

CENTRO DE ESTUDOS GERAIS
INSTITUTO DE QUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS (GEOQUÍMICA)

ALICE CRUZ CANDIDO DE OLIVEIRA

**Registro de paleotemperaturas na Plataforma Continental
de Cabo Frio, Rio de Janeiro, ao longo dos últimos 13.000 anos.**

Niterói
2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ALICE CRUZ CANDIDO DE OLIVEIRA

REGISTRO DE PALEOTEMPERATURAS NA PLATAFORMA CONTINENTAL
DE CABO FRIO, RIO DE JANEIRO, AO LONGO DOS ÚLTIMOS 13.000 ANOS.

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geociências da
Universidade Federal Fluminense,
como requisito parcial para
obtenção do Grau de Doutor. Área de
Concentração: Geoquímica.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Ana Luiza Spadano Albuquerque (UFF)

Co-Orientador: Prof^o Dr. Bruno Jean Turcq (IRD-França)

NITERÓI

2008

ALICE CRUZ CANDIDO DE OLIVEIRA

REGISTRO DE PALEOTEMPERATURAS BASEADAS EM
FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS PARA A REGIÃO DE CABO FRIO AO LONGO
DOS ÚLTIMOS 13.000 ANOS CAL.

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor. Área de Concentração: Geoquímica.

Aprovada em junho de 2008.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Ana Luiza Spadano Albuquerque (Orientadora)
Universidade Federal Fluminense

Prof.^a Dr.^a Cátia F. Barbosa
Universidade Federal Fluminense

Prof.^o Dr. Emmanuel V. Silva-Filho
Universidade Federal Fluminense

Prof.^a Dr.^a. Silvia Helena de Mello e Sousa
Universidade de São Paulo

Prof. Dr.^o Francisco Fernando Simões de Lamego
Universidade Federal Fluminense

DEDICATÓRIA

Ao meu filho Alan que com apenas dois anos de idade precisou compreender que muitas vezes eu não pude:

- 🕒 *Fazer aviãozinho para que ele comesse;*
- 🕒 *Embalá-lo em meus braços com uma canção de ninar;*
- 🕒 *Levá-lo à pracinha para brincar de cavalinho-de-pau;*
- 🕒 *Acompanhá-lo ao ver Backyardigans, Shrek 2 e Procurando Nemo;*
- 🕒 *Ouvi-lo sem interrupções;*
- 🕒 *Monitorar sua febre;*
- 🕒 *Deixá-lo “usar” o computador;*
- 🕒 *Acompanhá-lo nas festinhas juninas.*

e tantas outras coisas, para dedicar parte do nosso tempo juntos à confecção deste trabalho, na esperança de que eu pudesse contribuir para a construção de um mundo melhor para meu pequenino viver, pois a felicidade do meu filho é a razão de todo meu sacrifício.

Mamãe te ama!

AGRADECIMENTOS

- * *À Deus que sempre “me acolhe, Deus me abraça, Deus me ama”.*
- * *À minha orientadora Ana que me ensinou que “é preciso ter força, é preciso ter raça, é preciso ter sonhos, sempre(...) e esta estranha mania de ter fé na vida”.*
- * *À minha amiga e companheira Michelle que nesta longa trajetória deu-me a certeza de que “amigo é coisa pra se guardar do lado esquerdo do peito, dentro do coração”.*
- * *À Clarissa, Elisa, Paulo Sérgio e Douglas, pois sabem “o quanto eu caminhei para chegar até aqui. Percorri milhas e milhas antes de dormir, eu não cochilei. Os mais belos montes escalei. Nas noites escuras de frio eu chorei” Mas, aprendam meus amigos: “é isso, aí...”*
- * *À Lílian que entre almoços e carona incentivou-me a crer que “quem sabe faz a hora não espera acontecer”.*
- * *À prof^a Cátia Barbosa que me deu forças para a compreensão de que “se você quiser alguém em quem confiar, confie em si mesmo. Quem acredita sempre alcança.”*
- * *Ao prof^o Bruno Turcq, mestre dos mestres, que nos mostra que é “caminhando que se faz o caminho”.*
- * *Ao prof^o Emmanuel V. Silva-Filho por saber que “há um passado no meu presente”. Obrigada pela acolhida, acompanhamento e pela presença e contribuição na finalização deste trabalho.*

- * *Aos meus queridos amigos Nivaldo, Doriedson, Rosa (da biblioteca), Viviane e Ricardo, Shirley, Márcia e à todos que de uma forma ou de outra auxiliaram na elaboração deste trabalho, pois “se chorei ou se sorri, o importante é que emoções eu vivi”.*
- * *E em especial aos meus maiores e melhores motivadores: meu super-esposo Fábio, meu super-filho Alan, meus maravilhosos e exemplares pais Jorge e Ademilde, minhas super-amigas de fé e irmãs camaradas, Denise e Deize porque nunca deixaram que eu duvidasse que “fundamental é mesmo o amor, é impossível ser feliz sozinho”.*
- * *Ao Fábio, meu companheiro, que “eu sei que vou amar por toda a minha vida”.*

Muito Obrigada!

*“Palavra por palavra
eis aqui uma pessoa
se entregando”.*

(Sangrando – Gonzaguinha)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
1.1 HIPÓTESE.....	25
1.2 OBJETIVOS.....	25
<u>1.2.1 Objetivo geral</u>	<u>25</u>
<u>1.2.2 Objetivos específicos</u>	<u>25</u>
2 BASE TEÓRICA	26
<u>2.1 FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS</u>	<u>26</u>
2.1.1 Reconstrução paleoceanográfica – utilização de foraminíferos planctônicos em área de ressurgência	29
2.2 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM).....	33
2.2.1 Reconstrução de paleotemperaturas a partir da composição isotópica das testas de foraminíferos planctônicos	33
2.2.2 Reconstrução de paleotemperaturas a partir da fauna de foraminíferos planctônicos	38
2.3 INTERAÇÃO OCEANO-ATMOSFERA.....	40
3.DESCRICÃO DA ÁREA DE ESTUDO	44
3.1 CIRCULAÇÃO GERAL DO ATLÂNTICO SUL.....	44
3.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE eSTUDO.....	47
3.3 RESSURGÊNCIA COSTEIRA.....	48
3.4 REGIME DE VENTOS.....	51
4 METODOLOGIA	54

4.1 AMOSTRAGEM DOS SEDIMENTOS MARINHOS.....	54
4.2 ABERTURA DOS TESTEMUNHOS.....	55
4.3 GEOCRONOLOGIA.....	56
4.4 CARBONO ORGÂNICO TOTAL(COT).....	58
4.5 CONTEÚDO DE FORAMINÍFEROS.....	59
4.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO – ANÁLISE FATORIAL.....	61
4.7 ESTIMATIVA DE PALEOTEMPERATURAS – TAM.....	62
4.8 ANÁLISE DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS DE OXIGÊNIO.....	72
4.8.1 Procedimento metodológico na análise de oxigênio em carbonatos.....	73
4.8.2 Estimativa de paleotemperaturas – equação de paleotemperaturas.....	74
5 RESULTADOS.....	76
5.1 LITOLOGIA.....	76
5.2 DENSIDADE APARENTE.....	77
5.3 GEOCRONOLOGIA.....	78
5.4 CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT).....	81
5.5 CONTEÚDO DE FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS.....	84
5.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO: ANÁLISE FATORIAL.....	92
5.7 RECONSTRUÇÃO DE PALEOTEMPERATURAS.....	92
5.7.1 Calibração atual para aplicação da técnica do análogo moderno (TAM).....	92

5.7.2	Reconstrução de paleotemperaturas através da tam.....	93
5.8	COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DE <i>G.ruber</i> e <i>G.bulloides</i>	95
5.8.1	Temperatura de calcificação – equações de paleotemperatura.....	97
6	DISCUSSÃO.....	99
6.1	FACIOLOGIA E GEOCRONOLOGIA DOS TESTEMUNHOS.....	99
6.2	RECONSTRUÇÃO DE TSM NA PLATAFORMA CONTINENTAL DE CABO FRIO AO LONGO DOS ÚLTIMOS 13.000 ANOS CAL.....	109
6.2.1	Assembléia de foraminíferos planctônicos da plataforma continental de Cabo Frio.....	109
6.2.2	Estimativa de TSM relativa – razão Gb:Gr, fluxo de <i>G. bulloides</i> e $\delta^{18}O$ <i>G.bulloides</i> e <i>G. ruber</i>	119
6.2.3	Reconstrução da TSM a partir da técnica do análogo moderno (TAM).....	138
<u>6.3</u>	<u>INTERCONEXÕES ATMOSFERA-OCEANO AO LONGO DOS ÚLTIMOS 13.000 ANOS CAL AP E SEUS EFEITOS SOBRE O CLIMA DA AMÉRICA DO SUL.....</u>	<u>145</u>
7	CONCLUSÕES.....	149
8	REFERÊNCIAS.....	154
9	APÊNDICES.....	171

Lista de Figuras

- Foto 1- (a) coleta dos testemunhos na plataforma continental de Cabo Frio. Navio Astrogaroupa; (b) abertura dos testemunhos em laboratório..... 54
- Figura 1 – Modelo conceitual da TAM (Técnica do Análogo Moderno)..... 39
- Figura 2 – Fatores que influenciam a dinâmica atmosférica da América do Sul. Formação da Zona de bloqueio das frentes frias na região sudeste do Brasil em condições de eventos ENOS. Posição de organização da ZCIT (= zona de convergência intertropical) e da ZCAS (= zona de convergência do Atlântico Sul). Modificado de Flexor e Martin (1989).....43
- Figura 3 – Correntes superficiais que banham a costa brasileira (Fonte:www.sct.com.br)..... 45
- Figura 4 – Carta-imagem da Temperatura da Superfície do Mar na plataforma continental sul-sudeste. Pode-se observar a Corrente do Brasil deslocando-se aproximadamente sobre o talude continental e a intrusão do ramo costeiro da Corrente das Malvinas sobre a plataforma continental sudeste. (Imagem AVHRR de 1993 retirada de Silva Jr. *et al.*, 1996)..... 47
- Figura 5 - Carta-imagem da temperatura da superfície do mar, produzidas a partir de imagens do satélite NOAA-12, mostrando o litoral do Rio de Janeiro próximo a Cabo Frio. (INPE, 1999).....50
- Figura 6 - Fatores atmosféricos e climáticos que atuam sobre a região de Cabo Frio (ZCAS= Zona de Convergência do Atlântico Sul; ENOS= *El niño* – Oscilação Sul).(CPTEC/INPE, 2004).53
- Figura 7 – Mapa do local de coleta dos testemunhos estudados CF02-01B e CF02-02B. Plataforma continental de Cabo Frio..... 55
- Figura 8 - Pontos utilizados para o cálculo do efeito reservatório na área estudada. (disponíveis em <http://calib.qub.ac.uk>) 57

- Figura 9 - Mapa de localização das amostras da base de dados de calibração.....65
- Figura 10 - Morfotipos de *G. ruber* identificados nas amostras dos testemunhos da plataforma continental de Cabo Frio. (1-*G. ruber* (s.s) = *sensu stricto*; 2-*G. ruber* (s.l.)=*sensu lato*, última câmara plana e assimétrica; 3- *G. ruber* (s.l.)= *sensu lato*, última câmara minúscula. 100 μ m) (Wang, 2000).....73
- Figura 11 – Representação esquemática das fácies sedimentológicas, com base em textura, dos testemunhos da plataforma continental de Cabo Frio..... 77
- Figura 12 – Densidade aparente dos testemunhos (a) CF02-01B e (b) CF02-02B. Os pontos de mudança nos valores densidade serviram de base para seleção de amostras para geocronologia..... 78
- Figura 13 – Modelo cronológico dos testemunhos estudados com base na aplicação da função spline. (a) CF02-01B; (b) CF02-02B..... 80
- Figura 14 - Geocronologia e fácies sedimentológicas dos testemunhos CF02-01B e CF02-02B coletados da plataforma continental de Cabo Frio..... 81
- Figura 15 – Curva de variação (a) do conteúdo (%) e (b) do fluxo ($\text{g.cm}^2.\text{ano}^{-1}$) de carbono orgânico total (COT) no testemunho CF02-01B.....82
- Figura 16 – Curva de variação (a) do conteúdo (%) e (b) do fluxo ($\text{g.cm}^2.\text{ano}^{-1}$) de carbono orgânico total (COT) no testemunho CF02-01B..... 83
- Figura 17 – Curva de variação do total de foraminíferos nos testemunhos estudados. (a) testemunho CF02-01B; (b) testemunho CF02-02B. FB= Foraminíferos Bentônicos; FP= Foraminíferos Planctônicos..... 85
- Figura 18 – Freqüência relativa (%) das espécies de foraminíferos planctônicos por amostra ao longo do testemunho CF02-01B..... 88
- Figura 19 - Freqüência relativa das espécies de foraminíferos planctônicos por amostra ao longo do testemunho CF02-02B.....89
- Figura 20 - Fluxo ($\text{ind.cm}^2.\text{ano}^{-1}$) das espécies de foraminíferos planctônicos do testemunho CF02-01B.....90

Figura 21 - Fluxo ($\text{ind.cm}^2.\text{ano}^{-1}$) das espécies de foraminíferos planctônicos do testemunho CF02-02B.....91

Figura 22 - Estimativas de paleotemperaturas para o testemunho CF02-01B, através da TAM. (a) TSM máxima; (b) TSM mínima; (c) TSM anual; (d) dissimilaridade dos melhores análogos. As linhas tracejadas representam o respectivo erro ($^{\circ}\text{C}$) da reconstrução para cada amostra ao longo do testemunho.....94

Figura 23 - Estimativas de paleotemperaturas para o testemunho CF02-02B, através da TAM. (a) TSM máxima; (b) TSM mínima; (c) TSM anual; (d) dissimilaridade dos melhores análogos. As linhas tracejadas representam o respectivo erro ($^{\circ}\text{C}$) da reconstrução para cada amostra ao longo do testemunho.....97

Figura 24 - Composição do $\delta^{18}\text{O}$ de (a) *G.bulloides*. e (b) *G.ruber* do testemunho CF02-02B. 97

Figura 25 – Temperatura de calcificação de (a) *G.bulloides* e (b) *G.ruber*.98

Figura 26 – Representação do registro sísmico 10 KHz da plataforma continental de Cabo Frio. Figura esquemática da área de banco lamoso da plataforma de Cabo Frio mostrando o local de amostragem dos testemunhos (a) CF02-02B e (b) CF02-01B.....99

Figura 27 – Taxa de sedimentação em cm.ano^{-1} registrada para os CF02-01B e CF02-02B para os últimos 13.000 anos cal AP..... 102

Figura 28 – Escarpa de Cabo Frio alinhada segundo a atual isóbata de 110 metros, interpretada como posição da linha de costa há 13.000 nos AP. a oeste da seção A – B ela é formada pelo lençol arenoso transgressivo, e soterrada por lamas de plataformas holocênicas. A leste é aflorante e desenvolve-se em sedimentos carbonáticos. Retirada de Kowsmann e Costa (1979)..... 103

Figura 29 - Curva da relativa variação do nível do mar mostrando os episódios de transgressão e regressão marinha nos últimos 7.000 anos na costa brasileira (MARTIN, 1997)..... 104

Figura 30 – Razão P/B para o testemunho CF02-02B. Fase I = base rasa; Fase II = início da transgressão marinha durante o período estudado; Fase III = diminuição do nível do mar; Fase IV = oscilações do nível do mar..... 106

- Figura 31 – Frequência relativa(%) das espécies de foraminíferos planctônicos do testemunho CF02-02B..... 108
- Figura 32 – Frequência relativa(%) das espécies de foraminíferos planctônicos do testemunho CF02-01B..... 110
- Figura 33 - Variação das cargas fatoriais ao longo testemunho CF0202B. Destacam-se as fases I, II, III e IV relacionadas à predominância dos fatores 1 (AT) e 2 (ACAS) ao longo de 13.000 anos cal AP..... 114
- Figura 34 - Variação das cargas fatoriais ao longo testemunho CF0201B. Destacam-se 3 fases I, II, e III relacionadas à predominância dos fatores 1 (ACAS) e 2 (AT) ao longo de 4.300 anos cal AP..... 115
- Figura 35 – Índice de diversidade Shannon-Wiener (H) para o testemunho CF0202B. $H = - \sum p_i \ln(p_i)$. Destacam-se as fases I, II, III, IV que determinam mudanças na estrutura das comunidades.....116
- Figura 36 – Índice de diversidade Shannon-Wiener (H) para o testemunho CF0201B. $H = - \sum p_i \ln(p_i)$117
- Figura 37 – Índice *Gb:Gr* nos testemunhos CF0201B e CF0202B da plataforma continental de Cabo Frio. Razão entre as espécies predominantes nas associações de foraminíferos planctônicos da plataforma de Cabo Frio ao longo de 13.000 anos cal AP. Período de ressurgência fortalecida; Fase de influência de variações do nível do mar. 122
- Figura 38 - Fluxo das espécies (ind.cm².ano⁻¹) de foraminíferos planctônicos do testemunho CF02-01B. Período da ressurgência fortalecida..... 125
- Figura 39 - Fluxo das espécies (ind.cm².ano⁻¹) de foraminíferos planctônicos do testemunho CF02-02B. Período de fortalecimento da ressurgência; fase de influência das variações do nível do mar..... 126
- Figura 40 – Registro da variabilidade da TSM e da ressurgência de Cabo Frio baseado na $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$ para os últimos 13.000 anos cal para o testemunho CF020B. Fase de influência de variações do nível do mar; Fase de ressurgência intensa e variável ; *YD- Younger Dryas*.....131

Figura 41 – TSM relativa para os últimos 13.000 anos cal AP baseada nos marcadores: $\delta^{18}\text{O}$ *G.ruber*, $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$, fluxo de *G. bulloides* e *Gb:Gr*. Eventos frios; Ressurgência Fraca; Fase de influência de variações do nível do mar ; Ressurgência fortalecida. 133

Figura 42 – SSM estimada para região de Cabo Frio em 13.000 anos cal AP. Área destacada = tendência à diminuição da salinidade..... 136

Figura 43 - Estimativas de paleotemperaturas para o testemunho CF02-01B (a) e CF0202B (b). Linhas pontilhadas = erro das reconstruções; área hachurada= TSM sob influência do nível do mar; área destacada = período de TSM elevada..... 139

Figura 44 – Anomalia de TSM reconstruída relativa à TSM registrada para o período de 1971-1980. (a) CF0202B; (b) CF0201B. 141

Figura 45 – Confronto entre os *proxies* de TSM e produtividade para os testemunhos CF0202B (a) e CF0201B (b). Destacam-se as fases de variação da TSM reconstruída(1, 2 e 3); aumento da produtividade (linhas inclinadas); diminuição da produtividade e TSM elevada (área pontilhada); fase de influência de variações do nível do mar (área cinza)..... 143

Figura 46 – Modelo esquemático para a TSM reconstruída para os últimos 13.000 anos com base na TAM (erro=1,36°C)..... 148

Lista de tabelas

- Tabela 1- Profundidade de habitat generalizado dos foraminíferos planctônicos. (Bé, 1971)..... 27
- Tabela 2 – (a) Dados referentes às amostras utilizadas no cálculo do ΔR efeito reservatório para a área estudada. (MapNo= código do ponto amostrado; Lat= latitude; Lon= longitude; ΔR = Δ do efeito reservatório; σ = erro do ΔR); (b) resultado do cálculo do ΔR efeito reservatório para a área estudada..... 58
- Tabela 3 - Sumário das Associações das espécies de foraminíferos planctônicos utilizadas na reconstrução da TSM para o testemunho CF02-01-B e CF02-02B.....66
- Tabela 4 - Medidas de distância para determinação de dissimilaridade entre duas assembléias (Overpeck *et al.*, 1985)..... 68
- Tabela 5 - (a) Médias anuais e sazonais da TSM ($^{\circ}\text{C}$) na região de Cabo Frio para o período entre 1971-1980. (Fonte: Álcalis. Dados cedidos pelo IEAPM). (b) Média de TSM calculada para os períodos de ressurgência mais freqüente (primavera-verão) e de menor freqüência (outono-inverno)..... 70
- Tabela 6 – Sumário das Associações das espécies de foraminíferos planctônicos utilizadas na calibração da TSM atual para a aplicação da TAM nos testemunhos CF02-01-B e CF02-02B. 71
- Tabela 7 - Amostras selecionadas para datação ^{14}C dos testemunhos CF02-01B e CF02-02B, código de identificação de laboratório, resultados e idade calibrada (intervalo com idade de maior distribuição de probabilidade em negrito)..... 79
- Tabela 8 - Valores máximo e mínimo da freqüência relativa das espécies de foraminíferos planctônicos ao longo dos testemunhos da plataforma continental de Cabo Frio..... 86
- Tabela 9 - Valores máximo e mínimo do fluxo das espécies identificadas de foraminíferos planctônicos ao longo dos testemunhos da plataforma continental de Cabo Frio..... 87
- Tabela 10 – TSM estimada e seus respectivos desvios para as amostras de sedimentos superficiais de Cabo Frio. (Nível de corte 25%; 10 melhores análogos selecionados).....93

Tabela 11 – Síntese das características faciológicas do testemunho CF0202-B e interpretações paleoambientais com base na evolução da plataforma continental brasileira. Intervalos de idades calibradas, com respectivas profundidades, características faciológicas e interpretações paleoambientais.....108

Lista de Abreviaturas

AC –	Água Costeira
ACAS -	Água Central do Atlântico Sul
AMS -	<i>accelerator mass spectometry</i>
AP –	Antes do Presente
AT –	Água Tropical
cal –	calibrada
CB –	Corrente do Brasil
CM -	Corrente de Malvinas
COT -	carbono orgânico total
ENOS -	El Niño –Oscilação Sul
FB –	Foraminíferos Bentônicos
FP –	Foraminíferos Planctônicos
FT –	Foraminífero Total
g/cm ³ -	gramas por centímetro cúbico
nd. –	indivíduo
N-	Norte
NE –	Nordeste
S -	Sul
Sal –	Salinidade
SSM -	Salinidade da Superfície do Mar
SW –	Sudoeste
T –	Temperatura
TAM -	Técnica do Análogo Moderno
TSM –	Temperatura Superficial do Mar
δ -	delta
‰-	por mil
YD -	<i>Younger Dryas</i>
ZCAS -	Zona de convergência do Atlântico Sul
ZCIT -	Zona de convergência Intertropical

RESUMO

Os testemunhos CF02-01B e CF02-02B foram coletados na plataforma continental de Cabo Frio (23°11' S e 42°47' W) com o objetivo geral de reconstruir a temperatura da superfície do mar (TSM) nos últimos 13.000 anos cal, com base na fauna e na composição isotópica ($\delta^{18}\text{O}$) de foraminíferos planctônicos. Cobrindo os últimos 13.000 cal, o testemunho CF02-02B registrou o final do Pleistoceno e todo o Holoceno e mostrou seis fácies sedimentares as quais registraram a evolução sedimentar da plataforma continental durante o Holoceno. O testemunho CF02-01B cobriu os últimos 4.000 anos e permitiu uma melhor resolução do comportamento da TSM na área de estudo durante este período. O estudo da fauna de foraminíferos planctônicos mostrou duas espécies dominantes: *Globigerinoides ruber* (Gr) e *Globigerina bulloides* (Gb), as quais, de acordo com a sua ecologia, podem ser consideradas indicadoras da AT e da ACAS, respectivamente. A temperatura de calcificação de *G.ruber* e de *G.bulloides* atestou a preferência destas espécies por águas quentes (AT) e frias (ACAS). Desta forma, a razão Gb:Gr foi aplicada como um indicador da TSM, assim como, o fluxo de *G.bulloides*, nos valores do $\delta^{18}\text{O}$ de *G.ruber* e de *G.bulloides*. Uma estimativa dos valores absolutos de TSM foi obtida a partir da Técnica do Análogo Moderno (TAM). De acordo com estes marcadores, o padrão de variabilidade da TSM de Cabo Frio apresentou três fases. Fase (1) entre 13.000 e 7.000 anos cal AP, onde a TSM estimada, provavelmente, esteve associada à intensas variações no nível do mar, à variações da temperatura atmosférica e à mudanças na circulação termohalina. Esta fase foi marcada pela amplitude da variabilidade da TSM, onde se registrou o *Younger Dryas*, em torno de 12.000 anos cal AP e a influência gradativa da ACAS (Água Central do Atlântico Sul) na região de Cabo Frio com o início do Holoceno. A TSM estimada esteve entre 26,4 e 10,3 °C. Fase (2) entre 7.000 e 3.500 anos cal AP. Esta fase foi marcada por uma menor variabilidade da TSM, bem como, pela TSM mais elevada que indicou a predominância da Água Tropical (AT) na plataforma continental de Cabo Frio. Sendo assim, uma fase de ressurgência fraca. A TSM estimada esteve entre 25,6 e 18,2°C. Fase (3) a partir de 3.500 anos cal AP. Nesta fase, a TSM apresentou alta variabilidade, no entanto, com uma tendência à baixa temperatura que indicou a predominância da ACAS na plataforma continental de Cabo Frio, caracterizando assim, uma fase de ressurgência fortalecida. A TSM estimada esteve entre 26,4 e 16,0 °C. O padrão de variabilidade da TSM observado ao longo dos últimos 13.000 anos cal foi similar àquele observado para o Carbono Orgânico Total (COT). A alta correlação entre o COT e o fluxo de *G. bulloides* confirmou a relação entre a TSM e a ressurgência de Cabo Frio. Dentre os fatores que condicionaram o padrão de variabilidade da TSM e da ressurgência de Cabo Frio, tendo em vista, a clara relação entre eles, pode-se destacar a intensidade e frequência dos ventos de NE que promovem a ressurgência, o sistema de frentes frias que modifica o padrão de ventos inibindo o processo de ressurgência, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que promove o bloqueio dos sistemas polares, favorecendo o processo de ressurgência e os Eventos ENOS (El Niño-Oscilação Sul) que provavelmente foram responsáveis pela alta variabilidade da TSM observada na fase três. Desta forma, o registro da variabilidade da TSM de Cabo Frio parece exibir uma correlação com eventos climáticos do Atlântico Norte e fornece evidências para a

existência de teleconexões globais entre os climas regionais. Assim, a fauna de foraminíferos planctônicos mostrou-se uma ferramenta eficiente no estudo das condições paleoceanográficas de Cabo Frio, uma vez que as mudanças nas assembléias e na composição isotópica do $\delta^{18}\text{O}$ das carapaças podem ter ocorrido em função da dinâmica das massas d' água na Plataforma Continental de Cabo Frio durante os últimos 13.000 anos cal AP.

Palavras-chaves: foraminíferos planctônicos, paleoceanografia, Cabo Frio, paleotemperaturas, Holocene.

ABSTRACT

Planktonic Foraminifera and isotopic composition ($\delta^{18}\text{O}$) of *Globigerinoides ruber* (*Gr*) and *Globigerina bulloides* (*Gb*) were used to reconstruct SST variations in the coastal shelf of Cabo Frio (23°11' S and 42°47' W) for the past 13.000 cal yr. For this, two cores (CF02-01B e CF02-02B) were drilled. CF02-02B core covered the last 13000 years cal and registered the late Pleistocene and the whole Holocene. It presented six lithologic units which registered the evolution of the coastal shelf during the Holocene. CF02-01B core covered the last 4000 years and allowed a better SST resolution. The species *Globigerinoides ruber* (*Gr*) and *Globigerina bulloides* (*Gb*) were considered dominants in the planktic foraminifera assemblages. These species are markers of the TW (Tropical Water) and SACW (South Atlantic Central Water), respectively. The average calcification temperature of *G.ruber* and of *G.bulloides* confirmed the preference of these species for warm waters and cold waters, respectively, justifying the use of the ratio *Gb:Gr* as marker of the SST. The SST variability estimate was based on the ratio *Gb:Gr*, on the *G.bulloides* flux, on the $\delta^{18}\text{O}$ *G.ruber* and *G.bulloides*. The absolute SST was estimated based on the Method Analog Technique (MAT). According to these markers, three phases are characterized. Phase (1) between 13000 and 7000 years BP, the estimated SST was associated to the intense variations on the level of the sea and the thermohaline circulation changes and variations in the atmospheric temperature. This phase is characterized by the high amplitude of the SST variability, in which *Younger Dryas* was registered, around 12000 years cal BP and the gradual influence of the SACW in the region of Cabo Frio during the earlier Holocene. According to MAT, the estimated SST ranged from 26,4 to 10,3 °C during phase I. Phase II, between 7000 and 3500 years cal BP was characterized by low variability of the SST, as well as the higher SST which indicates the predominance of TW on the coastal shelf of Cabo Frio, suggesting a weak upwelling phase. According to MAT, the estimated SST ranged from 25,6 to 18,2 °C. Phase III, after 3500 years cal BP, presents again high SST variability, however, showing a tendency to low temperatures, which indicates the predominance of the SACW on the coastal shelf of Cabo Frio, suggesting a stronger upwelling phase. According to MAT, the estimated SST ranged from 26,4 to 16,0 °C. The SST variability observed over the last 13000 years cal BP was similar to the Total Organic Carbon (TOC). The high correlation between the TOC and the flux of *G. bulloides* confirms the relation between the SST and the upwelling of Cabo Frio. Among the factors that have conditioned the SST pattern of variability of Cabo Frio, it can list: the intensity and the frequency of the NE winds that promote the upwelling; the cold fronts system that control the pattern of the winds, and thus inhibiting the upwelling; the SACZ (South Atlantic Convergence Zone) that promotes the blocking of the polar systems, favoring the upwelling and the El Niño-Oscillation South (ENSO) events that were very likely to be the responsible for the high SST variability observed in the third phase. The variability of SST in Cabo Frio along the Holocene seems to exhibit a correlation with climatic events of the North Atlantic and provides evidence for the existence of teleconnections between the regional and global climates. Then, planktic foraminifera showed an efficient tool for the study of the paleoceanographic conditions of Cabo Frio coastal shelf.

Keywords: planktic foraminífera, paleoceanographic, Cabo Frio, paleotemperature, Holocene.

