este padrão é mais marcante a partir de 65 cm, quando os teores de MO começam a apresentar os maiores valores, chegando ao seu máximo – 37% - em 0 cm. Os valores de COT acompanharam esta tendência de aumento, atingindo o valor máximo igualmente no topo do testemunho. Este é o cenário descrito por Pereira (1998), que identificou para a baía de Sepetiba um pequeno ciclo regressivo iniciado há cerca de 1.200 anos A.P., quando teria começado a se configurar uma sedimentação típica de ambiente parálico, evoluindo para o estabelecimento do manguezal.

As porcentagens de carbonato não apresentaram grandes variações ao longo do testemunho T1, salvo dois níveis de aumento uniforme: da base do testemunho (490 cm) até cerca de 350 cm e entre 175 cm e o topo, o mais significativo. Segundo Pereira et al. (2009) concluiu em seu estudo no manguezal de Guaratiba, altas porcentagens de carbonato (19-25%) correspondem a eventos regressivos, nos quais os sedimentos apresentam também maiores concentrações de areia. Os intervalos descritos, portanto, poderiam indicar então eventos de regressão, sendo consistentes com os dados de MO e COT descritos acima.

6.2 Dados Bióticos - Foraminíferos de T1

6.2.1 Considerações importantes: estado de preservação das testas de foraminíferos

O primeiro ponto a ser discutido acerca da fauna de foraminíferos identificada no testemunho T1 diz respeito à preservação das testas no mesmo. O testemunho apresentou um número reduzido carapaças, que destoam do padrão encontrado em outros testemunhos realizados na baía de Sepetiba e na planície de maré de Guaratiba – sobretudo na porção mais superficial. No testemunho TE analisado por Laut (2003) e Laut et al. (2009), coletado na franja do manguezal como o testemunho T1, por exemplo, o número de testas preservadas foi muito maior, principalmente nos primeiros 150 cm do testemunho (Figura 40):