1. INTRODUÇÃO

Estudos paleoceanográficos têm, de maneira geral, como objetivo elucidar como os processos oceânicos atuam nas mudanças climáticas globais. Seu principal objeto de estudo é a estratigrafia dos sedimentos marinhos, na qual se emprega uma variedade de métodos com origem nas ciências biológicas, químicas e físicas, além de técnicas estatísticas para interpretação dos dados. Talvez, o resultado mais importante de trabalhos paleoceanográficos seja a reconstrução de climas passados e condições ambientais de vários intervalos de tempo em vários níveis de precisão (WEFER *et al.*, 1999).

Devido à grande interação que há entre os sistemas de circulação geral da atmosfera e dos oceanos, pode-se dizer que os oceanos têm um papel fundamental no clima global. Como a TSM (Temperatura da Superfície do Mar) global é fortemente influenciada pelas mudanças do clima, o registro da variabilidade da TSM ao longo de um determinado tempo torna-se uma importante chave para a modelagem climática. Em vista disto, uma reconstrução confiável de TSM se faz necessária, visando boas previsões de clima futuro.

As reconstrução de paleo-TSMs podem ser feitas através dos *proxies* mais comumente utilizados: assembléias de microfósseis, química das testas de foraminíferos (composição do isótopo de oxigênio, Mg/Ca) e alquenonas.

Em se tratando de assembléias de microfósseis destaca-se a fauna de foraminíferos planctônicos. Há muito, este grupo vem sendo utilizado como um traçador das propriedades das águas superficiais (SINHA *et al.*, 2006). Sua excelente preservação, ocorrência global e alta abundância nos sedimentos marinhos são os principais motivos para sua aplicação em estudos paleoceanográficos e paleoclimáticos (SCHIMIDT *et al.*, 2003). Estimativas de paleo-temperaturas podem ser feitas a partir da análise da composição das espécies, de técnicas estatísticas e uma base de dados regional, onde são aplicadas técnicas de função de transferência ou a técnica do análogo moderno, cuja precisão está entre 1-2°C (IMBRIE; KIPP, 1971). Inclui-se, ainda a composição isotópica da testa do foraminífero (SHACKLETON; OPDYKE, 1973) e

outros traçadores químicos como a razão Mg/Ca, a qual têm sido utilizada na reconstrução de paleotemperaturas (EGGINS, *et al.* 2003).

Estas ferramentas são valiosas para reconstrução paleoclimática e paleoceanográfica, especialmente quando utilizadas em conjunto, numa abordagem *multi proxy*, permitindo verificar a consistência dos resultados de diferentes métodos. Além disso, uma estimativa de temperatura independente permite verificar a contribuição da salinidade e da temperatura na composição da $\delta^{18}\text{O}$ das testas dos foraminíferos (LEA *et al.* 2002).

A variabilidade da TSM em regiões de ressurgência tem sido retratada através de foraminíferos planctônicos nas principais áreas de sua ocorrência (HUANG *et al.*, 2002; HEBBELN *et al.*, 2002; FARMER *et al.* 2002; PEETERS *et al.* 2002; TEDESCO; THUNELL, 2003; GANSSEN, 2005). Segundo Oda (1997), as baixas TSM e anomalias negativas de TSM observadas em áreas de ressurgência podem ter grande influência sobre a circulação atmosférica local, o que desperta o interesse científico para estas áreas. Neste estudo, os foraminíferos planctônicos são utilizados como ferramenta no estudo do comportamento da TSM durante o Holoceno em uma região de ressurgência costeira (Cabo Frio), na costa do Estado do Rio de Janeiro.

A região de Cabo Frio pode ser considerada uma área-chave para estudos paleoclimáticos, pois vários mecanismos climáticos atuantes na América do Sul podem de alguma forma influenciar as condições de ressurgência em Cabo Frio, logo, com as mudanças de TSM ao longo do tempo. Assim, o deslocamento da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical) que influencia o regime de precipitação em grande parte da América do Sul, pode controlar a formação da ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul), que apresenta um importante papel no regime de chuvas da Região Sudeste, especialmente, nos meses de janeiro e fevereiro. Esta por sua vez, tem sua persistência influenciada pela passagem de frentes frias, as quais atuam na mudança no padrão da circulação atmosférica. Além disso, é uma área que também sofre influência de eventos ENOS (*El Niño* Oscilação Sul) que pode alterar o padrão dos fatores atmosféricos citados (MARTIN, 1993; CAMPOS, *et al.*, 2000; SILVA, 2004).

1.1 HIPÓTESE DE TRABALHO

Este trabalho baseia-se na hipótese de que:

(I) ocorram mudanças na fauna de foraminíferos planctônicos, bem como, na composição isotópica do oxigênio das testas em função da predominância das massas d'água quentes (Água Tropical - AT) ou fria (Água Central do Atlântico Sul - ACAS) na plataforma continental de Cabo Frio, ao longo do Holoceno;

(II) tais mudanças podem ser relacionadas às alterações do clima regional.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Com base nas considerações citadas, este trabalho tem como objetivo geral reconstruir as mudanças na TSM na região de Cabo Frio ao longo do Quaternário, com base na fauna de foraminíferos planctônicos.

1.2.2 Objetivos específicos

São eles:

- * Verificar a composição da fauna de foraminíferos planctônicos nos testemunhos estudados;
- * Identificar as associações de foraminíferos planctônicos que se relacionam às mudanças da TSM em Cabo Frio;
- * Estimar a TSM relativa através de dados quali-quantitativos de espécies e do $\delta^{18}\text{O}$ de *G.ruber* e *G.bulloides*;
- * Aplicar da Técnica do Análogo Moderno (TAM) para a reconstrução da TSM ao longo Quaternário;
- * Interpretar a variabilidade da TSM estimada para Cabo Frio, durante o período, relacionando-as às mudanças oceanográficas, atmosféricas e climáticas regionais.

2. BASE TEÓRICA

2.1 FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS

Os foraminíferos são seres unicelulares e eucariontes, pertencentes ao Reino Protista. Apresentam pseudópodes delgados e anastomosados e protoplasma protegido por uma carapaça comumente chamada testa, consistindo de uma ou várias câmaras. Tais câmaras são interconectadas por um orifício (forâmen) que permite que o protoplasma ocupe todo interior da carapaça. As carapaças podem ser compostas por secreção orgânica, mineral (calcita, aragonita ou sílica) ou por partículas aglutinadas (LOEBLICH; TAPPAN, 1988; MANIGHETTI; NORTERCORTE, 2000).

Os foraminíferos podem ser bentônicos ou planctônicos. Atualmente, cerca de 4.000 espécies são de foraminíferos bentônicos, enquanto os planctônicos estão representados por cerca de quarenta e quatro espécies, dentre as quais vinte e uma são comuns entre os oceanos do mundo (ARNOLD; PARKER, 1999).

Os foraminíferos planctônicos surgiram durante o Período Jurássico e tornaram-se mais abundantes a partir do Cretáceo. São organismos exclusivamente marinhos, cuja carapaça é composta por carbonato de cálcio (CaCO_3) do tipo calcita.

A maioria vive na zona eufótica durante o estágio inicial do seu ciclo de vida e descem para águas profundas quando adultas; espécies com espinhos, tais como as dos gêneros *Globigerinoides* e *Globigerina* são em geral epipelágicas, enquanto àquelas desprovidas de tais estruturas, como as do gênero *Globorotalia*, podem ocupar habitats mais profundos. Desta forma, a migração vertical ontogenética não favorece que os foraminíferos planctônicos sejam abundantes em regiões rasas como as plataformas continentais internas (BÉ, 1971).

Embora seja difícil definir um limite estreito para o alcance de profundidade de uma espécie, pois a distribuição vertical é extremamente ampla e variável regional e sazonalmente, e também, ao longo do ciclo de vida de determinadas espécies. De acordo com Bé e Tolderlund (1971), os foraminíferos planctônicos podem ser divididos em três grupos (assembléias) de acordo com a profundidade do habitat, são eles:

(1) espécies de águas superficiais (predomínio acima de 50 m), principalmente as formas espinhosas, incluindo todas as espécies do gênero *Globigerinoides* e muitas de *Globigerina*;

(2) espécies de águas intermediárias (predomínio entre 50-100 m) consistindo de espécies espinhosas e não-espinhosas e;

(3) espécies de águas profundas (predomínio abaixo de 100 m); nesta assembléia todos vivem na zona eufótica quando jovens, mas encontradas principalmente, abaixo de 100 m quando adultas. As espécies referente à cada grupo estão listadas no tabela 1.

Tabela 1- Profundidade de habitat generalizado dos foraminíferos planctônicos. (BÉ, 1971).

Espécies de águas superficiais (> 50 m)	Espécies de águas intermediárias (50-100 m)	Espécies de águas profundas (<100 m)
<i>Globigerinoides ruber</i>	<i>Globigerina bulloides</i>	<i>Globorotalia menardii</i>
<i>Globigerinoides sacculifer</i>	<i>Hastigerina pelagica</i>	<i>Globorotalia tumida</i>
<i>Globigerinoides conglobatus</i>	<i>Orbulina universa</i>	<i>Globorotalia inflata</i>
<i>Globigerina quinqueloba</i>	<i>Globigerinella aequilateralis</i>	<i>Globorotalia hirsuta</i>
<i>Globigerina rubescens</i>	<i>Globigerina calida</i>	<i>Globorotalia truncatulinoides</i>
	<i>Pulleniatina obliquiloculata</i>	<i>Globorotalia crassaformis</i>
	<i>Globoquadrina dutertrei</i>	<i>Globorotalia scitula</i>
	<i>Candeina nitida</i>	<i>Globoquadrina pachyderma</i>
	<i>Globigerinita glutinata</i>	<i>Globoquadrina conglomerata</i>
		<i>Globoquadrina hexagona</i>
		<i>Globigerinella adamsi</i>
		<i>Sphaeroidinella dehiscens</i>
		<i>Hastigerinella digitata</i>

Embora a profundidade do habitat dos foraminíferos demonstre, muitas vezes, uma relação com o seu padrão de distribuição, devem ser levados em consideração os fatores correlacionados à profundidade, tais como: temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, condição fótica e nível de nutrientes, os quais, provavelmente, são os fatores que exercem o controle sobre a profundidade do habitat (ARNOLD; PARKER, 1999). Segundo Bé (1977), os fatores biológicos tais como predação, competição intra e inter-específica, simbiose também influenciam o padrão de distribuição destes organismos.

Tendo em vista a área em que cada espécie ocorre em maior abundância, Bé (1977) estabeleceu as regiões de distribuição biogeográfica das espécies o que permitiu separá-las em províncias faunais e zona de transição a seguir:

- província tropical, cujas espécies dominantes são *Globigerinoides sacculifer*, *G. ruber*, *Pulleniatina obliquiloculata*, *Globoquadrina dutertrei*, *Globorotalia menardii*;
- província subtropical, onde destacam-se as espécies associadas às regiões de ressurgência, tais como, *Globoquadrina dutertrei*, *Globigerinella aequilateralis*, *Hastigerina pelagica* e *Globorotalia menardii gibberula*; destacam-se, ainda, espécies tropicais freqüentemente encontradas nesta província. São elas: *Pulleniatina obliquiloculata*, *Globigerinoides sacculifer* e *Globigerina rubescens*;
- zona de transição, região onde há mistura de espécies subtropical-tropical e polares, caracterizada e dominada por *Globorotalia inflata*;
- província subpolar, na qual há o predomínio de *Globigerina bulloides*, no entanto, destacam-se também, *Globoquadrina pachyderma dextral*, *Globorotalia scitula* e *Globigerinita bradyi*;
- província polar, apresenta como espécie dominante *Globoquadrina pachyderma* sinistral, podem ser encontradas também *Globigerina quinqueloba*, *Globigerina bulloides*, *Globigerinita bradyi* e *Globigerinita glutinata*.

Assim, a partir dos estudos sobre distribuição vertical e latitudinal dos foraminíferos planctônicos realizados por Bé e Tolderlund (1971), as assembléias identificadas permitem caracterizar as condições ambientais através da sua distribuição biogeográfica.

Os foraminíferos respondem às variações dos parâmetros ambientais com alterações morfológicas, mudanças nas associações e na sua distribuição na coluna d'água (BÉ; TOLDERLUND, 1971; BOLTOVSKOY *et al*, 1991; MÜCKE; OBERHÄNSLI, 1999). Daí a importância do grupo como indicadores ambientais.

Além disso, a excelente preservação das testas, a ocorrência global do grupo, a abundância e distribuição nos sedimentos marinhos qualifica os foraminíferos para estudos de reconstruções paleoceanográficas. Nestes estudos, a composição da fauna através do tipo de assembléia, bem como a composição isotópica das testas

registram as condições físico-químicas que caracterizam a massa d'água na qual o foraminífero vive, comportando-se assim, como indicadores de temperatura, salinidade e o conteúdo de nutrientes (IMBRIE;KIPP, 1971).

Segundo Boltovskoy (1973), os foraminíferos planctônicos apresentam uma acentuada sensibilidade aos fatores climáticos, principalmente no que se refere ao parâmetro temperatura. A variabilidade morfológica das testas como mudança na direção do enrolamento, na forma e tamanho (BÉ, 1971; NAIDU; MALMGREN, 1996; ARNOLD; PARKER, 1999) e a porosidade (BÉ, 1971) estão correlacionados com as flutuações de temperatura e podem ser utilizados para interpretação paleoclimática. Da mesma forma, a mudança no aporte de nutrientes é rapidamente refletida na produção de foraminíferos planctônicos (GIRAUDEAU *et al.*, 2000), onde espécies como *Globigerina bulloides*, *Neogloboquadrina dutertrei* demonstram preferência por águas ricas em nutrientes.

No entanto, espécies de ambientes tropicais e subtropicais oligotróficos que vivem em águas superficiais, adotam o mecanismo trófico de endossimbiose algal (LEE, 2006). Esta relação permite uma nutrição mixotrófica (HALLOCK, 1999) e fornece uma importante vantagem energética para sua adaptação nestes ambientes oceânicos.

Dinoflagelados e crisófitas que ocorrem em membros da família Globigerinidae são simbioses algais,. Membros de outras quatro famílias Candeinidae, Pulleniatinidae, Hastigerinidae e Globorotalidae apresentam crisófitas como endossimbiontes (LEE; ANDERSON, 1991 *apud* HALLOCK, 1999). A vantagem potencial desta simbiose algal inclui a energia da fotossíntese, o aumento da calcificação e a retirada de metabólitos pela alga.

2.1.1 Reconstrução paleoceanográfica – utilização de foraminíferos em áreas de ressurgência

Os foraminíferos planctônicos têm sido amplamente utilizados em estudos de reconstrução paleoambiental e paleoceanográfica de áreas de ressurgência, seja pela composição da fauna, seja pela composição isotópica das testas (LITTLE *et al.*, 1997; UFKES *et al.*, 1998; VÉNEC- PEYRÉ; CAULET, 2000; HUANG *et al.*, 2002; HEBBELN *et al.*, 2002; FARMER *et al.* 2002; GANSSEN, *et al.* 2005).

Em estudos da fauna recente, a partir de armadilhas de sedimentos, observa-se uma resposta rápida da produção foraminíferos planctônicos para as mais suaves mudanças nas condições ambientais. Segundo Giraudeau *et al.* (2000) que estudaram a ressurgência costeira de Bengüela, as espécies *N.pachyderma*, *T.quinqueloba* e *G.bulloides* respondem com altos fluxos aos picos de ressurgência. Assim, assumindo-se que estas respostas ecológicas das espécies, ou assembléia de espécies, aos parâmetros físicos e químicos dos oceanos não mudam ao longo do tempo geológico, pode-se inferir as mudanças hidrográficas ocorridas nestes ambientes em épocas passadas (IMBRIE; KIPP, 1971), e então, reconstruir a atividade da ressurgência ao longo de determinado período.

Os estudos de Peeters *et al.* (2002b) compararam a distribuição e a composição isotópica das testas de *G. bulloides* e *G.ruber* atuais com as propriedades físico-químicas na coluna d'água no NW do Mar da Arábia. Esta área sofre mudanças hidrológicas controladas por sistemas de monções (NW e SW) que resultam em um forte gradiente sazonal e vertical das propriedades das águas superficiais. A comparação das respostas das espécies nas duas estações de monções revelou que *G.bulloides* reflete condições de ressurgência durante as monções de SW, onde a concentração de testas é duas ordens de magnitude mais altas durante a ressurgência que no período subsidência. Desta forma, os espécimes fósseis desta espécie refletem apenas as condições de ressurgência. Por outro lado, a produção de *G.ruber* ocorre durante ambas monções, no entanto, com menor concentração de testas durante o período de ressurgência. Isto significa que ambas as espécies são controladas pelas mudanças sazonais na hidrografia das águas superficiais. Além disso, a ressurgência sazonal causa uma grande mudança nas condições das águas superficiais afetando diretamente o ambiente físico-químico no qual os foraminíferos secretam suas testas de calcita. Assim, considerando o período de maior abundância das testas das espécies estudadas, os autores sugerem que a $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{bul-rub}}$ pode ser usado como *proxy* para variação da temperatura sazonal das águas superficiais.

Ainda para o NW do Mar da Arábia, Peeters e Brummer (2002a) em seu trabalho sobre a distribuição vertical e sazonal dos foraminíferos planctônicos verificaram mudanças sazonais na assembléia faunal, na concentração de testas e na profundidade de habitat devido às mudanças hidrológicas ligadas ao sistema de monções na região. Sendo assim, foram constatadas três assembléias identificadas

como de ressurgência (*G.bulloides*, *N. dutertrei*, *N. pachyderma* (sin.), *T. quinqueloba*), tropical (*G.ruber*, *G.sacculifer*, *G.siphonifera*, *G. tenela*) e subsuperficial (*G. calida*, *H.parapelagica*, *T.iota*). Tais mudanças na composição da fauna e, ainda, na composição isotópica, permitiram reconstruir as condições das águas superficiais em uma escala de tempo longa para a área estudada.

Segundo Schmidt *et al* (2003), durante o Holoceno, além da temperatura, a produtividade e a variabilidade do ambiente, especialmente em áreas de ressurgência, influenciam o tamanho das espécies de foraminíferos planctônicos. Naidu e Malmgren (1996) utilizaram-se de três índices de ressurgência: fluxo total de testas de foraminíferos planctônicos, fluxo e abundância relativa de *G. bulloides*, para o registro do fenômeno oceanográfico ao longo de 19.000 anos. Os índices de ressurgência foram testados também para outras espécies de foraminíferos. Segundo os autores, o fluxo e a concentração das testas fornece uma melhor e mais confiável informação sobre as mudanças no sistema de monções no Mar da Arábia.

No sudeste do Oceano Índico, área considerada climaticamente sensível pela influência de correntes oceânicas frias e quentes, Sinha *et al.*(2006) utilizaram-se de assembléias de foraminíferos planctônicos para a observação de sinais paleoclimáticos durante o Quaternário. Neste estudo, quatro espécies constituíram aproximadamente 70% da população, tendo sido selecionadas para interpretação paleoclimática considerando a sua importância como proxy de massas d'água, de condições de ressurgência e de nível trófico da coluna d'água. Dentre estas espécies destacam-se *G. bulloides*, espécie subpolar também encontrada em águas frias e em áreas de ressurgência tropical e *G. glutinata*, espécie cosmopolita, com ampla distribuição latitudinal, também encontrada em áreas de ressurgência tropical. Destaca-se, ainda, *G. ruber* que documenta condições opostas àsquelas registradas pelas espécies anteriores. Assim, através da sua abundância relativa foi possível verificar as mudanças de águas quentes, bem estratificadas, melhor exploradas por espécies oligotróficas (alta abundância de *G.ruber*), para águas relativamente mais frias, misturadas, de condições eutróficas (alta abundância de *G. bulloides* e *G. glutinata*). Considerando, ainda, segundo Sinha *et al.*(2006), o registro do $\delta^{18}\text{O}$, foram identificados cinco intervalos, durante o Quaternário, onde ocorreram eventos de ressurgência moderada ou intensa, devido ao enfraquecimento ou ausência da Corrente Leeuwin (CL). Tais condições oceanográficas diferem da atual pela dominância da CL na região, a qual impede a ocorrência de ressurgência.

Aproximadamente 13.300 anos de ressurgência costeira no Chile foram registrados por Marchant *et al* (1999). De acordo com os autores a análise dos foraminíferos planctônicos mostrou a evolução da Corrente Peru-Chile. Neste processo distinguiram-se três etapas. Na primeira, do início do registro até 10,6Ka BP, a alta produção de *G. bulloides* e *N. pachyderma* (sin.) e o fluxo do total de foraminíferos planctônicos apontaram para uma produtividade relativamente maior nas águas superficiais atribuída à ressurgência costeira forte e variável. A segunda etapa caracterizou-se pela mudança na composição das espécies com o aumento de *N.dutertrei* e *N.pachyderma* (dex.) indicando um aquecimento da águas. Hoje, *N.dutertrei* reflete a advecção de Água Superficial Subtropical que ocorre, principalmente, em condições de Eventos *El Niño*. A partir de 9,7 Ka BP a composição das espécies e o menor fluxo do total de foraminíferos planctônicos apontam para uma baixa produtividade. A terceira etapa, em torno de 3Ka BP, apresentou outra marcante mudança na fauna. *N.dutertrei* mostrou-se dominante, *N.pachyderma* (sin.) e *G.glutinata* mostraram elevada proporção, enquanto a proporção de *N.pachyderma* (dex.) diminuiu. Este tipo de assembléia indica condições muito variáveis, como o aumento da intensidade da ressurgência e o aumento da advecção de águas quentes, provavelmente, pela intensificação do Sistema *El Niño*.

Em se tratando, ainda, do sistema da Corrente Peru-Chile, Mohtadi *et al.* (2004) elaborou a reconstrução das variações na paleoprodutividade para os últimos 19.000 anos cal a partir das espécies *N.pachyderma* (dex.), *G.bulloides*, *N.pachyderma* (sin.), *N.dutertrei*, *G.glutinata* e *G.inflata*, as quais permitiram observar a variabilidade da produtividade e da intensidade da ressurgência ao longo do período estudado.

As espécies *G. bulloides* e *G.ruber* também foram bioindicadores para o registro da variabilidade hidrográfica no Atlântico Norte tropical e do Caribe para os últimos 2.000 anos, por Black *et al.*(2004). A utilização destas espécies baseou-se em estudos anteriores na Bacia de Cariaco (TEDESCO; THUNELL, 2003), que mostrou mudanças sazonais nas assembléias de foraminíferos planctônicos onde foram evidenciadas as dominâncias durante os meses de ressurgência no inverno/primavera de *G.bulloides* e de *G.ruber* durante os meses de verão/outono. Assim, estas espécies representam o ciclo da TSM na Bacia de Cariaco

(Venezuela), e portanto, podem ser utilizadas para reconstruir a história climática da região do Caribe.

Desta maneira, os foraminíferos planctônicos através da variação do seu tamanho, taxa de acumulação (fluxo), direção de enrolamento, composição da assembléia e assinatura isotópica têm sido extensivamente utilizados em estudos de reconstrução de condições oceanográficas, como paleotemperatura e paleoprodutividade, os quais definem a reconstrução da história da ressurgência ao longo tempo.

2.2 TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR (TSM)

A temperatura da superfície do mar (TSM) é uma medida das condições climáticas modernas que fornece um importante diagnóstico climático sob uma escala espacial e temporal (ORTIZ; MIX, 1997).

Segundo Alves (2006), a TSM nos oceanos tropicais Pacífico e Atlântico é a principal variável física influenciadora das condições climáticas em várias áreas do globo. O aquecimento das águas tropicais pelos raios solares, através do oceano e da atmosfera, promove um equilíbrio térmico onde o calor é transferido das baixas para as mais altas latitudes amenizando o clima das regiões mais frias. Tal fluxo de calor se dá através das correntes superficiais marinhas que ocorrem segundo os padrões de ventos globais e da circulação termohalina, causada por diferenças de densidade da água do mar.

De acordo com Hochleitner (2005), os atuais modelos de circulação global necessitam de estimativas confiáveis de TSM, no registro histórico e recente, com dados que possuam alta precisão para que as previsões tenham uma melhor resolução.

2.2.1 Reconstrução de paleotemperaturas a partir da composição isotópica das testas de foraminíferos planctônicos

Estimativas confiáveis de paleotemperatura podem ser obtidas da composição da fauna de foraminíferos planctônicos (NIEBLER *et al.* 1999). No entanto, em 1947, o químico nuclear Harold Urey determinou que a temperatura dos oceanos pode ser obtida através da medição dos isótopos de oxigênio que os foraminíferos incorporam em suas testas durante o seu ciclo de vida. Como a quantidade de cada isótopo incorporado na testa varia de acordo com a temperatura

da água, a razão $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ poderia, então, ser determinada pela técnica de espectrometria de massa e assim ser utilizada para estimar as temperaturas em estudos paleoclimáticos.

Os isótopos estáveis de oxigênio usados em reconstruções paleoclimáticas são ^{16}O e ^{18}O . Este elemento possui três isótopos estáveis: ^{16}O , ^{17}O e ^{18}O com abundância relativa natural de 99,76%, 0,04% e 0,20%, respectivamente. Para se obter uma estimativa quantitativa da abundância de tais isótopos a razão $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ de um dado material (amostra) é comparada a uma razão $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ conhecida (padrão). As variações resultantes destas razões isotópicas são expressas em notação delta como: $\delta^{18}\text{O} \text{ ‰} = 10^3 \times (R_{\text{amostra}} - R_{\text{padrão}}) / R_{\text{padrão}}$. Onde os valores positivos de $\delta^{18}\text{O}$ indicam o enriquecimento em isótopos pesado, em relação ao padrão, o carbonato de belemnites da formação Pee Dee (PDB), enquanto o empobrecimento mostrado por valores negativos (ROHLING; COOKE, 1999).

Segundo Wright (2000) a razão $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ no sistema oceano/atmosfera não é uniforme e varia espacial e temporalmente. Tais variações são produzidas em função do fracionamento isotópico. Segundo Faure (1986), o fracionamento dos isótopos (mudança na abundância relativa) de um elemento pode ocorrer na natureza como resultado de processos químicos, físicos ou biológicos. Isto resulta em pequenas diferenças na abundância dos isótopos de vários compostos. Assim, se R_A e R_B são a razão pesado/leve para quaisquer dois isótopos na reação de troca entre os compostos A e B, então o fator de fracionamento é definido como $\alpha_{A-B} = R_A/R_B$.

O fracionamento isotópico resulta principalmente de reações de troca isotópica e efeito cinético. As reações de troca isotópica levam ao processo de fracionamento conhecido como *fracionamento isotópico de equilíbrio*, o qual é temperatura-dependente. Enquanto, os efeitos cinéticos causam desvios do equilíbrio devido a diferentes taxas de reação de várias espécies de isótopos. Importantes efeitos cinéticos estão associados à difusão (ROHLING; COOKE, 1999).

O $\delta^{18}\text{O}$ da água do mar está intimamente relacionado ao ciclo hidrológico, o qual consiste em evaporação, transporte de vapor atmosférico e retorno de água doce para o oceano, via precipitação e escoamento superficial, ou derretimento de gelo (ROHLING; COOKE, 1999). Nas etapas do ciclo hidrológico podem ocorrer variações devido ao efeito do fracionamento. Estas variações terão um significativo efeito sobre o registro do $\delta^{18}\text{O}_{\text{calcita}}$ através do tempo.

Segundo Faure (1986) a água apresenta nove diferentes configurações, sendo a fórmula H_2^{16}O de menor massa atômica (18). Considerando que a pressão de vapor de moléculas de água isotopicamente diferentes são inversamente proporcionais as suas massas, o fracionamento, temperatura-dependente, entre as moléculas H_2^{16}O e H_2^{18}O durante o processo de evaporação, por exemplo, concentra H_2^{16}O no vapor, deixando a água enriquecida em H_2^{18}O .

Desta forma, os diferentes valores de ^{18}O medidos para água, nas três diferentes fases, afetam o ambiente oceânico, uma vez que vários pontos no oceano representam a mistura entre águas mais salinas e com altos valores de $\delta^{18}\text{O}$ em regiões evaporativas dos oceanos (subtrópicos) e as águas doces dos rios e com baixos valores de $\delta^{18}\text{O}$ (CRAIG; GORDON, 1965). Assim, de acordo com Rohling e Cooke (1999), a distribuição espacial do $\delta^{18}\text{O}$ nos oceanos depende da advecção e mistura das massas d'água de diferentes regiões.

Em se tratando de carbonatos, especificamente da calcita dos foraminíferos planctônicos, pode-se observar que de fato, a composição isotópica do oxigênio do carbonato difere da composição isotópica da água quando o composto é precipitado em condições de equilíbrio, conforme proposto por Urey (1947). Tal diferença resulta de uma reação de troca isotópica, onde:



Segundo, O'Neil *et al.* (1969) o fator de fracionamento é de 1,0286 em 25°C, onde este fator para o fracionamento calcita-água muda de acordo com a temperatura.

Desde os estudos de Urey (1947), Epstein *et al.* (1951, 1953) e Emiani (1955) a relação entre o isótopo de oxigênio de carbonatos biogênicos e a temperatura de formação das conchas é bem entendida. Isto possibilitou o uso da paleotermometria, ou seja, estimativas da paleotemperatura dos oceanos através de medidas da distribuição do ^{18}O entre a água e o CaCO_3 , em reconstruções paleoclimáticas.

Assim, foram formuladas várias equações de paleotemperatura (EPSTEIN *et al.*, 1951, 1953, CRAIG, 1965; O'NEIL *et al.* 1969; EREZ e LUZ, 1983), sendo a determinação original de Epstein:

$$T^{\circ}\text{C} = 16,5 - 4,3(\delta_c - \delta_a) + 0,14 (\delta_c - \delta_a)^2$$

onde, T é a temperatura durante a calcificação do carbonato, δ_c é a composição isotópica da calcita, δ_a é a composição da água do mar na qual o carbonato foi precipitado. Os valores de δ são, como mencionados anteriormente, dados como um desvio proporcional do padrão, neste caso o carbonato de belemnites da formação Pee Dee (WEFER *et al.* 1999).

Portanto, a composição isotópica do carbonato não depende apenas da temperatura, mas também, da composição isotópica da água (EMILIANI, 1966). Para amostras atuais, o δ_a pode ser medida diretamente em amostras de água oceânica. No caso de amostras fósseis, contudo, a composição isotópica da água é desconhecida e não sendo possível assumir que tenha se mantido imutável através do tempo.

Em particular, durante os períodos glaciais, a remoção preferencial do isótopo mais leve dos oceanos para o continente, em forma de gelo, levou ao aumento na razão $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ dos oceanos. Desta forma, o aumento no δ_c das testas dos foraminíferos durante o período glacial sofre influência não apenas da temperatura, mas também do aumento no δ_a do oceano durante tal período. Para a reconstrução da temperatura tal perda diferencial de ^{16}O comparado ao ^{18}O , ou seja, o quanto do aumento δ_c resulta da variação do δ_a - “efeito gelo” - deve ser conhecido.

Os valores de δ_a podem ser estimados através da análise da água intersticial dos sedimentos ou nas testas de foraminíferos bentônicos. Além disso, os valores de δ_a também podem ser calculados baseados na relação atual entre o $\delta^{18}\text{O}_a$ e a salinidade. Segundo Kroon *et al.* (2000), o $\delta^{18}\text{O}_a$ pode ser assim calculado para as águas superficiais do Oceano Atlântico moderno:

$$\delta^{18}\text{O}_a = 0,55302 \times S - 19,448$$

onde a S é a salinidade média da água. Esta reconstrução requer que os valores de δ_a sejam convertidos de PDB para o SMOW (Standard Mean Ocean Water) da seguinte forma:

$$\delta_a = 0,99973 \times \delta^{18}\text{O}_a - 0,27$$

Além das mudanças na composição isotópica da água através do tempo, outros processos podem influenciar a interpretação da temperatura do δ_c . A variação na profundidade do habitat, por exemplo, pode influenciar o fracionamento de equilíbrio, uma vez que a temperatura decresce com o aumento da profundidade. Algumas espécies mostram um aumento do δ_c com o crescimento sugerindo a calcificação em águas mais frias e profundas. Durante a formação das testas dos foraminíferos planctônicos podem ocorrer, ainda, desvios do equilíbrio influenciados pela atividade fotossintética dos seus endossimbiontes (SPERO,1992; SPERO; LEA, 1993; BIJMA *et al.*,1999), a concentração do íon carbonato na água do mar, bem como sua ontogenia (as câmaras menores têm um δ_c diferente comparado a câmara final, SPERO; LEA, 1996).

Portanto, para a utilização do sinal isotópico das testas dos foraminíferos em reconstrução de paleotemperaturas, e ainda, para uma correta interpretação dos resultados obtidos, se faz necessária a correção do *efeito gelo* e *desequilíbrio isotópico de oxigênio*, antes da sua aplicação na equação.

Atualmente, graças aos estudos experimentais de Bemis *et al.* (1998) e Spero *et al.*(2000), equações de paleotemperaturas baseadas na relação temperatura espécie-específica: $\delta^{18}O$ fornecem uma estimativa da temperatura dos oceanos mais confiáveis. Estes autores verificaram que tal relação pode ser significativamente diferente entre as espécies, e por isso, equações de paleotemperaturas têm sido calibradas para *G. bulloides*, *O.universa*, *N.pachyderma*, *G.sacculifer*, *G.ruber*, e *G.menardii*.

A aplicação de equações de paleotemperaturas espécies-específicas pode ser verificada em Bemis *et al.* (2002) para a estimativa de temperatura nos últimos 25Ka no Sul da Califórnia e, ainda, em Peeters *et al.*,(2002) no estudo do efeito da ressurgência na composição isotópica de *G. bulloides* e *G.ruber* nas águas superficiais modernas do NW do mar da Arábia.

Assim, mediante tais considerações, os isótopos de oxigênio dos foraminíferos tornaram-se um *proxy* para estudos paleoceanográficos e vêm sendo utilizados em diversos trabalhos na tentativa de reconstruir mudanças de volume do gelo, paleotemperaturas e paleosalinidades.

2.2.2 Reconstrução de paleotemperaturas a partir da fauna foraminíferos planctônicos

De acordo com Hale e Pflaumann (1999), a temperatura é um parâmetro crucial para os modelos de condições dos oceanos antigos principalmente porque diferentes massas d'água são geralmente distingüidas pela sua média ou alcance de temperatura. Além disso, a TSM pode explicar padrões de biogeografia e produtividade nos oceanos.

O padrão de abundância das espécies de foraminíferos planctônicos presentes em registros sedimentares tem fornecido desde 1970, através de métodos estatísticos, a base para reconstrução de parâmetros paleoambientais, tais como a temperatura (SALGUEIRO, 2007).

As técnicas de reconstruções de paleotemperaturas supõem que a distribuição moderna dos organismos nos oceanos do mundo é conhecida, que um taxa específico não mudou sua tolerância ecológica ao longo do tempo e, principalmente, que as assembléias de foraminíferos planctônicos depositadas no sedimento estão direta ou indiretamente relacionadas a TSM acima do seu local de deposição (BÉ;TOLDERLUND, 1971; DOWSETT; ROBINSON, 1999).

A primeira tentativa de encontrar uma relação empírica entre o clima passado e os componentes do sedimento foi proposta por Imbrie e Kipp (1971) ao desenvolver a técnica de função de transferência o qual foi a fundação do Projeto CLIMAP (*Climate, Long Range Investigation and Mapping*). O método Imbrie-Kipp de Função de Transferência (IKFT) utiliza análise de componentes principais de modo Q para reduzir a dimensão dos dados da calibração em pequeno número de variáveis. Uma equação de regressão (a função de transferência) é originada entre as assembléias e as variáveis ambientais medidas.

Mais tarde, um método alternativo foi desenvolvido por Hutson (1980), a Técnica do Análogo Moderno (TAM) (figura 1). Este método não gera uma fórmula de calibração entre os dados da fauna e as propriedades físicas. Em vez disso, ele compara as assembléias de foraminíferos planctônicos com condições ambientais desconhecidas, com assembléias de amostras de sedimentos superficiais de localização e condições ambientais conhecidas. Ou seja, ele procura na base de dados das faunas modernas por amostras com assembléias que se assemelham a assembléia fóssil. O método usa uma medida de dissimilaridade faunal para comparar as amostras fósseis com cada amostra da base de dados referente às

condições oceanográficas modernas. Assim, o ambiente representando a assembléia fóssil é então reconstruído a partir das propriedades físicas registradas nas melhores amostras análogas (HUTSON, 1980; ORTIZ; MIX, 1997; DOWSETT; ROBINSON,1999).

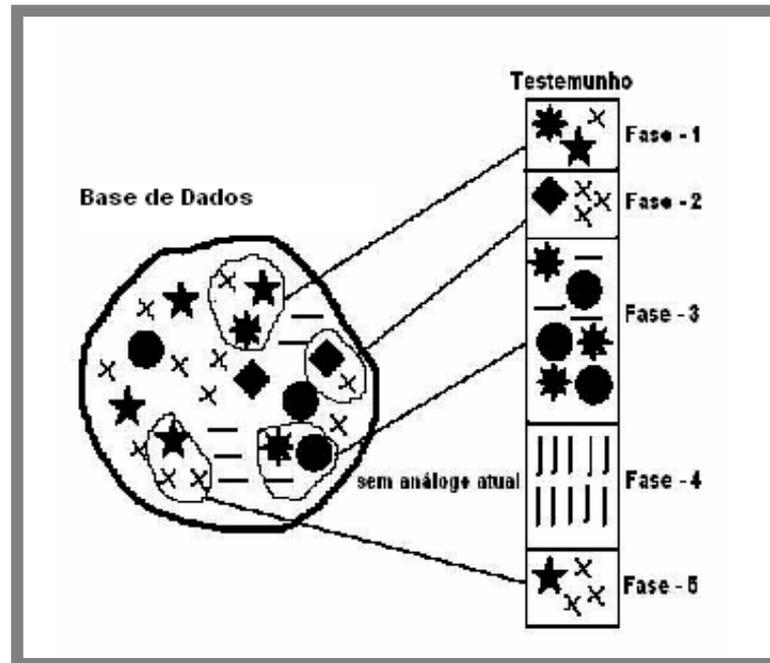


Figura 1 – Modelo conceitual da TAM (Técnica do Análogo Moderno).

Embora a TAM seja o único método utilizado neste trabalho, cabe ressaltar que desde o desenvolvimento daquelas já mencionadas, outras técnicas de função de transferência foram desenvolvidas com o intuito de melhorar a precisão das estimativas. São elas: *SIMMAX* (Método do Análogo Moderno com Índice de Similaridade), nele a distância geográfica das amostras fósseis são consideradas (KUCERA *et al.* 2005; Weinelt *et al.*, 2003), *RAM* (Método do Análogo Revisado), desenvolvido por Waelbroeck *et al.*(1998), neste método a seleção dos análogos modernos é mais rigorosa, e potencialmente mais sensível à pequenas variações da TSM e *ANN* (Análise de Rede Neural), descrito por Malmgren e Nordlund (1997), e aplicado em Malmgren *et al.* (2001) é um ramo da inteligência artificial, que assume a existência de uma relação entre a distribuição das faunas modernas e as propriedades físicas ambientais.

Assim, as funções de transferência têm sido bastante utilizadas em estudos paleoambientais, sendo aplicada mais comumente para a reconstrução de

paleotemperaturas (SALGUEIRO *et al.*, 2007; NAIDU, 2006; KUCERA *et al.*, 2005; THERÓN *et al.*, 2005; HUANG *et al.*, 2002; HOLL; MÜCKE; 2000; HALE; PFLAUMMAN, 1999) com o intuito de conhecer as condições oceanográficas dos oceanos antigos.

2.3 INTERAÇÃO OCEANO-ATMOSFERA

A interação do oceano com o sistema climático é controlada quase inteiramente pelos fluxos através da interface ar-mar. O oceano e a atmosfera partilham uma fronteira onde se realizam os processos de troca de energia e matéria importantes para a manutenção das circulações atmosféricas e oceânicas. Esse sistema acoplado interage de maneira tão complexa que algumas vezes, as relações de causa e efeito não podem ser distinguidas e portanto, como um sistema acoplado não pode ser entendido examinando os sistemas de maneira isolada (SILVA, 2005).

O fenômeno acoplado oceano-atmosfera mais conhecido é o El Niño – Oscilação Sul (ENOS). O ENOS é caracterizado pelo aquecimento das águas superficiais e subsuperficiais do Pacífico Equatorial e pelo enfraquecimento dos ventos alíseos na região equatorial. Estes padrões anormais causam mudanças na circulação da atmosfera, determinando mudanças nos padrões de transporte de umidade. Em consequência deste fenômeno são observados, na costa do Peru, a inibição da ressurgência e um declínio na produtividade primária. Tal aquecimento das águas do Pacífico traz consequências climáticas e econômicas para várias partes do planeta.

Na América do Sul, os eventos ENOS provocam anomalias pluviométricas e mudança nos padrões de ventos, os quais estão relacionados à formação de uma corrente de jato subtropical que impede a passagem de frentes frias (sistemas polares frontais) no sul e sudeste do Brasil. Assim, é observado um aumento da precipitação no sul e aridez no nordeste, bem como a modificação no regime de ventos. A posição da formação da zona de bloqueio das frentes frias, por sua vez, pode exercer influência sobre o fenômeno oceanográfico que ocorre na região de Cabo Frio no Estado do Rio de Janeiro, a ressurgência costeira. Uma vez que os sistemas polares frontais são um dos fatores controladores da ressurgência de Cabo Frio, pode-se dizer que o evento ENOS traz consequências como o fortalecimento,

enfraquecimento ou inibição desse processo de acordo com o local no qual tais sistemas são bloqueados (MARTIN; SUGUIO, 1992).

Em se tratando das zonas de convergência, isto é, regiões onde há convergência de umidade no escoamento próximo à superfície, tais como, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), estas são responsáveis por grande parte da precipitação no Brasil (figura 2). A maior parte da variabilidade interanual e intrasazonal das chuvas no país deve-se a pequenas variações na posição destas zonas de convergência. Por exemplo, as secas do norte do Nordeste são quase sempre causadas por mínimas variações da posição da ZCIT no Atlântico Equatorial (NOBRE, 1988).

O posicionamento da ZCIT, banda de baixa pressão e convergência dos alísios em baixos níveis, depende diretamente da interação oceano-atmosfera. As características da evolução sazonal da localização da ZCIT e da TSM dependem da dinâmica das correntes oceânicas e dos ventos alísios. Durante o verão a ZCIT está próxima do Equador, quando os alísios de nordeste estão mais fortes, assim como a Corrente Norte Equatorial. Durante o inverno no hemisfério sul, os alísios de sudeste estão mais intensos e deslocam a ZCIT para norte, a Corrente Sul Equatorial intensifica-se. Assim, este posicionamento mais ao norte ou ao sul do equador está intimamente relacionado ao regime de chuvas na região nordeste do Brasil (FERREIRA *et al.*, 2004).

Segundo Peterson *et al.* (2000) e Tedesco e Thunell (2003a), o movimento da ZCIT impõe uma estação seca e outra úmida para a região da Bacia de Cariaco, na Venezuela. A variação na precipitação afeta os rios que levam material terrígeno e nutrientes para o oeste do Atlântico Norte e sul do Caribe. Além disso, a ressurgência de águas frias e ricas em nutrientes ocorre ao longo da costa norte da Venezuela em resposta à mudança no padrão dos ventos que acompanha a migração sazonal da ZCIT. Segundo estes autores, a ZCIT deslocada para o sul resulta em um decréscimo da precipitação, aumento na intensidade do padrão dos ventos e ressurgência mais intensa na Bacia de Cariaco, ao mesmo tempo em que as regiões do Altiplano e Bacia Amazônica experimentam o aumento na precipitação.

A ZCAS, por sua vez, tem um papel fundamental precipitação na América Sul e, principalmente, no que se refere a eventos extremos de precipitação durante os

meses de primavera e verão no Sudeste brasileiro (QUADRO; ABREU, 1994; CARVALHO *et al.*, 2004).

A ZCAS é convencionalmente definida como sendo uma persistente faixa de nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste, associada a uma zona de convergência na baixa troposfera, que se estende desde o sul da Amazônia ao Atlântico Sul-Central, por alguns milhares de quilômetros, bem caracterizada nos meses de verão (DIAS, 1997; CARVALHO *et al.*, 2004).

Essa banda de atividade convectiva é alimentada pela umidade trazida pelos ventos que contornam o ramo norte da Alta Subtropical do Atlântico Sul, os quais são mais fortes no verão, e, ainda, pelos sistemas frontais (CARVALHO *et al.*, 2004).

Embora os mecanismos que originam e mantêm a ZCAS não estejam, ainda, definidos, estudos observacionais e numéricos indicam que esse sistema sofre influências tanto de fatores locais quanto remotos, tal como a convecção na ZCPS (Zona de Convergência do Pacífico Sul). A ZCPS modula o início, duração e localização da ZCAS. A convecção na região centro-oeste do Pacífico, especificamente na ZCPS, implica numa posterior intensificação da ZCAS (CASARIN; KOUSKY, 1986).

A variabilidade interanual e decadal da ZCAS, bem como a sua intensidade, persistência e sua relação com a precipitação foram estudadas por Carvalho *et al.* (2004). Dentre outras características da ZCAS, cita-se que a variabilidade da sua porção oceânica é fortemente influenciada pela TSM. Da mesma forma, Chaves e Satyamurty (2006) afirmam que existe uma associação entre a temperatura da superfície do mar e a ZCAS, na qual anomalias de TSM podem ter influência na variabilidade deste sistema, onde segundo Chaves e Nobre (2004), a intensificação e o posicionamento da ZCAS estão associados com as anomalias positivas de TSM sobre o Atlântico Sul. Além disso, Chaves e Satyamurty (2006) afirmam que embora a ZCAS seja um fenômeno de escala semanal, os resultados obtidos em seu estudo indicam que a nebulosidade e o campo de vento associado a este sistema podem modificar e ser modificados pelos padrões e a intensidade da TSM sobre a bacia do Atlântico Sul.

Assim, de maneira semelhante à atuação da ZCIT no Atlântico Norte e sul do Caribe, a ZCAS pode ter um efeito importante no que se refere à quantidade e qualidade de material continental que chega à plataforma continental de sudeste do Brasil, e em especial na região de ressurgência de Cabo Frio. Segundo Campos *et*

al. (2000), a ZCAS é um importante fator atmosférico atuante na região de Cabo Frio uma vez que o seu período de maior atividade da ZCAS, ao sul da região, coincide com àquele de maior freqüência de eventos de ressurgência.

De acordo com Quadro (1994) os fatores aqui apresentados fazem parte da circulação atmosférica e podem relacionar-se determinando a dinâmica da atmosfera. Segundo Nobre (1988), embora os mecanismos da ZCIT e da ZCAS sejam diferentes é possível a ocorrência conjunta destes dois fatores atmosféricos. Além disso, Quadro (1994) afirma que os eventos ENOS podem promover a desintensificação e/ou deslocamento do ZCAS.

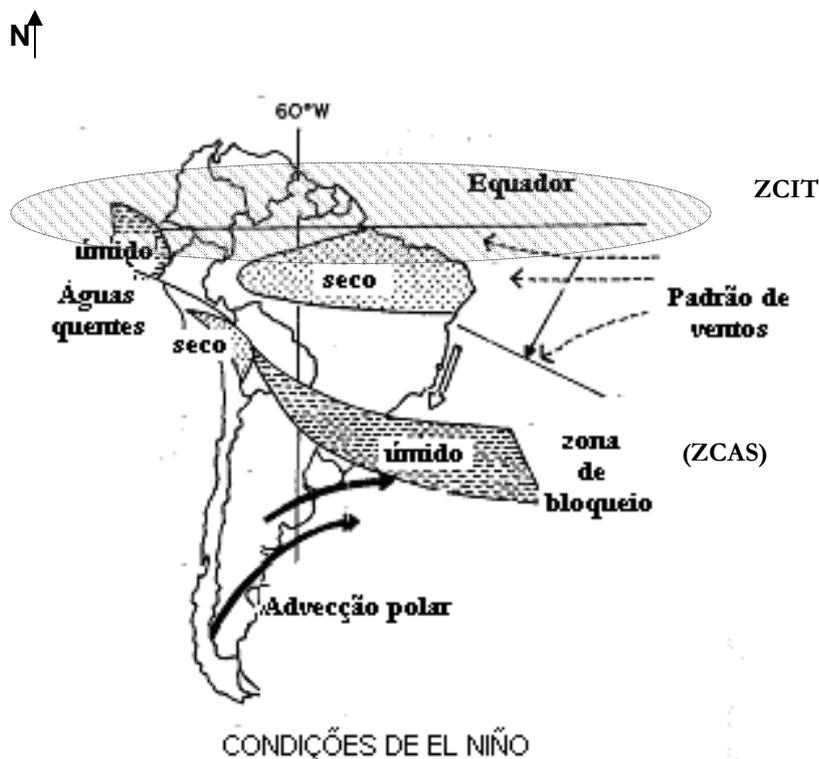


Figura 2 – Fatores que influenciam a dinâmica atmosférica da América do Sul. Formação da Zona de bloqueio das frentes frias na região sudeste do Brasil em condições de eventos ENOS. Posição relativa de organização da ZCIT (= zona de convergência intertropical) e da ZCAS (= zona de convergência do Atlântico Sul). Modificado de Flexor e Martin (1989).

3. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 CIRCULAÇÃO GERAL DO ATLÂNTICO SUDOESTE

De acordo com Legeckis e Gordon (1982), a Corrente do Brasil (CB) fluindo em direção S ao longo da margem continental da América do Sul e a Corrente das Malvinas (CM) com sentido norte sobre a quebra da plataforma da Argentina caracterizam a circulação geral do Atlântico Sudoeste.

Segundo Silveira *et al.* (1994), a Corrente do Brasil (CB) é uma corrente de contorno oeste associada ao Giro Subtropical do Atlântico Sul. Origina-se da bifurcação da Corrente Sul Equatorial (CSE), próximo a 10°S, sendo o ramo que flui em direção sul; o ramo norte segue ao largo da costa norte do Brasil formando a Corrente das Guianas (ou Corrente Norte do Brasil) (Figura 3). Comparada às outras correntes de contorno oeste como Corrente do Golfo, Kuroshio e das Agulhas, a CB é considerada uma corrente fraca.

Deslocando-se no limite entre a plataforma e o talude continental, a CB flui para sul acompanhando a margem continental brasileira como uma corrente superficial rasa (CASTRO, 1996), onde cerca de metade do seu transporte ocorre sobre a plataforma em profundidades menores que 200m (TOMCZAK; GODFREY 2003). Em Cabo Frio (23° S), a CB tem profundidade em torno de 200 m e velocidade média da ordem de $0,15 \text{ ms}^{-1}$, nas proximidades do Cabo de Santa Marta Grande (28° 30' S), a profundidade ultrapassa os 670 m e a velocidade média está em torno de $0,5 \text{ ms}^{-1}$ (SILVEIRA *et al.*, 2000). Na região de Convergência Subtropical (33-38°), conflui com a Corrente das Malvinas (CM), gerando forte gradiente térmico, e se separa da costa.

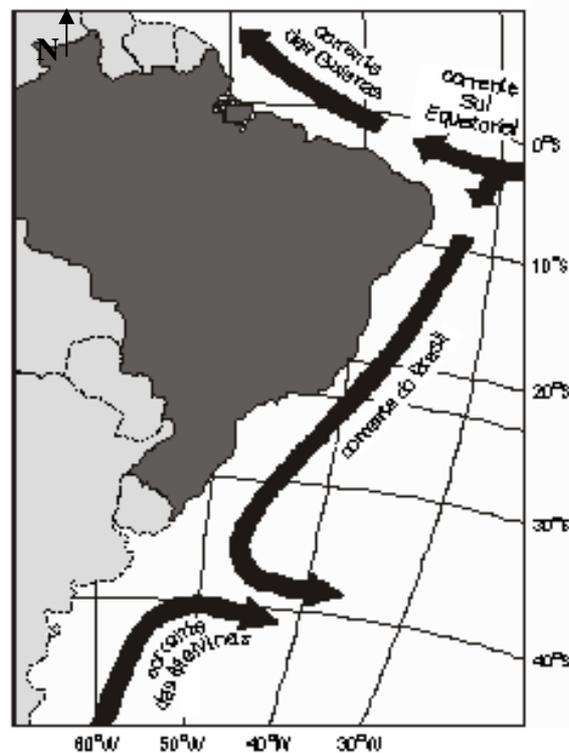


Figura 3 – Correntes superficiais que banham a costa brasileira (Fonte:www.sct.com.br).

Da confluência CB-CM, tem-se a formação da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (VALENTIN, 1994). Segundo Boltovskoy *et al* (1996), a posição da confluência oscila sazonalmente, com a CB alcançando seu limite sul mais extremo no verão (36°S) e a CM atingindo seu limite norte mais extremo no inverno (31°S).

De acordo com Silveira *et al.* (2000), a região da CB é formada pelo empilhamento das massas de água características do Atlântico Sul. São elas: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA), Água Profunda do Atlântico Norte (APAN). Na plataforma continental sudeste identificam-se as seguintes massas de água, as quais foram descritas por Emilson (1961):

- AT - parte da massa de água quente ($T > 18^{\circ}\text{C}$ e $S > 35,9$) que ocupa a superfície do Atlântico Tropical, cujo transporte tem sentido sul/sudoeste na camada superficial (0-200 m) da CB, sobre o talude continental, nas proximidades da quebra da plataforma continental.

- ACAS - relativamente fria ($6^{\circ}\text{C} < T < 18^{\circ}\text{C}$ e $34,5 < S < 35,9$); transportada pela CB em sua camada inferior (200-500), flui para sul/sudoeste ao longo do talude continental, próximo à quebra da plataforma continental.

Ainda segundo Silveira *et al.*(2000), estes afirmam que o padrão do fluxo da ACAS é complexo. A ACAS entra como parte do giro subtropical, circula com as Correntes do Atlântico Sul e Bengüela, e, atinge a costa da América do Sul transportada pela Corrente Sul Equatorial.

Em se tratando da CB, sua dinâmica está relacionada ao desenvolvimento de meandros e vórtices, os quais, na região sudeste, estão associados à mudança na orientação da linha de costa na plataforma continental de Cabo Frio (23°S). Esta característica da plataforma faz com que a CB gire ciclonicamente para oeste, induzindo a formação de meandros (CAMPOS *et al.*, 2000). Segundo Campos *et al.* (1995), os vórtices e meandros da CB contribuem para a penetração da ACAS em regiões rasas, ou seja, induzem uma “ressurgência de quebra de plataforma”, tal como a ressurgência induzida pelos ventos de Nordeste (via Transporte de Ekman). O processo de afloramento da ACAS na plataforma continental resulta em aumento da produtividade primária na região (Figura 4).

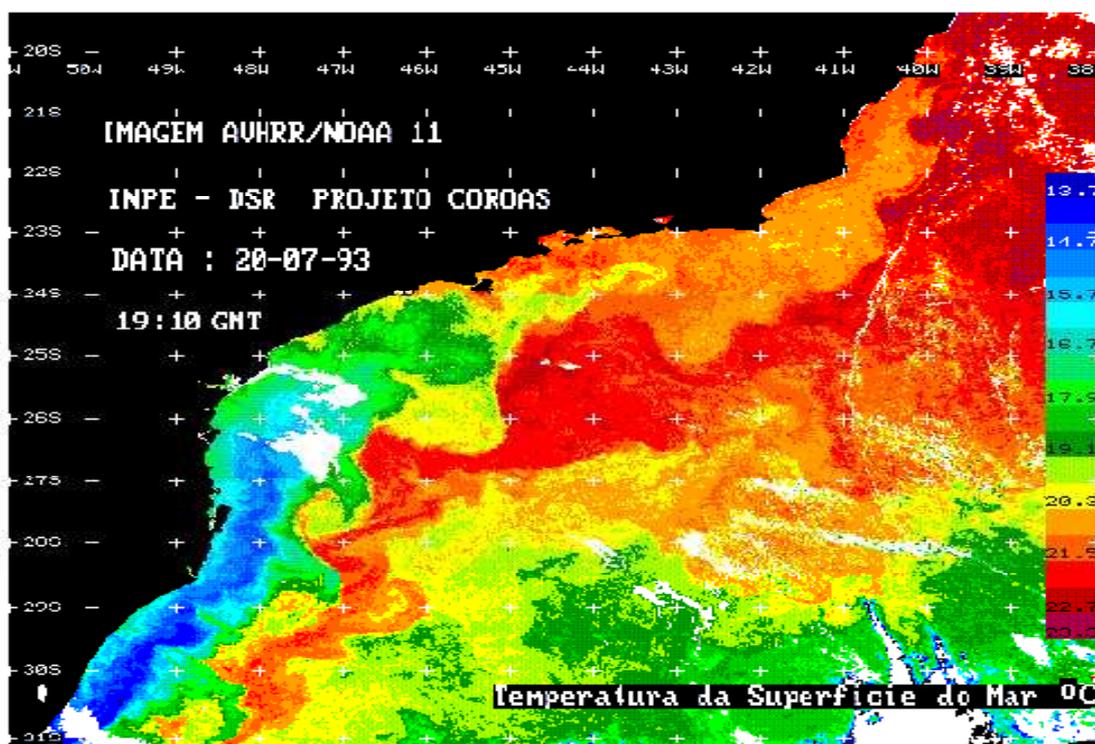


Figura 4 – Carta-imagem da Temperatura da Superfície do Mar na plataforma continental sul-sudeste. Pode-se observar a Corrente do Brasil deslocando-se aproximadamente sobre o talude continental e a intrusão do ramo costeiro da Corrente das Malvinas sobre a plataforma continental sudeste. (Imagem AVHRR de 1993 retirada de Silva Jr. *et al.*, 1996).

3.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A região de Cabo Frio está localizada na baixada litorânea do Estado do Rio de Janeiro, entre a latitude 23°S e longitude 42°W (Figura 5), é parte da Bacia de Campos e apresenta características peculiares em função da sua localização geográfica.

Segundo Dias *et al.*, (1982), a plataforma continental pode ser dividida em duas províncias morfológicas distintas: ao norte de Cabo Frio onde se apresenta mais estreita e íngreme; e ao sul de Cabo Frio, onde torna-se mais larga e mais suave. Assim, Cabo Frio seria uma zona de transição (MARTIN *et al.*, 1979), entre a plataforma que se estende até Belmonte (BA), ao norte e a que vai até o Cabo de Santa Marta (SC) ao sul.

Quanto à sedimentologia da região, segundo Kowsmann e Costa (1979) no trecho entre Vitória e Cabo Frio a plataforma interna e média apresenta areias terrígenas como sedimento predominante. No entanto, ao largo de Cabo Frio, destaca-se a presença de lamas e areias na plataforma interna e média, respectivamente. Segundo Alves (1980), o trecho em questão, tem o Rio Paraíba do Sul como a principal fonte de material terrígeno. Ainda segundo este autor, entre o Cabo de São Tomé e Cabo Frio são depositados, próximo à costa, lamas terrígenas, provavelmente trazidas do Rio Paraíba do Sul por ação das correntes litorâneas e os ventos NE predominantes na região.

Outra importante característica da região é a mudança da linha de costa de direção NE-SW passando em Cabo Frio para E-W. Tal característica leva a uma complexidade da circulação marinha, com alterações no regime de correntes superficiais e subsuperficiais que aliado aos ventos predominantes na região promovem a ressurgência costeira de Cabo Frio.

3.3 RESSURGÊNCIA COSTEIRA

Segundo Summerhayes (1995), a ressurgência é um processo oceânico dirigido principalmente por ventos, e por isso, muito sensível às mudanças climáticas. Nesse processo, os ventos que agem sobre a superfície dos oceanos fazem com que águas superficiais divirjam horizontalmente da costa. Esta divergência horizontal é, então, compensada pela ressurgência de águas profundas frias e ricas em nutrientes. A contribuição de nutrientes às camadas de águas superficiais induz ao aumento da produtividade biológica na área uma vez que estimulam a produção de fitoplâncton, o qual é refletido nos sedimentos superficiais pelo aumento no acúmulo de matéria orgânica.

As principais regiões de ocorrência de ressurgências costeiras estão situadas ao longo da costa oeste dos continentes, nas quais destacam-se: América do Norte (Califórnia, Oregon), América do Sul (Peru, Chile), Noroeste da África (Marrocos, Senegal) e Sudoeste da África (África do Sul, Namíbia, destacando-se a região de Walvis Bay), onde a ressurgência é decorrente de ventos gerados por sistemas tropicais de alta pressão (VALENTIN, 1994); e, ainda, no Oceano Índico, cujas monções provocam intensas ressurgências (ANDRÉ, 1990).