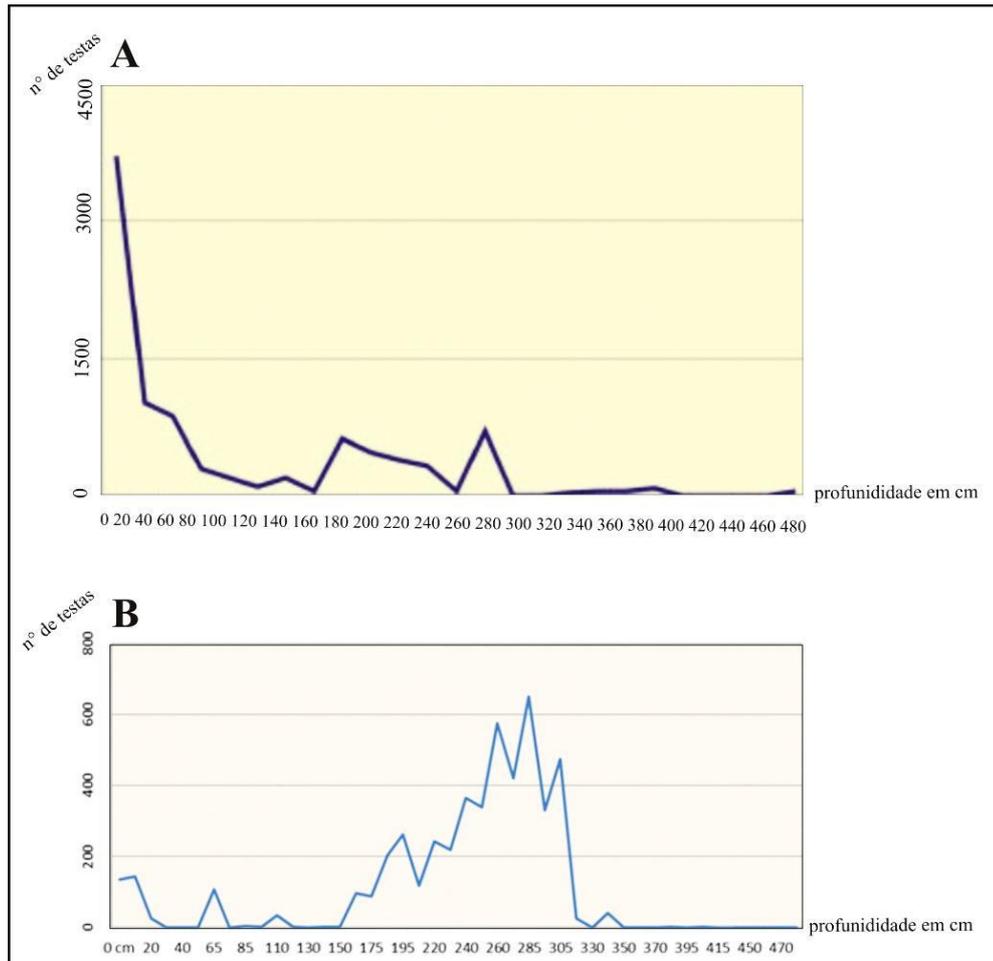


Figura 40 - A) Quantidade de testas encontradas no testemunho TE; B) Quantidade de testas encontradas no testemunho T1. Notar a grande diferença no número de testas, principalmente nas porções mais superficiais dos testemunhos, que correspondem à fauna de manguezal mais recente.

No intuito de explicar as razões para grandes perdas no registro fóssil de foraminíferos em manguezais e pântanos salinos, muitos estudos na área de tafonomia têm sido realizados nos últimos 20 anos. Autores como Martin (1999) afirmam que nas regiões de pântanos salinos, é comum a perda de espécimes aglutinantes com carapaças mais frágeis, como *Ammotium salsum* e *Milliammina fusca* em decorrência da oxidação em meio extremamente ácido e dissolução. O resultado seria, além de perdas nas quantidades de espécimes, a dominância de espécies aglutinantes mais robustas e típicas de marismas superiores como *A. mexicana*, *T. macrescens* e *T. inflata*, como de fato ocorreu.

É importante considerar também que entre a amostragem de TE e a de T1 passaram-se 16 anos, período no qual mudanças ambientais, mesmo que de pequena ordem, podem ter ocasionado alterações em padrões como salinidade e pH do manguezal. Segundo Brönnimann et al. (1981 a) esses fatores são os mais importantes na distribuição de foraminíferos em manguezais e mudanças neles poderiam alterar a preservação dos mesmos nos sedimentos. No

entanto, mesmo que tais condições possam ter sofrido severas alterações, era de se esperar que espécies resistentes a baixíssimas salinidades e maior acidez ainda apresentassem maiores valores de abundância. Mas não foi este o observado: espécies típicas de manguezais e resistentes a condições ambientais mais severas como *Quinqueloculina seminulum*, *Ammotium cassis* e *Ammoastuta inepta* tiveram apenas um espécime identificado, enquanto *Textularia erlandi*, *Ammoastuta salsa* e *Ammobaculites dilatatus* sequer foram identificadas no testemunho. Assim, a perda tafonômica não parece ter sido o fator decisivo para a anomalia na preservação das testas.

Nesta linha de pensamento, há de se considerar outro ponto importante: o contexto atual da área de estudo. A região onde foi realizado o testemunho está sob o domínio da Empresa Brasileira de Telecomunicações S/A (EMBRATEL), núcleo Guaratiba. Desta forma, a região pode estar sujeita à possibilidade de dragagem ou qualquer outra ação antrópica que simplesmente possa ter sido responsável pela remoção e/ou retrabalhamento de uma boa parte da camada sedimentar mais superficial do manguezal, removendo grande parte da fauna.