Segundo Carbonel e Valentin (1999), ressurgência costeira é um fenômeno de meso-escala ($\approx 100\text{km}$) que é forçado por ventos ao longo da margem continental que provocam uma “corrente de deriva” de águas superficiais, cuja direção sofre influência da chamada força de Coriolis, força aparente que age nas partículas em movimento como resultado do movimento de rotação da Terra. O movimento conjunto de toda a camada de água de cerca de 100m de espessura, chamada “camada de Ekman”, apresenta um ângulo de 90° em relação à direção do vento. Assim, os ventos de direção norte-sul soprando paralelamente à costa brasileira provocarão um deslocamento de águas superficiais para o largo, no chamado transporte de Ekman. Neste o fluxo perpendicular ao vento nas camadas superficiais dos oceanos se dá devido ao efeito combinado do vento e da força de Coriolis, para esquerda e será compensado por uma corrente de água profunda em direção à costa.

Assim, de acordo com este mecanismo, a ressurgência costeira de Cabo Frio pode ser caracterizada pelo afloramento da ACAS, águas frias, ricas em nutrientes na plataforma continental, a qual vem compensar o afastamento das águas da AT, águas quentes, salinas e oligotróficas. Os fatores como a ação dos ventos NE e a

mudança na orientação da linha de costa, o qual gera uma zona de divergência entre a costa e a AT causando um pequeno desvio do seu fluxo, estão relacionados ao deslocamento da AT, e, por sua vez, promovem a ascendência da ACAS (VALENTIN, 1994).

A ressurgência de Cabo Frio ocorre sazonalmente, principalmente, durante os meses de primavera-verão (setembro-abril). Apresentando temperaturas em torno de 6-18°C e salinidade entre 34.5 e 35.9, a ACAS ascende com velocidade de 0,007 cm/s, quando os ventos NE predominam por períodos superiores a 24 horas e com intensidade superior a 3,5 m/s (ANDRÉ, 1990). No entanto, segundo Moreira da Silva (1973) este processo ocorre em duas fases. Na primeira, a ACAS ascende do talude continental e ocupa o fundo da plataforma, em virtude do deslocamento da AT por ação dos ventos NE; a segunda fase, a persistência durante vários dias, permite que as águas frias ocupem toda a coluna d'água, alcançando a superfície (Figura 5). Segundo Valentin (1994) com a persistência dos ventos NE, a termoclina, existente entre a AT e ACAS, é impulsionada pelo movimento ascendente da água fria, ao alcançar a camada eufótica, por fim a ACAS ocupará toda a coluna d' água. Este processo, geralmente se completa ao final de 3 a 4 dias marcando o início da fase de intensidade máxima da ressurgência.

Segundo Franchito *et al.*, (1998) em períodos de forte ressurgência podem ser observadas temperaturas em torno de 13-14°C próximo de costa de Cabo Frio. Estas temperaturas são cerca de 10°C mais frias que a da água da plataforma interna e média.

As mudanças nas condições hidrográficas de Cabo Frio estão relacionadas, ainda, à substituição das camadas superficiais de Águas Tropicais quentes com baixo nível de produtividade por águas enriquecidas em nutrientes, onde segundo Valentin (1994) pode-se observar um aumento significativo do conteúdo de nitrato de 1 µM para 10 µM e das taxas de clorofila de 0,2 a 0,5 µg/L alcançam 5 µg/L. Esta fertilização das águas tem como consequência a alta produtividade biológica, beneficiando atividade pesqueira, e assim, assumindo uma grande importância econômica para a região.

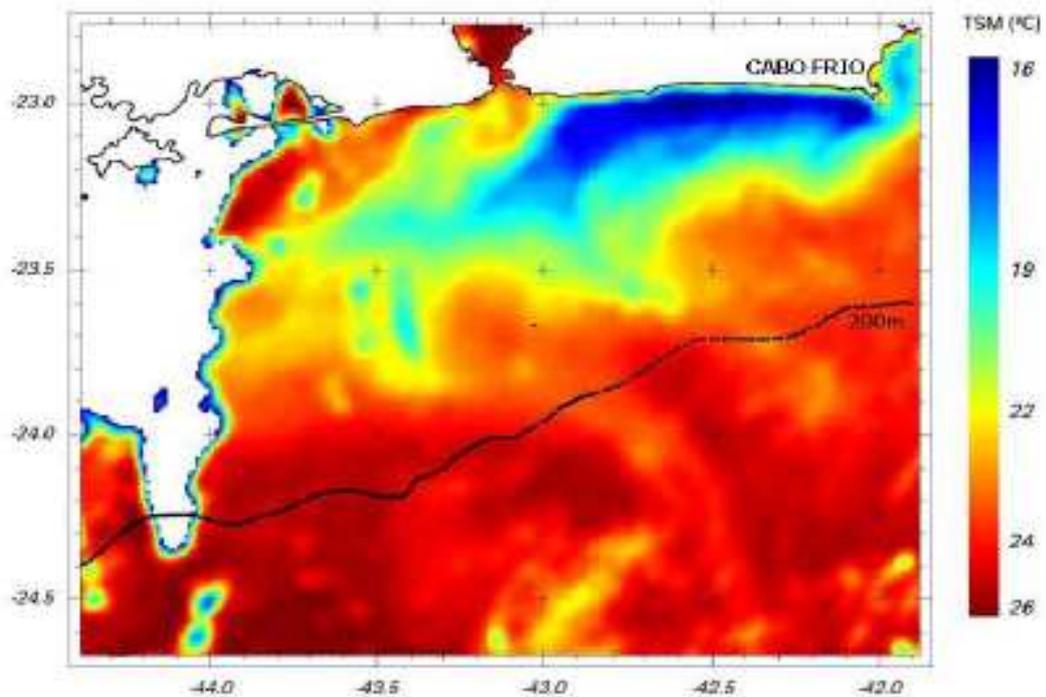


Figura 5 - Carta-imagem da temperatura da superfície do mar, produzidas a partir de imagens do satélite NOAA-12, mostrando o litoral do Rio de Janeiro próximo a Cabo Frio. (INPE 1999).

O ciclo de ressurgência é interrompido mais freqüentemente durante o inverno (VALENTIN, 1984). Quando os ventos SW prevalecem, durante a passagem de frentes frias, proporcionam o empilhamento das águas superficiais da AT na costa, assim a plataforma interna é dominada pela AC, enquanto a AT passa a ocupar a plataforma externa, desaparecendo a estratificação vertical de temperatura e salinidade. Isto faz com que a ACAS retorne ao fundo, caracterizando o processo inverso à ressurgência: a subsidência.

As observações feitas até este ponto permitem afirmar que a ressurgência de Cabo Frio está relacionada à direção da linha de costa, posição do eixo da CB, os quais permitem a ocorrência do processo oceânico nesta região, e também ao regime de ventos que, por sua vez, têm um efeito direto no deslocamento e afloramento das massas d' água que participam do processo.

3.4 REGIME DE VENTOS

Conforme já mencionado, a ressurgência de Cabo Frio está condicionada ao regime de ventos atuantes na região, onde o controle da circulação atmosférica é exercido pelo centro de alta pressão atmosférica situado sobre o Atlântico Sul, denominado Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). A ASAS faz com que os ventos do primeiro quadrante (E-N), com maior frequência de NE, sejam predominantes, principalmente durante os meses de primavera-verão, soprando ao longo da costa de Cabo Frio, de NE para SW, favorecendo o transporte de Ekman e ascendência da ACAS.

No entanto, principalmente durante o inverno, a passagem de frentes frias que atingem o litoral do Estado do Rio de Janeiro, perturba o regime de ventos na região. Nesta situação, os ventos NE, então predominantes, são substituídos pelos ventos do terceiro quadrante (W-S), soprando de SW para NE, conferindo à região uma nova condição oceanográfica (MOREIRA DA SILVA, 1973; FRANCHITO, *et al.*1998; CARBONEL ;VALENTIN, 1999).

Segundo Barbiéri (1997), os ventos NE são a variável climática fundamental para a ocorrência da ressurgência em Cabo Frio e têm grande influência no comportamento das demais variáveis climáticas, de modo especial no que diz respeito à evaporação e à pluviosidade na região. A presença de águas mais frias em Cabo Frio leva ao balanço precipitação/evaporação negativo, que tem como efeito a semi-aridez local (MARTIN; SUGUIO,1989; VALENTIN,1984). Desta forma, dentro dos limites da zona tropical úmida, que caracteriza a região sudeste do Brasil, a região de Cabo Frio apresenta um microclima semi-árido local, sendo considerada por Barbieri (1984) como um enclave climático.

Segundo Flexor e Martin (1989), tal regime de ventos, no entanto, pode sofrer influência de fenômenos climáticos, como o *El niño* – Oscilação Sul (ENOS). Conforme mencionado anteriormente, a formação de uma zona de bloqueio das frentes frias traz conseqüências como o fortalecimento, enfraquecimento ou inibição do processo de ressurgência de Cabo Frio, de acordo com o local no qual tais sistemas são bloqueados. Com o bloqueio das frentes frias, ao sul de Cabo Frio, tem-se a permanência dos ventos NE na região, promovendo assim o ressurgência em Cabo Frio. No entanto, a intensidade dos eventos ENOS determina a posição da zona de bloqueio, onde fracos eventos estariam relacionados, possivelmente, à sua

formação mais ao norte. Neste caso, ocorreria o avanço das frentes frias e a região de Cabo Frio estaria sujeita aos ventos do terceiro quadrante, inibindo o processo de ressurgência (Figura 2).

O bloqueio de frentes frias também pode ser observado com a formação da ZCAS. Este sistema, alimentado pelos ventos NE e sistemas frontais, tem o seu período de atividade coincidente com o período de ressurgência na região de Cabo Frio (CAMPOS *et al.*, 2000). Assim, sua permanência sobre a região sudeste pode ter um efeito importante no que se refere à ocorrência deste processo oceanográfico. A variabilidade espacial da ZCAS, ou seja, seu posicionamento mais ao norte ou ao sul de Cabo Frio, pode determinar, respectivamente, o enfraquecimento ou inibição da ressurgência durante o verão, pela modificação do padrão de ventos, ou pode determinar o fortalecimento da ressurgência pelo bloqueio das frentes frias, que por sua vez, favorece a atuação dos ventos NE na região.

Desta forma, é interessante notar que embora a ressurgência intermitente de Cabo Frio seja um fenômeno de escala local, ela pode sofrer influências de fatores atmosféricos e climáticos que atuam em escalas regional e, até mesmo, global (Figura 6). A influência destes mecanismos climáticos tem como efeito as variações na intensidade da ressurgência e, conseqüentemente, no microclima de Cabo Frio.

Face a estas considerações sobre a área de estudo, pode-se afirmar que o estudo das zonas de ressurgência do mundo são particularmente importantes devido à sua alta produtividade biológica e, além disso, por serem controladas por processos acoplados oceano-atmosfera. Desta forma, o registro da variabilidade das ressurgências permite o fornecimento de dados a respeito do modo como os oceanos têm respondido às oscilações climáticas passadas, e que, assim, seja possível prever seu comportamento no futuro.

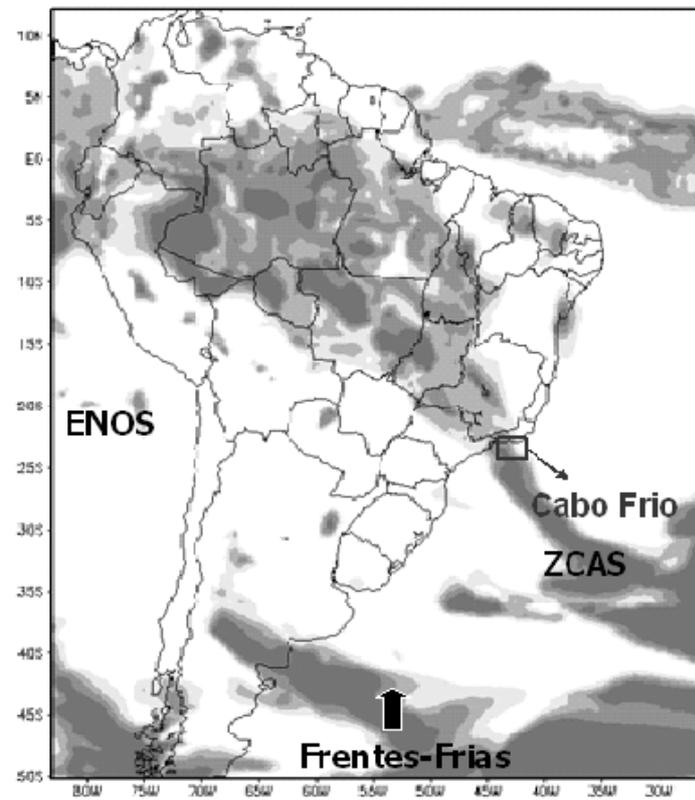
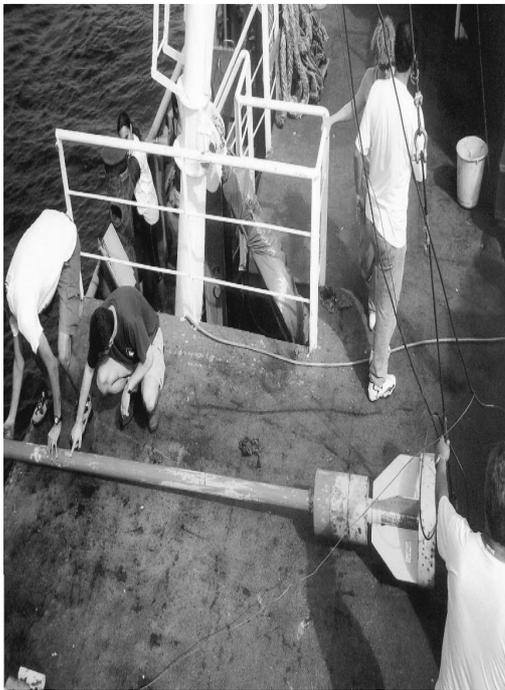


Figura 6 - Fatores atmosféricos e climáticos que atuam sobre a região de Cabo Frio (ZCAS= Zona de Convergência do Atlântico Sul; ENOS= *El niño* – Oscilação Sul). (CPTEC/INPE.2004).

4. METODOLOGIA

4.1 AMOSTRAGEM DOS SEDIMENTOS MARINHOS

Em agosto de 2002, foram coletados 3 testemunhos de sedimentos marinhos Na plataforma de Cabo Frio a 80 (CF02-03), 115 (CF02-01) e 124 (CF02-02) metros de profundidade de coluna d'água; com auxílio de um "Gravity corer". Para tal, utilizou-se a logística do Navio Oceanográfico Astrogaroupa, cedido pela Petrobrás (Foto 1a).



(a)



(b)

Foto 1- (a) coleta dos testemunhos na plataforma continental de Cabo Frio. Navio Astrogaroupa; (b) abertura dos testemunhos em laboratório.

Os pontos de coleta foram escolhidos com base em um mapa de distribuição da granulometria dos sedimentos superficiais da região (DIAS, 1982), sendo os testemunhos estudados, CF02-01B e CF02-02B, localizados em 23°15'59'S e 41°48' 01'W e 23°15'S 41°47'W, os quais apresentaram uma coluna recuperada de 268 e 245 cm, respectivamente (Figura 7).

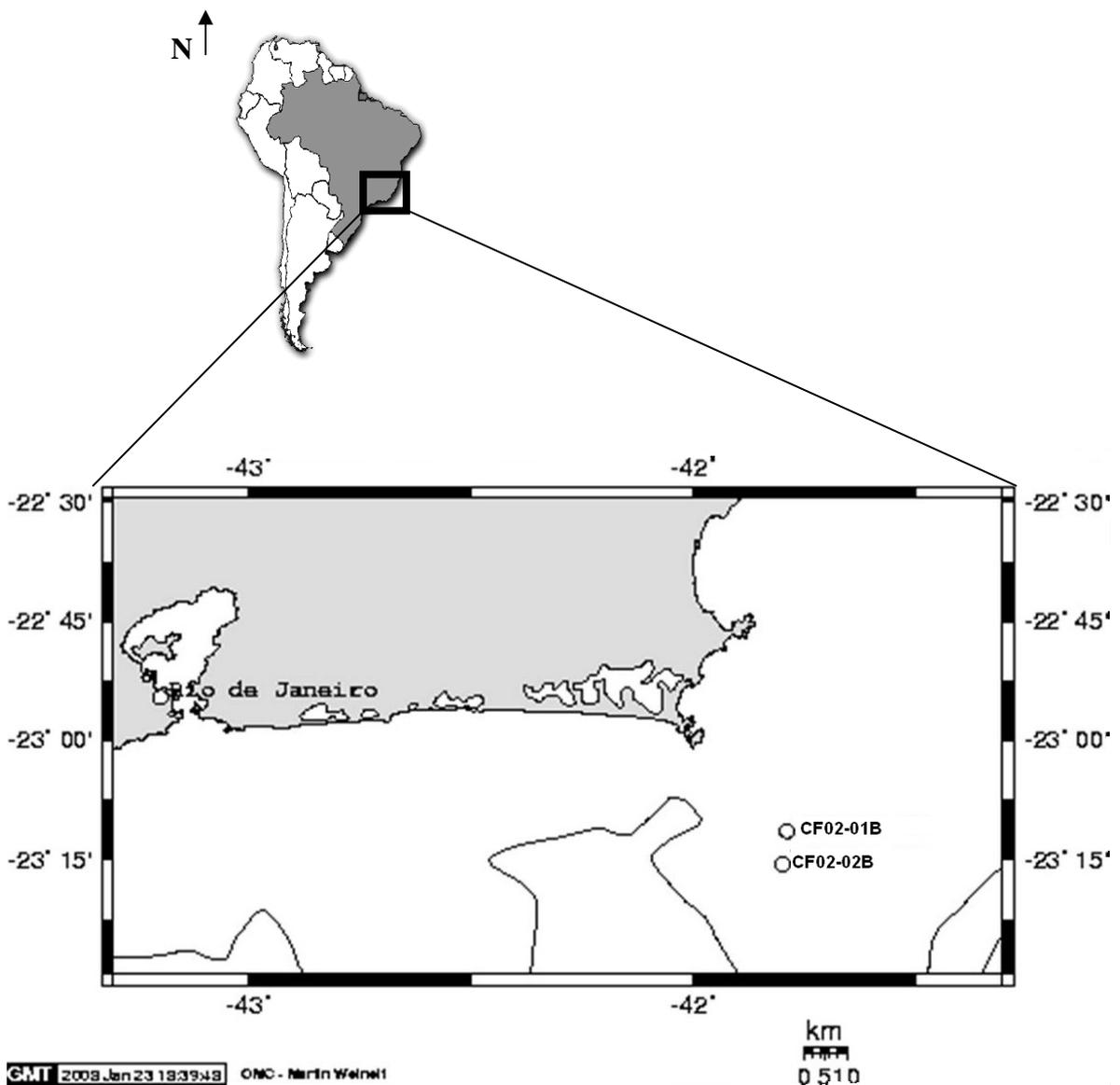


Figura 7 – Mapa do local de coleta dos testemunhos estudados CF02-01B e CF02-02B. Plataforma continental de Cabo Frio.

4.2 ABERTURA DOS TESTEMUNHOS

No Laboratório de Estudos Paleoambientais (LEP- Departamento de Geoquímica Ambiental – UFF), os testemunhos foram abertos em seção longitudinal com auxílio de uma serra elétrica circular (Foto1b). As metades expostas foram fotografadas e descritas quanto às suas características sedimentares como textura

de sedimento, cor, tendo como base a Carta de Munsell, bem como, componentes biogênicos.

Em seguida, os testemunhos foram fracionados em subamostras em intervalos de 1cm, as quais foram pesadas para subsequente cálculo da densidade aparente, armazenadas em sacos plásticos e acondicionadas em geladeira para posteriores análises geoquímicas e biológicas.

Para o cálculo da densidade aparente, cada centímetro sub-amostrado dos testemunhos foi pesado para o registro do peso úmido e, posteriormente, submetido à temperatura de 50°C, em estufa, durante 72 horas para a obtenção do peso seco. Assim, a partir destes valores, a densidade aparente foi calculada através da seguinte equação:

$$Da = Ps / (n.R^2 / 2)$$

Onde: Da = densidade aparente ($g.cm^{-3}$); Os = peso seco (g); $n.R^2$ = área do tubo coletor.

4.3 GEOCRONOLOGIA

Com base nas diferentes fácies sedimentares observadas e de densidade aparente registradas foram selecionadas sete amostras de matéria orgânica para datação radiocarbônica no testemunho CF02-01B e doze amostras no testemunho CF02-02B, as quais foram enviadas para o Laboratório BETA ANALITIC, Florida, EUA (duas amostras) e para o *Laboratoire de Sanclair*, França.

As idades obtidas em ^{14}C convencional foram convertidas em idades calendárias (idades calibradas) utilizando-se o software calib 5.0.2 (STUIVER *et al.*, 2005). As calibrações foram realizadas considerando o efeito reservatório regional do oceano de $\Delta R = -10 \pm 48$, considerando-se o pico de maior probabilidade em 2σ . Para tal utilizou-se o modo de curva marinha. O efeito reservatório usou a média dos pontos mostrados na figura 8, disponíveis no *marine reservoir correction database* (<http://calib.gub.ac.uk>); na tabela 2 são apresentadas as amostras usadas para o cálculo do ΔR (a), bem como, seu resultado (b).

Após a conversão, as idades calibradas foram interpoladas aplicando uma função cúbica spline, permitindo o cálculo da taxa de sedimentação para cada testemunho, através do SR1 software (disponível em <http://www.sr1software.com>).

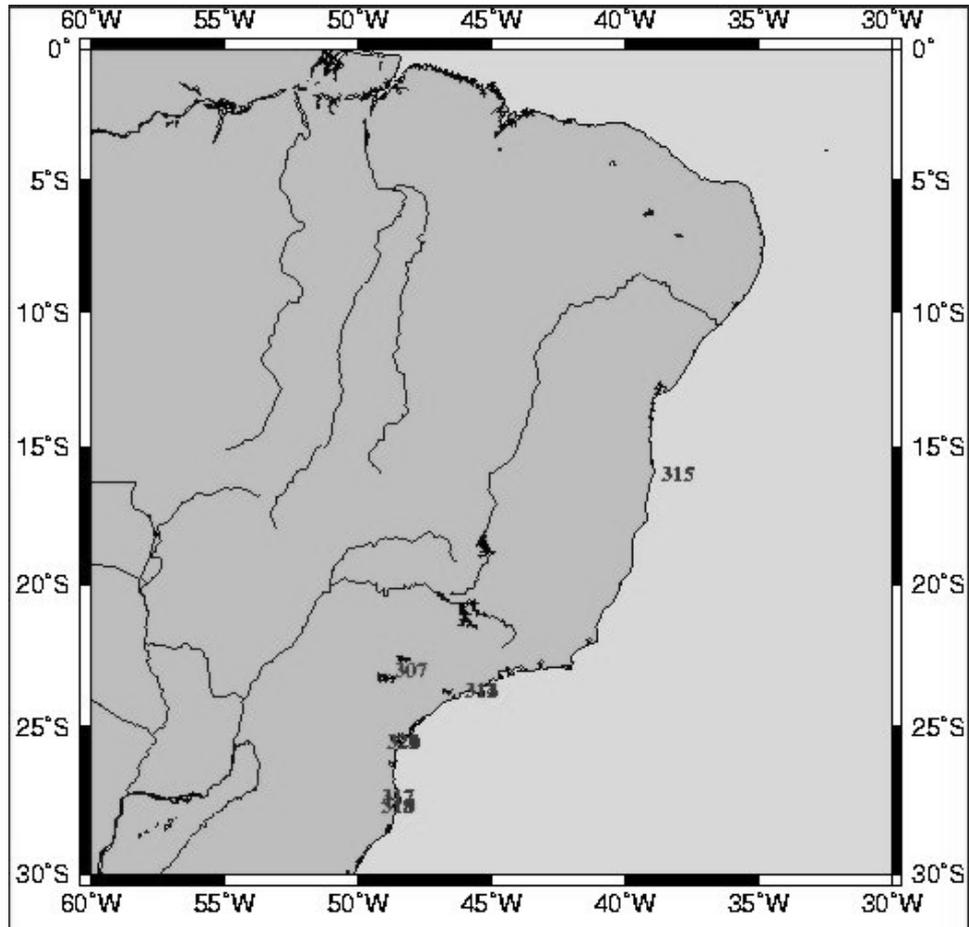


Figura 8 - Pontos utilizados para o cálculo do efeito reservatório na área estudada. (disponíveis em <http://calib.qub.ac.uk>).

Tabela 2 – (a) Dados referentes às amostras utilizadas no cálculo do ΔR efeito reservatório para a área estudada. (MapNo= código do ponto amostrado; Lat= latitude; Lon= longitude; ΔR = Δ do efeito reservatório; σ = erro do ΔR); (b) resultado do cálculo do ΔR efeito reservatório para a área estudada.

(a)

MapNo	Lat	Lon	ΔR	σ
314	-23,73	-45,34	-71	40
307	-23,00	-48,00	-59	42
311	-23,73	-45,34	-11	40
313	-23,73	-45,34	-11	40
315	-16,00	-38,00	38	40
312	-23,73	-45,34	38	40

(b)

Nº de pontos	Média ponderada do ΔR	Desvio padrão	Erro
6	-10	48	16

4.4 CARBONO ORGÂNICO TOTAL

A (paleo)produtividade das águas superficiais pode ser correlacionada ao conteúdo de carbono orgânico total (COT) que fica preservado nos sedimentos marinhos. Portanto, podem ser usados como indicadores da intensidade da ressurgência, onde altos valores de COT refletem alta (paleo)produtividade e assim alta intensidade da ressurgência (HÖLL; MÜCKE, 2000).

Para análise dos teores de COT foram selecionadas 133 e 121 amostras para os perfis CF02-01B e CF02-02B, respectivamente. No Laboratório de Estudos Paleoambientais, tais amostras foram previamente descarboxatadas pela adição de cerca de 10mL da solução de HCl a 1N a uma pequena alíquota de sedimento úmido. As amostras descarboxatadas, sendo desta forma consideradas àquelas que não apresentaram mais reação de liberação de CO_2 frente ao ataque ácido, foram

lavadas com água destilada para a retirada de vestígios do ácido. Posteriormente, o material passou por secagem em estufa a 50°C, e em seguida, foi macerado. Cerca de 10mg deste material foram pesados em cápsulas de estanho, os quais foram acondicionados em estojos ELISA, onde cada amostra foi identificada e referenciada quanto à coluna e à linha em que se localizava, e então acondicionadas para início do processamento analítico.

No Laboratório de Isótopos Estáveis da Universidade de Davis, Califórnia (EUA), as amostras foram processadas em analisador elementar PDZ Europa ANCA-GSL em interface com um espectrômetro de massa para razão isotópica PDZ Europa 20-20 (Sercon Ltd., Cheshire, UK). De acordo com o procedimento do laboratório, as amostras sofreram combustão à 1.020°C em reator envolvido em óxidos de cromo e cobalto. Em seguida, os óxidos foram removidos por meio de redução com cobre reduzido a 650°C e carregados com o fluxo de hélio até uma armadilha de perclorato de magnésio.

A precisão analítica no perfil CF02-01B foi de 0,4%, para o perfil CF02-02B apresentou precisão analítica de 1,3% para o conteúdo de carbono.

O fluxo de carbono orgânico, o qual representa o acúmulo de carbono orgânico total no sedimento por cm² por ano, em função da taxa de sedimentação local, também foi calculado para todos os valores obtidos nas análises. O cálculo do fluxo permite comparar sedimentos com taxas de sedimentação diferentes, e neste caso, leva em consideração o peso de carbono, a densidade e a taxa de sedimentação, conforme a equação abaixo:

$$F_{X_{\text{Corg}}} = C_{\text{org}} \cdot D_a \cdot T_S$$

Onde: $F_{X_{\text{Corg}}}$ = fluxo de carbono orgânico (gC.cm⁻².ano⁻¹); C_{org} = carbono orgânico (g); D_a = densidade aparente (g.cm⁻³); T_S = taxa de sedimentação (cm.ano⁻¹).

4.5 CONTEÚDO DE FORAMINÍFEROS

A partir das mudanças litológicas descritas no perfil sedimentar, foram selecionadas 70 amostras do perfil CF02-01B e 140 amostras do perfil CF02-02B

para análise do conteúdo de foraminíferos planctônicos (FP) dos sedimentos da plataforma continental de Cabo Frio.

O preparo das amostras e a observação do conteúdo de foraminíferos seguiu as seguintes etapas: (1) lavagem dos sedimentos; (2) secagem dos sedimentos; (3) quarteamento da amostra; (4) triagem dos foraminíferos planctônicos e contagem dos foraminíferos bentônicos (FB); e (5) identificação do material.

Para tal, utilizou-se de 10 cm³ de sedimentos úmidos que foram lavados em água corrente com auxílio de peneiras de malhas 500, 125 e 62 µm, e, posteriormente, secados em estufa à 60 °C durante 24/48 horas. O material retido na malha de 125 µm, o qual, segundo Al-Sabouni *et al.*, (2007) permite uma estimativa de máxima diversidade, foi, então, quarteado, usando um microquarteador de sedimentos, com a finalidade de preservar a representatividade total, até a obtenção de 300 indivíduos planctônicos, sendo a fração quarteada final integralmente contabilizada. Os foraminíferos foram pinçados e armazenados em células porta-microfósseis .

A identificação dos foraminíferos planctônicos baseou-se nos trabalhos de Parker (1962), Stainforth *et al.*(1975), Kennett e Srinivasan (1983), Bolli *et al.*, (1985), Loeblich e Tappan (1988) dentre outros. A interpretação dos parâmetros ambientais relacionados às espécies identificadas baseou-se em sua ecologia, bem como, no seu comportamento, os quais para a maioria das espécies encontram-se bem descritos em estudos de áreas de ressurgência (BOLTOVSKOY, 1970; BÉ, 1971; VICALVI, 1977; PEETERS;BRUMMER, 2002a; COLOMA *et al.*, 2005, dentre outros).

A partir dos dados de contagem das espécies identificadas foram calculadas as freqüências relativas das espécies, o fluxo do total de FP e o fluxo das espécies. O fluxo foi obtido através da equação abaixo:

$$\text{Fluxo} = \text{Indivíduos} \cdot \text{Da} \cdot \text{TS}$$

Onde: Fx = fluxo de foraminíferos planctônicos (ind.cm².ano); Ind = indivíduos/cm³ ; Da = densidade aparente (g.cm⁻³); TS = taxa de sedimentação (cm.ano⁻¹).

Com o objetivo de observar algumas características taxonômicas que possibilitassem a separação das espécies, foram realizadas fotomicrografias em

microscopia eletrônica de varredura (MEV) nos laboratórios do IRD (*Institut de Recherche pour le Développement*) em Bondy, França.

4.6 TRATAMENTO ESTATÍSTICO - ANÁLISE FATORIAL

A análise fatorial (AF) é uma técnica estatística de redução de dados usada para explicar a variabilidade entre variáveis observadas em termos de poucas variáveis não-observadas, chamadas fatores. Seu objetivo é condensar a informação contida em um número original de variáveis, dentro de um cenário com menor dimensão e com um mínimo de perda de informações, no qual seja possível analisar as inter-relações entre um grande número de variáveis e para explicá-las em termos dos fatores estabelecidos (HAIR *et al.*, 1992). Assim, a AF pode ser aplicada como um método para reduzir o número de variáveis e, também, para detectar a estrutura na relação entre as variáveis, ou seja, para classificar as variáveis.

Nesta análise, as variáveis são expressas em termos de vetores num sistema de coordenadas ortogonais e agrupam-se de acordo com o relacionamento entre si, por esse agrupamento de vetores poderão passar eixos, denominados fatores que acusarão, pelo valor da projeção dos vetores sobre os eixos, a carga fatorial (*factor loading*) das variáveis sobre si. Esses fatores representam um número mínimo de causas que condicionam um máximo de variabilidade existente. A comunalidade, isto é, a soma dos quadrados das cargas fatoriais das variáveis sobre cada fator indica a eficiência dos mesmos na explicação da variabilidade total (LANDIM, 2006).

A AF pode ser realizada em dois modos diferentes em modo-R e modo-Q; o modo R visa entender as relações e as similaridades entre as variáveis (espécies), enquanto o modo-Q de análise de fatores tem como intuito analisar o relacionamento entre as amostras e foi utilizado neste estudo. Optou-se, também pelo método da extração do componente principal, que assume que toda a variabilidade em um item deve ser usada na análise.

Com o intuito de obter-se um padrão claro da carga dos fatores obtidos foi adotada a estratégia rotacional do tipo varimax, a qual maximiza as variâncias na carga fatorial para cada fator. Na rotação, os eixos fatoriais são colocados numa única posição tal que o fator possa ser interpretado pelos maiores carregamentos possíveis relacionados com o menor número de variáveis possível.

De acordo, com Parker e Arnold (1999) uma melhor resposta analítica pode ser obtida quando as espécies raras são eliminadas da análise. Comumente, as espécies presentes em abundância menor de 1 ou 2% são eliminadas. Neste estudo foi adotado o primeiro critério de eliminação, ou seja, a eliminação de espécies com abundância menor que 1%. Além disso, os dados sofreram uma transformação moderada onde cada dado bruto foi substituído por sua raiz quadrada para compensar a importância das espécies muito abundantes em relação às menos dominantes, e, até mesmo às espécies raras (CLARKE; WARWICK, 1994).

Desta forma, a análise fatorial modo-Q foi aplicada à fauna de foraminíferos observada nos testemunhos estudados, através do programa Statistica 7.0, com o objetivo de simplificar a estrutura dos dados para inferir os parâmetros ecológicos que influenciam a distribuição das espécies, auxiliando, assim, a reconstrução das características paleoceanográficas da região de Cabo Frio.

4.7 ESTIMATIVAS DE PALEOTEMPERATURAS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DE FUNÇÃO DE TRANSFERÊNCIA - TÉCNICA DO ANÁLOGO MODERNO (TAM)

De acordo com Imbrie e Kipp (1971) as associações de foraminíferos planctônicos caracterizam uma determinada massa d' água oceânica. Se ocorrerem mudanças na temperatura ou na circulação das massas d' água, a presença de uma assembléia diferente refletirá tais mudanças nas condições de seu habitat.

Assim, as funções de transferência têm como base esta relação entre as abundâncias das espécies e as condições do seu habitat de vida e são, assim, aplicadas para estimar as características ambientais da sua distribuição biogeográfica (ARNOLD; PARKER, 1999).

Neste trabalho, foram feitas reconstruções de paleotemperatura para os testemunhos estudados aplicando-se a TAM, a qual, segundo Hutson (1980), quantifica mudanças faunais nas amostras dos testemunhos em termos das condições oceanográficas modernas. No entanto, um grande problema na reconstrução de TSM passadas através da aplicação de TAM em assembléias de

foraminíferos planctônicos é a ocorrência de situações conhecidas por "condições não-análogas" que foram descritas por Imbrie e Kipp (1971); Hutson (1977)

. Dentre estas condições estão as seguintes situações:

- I. Condições de TSM no testemunho que estão fora da amplitude de valores registrados na base de dados de calibração;
- II. A abundância relativa das espécies não é diretamente controlada pela TSM;
- III. A preferência ecológica das espécies muda ao longo do tempo;
- IV. As condições de preservação do carbonato provocaram alterações na assembléia de foraminíferos presentes no sedimento, alterando também a correlação com a TSM.

A primeira condição deve ser testada para que o método do TAM possa ser aplicado. De fato, a qualidade da base de dados de calibração deve ser escolhida com base neste critério. Kucera *et al.* (2005) recomenda a utilização de dados de calibração regionais para minimizar os ruídos nos dados e os erros de reconstruções paleoambientais introduzidos por uma grande área de cobertura dos dados de calibração.

A segunda e terceira condições são muito difíceis de serem testadas, e são assumidas como falsas para a aplicação da TAM. Imbrie e Kipp (1971) supõem que a relação atual entre as associações de foraminíferos planctônicos e as variáveis ambientais, tais como temperatura, salinidade e a incorporação de oxigênio isotópico, é igual à que operou no passado.

A quarta condição pode ser testada observando-se as condições de preservação dos carbonatos. No entanto, para este estudo pode considerar que os testemunhos estudados não se encaixam nesta situação. Os perfis CF02-01B e CF02-02B foram retirados da plataforma continental, em baixa profundidade, estando, portanto, fora da área de dissolução de carbonatos.

O banco de dados para calibração utilizada neste estudo possui 321 amostras de sedimentos superficiais do Atlântico do Sul e consiste de dados de contagem de categorias taxonômicas de foraminíferos planctônicos, bem como, os respectivos dados referentes à temperatura de verão durante os meses de janeiro, fevereiro e março (JFM) e de inverno durante os meses julho, agosto e setembro (JAS) cuja amplitude é de 2° a 29,7°C. Este banco de dados foi recomendada, cedida, e

também, utilizada por Kucera *et al.* (2005) (Figura 9). As categorias taxonômicas são apresentadas na seção de anexos.

Os melhores análogos da base de dados em relação aos testemunhos estudados foram identificados no programa *PaleoAnalog*s 2.0 (THERON *et al.*, 2004). O *PaleoAnalog*s é um programa com uma base Java (disponível em <http://paleosoftools.usal.es>), que combina a TAM com uma análise interativa para produzir reconstruções de TSM mais rápidas e precisas.

A aplicação da técnica requer que os dados de abundância de foraminíferos das amostras fósseis, dos testemunhos CF02-01B e CF02-02B, cujas reconstruções foram feitas separadamente, e a base de dados de amostras modernas com características ambientais relacionadas – os dados de calibração, sejam ajustados para que tenham o número equivalente de taxa. As espécies associadas nas reconstruções realizadas através do uso do software *Paleoanalog*s 2.0 são apresentadas na tabela 3.

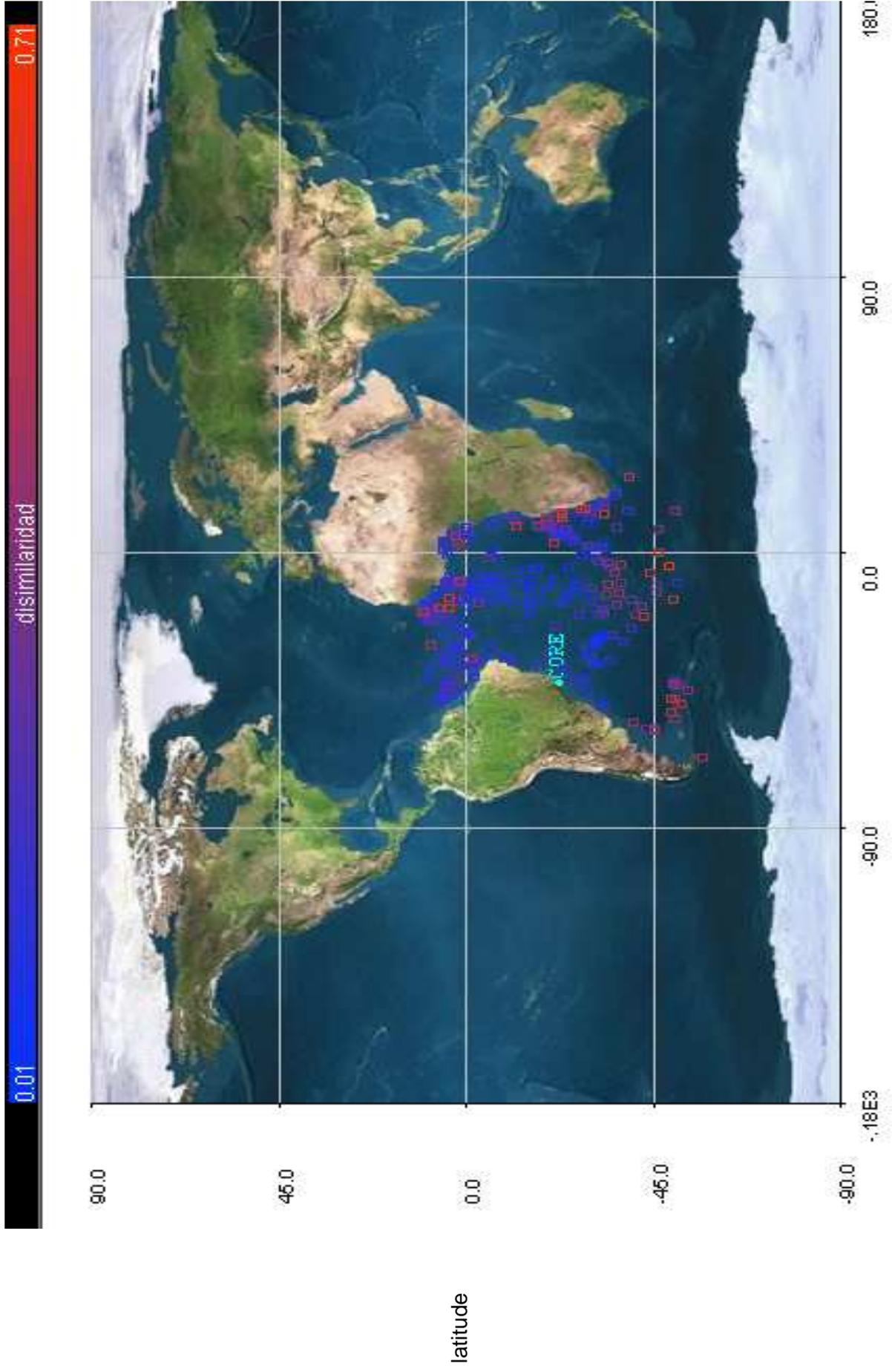


Figura 9 - Mapa de localização das amostras da base de dados de calibração. *PaleoAnalogos. 2.0.*

Tabela 3 - Sumário das Associações das espécies de foraminíferos planctônicos utilizadas na reconstrução da TSM para o testemunho CF02-01-B e CF02-02B.

Espécies	CF02-01B	CF02-02B
<i>Orbulina universa</i>	X	X
<i>Globigerinoides conglobatus</i>	X	X
<i>Globigerinoides ruber</i> (total)	X	X
<i>Globoturborotalita tenella</i>	X	X
<i>Globigerinoides trilobus</i>	X	X
<i>Globigerinoides com sacco</i>	X	X
<i>Globogerinella siphonifera</i>	X	X
<i>Globigerinella calida</i>	X	X
<i>Globigerina bulloides</i>	X	X
<i>Globigerina falconensis</i>	X	X
<i>Globoturborotalita rubescens</i>	X	X
<i>Turborotalita quinqueloba</i>	X	X
<i>Neogloquadrina dutertrei</i>	X	X
<i>Pulleniatina obliquiloculata</i>	X	X
<i>Globorotalia truncatulinoides</i> (total)		X
<i>Globorotalia crassaformis</i>	X	X
<i>Globorotalia hirsuta</i>		X
<i>Globorotalia scitula</i>	X	X
<i>Globorotalia menardii+tumida</i>	X	X
<i>Globigerinita glutinata</i>	X	X
Total de espécies associadas	18	20

É preciso, também, o uso de uma medida de dissimilaridade faunal para comparar cada amostra do testemunho à cada amostra de referência às condições oceanográficas modernas no banco de dados de calibração. O *PaleoAnalog* oferece alternativas para escolha de medidas de distância; estão disponíveis oito coeficientes de dissimilaridade, os quais foram estudados por Overpeck *et al.* (1985). Segundo Therón *et al.*, (2004), desde o trabalho de Overpeck *et al.* (*op.cit.*), a maioria dos trabalhos de paleoceanografia usam apenas a distância *squared chord* simplesmente porque esta é a distância oferecida na maioria dos programas, e portanto, por ter se tornado um padrão. Contudo, Therón *et al.*, (2005) enfatizam que a comparação com resultados obtidos usando diferentes coeficientes pode ser interessante. Os coeficientes apresentados no programa podem ser divididos em três grupos, os quais são diferenciados pelo “peso” aplicado por cada um deles à uma espécie rara, são eles: 1- medida de igual-peso, onde as espécies são

padronizadas para afetar a distância igualmente (*Canberra e Squared Standard Euclidean*) ; 2- medidas sem peso, onde as abundâncias das espécies não são escalas de forma alguma (*Manhattan, Squared cosine-theta, Squared Euclidean*); 3- medidas do sinal de ruído (*signal-to-noise*), que aumenta moderadamente a contribuição das espécies raras (GAVIN *et al.*, 2003). As fórmulas das medidas de distância para o cálculo da dissimilaridade são apresentadas na Tabela 4.

Após a escolha da medida de distância, uma matriz de dissimilaridade é construída. Para cada amostra fóssil, N valores de dissimilaridade são dados e dispostos nas linhas de uma matriz em ordem crescente, na qual os N melhores análogos são as amostras da base de dados mais semelhantes à amostra do testemunho. Os melhores análogos para cada amostra são àqueles que apresentam valores de dissimilaridade próximos de zero.

Convém explicar, que as condições ambientais reconstruídas para cada amostra fóssil tem como base os dados ambientais do número dos melhores análogos, sendo calculado um valor médio para a paleovariável reconstruída, o qual pode ser considerado o “peso” dos análogos. Neste caso, os valores das variáveis ambientais pertinentes aos análogos com menores valores de dissimilaridade contribuirão mais para a reconstrução. Além disso, cada variável reconstruída é acompanhada pelo valor do desvio padrão que fornece uma medida exata da precisão na reconstrução. Cabe ressaltar, ainda, que a reconstrução resulta em três curvas de TSM, inverno, verão e anual, em função do banco de dados de calibração disponível para o Atlântico Sul. No entanto, deve ser considerado o fato de que a TSM da região de Cabo Frio é influenciada pelo processo de ressurgência, sendo valores mais baixos observados durante o verão. Assim, com base neste banco de dados de calibração, no verão reproduz-se a TSM mínima, enquanto no inverno, reproduz-se a TSM máxima (HÖLL; MÜCKE,2000).

Tabela 4 - Medidas de distância para determinação de dissimilaridade entre duas assembléias (OVERPECK *et al.*, 1985).

Medidas de distância	Fórmulas
Manhattan	$d_{ij} = \sum_K P_{ik} - P_{jk} $
Squared Euclidean	$d_{ij} = \sqrt{\sum_K (P_{ik} - P_{jk})^2}$
Square cosine-theta	$d_{ij} = \sum_K \left(\frac{P_{ik}}{\sqrt{\sum_K P_{ik}^2}} - \frac{P_{jk}}{\sqrt{\sum_K P_{jk}^2}} \right)^2$
Canberra	$d_{ij} = \sum_K \frac{ P_{ik} - P_{jk} }{P_{ik} + P_{jk}}$
Square Standard Euclidean	$d_{ij} = \frac{\sqrt{\sum_K (P_{ik} - P_{jk})^2}}{S_K}$
Square chord	$d_{ij} = \sum_K (\sqrt{P_{ik}} - \sqrt{P_{jk}})^2$
Information statistic	$d_{ij} = \sum_K \left(\frac{P_{ik} \ln \frac{2P_{ik}}{P_{ik} + P_{jk}} + P_{jk} \ln \frac{2P_{jk}}{P_{ik} + P_{jk}}}{P_{ik} + P_{jk}} \right)$
Square χ^2	$d_{ij} = \sum_K \frac{(P_{ik} - P_{jk})^2}{P_{ik} + P_{jk}}$

d_{ij} é a distância entre duas amostras multivariadas i e j ; P_{ik} é a proporção de espécies K na amostra i ; S_K é o desvio padrão da proporção da espécie K sobre todas as amostras.

Uma importante etapa para a reconstrução da TSM, a qual deve ser considerada, é o desempenho da técnica. O desempenho dos modelos construídos pelo programa utilizado foi verificado através da comparação entre os dados de contagem de foraminíferos planctônicos de amostras de sedimentos superficiais relacionadas aos dados históricos modernos de TSM da área estudada e a base de dados de calibração. De acordo com Imbrie e Kipp (1971), os topos dos testemunhos contêm sedimentos recentes, ou seja, com idades inferiores a 1.000 anos, os quais refletem o padrão moderno de circulação e das propriedades químicas da água. Desta forma, as TSMs produzidas e seus respectivos desvios, permitiram a verificação do desempenho da técnica e, assim a validação do modelo. Na validação do modelo foram utilizados dados de 16 amostras de sedimentos superficiais da plataforma continental de Cabo Frio coletados em junho de 2008 (LESSA, 2008); das quais quinze amostras foram coletadas através de *van-veen* e uma amostra é referente ao topo do *box-core* BCCF05-06 coletado da profundidade 125m na plataforma continental, mesma localização do testemunho CF02-02B. A análise destas amostras foi importante, também, para a escolha do algoritmo utilizado nas reconstruções da TSM para os testemunhos longos.

Os dados históricos de TSM atuais de Cabo Frio para comparação com àquelas reconstruídas na validação do modelo foram extraídos do banco de dados da Cia. Nacional de Álcalis, o qual contém medidas diárias de TSM, para o período de 1971 à 1980. Neste estudo, foram utilizadas médias decadais de temperaturas (Tabela 5).

A comparação entre os dados percentuais das espécies de foraminíferos planctônicos identificados nos sedimentos superficiais da área de estudo e o banco de dados de calibração foi feita através da TAM utilizando-se cada um dos coeficientes de dissimilaridade disponíveis no *PaleoAnalogs 2.0*. As espécies associadas na reconstrução de calibração realizadas através do uso do software *Paleoanalogs 2.0* são apresentadas na tabela 6.

Tabela 5 - (a) Médias anuais e sazonais da TSM (°C) na região de Cabo Frio para o período entre 1971-1980. (Fonte: Álcalis. Dados cedidos pelo IEAPM). (b) Média de TSM calculada para os períodos de ressurgência mais freqüente (primavera-verão) e de menor freqüência (outono-inverno).

(a)

Ano	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Anual
1971	17,63 ± 1,8	21,18 ± 3,1	24,05 ± 1,7	18,85 ± 2,9	20,43 ± 2,2
1972	19,39 ± 2,2	21,20 ± 3,9	23,32 ± 1,8	20,26 ± 2,0	21,04 ± 1,2
1973	19,95 ± 2,1	20,72 ± 3,5	21,88 ± 1,9	21,73 ± 0,8	21,07 ± 0,7
1974	21,04 ± 1,7	17,90 ± 2,6	22,50 ± 1,5	19,39 ± 1,8	20,21 ± 1,5
1975	17,63 ± 1,5	21,27 ± 2,9	20,36 ± 1,4	19,13 ± 1,7	19,60 ± 1,2
1976	18,78 ± 1,7	18,94 ± 3,7	23,29 ± 0,7	20,20 ± 1,2	20,33 ± 1,5
1977	16,47 ± 1,7	16,80 ± 2,1	22,71 ± 1,2	19,04 ± 2,4	18,76 ± 2,1
1978	18,48 ± 2,3	17,63 ± 2,4	22,78 ± 1,0	19,80 ± 2,4	19,60 ± 1,7
1979	17,99 ± 2,1	18,85 ± 2,6	22,33 ± 0,9	18,83 ± 2,3	19,50 ± 1,4
1980	19,29 ± 2,3	19,06 ± 2,9	21,15 ± 1,9	21,62 ± 0,8	20,28 ± 1,4
Média decadal	18,39 ± 2,2	19,34 ± 3,3	22,45 ± 1,6	19,89 ± 2,1	20,01 ± 1,2

(b)

	Média decadal
Primavera-verão (ressurgência)	18,99 ± 1,2
Outono-inverno (subsistência)	21,17 ± 1,5

Tabela 6 – Sumário das Associações das espécies de foraminíferos planctônicos utilizadas na calibração da TSM atual para a aplicação da TAM nos testemunhos CF02-01-B e CF02-02B.

Espécies
<i>Orbulina universa</i>
<i>Globigerinoides conglobatus</i>
<i>Globigerinoides ruber</i> (total)
<i>Globoturborotalita tenella</i>
<i>Globigerinoides trilobus</i>
<i>Globigerinoides com sacco</i>
<i>Globogerinella siphonifera</i>
<i>Globigerinella calida</i>
<i>Globigerina bulloides</i>
<i>Globigerina falconensis</i>
<i>Globoturborotalita rubescens</i>
<i>Turborotalita quinqueloba</i>
<i>Neogloquadrina dutertrei</i>
<i>Globorotalia crassaformis</i>
<i>Globorotalia hirsuta</i>
<i>Globorotalia scitula</i>
<i>Globorotalia menardii+tumida</i>
<i>Globigerinita glutinata</i>

Total de espécies associadas = 18

Além disso, uma outra forma de verificar o desempenho da técnica é através do erro de previsão. Dentre os métodos utilizados, a validação cruzada deixe-um-fora (*leave-one-out*) é o mais simples e caracteriza-se pela exclusão de uma amostra durante o processo de recombinação dos dados modernos originais (Braak e Juggins, 1993 *apud* GOMES, 2007). Ou seja, neste método, em cada uma das n previsões, uma amostra é deixada de fora, formando assim, a matriz do banco de dados de calibração ($n-1$), da qual se obtém a função de calibração. Tal função é, então, aplicada à amostra omitida (amostra teste) e resulta em um valor inferido (X_i) de TSM, este por sua vez, subtraído do valor observado de TSM determina o erro de previsão de cada amostra.

Assim, a eficácia da técnica foi testada para o banco de dados de amostras de sedimentos superficiais do Atlântico Sul ($n=321$) através da Raiz do Erro Quadrado Médio da Previsão (RMSEP – *root mean square error of prediction*) pelo método da validação cruzada *leave-one-out* por Kucera *et al.*(2005) e apresentou os

valores de 1,36, 1,47 e 1,36 °C, para as TSM de verão, inverno e anual, respectivamente.

4.8 ANÁLISES DE ISÓTOPOS ESTÁVEIS DE OXIGÊNIO

As espécies *Globigerinoides ruber* e *Globigerina bulloides* foram selecionadas para a análise isotópica do Oxigênio (^{18}O) em 56 amostras do testemunho CF02-02B.

Foram selecionados cerca de 15 indivíduos de cada espécie seguindo dois critérios: o tamanho dos exemplares e morfotipo único. No primeiro critério levou-se em consideração estágio ontogenético dos indivíduos, cujos exemplares estiveram entre 250- 300 μm . O segundo refere-se aos indivíduos de *G. ruber*. Segundo Wang (2000) esta espécie apresenta diferentes morfotipos, os quais têm preferência por habitats diferentes, conferindo pequenas diferenças no sinal isotópicos entre eles. Na figura 10 são apresentados três morfotipos, os quais estiveram presentes nas amostras dos testemunhos estudados.

Os indivíduos denominados *G. ruber sensu stricto* foram selecionados para as análises isotópicas em virtude da sua maior abundância nas amostras ao longo dos testemunhos.

Assim, feita a padronização dos exemplares evitando ruídos de diferentes temperaturas de calcificação, e, portanto, erros de interpretação dos sinais isotópicos, o material foi enviado para análise, a qual foi feita em colaboração com o Laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal do Pará (UFPA).

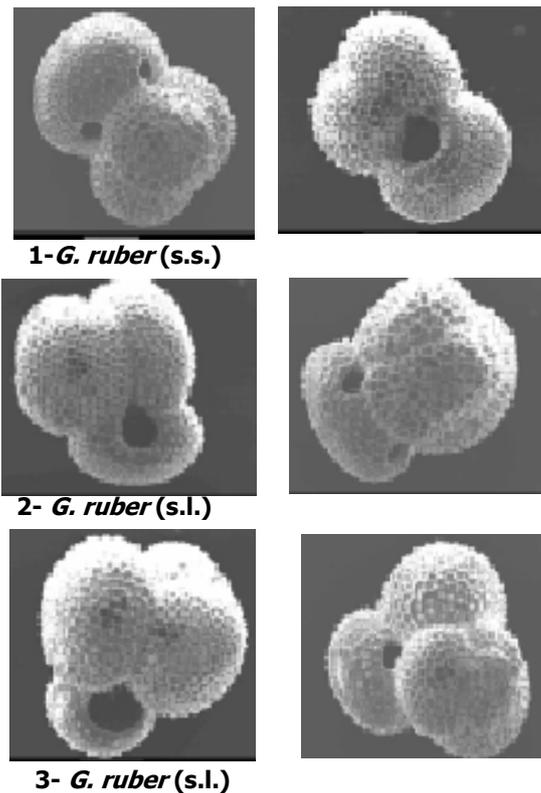
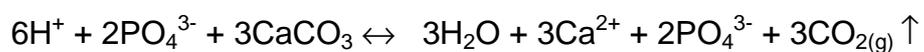


Figura 10 - Morfotipos de *G. ruber* identificados nas amostras dos testemunhos da plataforma continental de Cabo Frio. (1-*G. ruber* (s.s) = *sensu stricto*; 2-*G.ruber* (s.l.)=*sensu lato*, última câmara plana e assimétrica; 3- *G. ruber* (s.l.)= *sensu lato*, última câmara minúscula. 100 μ m.) (figura retirada de Wang, 2000).

4.8.1 Procedimento metodológico na análise isotópica do oxigênio em carbonatos

A análise isotópica do oxigênio no laboratório de Geologia Isotópica da Universidade Federal do Pará (Pará-Iso) foi realizada em espectrômetro de massa Finnigan MAT 252 acoplado a um sistema Kiel-III de extração *on line* de CO₂. Nesse sistema, a amostra de carbonato é dissolvida com ácido fosfórico a 70°C, sob vácuo, liberando CO₂ através da reação:



O CO₂ liberado, após passar por etapas automáticas de purificação no sistema Kiel, foi introduzido no espectrômetro de massa e teve suas razões

isotópicas de oxigênio determinadas. As razões isotópicas foram reportadas em notação δ ‰ (delta por mil) em relação ao padrão PDB (*Pee Dee Belemnite*) da Universidade de Chicago, que se refere a um fóssil particular de belemnite da Formação *Pee Dee* da Carolina do Sul (EUA).

Dessa forma, os valores de $\delta^{18}\text{O}$ ‰, são expressos pela relação:

$$\delta^{18}\text{O} \text{ ‰} = \frac{\{({}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O})_{\text{amostra}} - ({}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O})_{\text{padrão PDB}}\} \times 1000}{({}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O})_{\text{padrão PDB}}}$$

Quantidades inferiores a 0,5 miligramas de amostra foram utilizadas no procedimento analítico. O controle da precisão e exatidão analítica foi feito através da análise do padrão de carbonato NBS-19 que foi realizada, sistematicamente, ao longo da análise das amostras. O desvio padrão das diversas análises desse padrão (23 ao todo) indicaram uma precisão analítica menor que 0,13‰ para o oxigênio. O valor médio de $\delta^{18}\text{O}$ de -2.11 ‰, obtidos ao longo das análises das amostras, são comparáveis aos valores para o padrão certificado NBS-19 (-2,20 ‰) e atestaram a exatidão do procedimento analítico adotado.

4.8.2 Estimativas de Paleotemperatura – Equações de Paleotemperaturas

A composição do $\delta^{18}\text{O}$ das carapaças dos foraminíferos têm sido amplamente utilizada para o cálculo de paleotemperaturas, e desta forma, uma estimativa das paleotemperaturas foi obtida a partir dos sinais isotópicos registrados nas carapaças de *G. ruber* e *G. bulloides* do testemunho CF02-02B.

Uma vez que a composição isotópica das testas dos foraminíferos varia de acordo com a temperatura da água (UREY, 1947; MCCREA, 1950; EPSTEIN *et al.*, 1953) e com a composição isotópica da água ($\delta^{18}\text{O}_a$), faz-se necessário, portanto, para o cálculo da temperatura de calcificação das espécies, conhecer o $\delta^{18}\text{O}_a$ dentro do intervalo de tempo estudado. E, ainda, considerar as mudanças ocorridas na composição isotópica da água devido a mudanças no volume de gelo.

Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ da água foram retirados de Lea *et al.* (2002) que sugere que um método independente de reconstrução de TSM pode ser utilizado para uma

estimativa direta pela conversão do $\delta^{18}\text{O}$ calcita para $\delta^{18}\text{O}$ água. Assim, baseado na temperatura de calcificação de *G.ruber* (branca) calculada a partir Mg/Ca e, removendo o sinal do $\delta^{18}\text{O}$ da calcita, obteve-se o registro do $\delta^{18}\text{O}$ da água.