6.2.2 Associações faunísticas do testemunho T1 e suas implicações paleoambientais/paleoecológicos

Mesmo com as questões que envolvem o reduzido número de espécimes no testemunho T1, foram reconhecidas as seguintes associações:

– Associação I: composto por nove espécies aglutinantes – *Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides manilaensis*, *H. wilberti*, *Jadammina polystoma*, *Siphotrochammina lobata*, *Trochammina inflata*, *Trochammina macrescens*, *Trochammina* sp. e *Trochamminita salsa*. Abrange os intervalos de 0-5 cm, 10-15 cm, 20-25cm, 65-70 cm e 150-155 cm. A exclusividade de espécies aglutinantes e altamente resistentes a baixas salinidades, assim como as baixos índices de riqueza e altos valores de diversidade, sugere um ambiente lagunar mixo-euhalino, correspondente ao manguezal de Guaratiba, como propusera Brönnimann et al (1981 a). Este ambiente pode indicar também forte influência de águas provenientes principalmente do Rio Piraquê, rio do qual T1 está mais próximo. Os fatores que mais influenciaram a distribuição das espécies na associação foram o COT, seguido pela MO, carbonato e enxofre (S).

– Associação II: composto por sete espécies aglutinantes – *Arenoparrella mexicana*, *Haplophragmoides wilberti*, *H. manilaensis*, *Jadammina polystoma* *Trochammina inflata*,

Trochammina macrescens e *Trochammina* sp. Compreende os intervalos de 10-15 cm e 150-155 cm, localizando-se dentro do Grupo I e encontrando-se então em domínio de manguezal. Pequenas quedas nos teores de MO do sedimento podem indicar, entretanto, um início de influência de águas marinhas (LAPLACE et al., 2010). Os mesmos parâmetros ambientais atuantes na preservação das espécies da Associação I foram constatados nesta associação faunística.

– Associação III: representado por treze espécies calcárias – *Ammonia parkisoniana*, *A. tepida*, *Ammonia* sp, *Bolivina striatula*, *Buliminella elegantissima*, *Criboelphidium vadensis*, *Criboelphidium poeyanum*, *Elphidium discoidale*, *E. excavatum*, *E. gunteri*, *Elphidium* sp e *Haneysina germanica*. É reconhecido nos seguintes intervalos: 165-170 cm, 175-180 cm, 185-190 cm, 205-210 cm, 220-225 cm, 230-235 cm, 240-245 cm, 250-255 cm, 260-265 cm, 275-280 cm, 305-310 cm, 315-320 cm. Dada a alta riqueza encontrada neste grupo, à presença de espécies de ambiente marinho e de espécies indicadoras de correntes de fundo como *Bolivina striatula* e *Buliminella elegantissima* (OLIVEIRA-SILVA, 2003) infere-se para este domínio um ambiente lagunar com salinidade marinha, com o início da formação de uma baía.

– Associação IV: representado por oito espécies calcárias – *Ammonia parkisoniana*, *A. tepida*, *Ammonia* sp, *Criboelphidium poeyanum*, *Criboelphidium vadensis*, *Elphidium discoidale*, *E. excavatum*, *E. gunteri* – pode ser identificado entre 195 e 200 e cm, 285 e 290 cm e entre 295 e 300 cm. A menor riqueza de espécies e os maiores índices de diversidade sugerem um ambiente lagunar com menor influência marinha, a exemplo dos estuários. Além disso, a presença de quatro espécies aglutinantes, ainda que pouco frequentes, sugere ainda uma discreta influência de fluxos de canais de maré. Assim como a Associação III, a Associação IV não pareceu ser influenciada por qualquer parâmetro ambiental específico.