As temperaturas de calcificação de *G.ruber* e *G.bulloides* foram calculadas utilizando-se as equações de paleotemperatura baseadas na relação temperatura espécie-específica: $\delta^{18}\text{O}$, descritas abaixo:

Globigerinoides ruber (branca) (KIM; O'NEIL, 1997)

$$T = 16,1 - 4,64(\delta^{18}\text{O}_c - \delta^{18}\text{O}_a) + 0,09(\delta^{18}\text{O}_c - \delta^{18}\text{O}_a)^2$$

Globigerina bulloides (BEMIS et al. 2002)

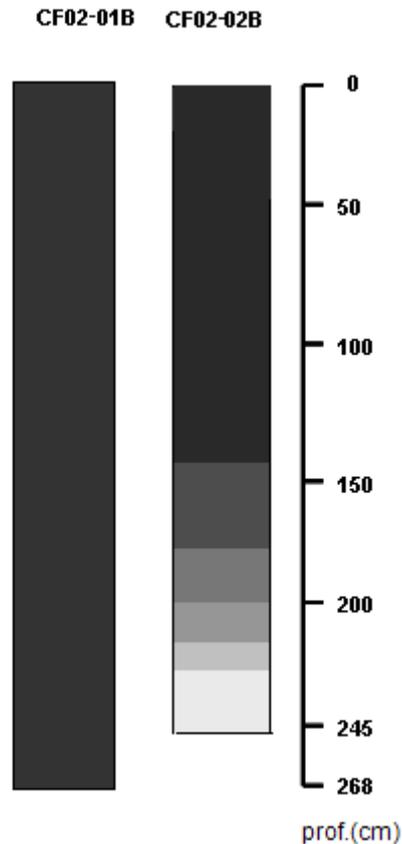
$$T = 13,4 - 4,48(\delta^{18}\text{O}_c - \delta^{18}\text{O}_a)$$

5. RESULTADOS

5.1 LITOLOGIA

A descrição dos sedimentos dos testemunhos estudados permitiu a identificação de uma litologia homogênea caracterizada por argila orgânica, no perfil CF02-01B e a identificação de 6 fácies sedimentares no testemunho CF02-02B. Convém ressaltar que a composição homogênea do testemunho CF02-01B é semelhante ao descrito na unidade superior do testemunho CF02-02B. As fácies sedimentares identificadas estão descritas a seguir (Figura 11):

- Unidade I (245-222 cm) - constituiu-se de areia argilosa 4/1-5Y (“dark-gray”), com grande concentração de conchas quebradas.
- Unidade II (221-214 cm) – constituiu-se de argila orgânica 4/1-5Y (“dark-gray”).
- Unidade III (213-200 cm) - constituiu-se de areia argilosa 4/1-5Y (“dark-gray”), com presença de conchas de gastrópodes.
- Unidade IV (199-177 cm) – constituiu-se de argila arenosa 4/1-5Y (“dark-gray”), com pequenas conchas, tubos de poliquetas íntegros e quebrados e briozoários.
- Unidade V (176-142 cm) - constituiu-se de argila arenosa 4/1-5Y (“dark-gray”).
- Unidade VI (141-0 cm) - constituiu-se de argila orgânica 4/2-5Y (“olive-gray”).



Fácies sedimentares

	VI - argila orgânica
	V - argila arenosa
	IV - argila arenosa com fragmentos de concha
	III - areia argilosa com conchas
	II - argila orgânica
	I - areia argilosa com biodetritos

Figura 11 – Representação esquemática das fácies sedimentológicas, com base em textura, dos testemunhos da plataforma continental de Cabo Frio.

5.2 DENSIDADE APARENTE

As curvas de densidade aparente ao longo dos testemunhos estudados ilustram a figura 12. A densidade média para o testemunho CF02-01B foi de $0,84 \pm 1,45 \text{ g.cm}^{-3}$ e apresentou-se bastante variável. Por outro lado, o testemunho CF02-02B apresentou densidade aparente média $1,08 \pm 0,09 \text{ g.cm}^{-3}$, sendo maiores

valores encontrados na base do testemunho, onde se destacam os valores entre 0,89 e 1,82 g.cm⁻³, nas profundidades 245 e 155 cm.

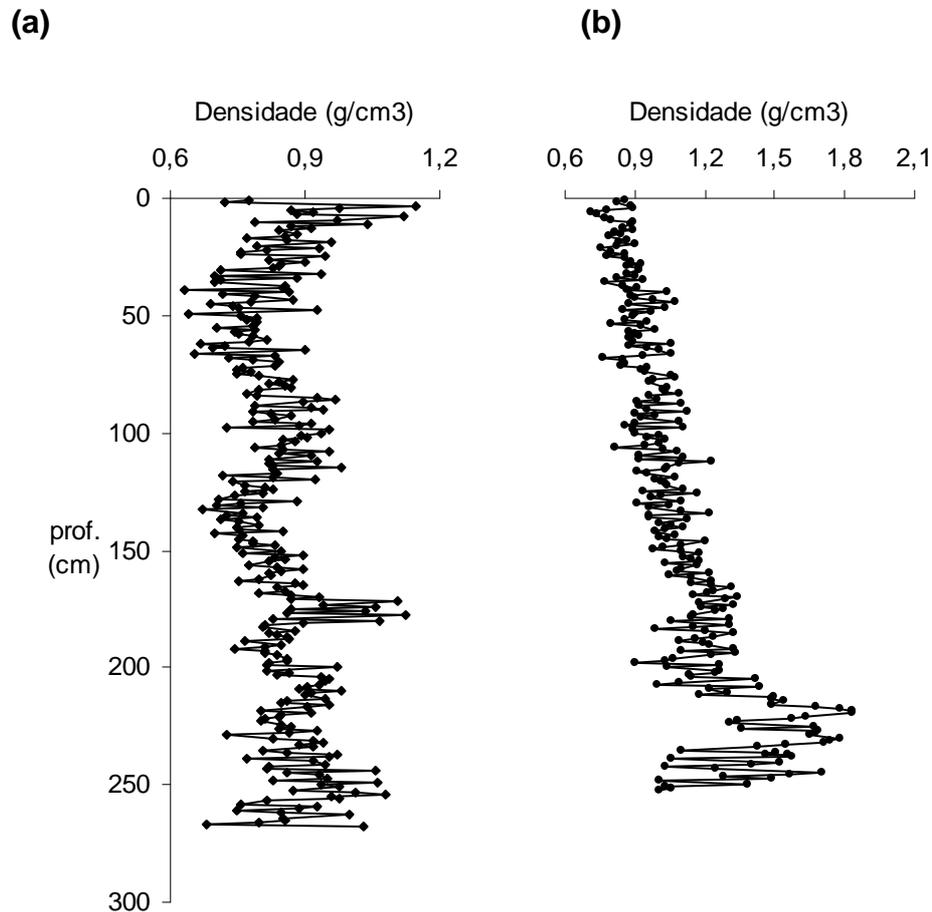


Figura 12 – Densidade aparente dos testemunhos (a) CF02-01B e (b) CF02-02B. Os pontos de mudança nos valores densidade serviram de base para seleção de amostras para geocronologia.

5.3 GEOCRONOLOGIA

Os resultados de datação ¹⁴C convencional, da matéria orgânica e do material carbonático (briozoários), bem como, as idades transformadas em anos calendários (idades calibradas), para os testemunhos estudados, são apresentadas na tabela 7.

Tabela 7 - Amostras selecionadas para datação ^{14}C dos testemunhos CF02-01B e CF02-02B, código de identificação de laboratório, resultados e idade calibrada (intervalo com idade de maior distribuição de probabilidade em negrito).

CF0201B					
Prof. (cm)	Idade convencional ^{14}C	Código do Laboratório	^{13}C	Material Datado	Interv. Idade cal. (Anos cal AP)
48	2147 ± 32	AA58015	-22,6	matéria orgânica	1595 – 1740 – 1890
70	2080 ± 32	AA58016	-23,5	matéria orgânica	1525 – 1680 – 1815
124	2574 ± 33	AA58017	-22,7	matéria orgânica	2100 – 2290 – 2405
169	2956 ± 34	AA58018	-23,1	matéria orgânica	2595 – 2720 – 2895
181	3107 ± 34	AA58020	-23,6	matéria orgânica	2755 – 2880 – 3065
200	3261 ± 39	AA58021	-22,7	matéria orgânica	2925 – 3110 – 3295
260	4100 ± 40	Beta179275	-21,9	matéria orgânica	3975 – 4150 – 4365
CF02-02B					
Prof. (cm)	Idade convencional ^{14}C	Código do Laboratório	^{13}C	Material Datado	Interv. Idade cal. (Anos cal AP)
31	2615± 33	AA58021Pa413	-22.6	matéria orgânica	2140 – 2310 – 2470
44	2835 ± 33	AA58022Pa414	-22.7	matéria orgânica	2410 – 2665 – 2740
59	3480 ± 60	SacA00853	-25,2	matéria orgânica	3190 – 3360 – 3570
70	2900 ± 50	SacA003217	-26,9	matéria orgânica	2460 – 2700 – 2840
90	5610 ± 90	SacA003218	-25,7	matéria orgânica	5790 – 5890 – 6260
101	5455 ± 38	AA58023Pa415	-26.7	matéria orgânica	5680 – 5875 – 5980
132	7530 ± 90	SacA00854	-23,3	matéria orgânica	7700 – 7980 – 8230
143	9735 ± 45	SacA 004833	0,7	briozoário	10470 – 10580 – 10820
159	8425+44	AA58024Pa416	-19.9	matéria orgânica	8860 – 9010 – 9260
184	10830 ± 50	SacA 003169	3,75	briozoário	12070 – 12340 – 12660
196	11240 ± 50	SacA 003170	1,75	briozoário	12770 – 12850 – 12930
202	8160 ± 40	Beta 179276	-26,2	matéria orgânica	8502 – 8630 – 8920
216	13010 ± 45	SacA 003171	3,8	briozoário	14460 – 14900 – 15160
242	11350 ± 70	SacA 003172	-0,3	briozoário	12820 – 12890 – 13070

A interpolação das idades calibradas através da função cúbica *spline* pode ser verificada na figura 13 Para o testemunho CF02-01B, a interpolação considerou

todas as idades calibradas. No entanto, para o testemunho CF02-02B, observam-se inversões de idades (figura 13b), com carbonatos mostrando-se sistematicamente envelhecidos e matéria orgânica com idades calibradas mais jovens, as quais foram excluídas da elaboração do modelo cronológico.

Com base no modelo elaborado, verificou-se que o testemunho CF02-01B cobriu o período entre 4.000 e 700 anos cal AP, e apresentou uma taxa de sedimentação que esteve entre de 0,05 e 0,12 cm/ano. Enquanto o testemunho CF02-02B cobriu o período entre 13.000 e 1.500 anos cal AP e apresentou uma taxa de sedimentação que esteve entre 0,011 e 0,04 cm/ano. O esquema da figura 14 mostra as fácies sedimentares e as idades obtidas para os testemunhos estudados; é possível observar, no esquema, que o testemunho CF02-02B integra em seu topo, as informações contidas no testemunho CF02-01B.

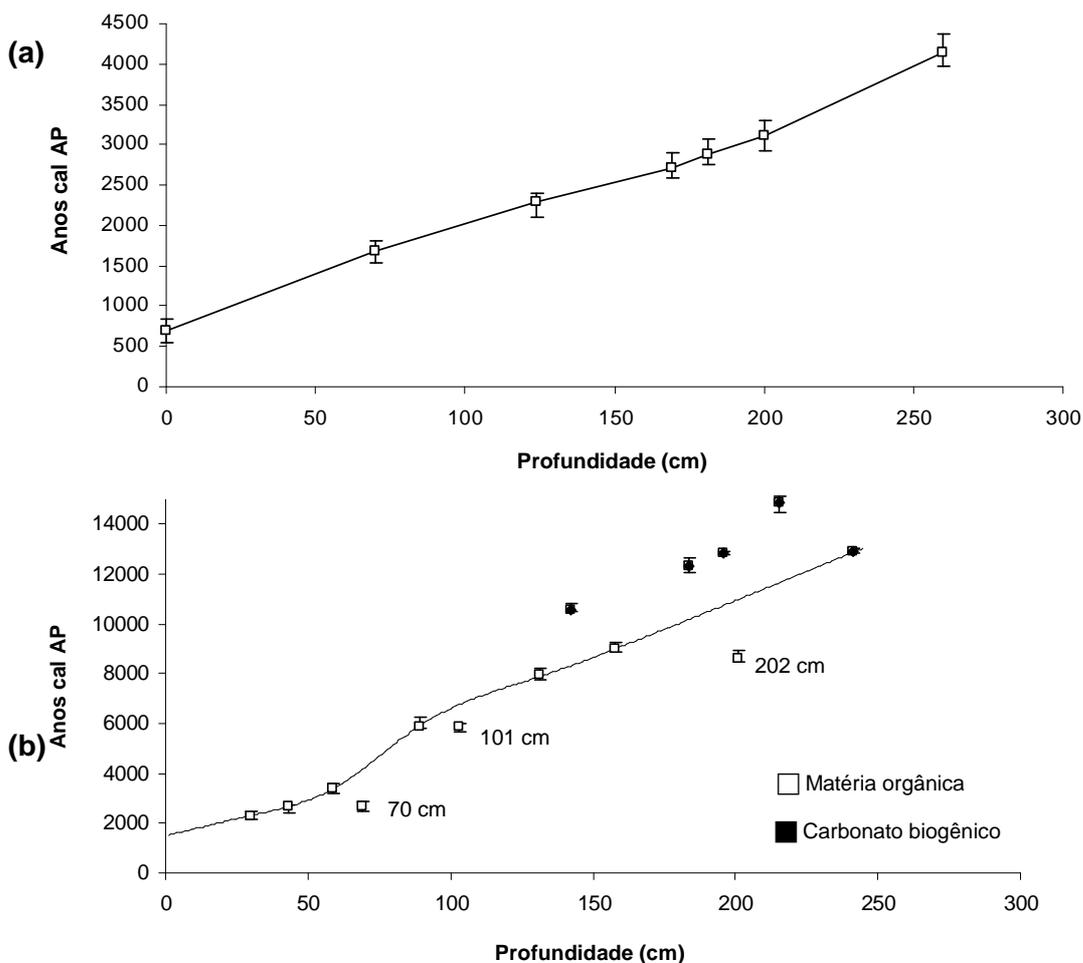


Figura 13– Modelo cronológico dos testemunhos estudados com base na aplicação da função spline. (a) CF02-01B; (b) CF02-02B.

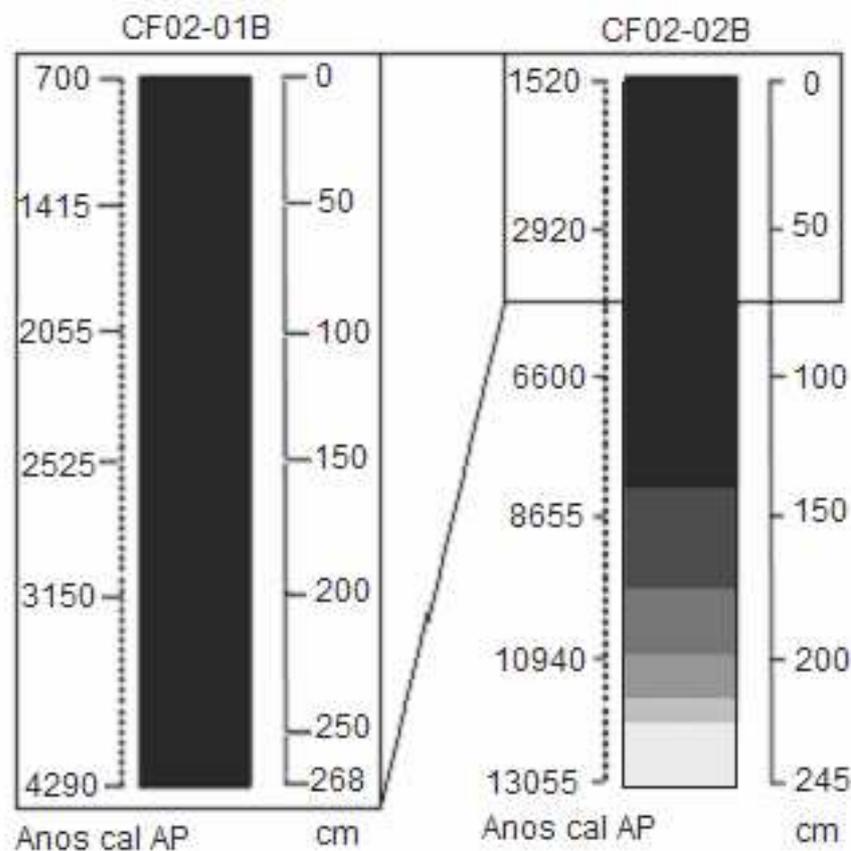


Figura 14 - Geocronologia e fácies sedimentológicas dos testemunhos CF02-01B e CF02-02B coletados da plataforma continental de Cabo Frio.

5.4 CARBONO ORGÂNICO TOTAL (COT)

Os valores de carbono orgânico total para o testemunho CF02-01B registrados para 134 amostras de matéria orgânica variavam entre 0,5 e 2,5%, em 227 e 21 cm de profundidade, respectivamente. Ao longo do testemunho observa-se uma tendência de aumento gradativo dos valores em direção ao presente.

Tendo em vista as grandes diferenças nos valores absolutos de taxas de sedimentação observada entre os dois testemunhos estudados, foi necessário o cálculo dos fluxos, como forma de viabilizar a comparação entre eles. Desta forma, conteúdo de carbono orgânico acumulado, ou seja, o fluxo de COT, alcançou valores entre 0,027 e 0,24 g.cm².ano⁻¹, em 227 cm e 126 cm, respectivamente. Ao longo do testemunho observa-se um aumento dos valores até 126 cm de

profundidade e uma posterior diminuição dos mesmos em direção ao presente (Figura 15).

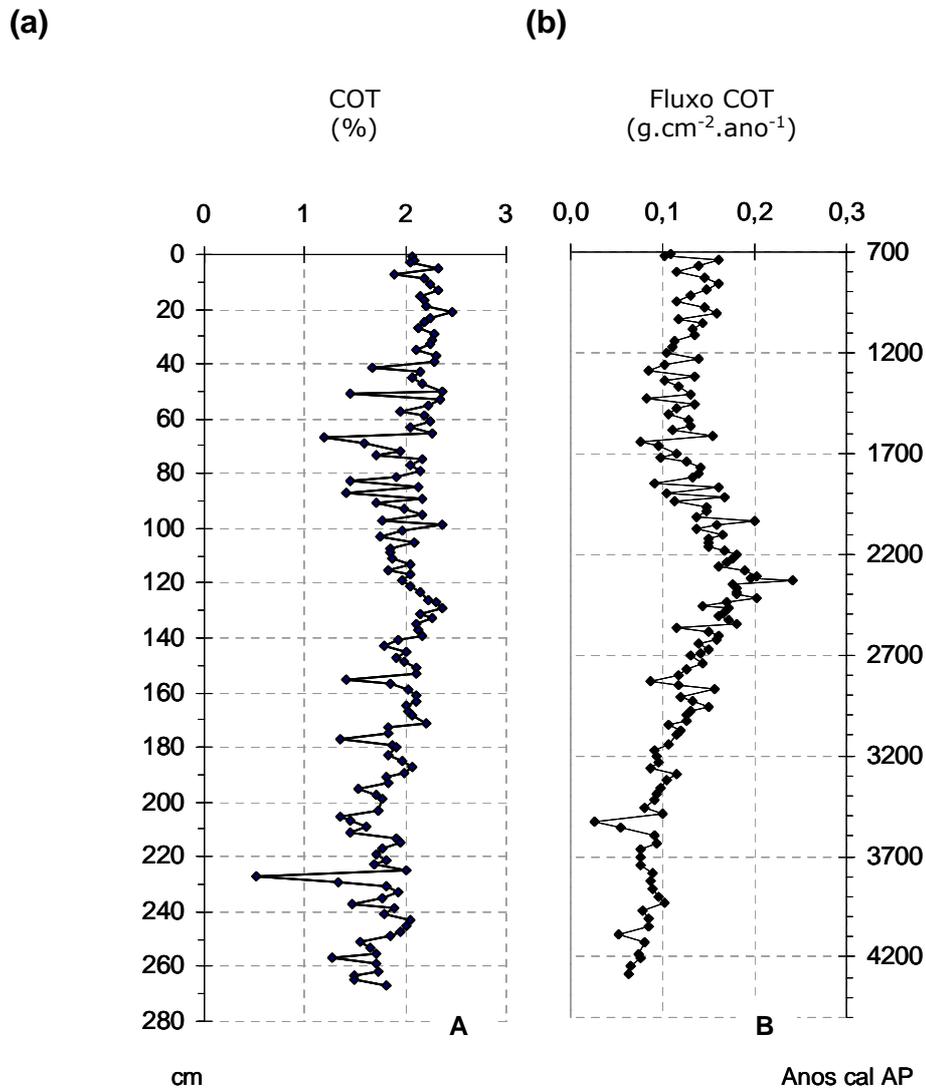


Figura 15 – Curva de variação (a) do conteúdo (%) e (b) do fluxo (g.cm².ano⁻¹) de carbono orgânico total (COT) no testemunho CF02-01B.

No testemunho CF02-02B, os valores percentuais de carbono orgânico total estiveram em torno de 0,24 e 2,25 %, em 241 cm e no topo do testemunho, respectivamente. Os menores valores são observados na base do testemunho até aproximadamente 158 cm e entre 80 e 61 cm de profundidade.

A curva do fluxo de COT mostra-se bastante oscilante com valor mínimo de $0,005 \text{ g.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ em 241 cm e máximo de $0,068 \text{ g.cm}^{-2}.\text{ano}^{-1}$ no topo do testemunho (Figura 16).

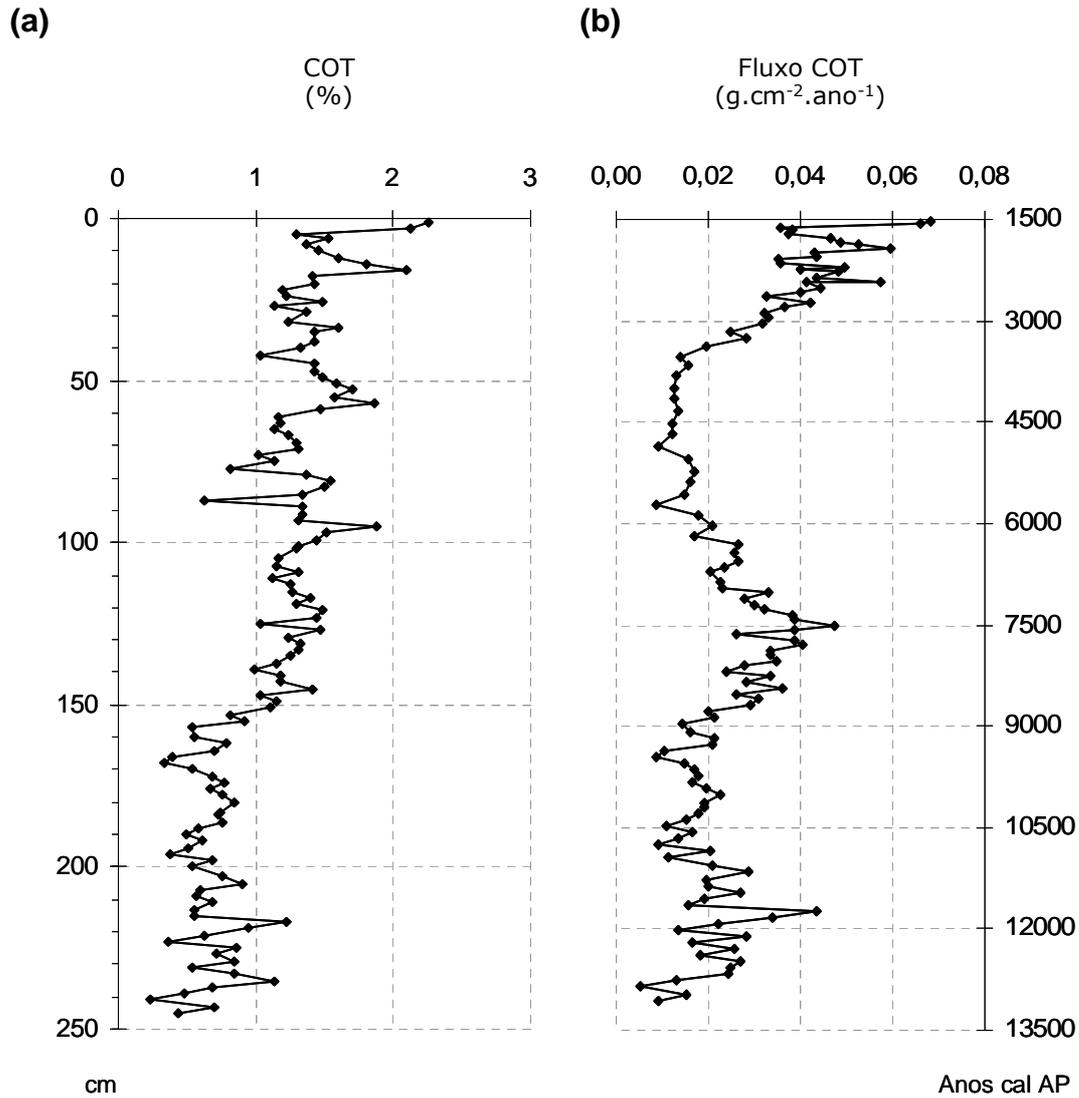


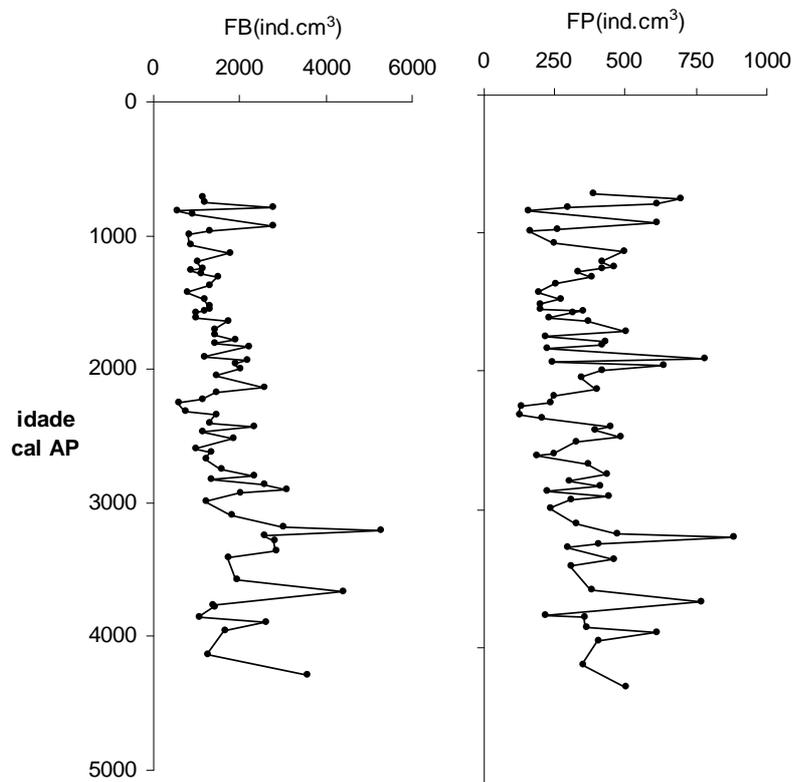
Figura 16 – Curva de variação (a) do conteúdo (%) e (b) do fluxo ($\text{g.cm}^2.\text{ano}^{-1}$) de carbono orgânico total (COT) no testemunho CF02-02B.

5.5 CONTEÚDO DE FORAMINÍFEROS

A abundância absoluta de formas planctônicas e bentônicas no testemunho CF02-01B mostrou um número mínimo de 687 indivíduos na profundidade 120 cm e máximo de 6.128 indivíduos na profundidade 207 cm. A fauna planctônica apresentou valores percentuais entre 7,9 e 37,6% nas profundidades 4 e 180 cm, respectivamente. O número total de indivíduos planctônicos esteve entre 121 e 816, nas profundidades 127 e 207 cm, respectivamente.

No testemunho CF02-02B, a abundância absoluta das formas planctônicas e bentônicas esteve entre 589 e 6.892, nas profundidades 231 e 11 cm, respectivamente. O percentual de foraminíferos planctônicos esteve entre 1,6 e 57,8% nas profundidades 21 e 227 cm, respectivamente. O número total de indivíduos planctônicos esteve entre 34 e 18.944, nas profundidades 231 e 40 cm, respectivamente. A figura 17 mostra a curva da variação do número total de indivíduos contabilizados ao longo dos testemunhos estudados.

(a)



(b)

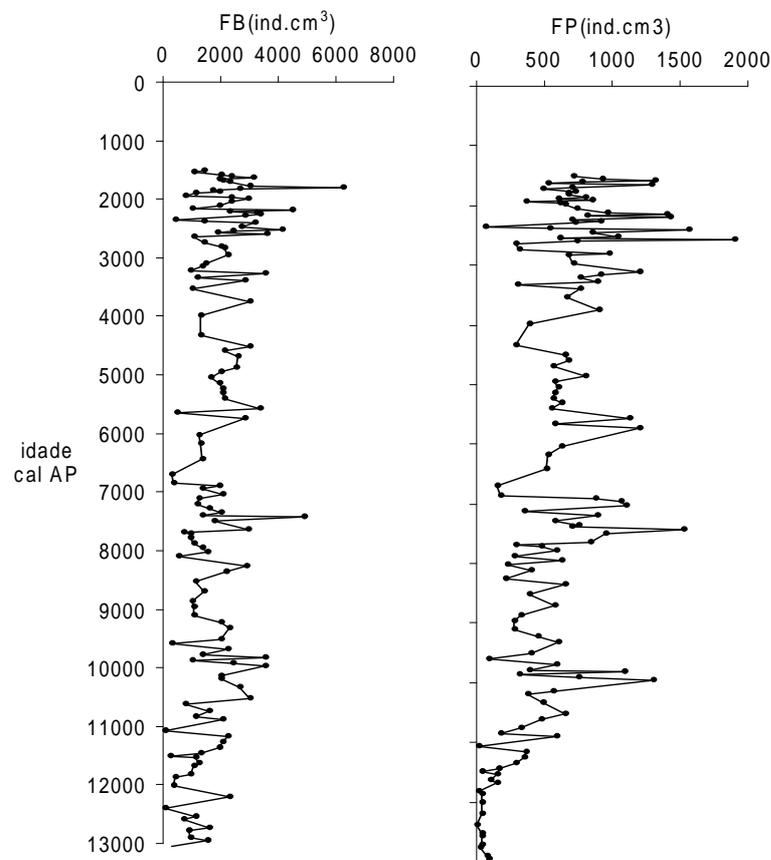


Figura 17 – Curva de variação do total de foraminíferos nos testemunhos estudados. (a) testemunho CF02-01B; (b) testemunho CF02-02B. FB= Foraminíferos Bentônicos; FP= Foraminíferos Planctônicos.