Para a determinação mais detalhada dos ambientes de sedimentação e de paleoníveis marinhos a partir das assembleias faunísticas do testemunho T1, procurou-se estabelecer uma correlação lateral com dados provenientes do testemunho TE, obtidos por Laut (2003) e Laut et al., (2009). Neste último trabalho, a fim de realizar uma análise paleocológica mais detalhada, as assembleias definidas pelo referido autor em 2003 foram agrupadas às identificadas por Silva (2006) em dois testemunhos dentro da baía de Sepetiba – BS02 e BS03 – através de análise de agrupamento em Modo – Q. O resultado foi o estabelecimento de cinco assembleias, que podem ser observadas na Figura 41:

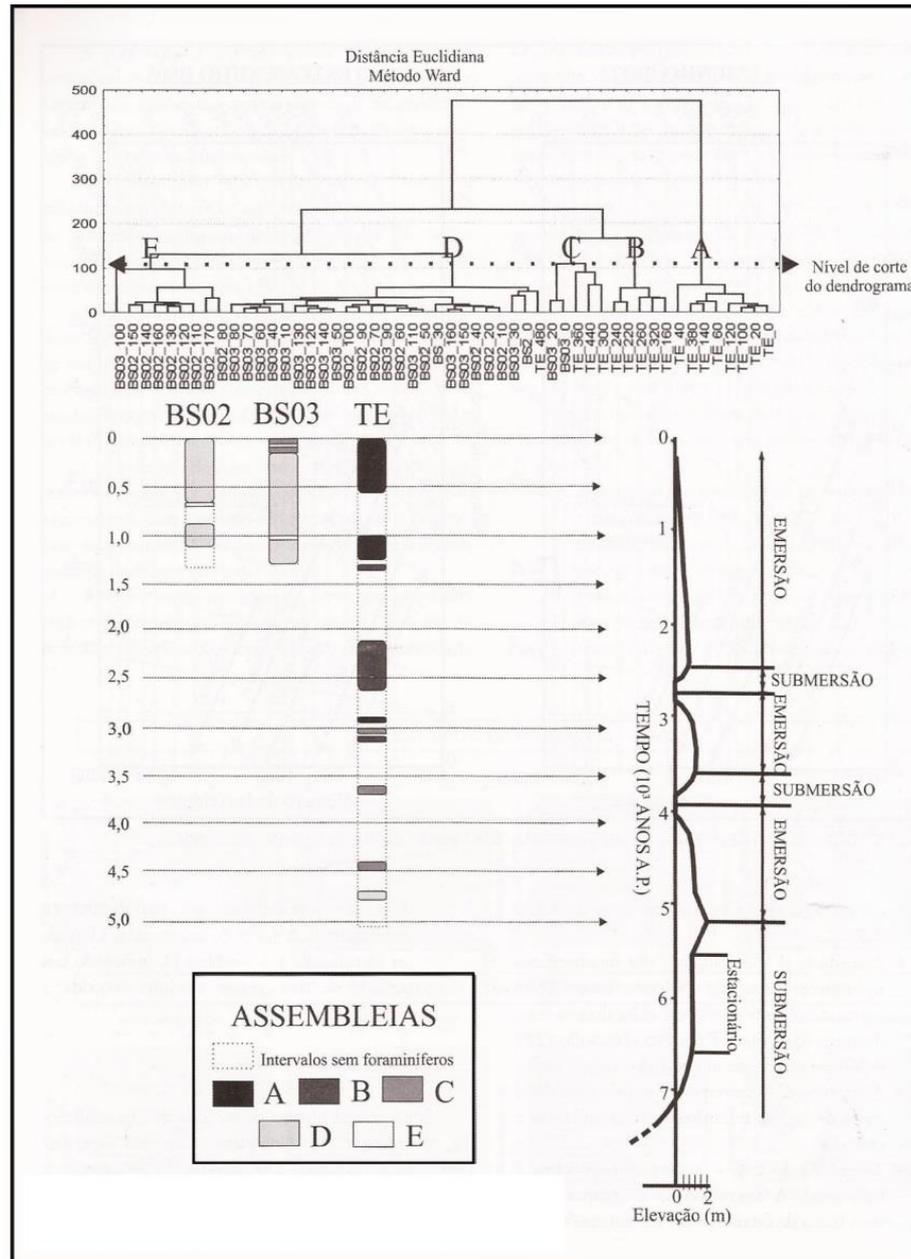


Figura 41 - Correlação entre as assembleias de foraminíferos do Complexo Costeiro Guaratiba/Sepeitiba e a curva de variação do nível do mar no Estado do Rio de Janeiro. Fonte: LAUT et al., 2009.