A análise dos foraminíferos planctônicos do testemunho CF02-01B permitiu a identificação de 20 espécies: *Globigerina bulloides*; *G. falconensis*; *Globigerinella siphonifera*; *G. calida*; *Globigerinina glutinata*; *G. uvula*; *Globigerinoides ruber*, *G. sacculifer*, *G. conglobatus*; *G. trilobus*; *Globorotalia menardii*; *G. truncatulinoides*; *G. tumida*; *Globoturborotalita rubescens*; *G. tenela*; *Neogloboquadrina dutertrei*; *Orbulina universa*; *Pulleniatina obliquiloculata*; *Turborotalita humilis*; *T. quinqueloba*. Além destas espécies, o testemunho CF02-02B apresentou ainda *G. hirsuta*, *Globorotalia .scitula* e *G. crassaformis*, totalizando 23 espécies identificadas. A partir dos dados de contagem de indivíduos foram calculadas a frequência relativa total e o fluxo de indivíduos para o sedimento ($\text{ind. cm}^2.\text{ano}^{-1}$) ao longo dos testemunhos

estudados. Os valores máximo e mínimo de cada um deles estão dispostos nas tabelas 8 e 9, respectivamente. Os valores apresentados ao longo dos testemunhos estão plotados nos gráficos que ilustram as figuras 18 a 21.

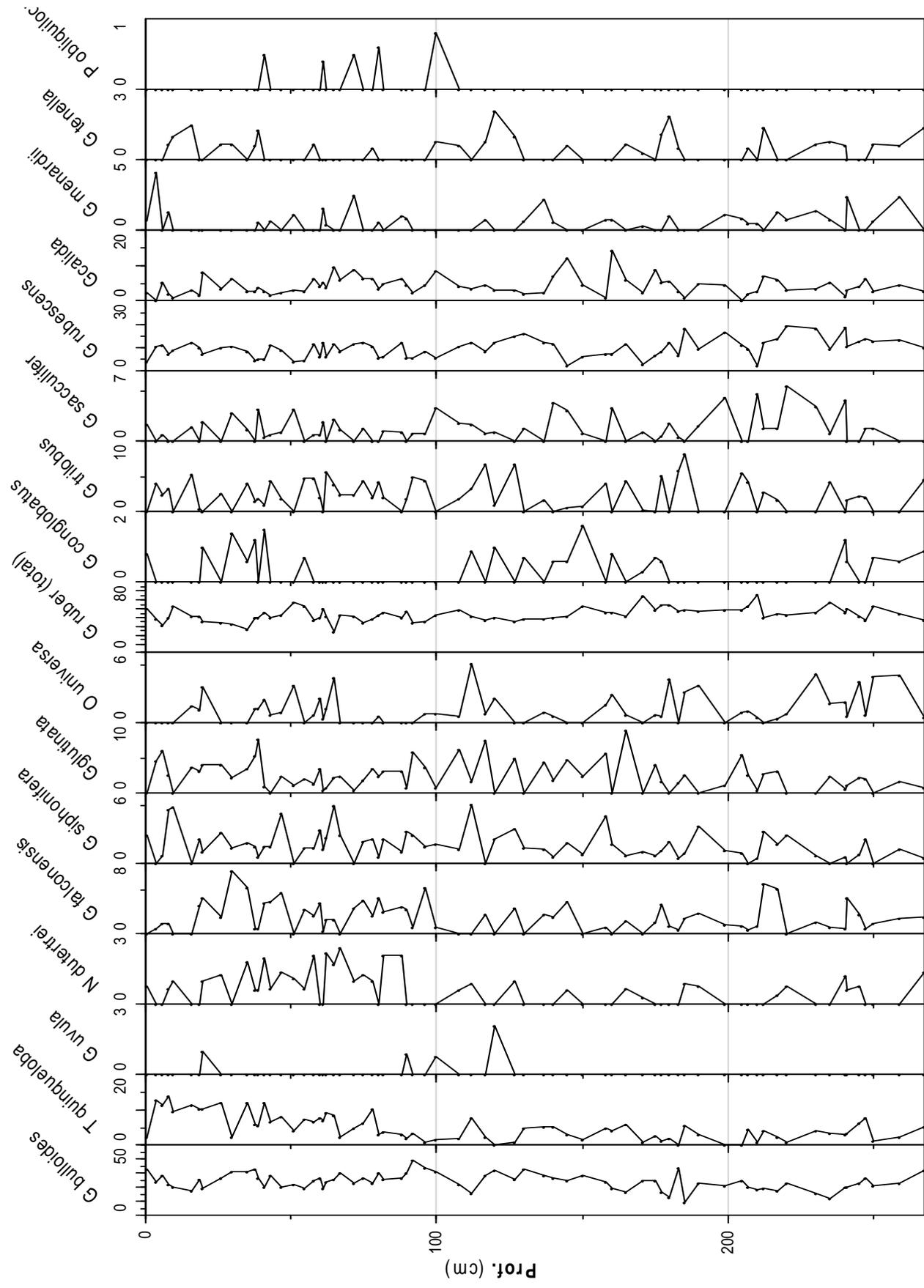
Tabela 8 - Valores máximo e mínimo da frequência relativa das espécies de foraminíferos planctônicos ao longo dos testemunhos da plataforma continental de Cabo Frio.

Espécies	CF02-01 B		CF02-02	
	% min	% max	% min	% max
<i>G.bulloides</i>	9.1	39.5	8.8	73.7
<i>G.falconensis</i>	0.0	7.2	0.0	31.7
<i>G.siphonifera</i>	0.0	5.1	0.0	17.9
<i>G.calida</i>	0.0	14.3	0.0	14.9
<i>G.ruber</i>	24.0	65.9	7.5	75.6
<i>G.conglobatus</i>	0.0	1.6	0.0	5.0
<i>G.trilobus</i>	0.0	8.2	0.0	15.4
<i>G.sacculifer</i>	0.0	5.6	0.0	5.9
<i>G.rubescens</i>	2.5	19.4	0.0	23.8
<i>G.tenella</i>	0.0	2.1	0.0	8.0
<i>G.truncatulinoides</i>	0.0	1.0	0.0	0.9
<i>G.crassaformis</i>	-	-	0.0	2.1
<i>G.hirsuta</i>	-	-	0.0	2.5
<i>G.scitula</i>	-	-	0.0	2.1
<i>G.menardi</i>	0.0	4.1	0.0	1.5
<i>G.tumida</i>	0.0	0.9	0.0	0.9
<i>G.glutinata</i>	0.0	9.0	0.0	17.9
<i>G.uvula</i>	0.0	2.1	0.0	3.3
<i>N.dutertrei</i>	0.0	2.4	0.0	13.0
<i>Ö.Universa</i>	0.0	5.1	0.0	8.3
<i>P.obliquiloculata</i>	0.0	0.8	0.0	2.9
<i>T.quinqueloba</i>	0.0	13.9	0.0	21.4
<i>T.humilis</i>	0.0	2.0	0.0	1.1

Tabela 9 - Valores máximo e mínimo do fluxo das espécies identificadas de foraminíferos planctônicos ao longo dos testemunhos da plataforma continental de Cabo Frio.

Espécies	CF02-01 B		CF02-02	
	ind.cm ² .ano ⁻¹ (min)	ind.cm ² .ano ⁻¹ (max)	ind.cm ² .ano ⁻¹ (min)	ind.cm ² .ano ⁻¹ (max)
<i>G.bulloides</i>	1.0	13.5	0.03	8.5
<i>G.falconensis</i>	0.0	2.0	0.0	2.0
<i>G.siphonifera</i>	0.0	5.1	0.0	1.9
<i>G.calida</i>	0.0	3.4	0.0	1.7
<i>G.ruber</i>	1.9	26.5	7.5	7.9
<i>G.conglobatus</i>	0.0	0.5	0.0	0.3
<i>G.trilobus</i>	0.0	2.1	0.0	1.3
<i>G.sacculifer</i>	0.0	1.3	0.0	0.4
<i>G.rubescens</i>	0.2	5.4	0.0	3.5
<i>G.tenella</i>	0.0	0.3	0.0	0.21
<i>G.truncatulinoides</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
<i>G.crassaformis</i>	-	-	0.0	0.2
<i>G.hirsuta</i>	-	-	0.0	0.11
<i>G.scitula</i>	-	-	0.0	0.1
<i>G.menardi</i>	0.0	1.6	0.0	0.18
<i>G.tumida</i>	0.0	0.3	0.0	0.1
<i>G.glutinata</i>	0.0	2.9	0.0	2.0
<i>G.uvula</i>	0.0	0.2	0.0	0.4
<i>N.dutertrei</i>	0.0	1.0	0.0	0.8
<i>Ö.universa</i>	0.0	1.1	0.0	0.5
<i>P.obliquiloculata</i>	0.0	0.2	0.0	0.1
<i>T.quinqueloba</i>	0.0	5.4	0.0	5.2
<i>T.humilis</i>	0.0	0.3	0.0	0.10

Análise da frequência relativa das espécies identificadas mostrou a dominância de duas espécies: *G. ruber* e *G. bulloides*, as quais estiveram presentes em todas as amostras analisadas nos dois testemunhos. Além disso, juntas estas espécies representaram cerca de 50-90% e 40-90% da abundância relativa da fauna de foraminíferos planctônicos observados nos testemunhos CF02-01B e CF02-02B, respectivamente.



max.: 267 cm

Figura 18 – Frequência relativa (%) das espécies de foraminíferos planctônicos por amostra ao longo do testemunho CF02-01B.

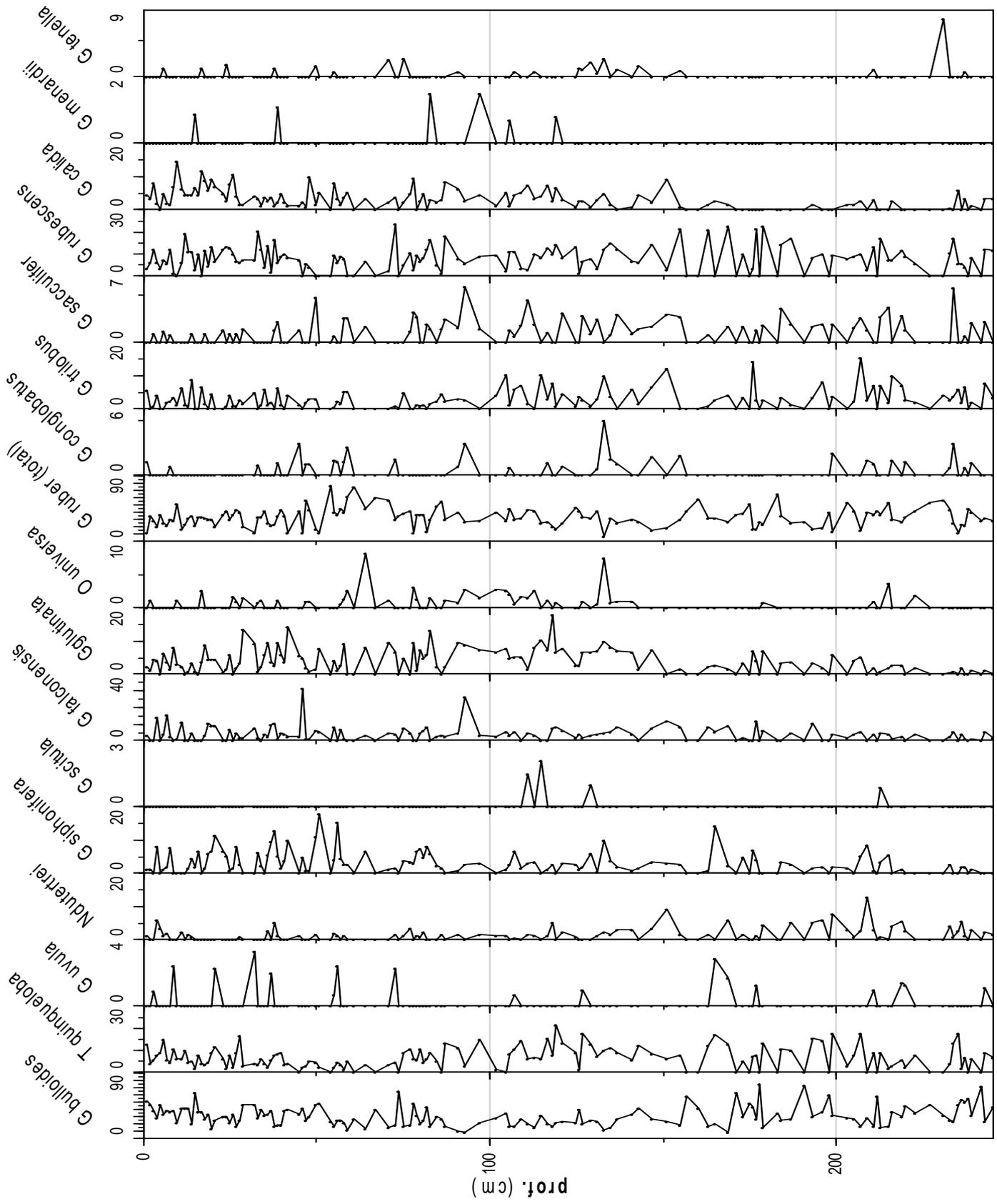
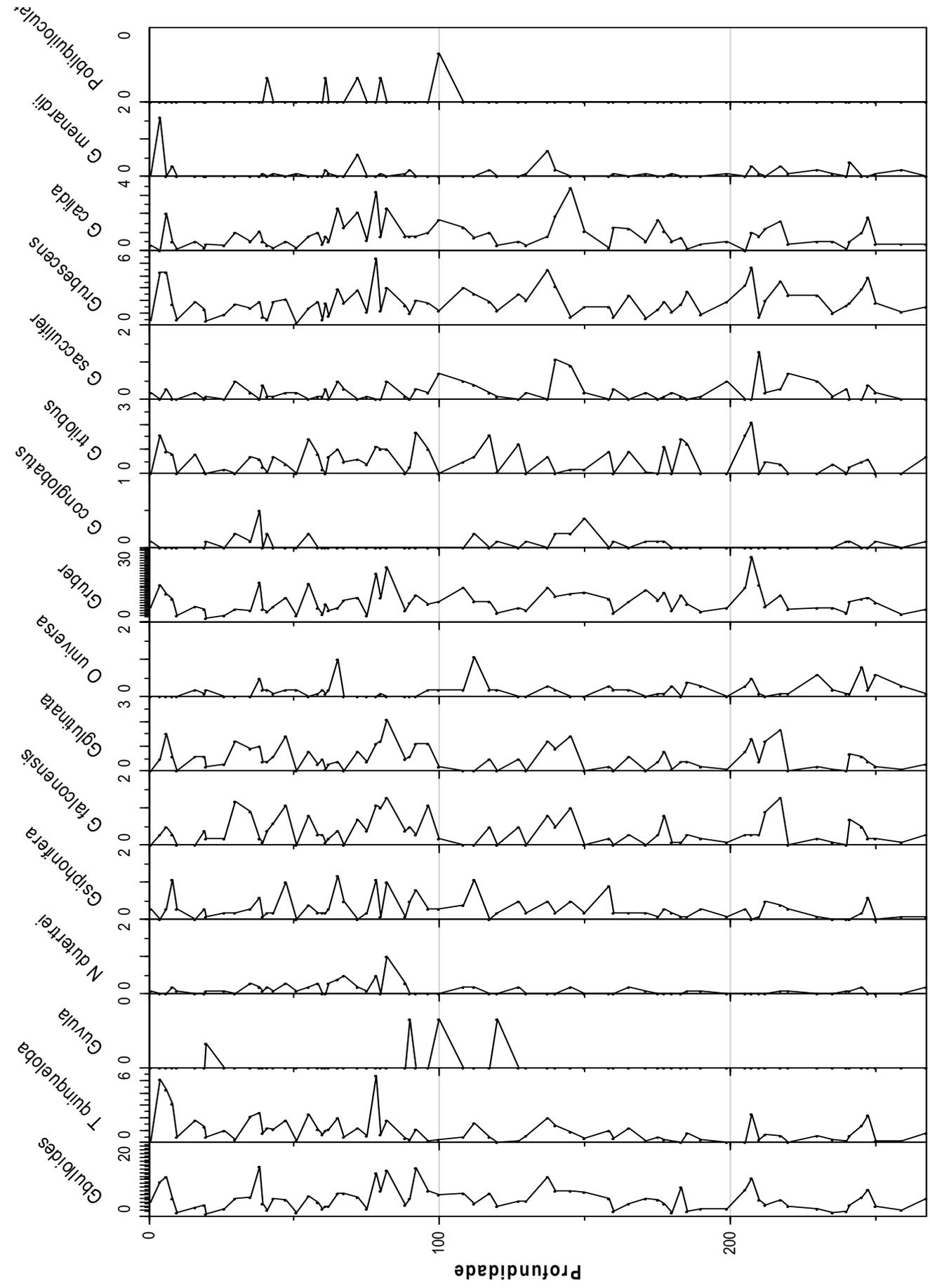
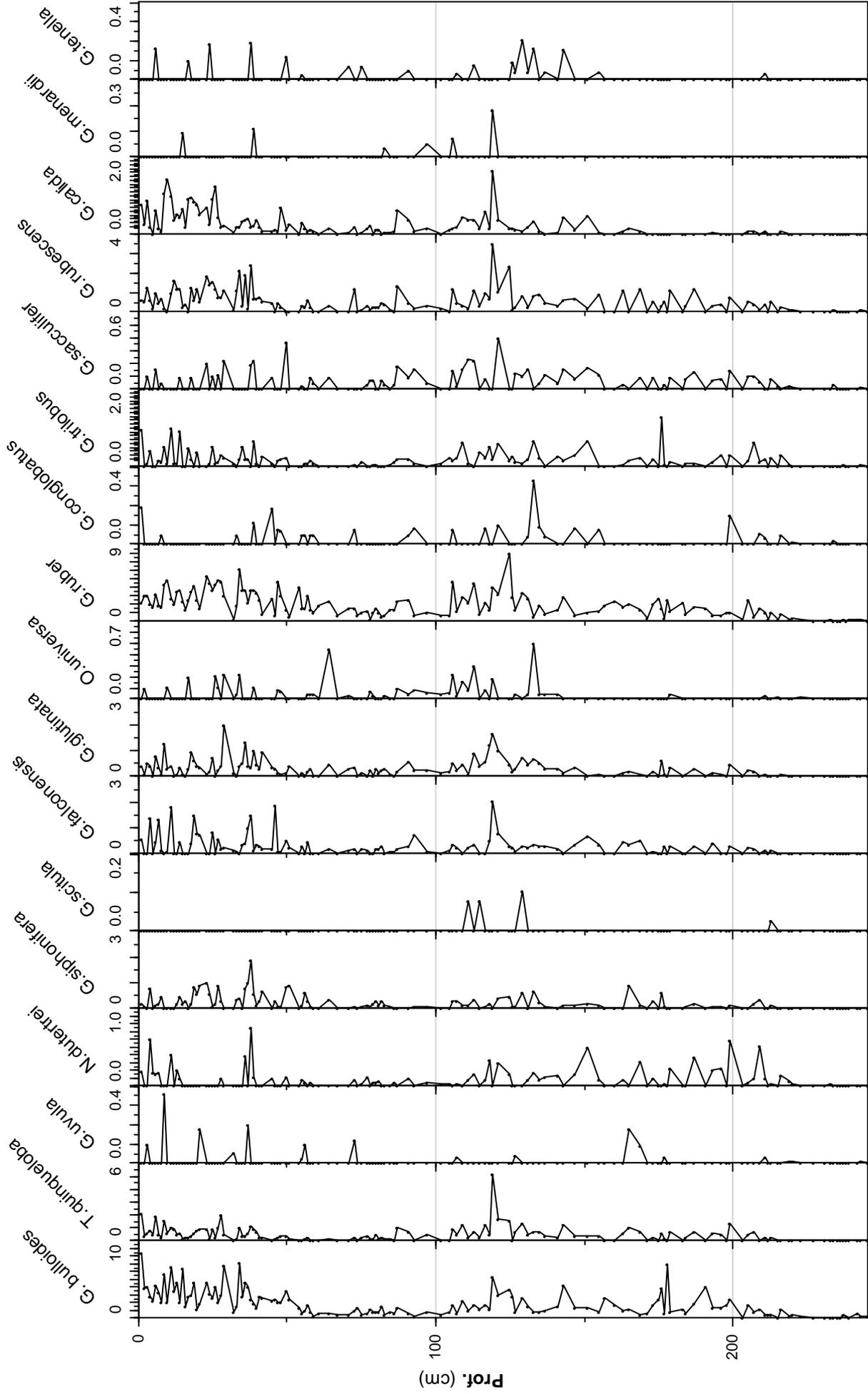


Figura 19 - Frequência relativa das espécies de foraminíferos planctônicos por amostra ao longo do testemunho CF02-02B.



max.: $\text{ind. cm}^2 \cdot \text{ano}^{-1}$ Figura 20- Fluxo (ind. cm².ano⁻¹) das espécies de foraminíferos planctônicos ao longo do testemunho CF02-01B.



max.: 245 cm

Figura 21- Fluxo (ind. cm².ano⁻¹) das espécies de foraminíferos planctônicos ao longo do testemunho CF02-02B.

5.6 ANÁLISE FATORIAL

A análise fatorial aplicada aos dados quantitativos de foraminíferos planctônicos no testemunho CF0201B extraiu dois fatores que juntos explicam 92% da variância. Somente o fator 1 é explica 89% da variância, e, portanto é responsável pela solução final. Os escores calculados apontam para uma maior contribuição da espécie *G.bulloides* (1,7) neste fator. Por outro lado, o fator 2 explica apenas 3% da variância e apresenta maior contribuição da espécie *G.ruber* (2,6).

Para o testemunho CF0202B, dois fatores extraídos explicam 86,5% da variância, sendo o fator 1 responsável por 81,2% desta. Os escores calculados apontam para uma maior contribuição da espécie *G.rubescens* (2,0) neste fator. Por outro lado, o fator 2 explica 5,2% da variância e apresenta maior contribuição da espécie *G.bulloides* (3,0).

5.7 ANÁLISE DE PALEOTEMPERATURAS

5.7.1 Calibração da TSM atual para aplicação da Técnica do Análogo Moderno (TAM)

Os valores resultantes do processo de validação da TAM para o banco de dados de amostras de sedimentos superficiais do Atlântico Sul utilizando-se as amostras de sedimentos superficiais da região de Cabo Frio estão apresentados na tabela 10.

Como é possível observar, a maioria dos coeficientes apresentou resultados de TSM bastante similares entre si, em se tratando dos três grupos de tipos de medidas aplicados. Baseando-se no critério de menor dissimilaridade dos análogos, observa-se os menores valores calculadas através dos coeficientes *Squared cosine-theta* e *Squared Euclidean*. Por conta desta similaridade houve a necessidade de um novo teste, desta vez utilizando-se amostras aleatórias dos testemunhos longos e as medidas com os menores índices de dissimilaridade. Os menores erros foram observados nas reconstruções de temperaturas em que se utilizou o *Squared Euclidean* como medida de distância; as reconstruções em que se utilizou os coeficientes *Squared cosine-theta* e *Square chord*, por exemplo, apresentaram erro com até 5° e 9°C, respectivamente. E, portanto, dentre todos os coeficientes de medidas de distância, o *Squared Euclidean* foi selecionado e aplicado neste estudo.

Tabela 10 – TSM estimada e seus respectivos desvios para as amostras de sedimentos superficiais de Cabo Frio. (Nível de corte 25%; 10 melhores análogos selecionados).

Medida de distância	Verão (°C)	Inverno (°C)	Anual (°C)	D*
Manhattan	25,58 ± 1,5	20,2 ± 2,1	23,3 ± 2,0	0,60
Squared Euclidean	25,1 ± 1,5	21,3 ± 2,2	23,1 ± 2,0	0,036
Squared cosine-theta	25,1 ± 1,6	21,3 ± 2,3	21,9 ± 1,8	0,022
Canberra	8,0 ± 4,0	6,0 ± 5,0	7,0 ± 4,0	13,0
Squared standardize euclidean	26,31 ± 1,7	24,1 ± 2,8	25,2 ± 2,4	38,5
Squared chord	25,6 ± 1,3	20,7 ± 2,1	22,4 ± 1,8	0,30
Information statistic	25,5 ± 1,3	21,8 ± 2,1	21,1 ± 1,8	0,20
Squared χ^2	25,3 ± 1,3	21,6 ± 2,0	23,4 ± 1,18	0,40

*D= dissimilaridade

5.7.2 Reconstrução das Paleotemperaturas através da TAM

A curva de paleotemperatura estimada pela TAM para o testemunho CF02-01B mostrou valores de máxima TSM entre 22,1±1,2°C e 27,3±1,0°C, mínima TSM 17,7±0,9°C e 23,9±2,4°C e TSM anual entre 19,5±0,9°C e 25,6±1,7°C.

Os menores valores foram registrados em 1.200 anos cal AP, enquanto os valores mais altos foram registrados em 3.200 anos cal AP na reconstrução da TSM anual e mínima, e 2.930 anos cal AP na reconstrução da TSM mínima. As curvas de paleo-TSMs reconstruídas para o testemunho CF02-01B, bem como a curva de dissimilaridade dos melhores análogos são apresentados na figura 22.

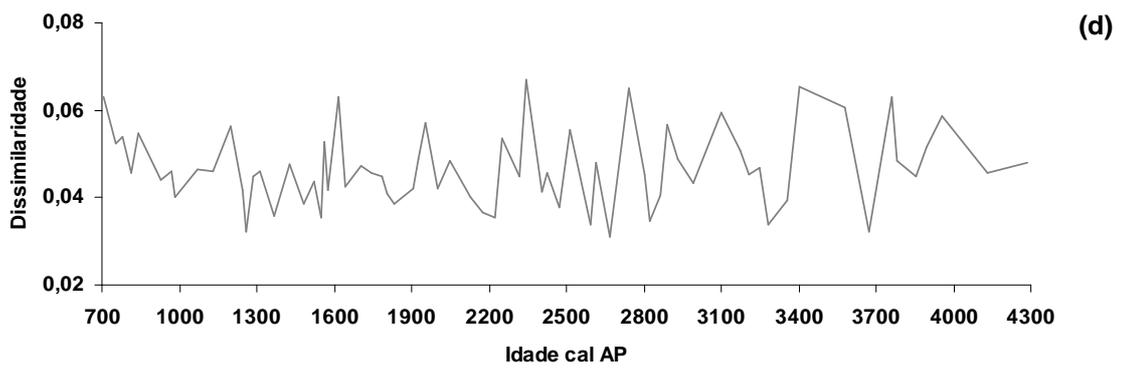
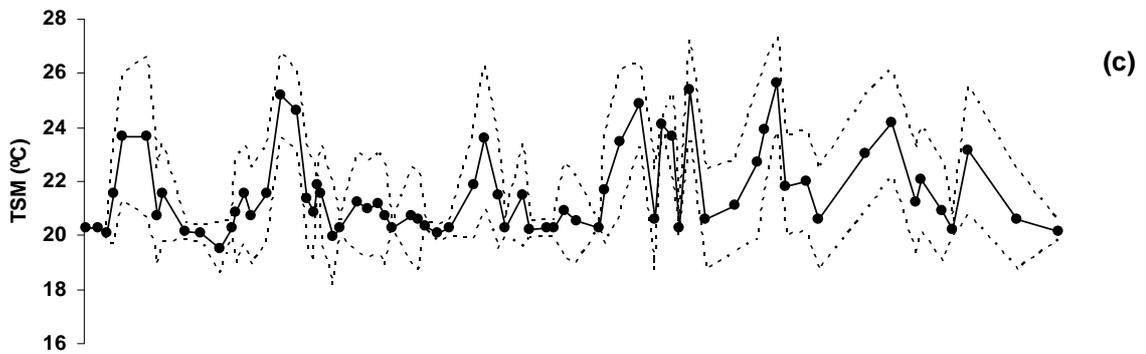
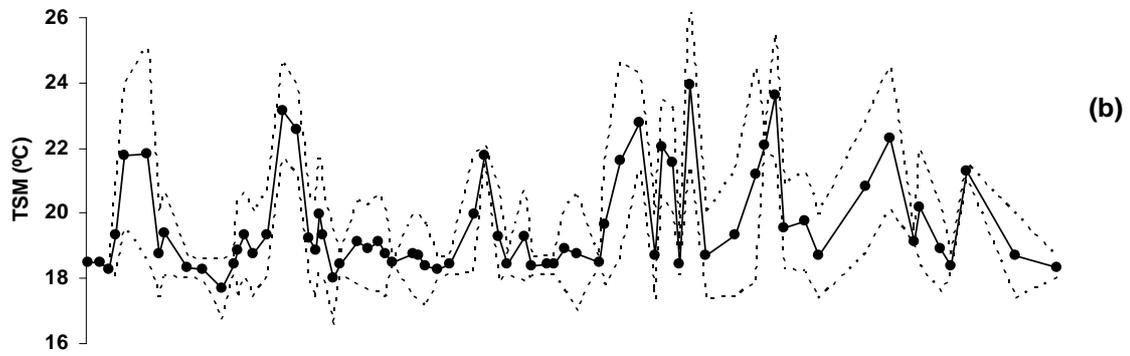
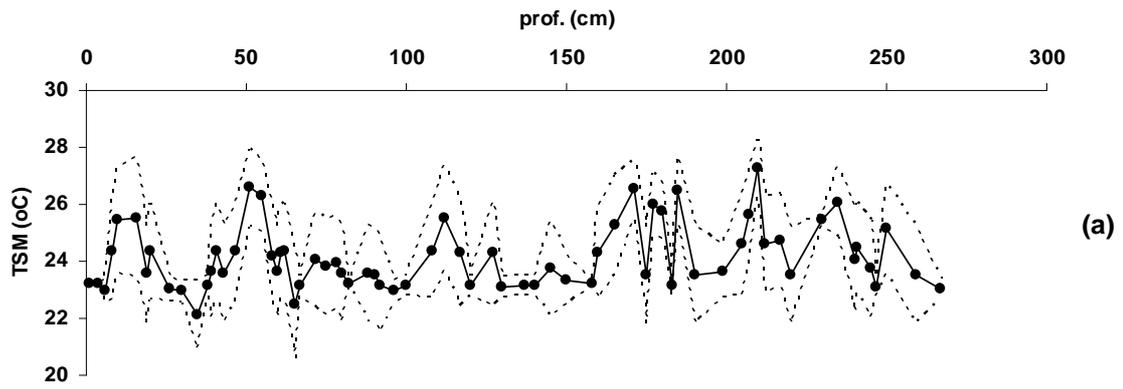


Figura 22 - Estimativas de paleotemperaturas para o testemunho CF02-01B, através da TAM. (a) TSM máxima; (b) TSM mínima; (c) TSM anual; (d) dissimilaridade dos melhores análogos. As linhas tracejadas representam o respectivo erro ($^{\circ}\text{C}$) da reconstrução para cada amostra ao longo do testemunho.