A assembleia A corresponde ao manguezal atual estabelecido a partir de 1.200 anos A.P., em um nível regressivo. No testemunho TE esta assembleia pode ser identificada em diferentes intervalos. Em 280 cm, é representada pelas espécies aglutinantes *A. mexicana*, *Ammoastuta salsa*, *Ammotium salsum*, *Blymasphaera brasiliensis*, *S. lobata*, *T. inflata*, *T. macrescens*, que correspondem também a um evento regressivo mais antigo, ocorrido em torno de 3.200 anos A.P.

A assembleia B é composta por foraminíferos tipicamente estuarinos – *Ammonia parkisoniana*, *A. tepida*, *Criboelphidium poeyanum*, *C. vadensis*, *Elphidium gunteri*, e

Elphidium spp – sendo observada em TE no intervalo entre 220 e 260 cm. Marca um evento transgressivo ocorrido há cerca de 2.700 anos A.P., como postulou Pereira et al. (2009).

A assembleia C corresponde a uma associação característica de regiões marinhas rasas como lagoas e enseadas ou baías. Esta assembleia ocorre, por exemplo, na profundidade de 440 cm de TE, onde é representada por espécies calcárias como *Quiqueloculina* sp. A, *Cornuspira incerta* e *Triloculina oblonga* e uma aglutinante, *Trochammina ochracea*, caracterizando um ambiente de baía rasa passando a estuário, e no intervalo de 360 cm, com as espécies calcárias *Bolivina striatula*, *Buliminella elegantissima*, *E.discoidale*, e *Helenina andersei*, que representam um ambiente sujeito à ação de correntes.

As assembleias D e E correspondem à baía atual. A assembleia D é composta por espécies de foraminíferos comuns em regiões de menor profundidade do que a correspondente à assembleia E e pode ser identificada a 480 cm de profundidade de TE. Neste intervalo é reconhecida a associação formada pelas espécies calcárias *Elphidium galvastonensis*, *Nonionela atlantica* e *Buccella frigida*. A assembleia E não foi identificada em TE.

Sugerem-se, portanto, as seguintes fases de oscilação do nível relativo do mar para o testemunho T1 (Figura 42):

- Fase 1 - O nível de concentração de conchas identificado em 330 cm pode indicar uma condição de submersão da área estudada. De acordo com autores como Dominguez et al. (1981), concentração de conchas marinhas em meio a depósitos lamosos e ricos em MO indicam depósitos paleolagunares relacionados a eventos transgressivos, como os descritos pelos autores na constituição das feições deltaicas dos rios Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ).

Esta fase ocorre após um intervalo sem registros de foraminíferos, teores sensivelmente maiores de MO, carbonato e COT (com um pico em 415 cm de profundidade), além de uma crescente proporção de areia fina a média. Tais características podem apontar para um ambiente em regressão, que teria culminado na formação de barras arenosas propícias à posterior formação de uma baía. Pereira (1998) reconheceu tais características em seu testemunho D, disposto lateralmente ao testemunho TE, posicionando este evento em cerca de 4.900 anos A.P. No mesmo testemunho, Barth et al. (2009) afirma que este evento se iniciou por volta de 4.200, de acordo com a pouca quantidade de palinofórmios no sedimento.

- Fase 2 - Formação de uma baía, evidenciada pela presença da Associação III formada por foraminíferos calcários de hábito marinho com maiores valores de riqueza, e que pode ser

correlacionada à assembleia C de Laut et al. (2009). Os baixos teores de MO ajudam a corroborar este ambiente de submersão, iniciado há cerca de 3.800 anos A.P. (PEREIRA, 1998 e PEREIRA et al., 2009).

- Fase 3 - Ainda que com discretos aumentos, os teores de COT e MO permanecem baixos, ou seja, o ambiente continua em submersão. A presença de espécies que caracterizam a ação de correntes de maré indica o estabelecimento de um ambiente estuariano, tão representativamente influenciado por tais correntes (SUGUIO, 2003). Esta fase é caracterizada pela Associação IV, que mostrou similaridades com a assembleia B de Laut et al. (2009). No testemunho TE, esta assembleia está situada entre 260 e 220 cm, indicando um período transgressivo iniciado há cerca de 3.500 anos A.P.

- Fase 4 - Um novo aumento do nível do mar é identificado, com a presença de depósitos igualmente lagunares (lamas com teores variados de areias finas), mas com maior proporção de foraminíferos calcários tipicamente marinhos e altos valores de riqueza. A queda nos valores de MO, COT e S além de uma granodecrescência ascendente, refletida no aumento da quantidade de sedimentos finos, ajudam a definir esta fase de aumento do nível relativo do mar. Neste domínio, há alternância entre a formação de ambientes lagunares de maior profundidade (Associação IV) e de baías e lagunas mais rasas, com maior aporte de água salgada (Associação III). Segundo Pereira et al. (2009) esta fase transgressiva (a última registrada) teria se iniciado há cerca de 2.700 anos A.P., sendo responsável por um aumento de aproximadamente 2,7 m no nível relativo do mar. Suguio (2003) atribui a idade de 3.000 anos A.P. para este evento transgressivo, sugerindo que o nível do mar tenha ascendido entre 2,0 e 3,5 m acima do atual.

No topo da sequência correspondente a esta fase, foram notados aumentos nos teores de areia, o que pode indicar o início da formação de barras arenosas, típicas iminentes períodos de regressão.

- Fase 5 - Um novo comportamento do nível do mar pode ser definido, com o estabelecimento de uma sequência regressiva evidenciada por diversos fatores. Os aumentos de COT e MO em direção ao topo do testemunho são condizentes com as características de ambientes cada vez mais confinados, no qual fragmentos biogênicos como raízes e folhas são facilmente preservados. Além disso, as associações faunísticas identificadas são formadas exclusivamente por foraminíferos aglutinantes, com espécies que apresentam alta resistência a

ambientes com baixo pH, como *Arenoparrela mexicana*, que exibiu altas frequências nas Associações I e II (assembleia A de Laut et al., 2009) – dominantes no referido ciclo.

A deposição de areias mais grossas, que em muitos intervalos superam a proporção de sedimentos finos, pode constituir mais um indício de regressão. As características desta fase de sedimentação no manguezal de Guaratiba vão de encontro também ao último evento regressivo descrito para a baía de Sepetiba, proposto por Pereira (1998), que data de 2.400 anos A.P. As baixas concentrações de palinórfos identificadas por Barth et al. (2009.) no Manguezal de Guaratiba por volta de 2.200 e de 700 a 200 anos A.P. também corroboram a fase regressiva descrita. Além disso, segundo Carelli (2008), o último estágio de evolução da baía de Sepetiba é marcado pelo fechamento da restinga (terceiro episódio de formação de barras arenosas), que conferiu o confinamento da região.

Suguio (2003), considerando o comportamento do nível relativo do mar para o Estado do Rio de Janeiro, conclui que este após uma pequena elevação ocorrida há cerca de 2.500 anos A.P., teve início o último estágio de regressão, que se estende até os dias atuais.

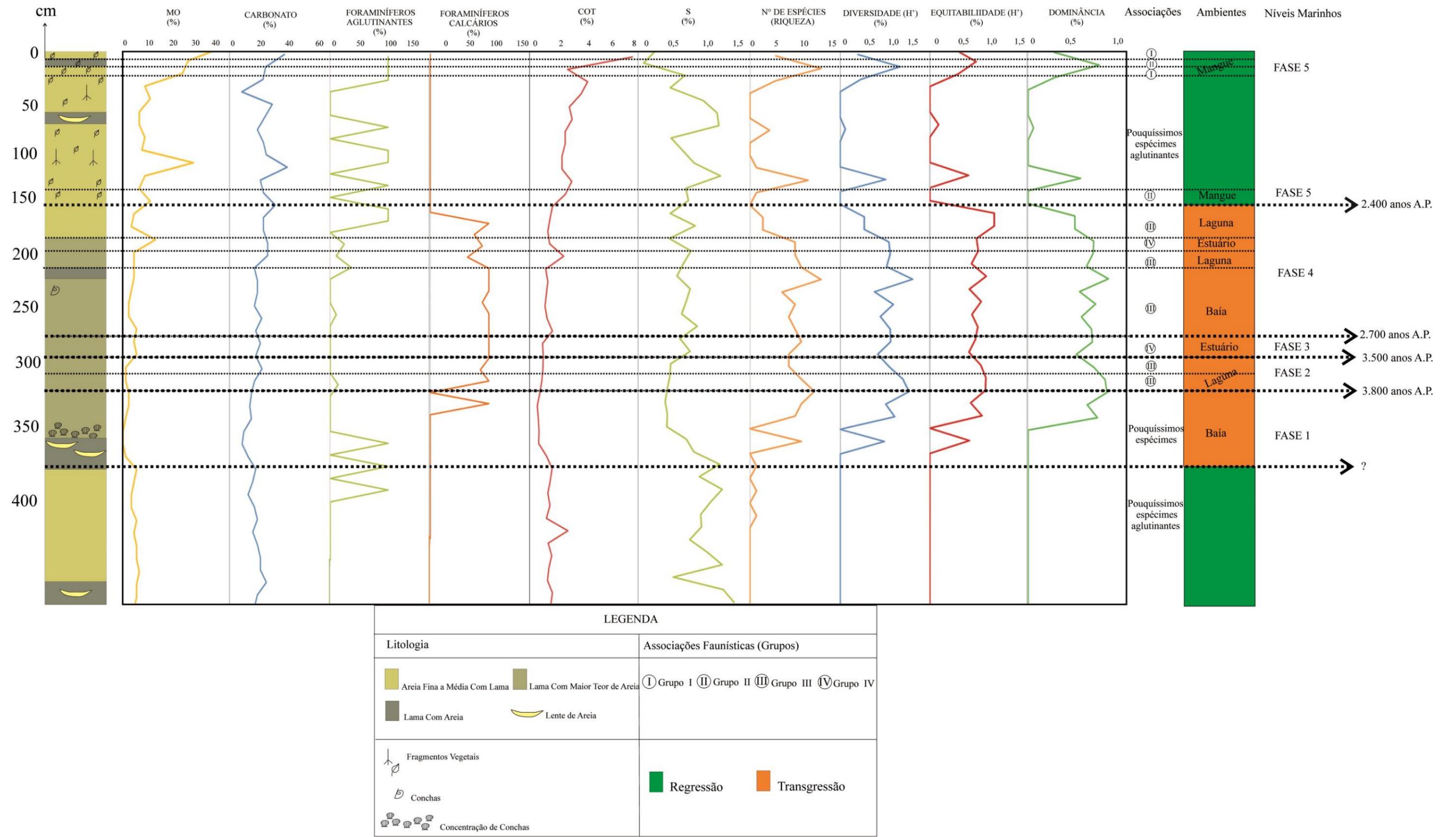


Figura 42 - Características litológicas, fatores abióticos, índices ecológicos e proposição de ciclos de transgressão e regressão para o testemunho T1.