Para o testemunho CF02-02B, as paleotemperaturas estimadas apresentaram valores entre $12,27 \pm 6,26^{\circ}\text{C}$ e $27,51 \pm 0,52^{\circ}\text{C}$ para a TSM máxima, valores entre $8,35 \pm 5,11^{\circ}\text{C}$ e $24,68 \pm 2,54^{\circ}\text{C}$ para a TSM mínima e valores entre $10,28 \pm 5,36^{\circ}\text{C}$ e $26,44^{\circ}\text{C}$ para a TSM anual.

Os menores valores de temperatura foram registrados em 12.500 anos cal AP, enquanto os valores mais altos foram registrados em 11.400 anos cal AP. As curvas de paleo-TSMs reconstruídas para o testemunho CF02-02B, bem como a curva de dissimilaridade dos melhores análogos são apresentados na figura 23.

5.8 COMPOSIÇÃO $\Delta^{18}\text{O}$ DE *G.ruber* E *G.bulloides*

Os valores calculados para isótopos de oxigênio da carapaça de *G.ruber* e *G.bulloides* mostraram uma tendência à diminuição do sinal em direção ao topo do testemunho. Os valores observados para *G.ruber* estiveram entre $-1,30 \pm 0,03 \text{‰}$ e $0,74 \pm 0,03 \text{‰}$ nas profundidades 133 e 196 cm, respectivamente, enquanto para *G.bulloides* os valores estiveram entre $-0,39 \pm 0,03 \text{‰}$ e $0,94 \pm 0,02 \text{‰}$ nas profundidades 5 e 217 cm, respectivamente. A variação dos sinais isotópicos ao longo do testemunho pode ser observada na figura 24.

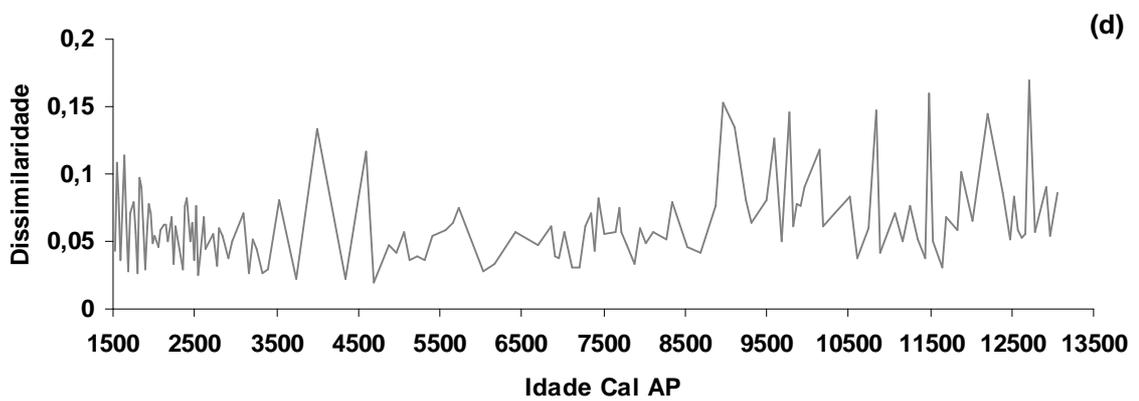
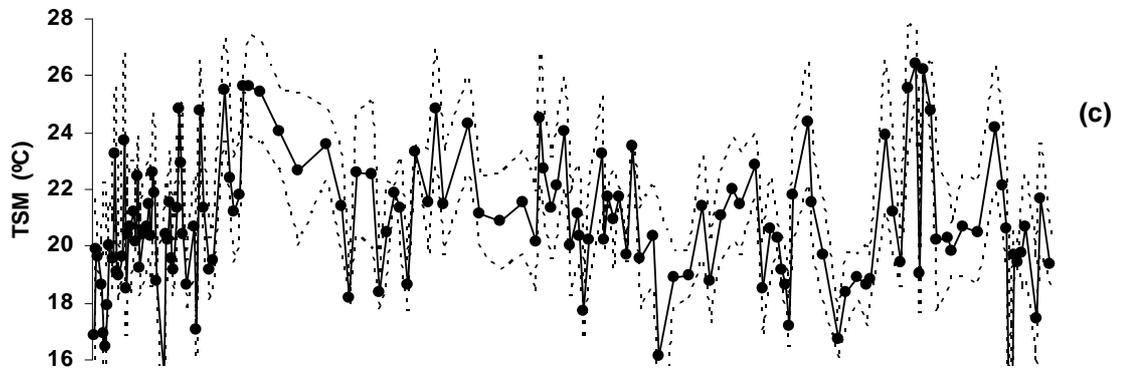
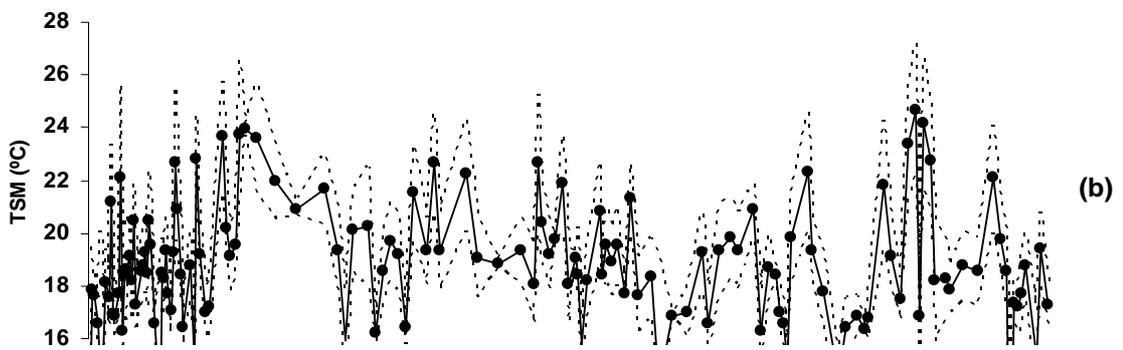
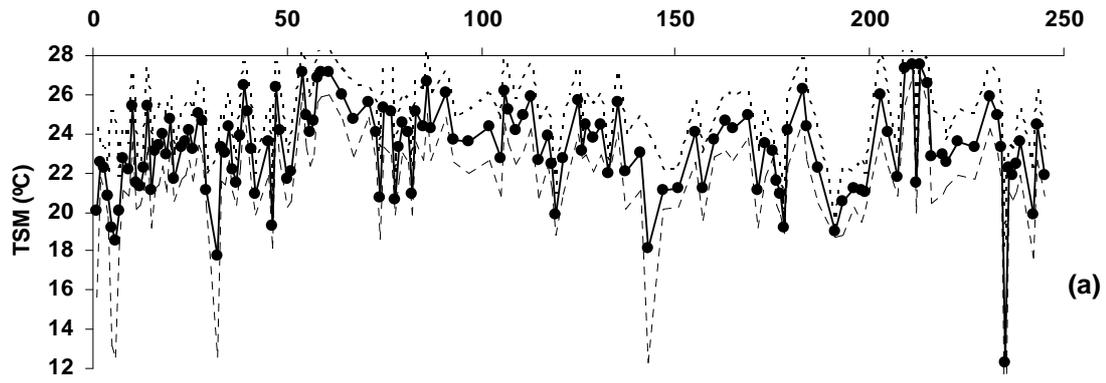


Figura 23 - Estimativas de paleotemperaturas para o testemunho CF02-02B, através da TAM. (a) TSM máxima; (b) TSM mínima; (c) TSM anual; (d) dissimilaridade dos melhores análogos. As linhas tracejadas representam o respectivo erro ($^{\circ}\text{C}$) da reconstrução para cada amostra ao longo do testemunho.

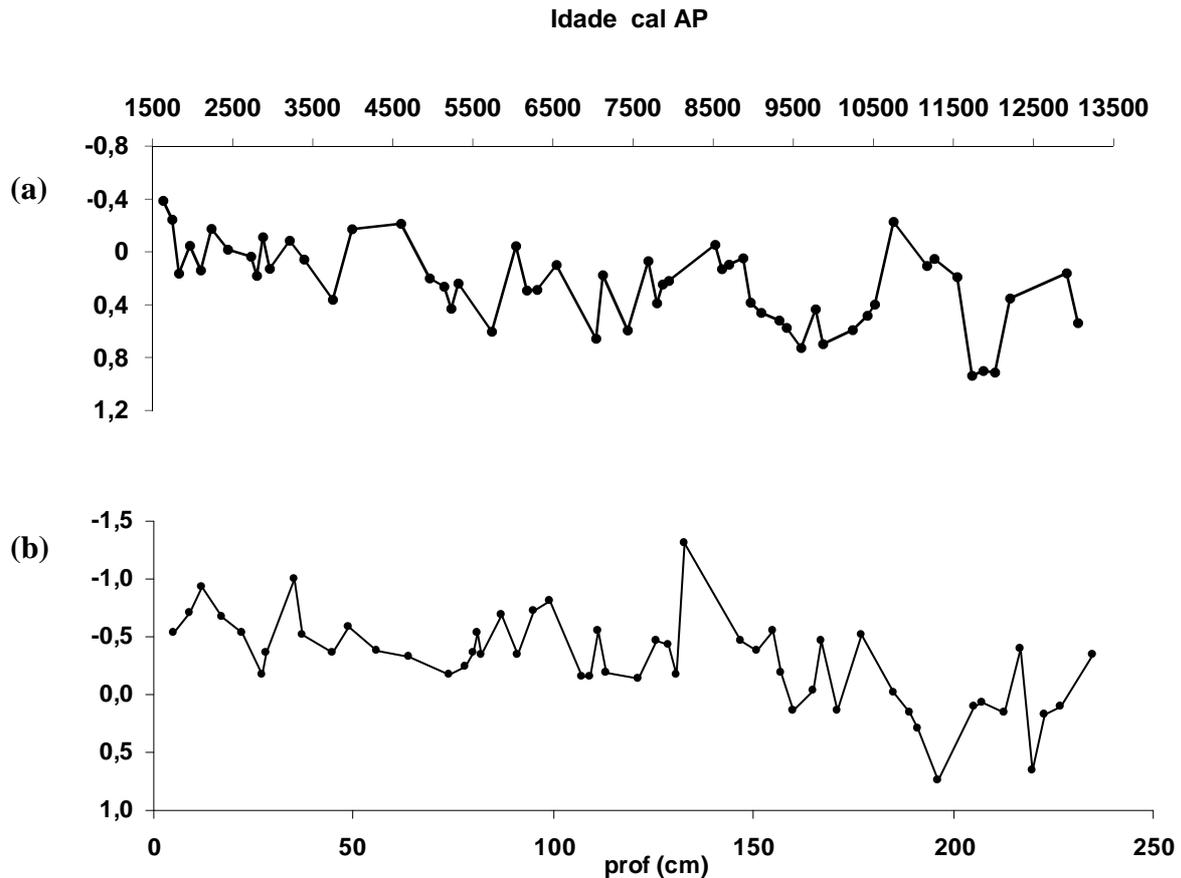


Figura 24 - Composição do $\delta^{18}\text{O}$ de (a) *G.bulloides*. e (b) *G.ruber* do testemunho CF02-02B.

5.8.1 Temperatura de calcificação - Equações de Paleotemperatura

A temperatura de calcificação das espécies foi obtida pela relação específica entre a temperatura e o $\delta^{18}\text{O}$ da calcita. Para *G.ruber* foram registrados valores entre 15,01 e 23,43 $^{\circ}\text{C}$, nas profundidades 196 cm 133 cm, respectivamente, enquanto

para *G.bulloides* foram registrados valores entre 10,6 e 16,6 °C, nas profundidades 87 e 196 cm, respectivamente (Figura 25).

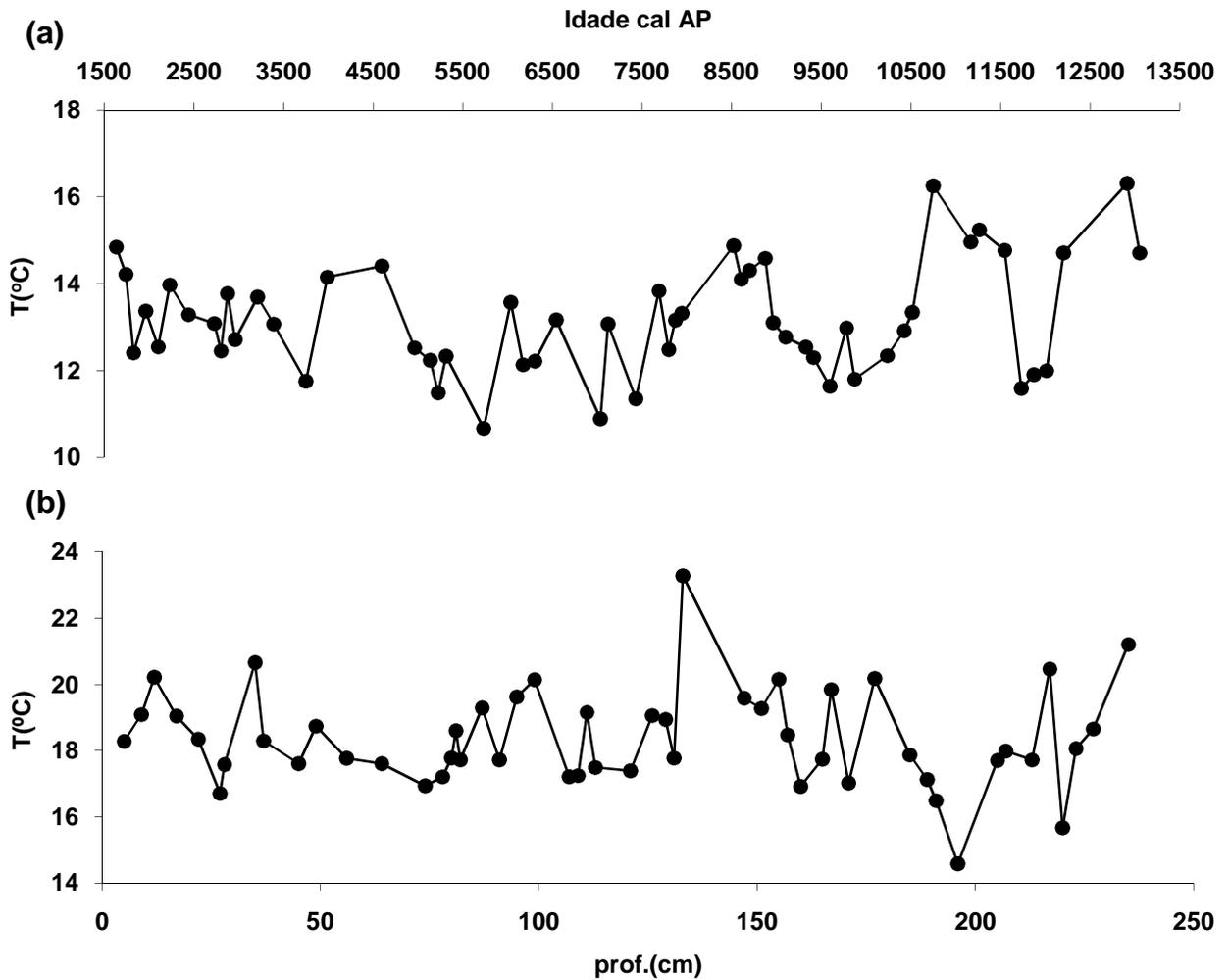


Figura 25 – Temperatura de calcificação de (a) *G.bulloides* e (b) *G.ruber*.

6. DISCUSSÃO

6.1 FACIOLOGIA E GEOCRONOLOGIA DOS TESTEMUNHOS

Embora tenham sido coletados em isóbatas (115 e 124m) e localidades próximas ($23^{\circ}15'59''S$ e $41^{\circ}48'01''W$ e $23^{\circ}15'S$ $41^{\circ}47'W$), os testemunhos coletados da plataforma continental de Cabo Frio foram claramente diferenciados por suas características litológicas, por sua geocronologia e taxa de sedimentação.

A coluna sedimentar composta homogeneamente por argila orgânica (CF02-01B) representa a deposição de um pacote lamoso recente, a qual está também representada na unidade seis do testemunho CF02-02B cuja deposição se deu a partir de 8.200 anos cal AP (141 cm). A diferença no processo de sedimentação observada para os dois testemunhos, sendo seis fácies sedimentares observadas no último perfil, esta relacionada à presença de um banco lamoso na plataforma continental de Cabo Frio e ao local do qual foram amostrados os perfis. A figura 25 mostra um esquema dos locais de amostragem, baseada nos dados obtidos pela perfilagem sísmica 10KHz realizada em 2006 na região de estudo. A partir da sísmica pode-se observar que a litologia homogênea do testemunho CF02-01B é devido à recuperação de sedimentos que cobrem a porção mais profunda do banco lamoso em relação ao testemunho CF02-02B. Este, por sua vez, teria sido retirado da margem deste do banco lamoso, o que permitiu o alcance da sua base e o registro de um período diferenciado de deposição sedimentar, o qual mostra a evolução sedimentar da plataforma continental de Cabo Frio durante o final do Pleistoceno e início do Holoceno.

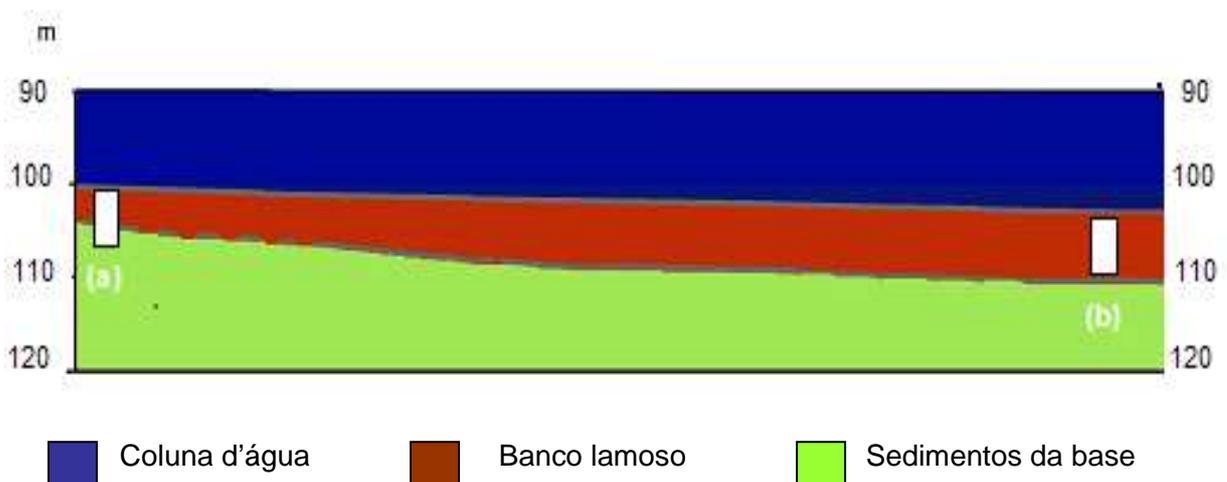


Figura 26 – Representação do registro sísmico 10 KHz da plataforma continental de Cabo Frio. Figura esquemática da área de banco lamoso da plataforma de Cabo Frio mostrando o local de amostragem dos testemunhos (a) CF02-02B e (b) CF02-01B.

Diante destas considerações, justifica-se a idade diferenciada dos testemunhos, onde o primeiro cobre o Holoceno Médio-Superior, enquanto o segundo cobre desde o final do Pleistoceno até todo o Holoceno.

As idades obtidas pelo método do ^{14}C , a partir de amostras de matéria orgânica e carbonatos, como já foi mencionado no item 3, foram calibradas e, posteriormente, interpoladas usando uma função cúbica *spline*, segundo a qual, de acordo com Telford *et al.*(2004) é um método de interpolação largamente utilizado para fazer passar uma curva suave e contínua por uma seqüência de pontos. Entre os pontos fornecidos para a interpolação, ou seja, as idades calibradas com maior probabilidade, optou-se por descartar as datações de matéria orgânica mais jovem, bem como dos carbonatos envelhecidos (Figura 13). No entanto, esta matéria orgânica pode sofrer variações na sua composição ao longo do tempo através de uma maior ou menor contribuição de material terrígeno, conforme verificado por Andrade (2008), através do uso de palinofácies e confirmado pelos valores mais leves de $\delta^{13}\text{C}$. Assim, as fases de maior contribuição terrestre, produziram idades relativas sistematicamente mais jovens, produzindo um desvio da tendência geral observada, sendo, portanto, eliminadas do modelo cronológico. As idades radiocarbônicas sobre a matriz de matéria orgânica eliminadas, as amostras 70, 101 e 202 cm do testemunho CF02-02B, apresentam sistematicamente valores de $\delta^{13}\text{C}$ bastante leves, em torno de -26‰, caracterizando uma origem diferenciada das demais amostras de matéria orgânica datadas.

Em se tratando das datações sobre a matriz carbonática, ou seja, amostras 143, 184, 196 e 216 cm do testemunho CF0202-B, foi observada uma situação oposta. As amostras analisadas mostraram-se sistematicamente envelhecidas refletindo, provavelmente, o processo de retrabalhamento dos sedimentos deste material sofrido durante este período em que importantes mudanças no nível do mar ocorreram. Tais mudanças são evidenciadas pela presença de sedimento arenoso e

areno-argiloso nesta porção do testemunho, bem como, pela presença de biodetritos com alto grau de fragmentação que denuncia retrabalhamento.

A taxa de sedimentação dos dois testemunhos (figura 27) evidencia a diferença de valores entre elas e entre os locais de amostragem, o qual está em torno de 3,4 vezes maior para o testemunho CF02-01B em relação ao testemunho CF0202-B. As elevadas taxas de sedimentação são, provavelmente, resultantes do aporte de sedimentos finos (argilas) que se refletem nas fáceis lamosas, enquanto o sedimento arenoso estaria relacionado a pontos banco influenciados pelo nível do mar mais baixo. Embora, os valores absolutos da taxa de sedimentação sejam de diferente magnitude, é possível observar, também na figura, que há uma grande similaridade nas tendências observadas. Assim, em torno 2.400 anos cal AP observa-se o ponto de máxima taxa de sedimentação em ambos os testemunhos. Esta sincronia apresentada pelas duas curvas atesta a consistência do procedimento adotado para o estabelecimento do modelo cronológico aplicado neste estudo.

Em termos sedimentológicos, pode-se dizer que o perfil CF02-02B registra a evolução sedimentar da plataforma continental de Cabo Frio ao longo dos últimos 13.000 anos cal AP. Tais mudanças são descritas pelas seis fácies sedimentares que compõem este perfil, conforme as diferenças na textura dos sedimentos e evidenciam as transformações do ambiente sedimentar causadas pelas mudanças ocorridas no nível do mar, dinâmica das massa d'água, a morfologia da costa, bem como, do padrão atmosférico e climático que marcaram a fase que vai desde o Último Máximo Glacial (UMG) até o Holoceno Superior.

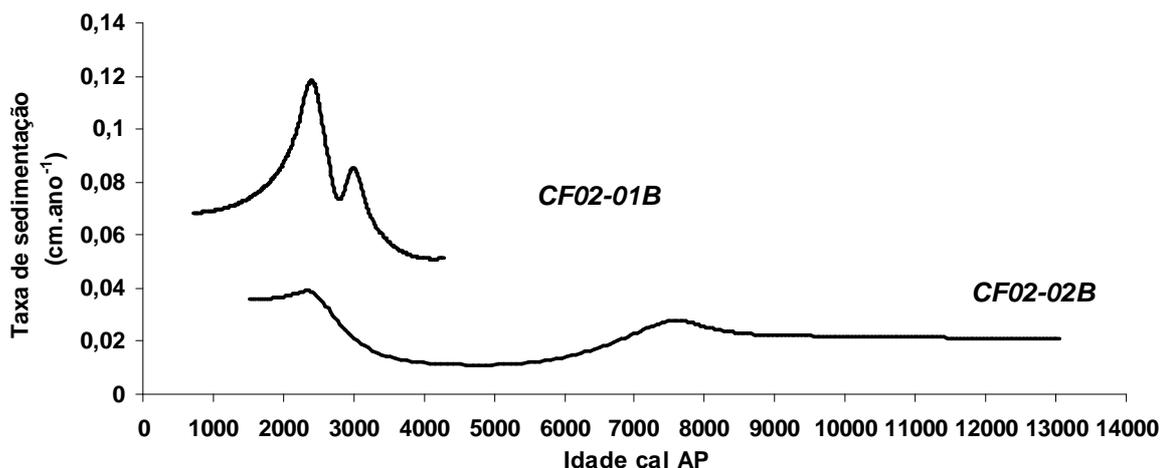


Figura 27 – Taxa de sedimentação em cm.ano^{-1} registrada para os CF02-01B e CF02-02B para os últimos 13.000 anos cal AP.

As fases de transgressão marinha que foram retratadas no testemunho CF0202-B, relacionam-se bem com o período de transgressão marinha determinado por Kowsmann e Costa (1979). Em seu estudo sobre a sedimentação Quaternária da margem continental brasileira, estes autores, consideram o intervalo entre 14.000 e 7.000 anos AP, como um período de rápida ascensão do nível mar. Nele, ocorreram diversos períodos de estabilização, dos quais dois estão bem demarcados em 13.000 e 11.000 anos AP, nas isóbatas atuais de 110 e 60m, respectivamente.

Ao largo de Cabo Frio, Kowsmann e Costa (1979), mapearam a escarpa de 110m, e interpretaram-na como remanescente de antigas faces praias, que indica a posição da linha de costa há 13.000 anos AP (Figura 28). De fato, este período é retratado no testemunho CF02-02B, que representa o Holoceno. Verifica-se em sua unidade I, uma composição arenosa que denota ambiente em linha de costa, os quais são tidos como zonas de alta energia. Além disso, a presença de biodetritos fragmentados denuncia o retrabalhamento o associado a uma linha de costa, confirmando o que foi observado pelas idades sistematicamente envelhecidas dos carbonatos datados neste período.

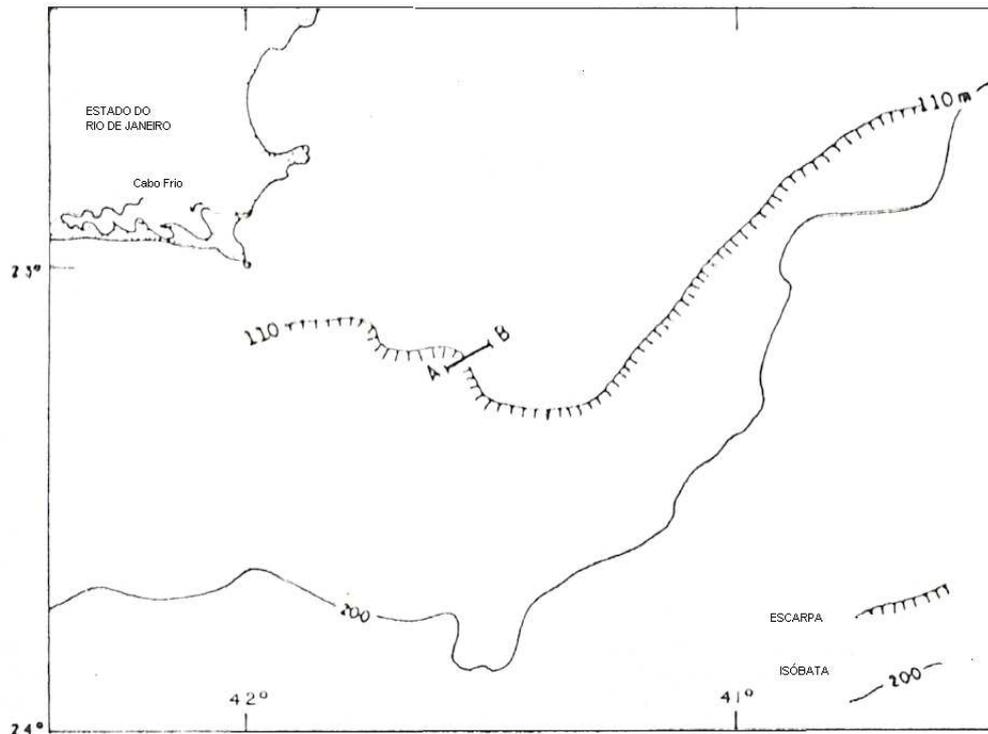


Figura 28 – Escarpa de Cabo Frio alinhada segundo a atual isóbata de 110 metros, interpretada como posição da linha de costa há 13.000 nos AP. a oeste da seção A – B ela é formada pelo lençol arenoso transgressivo, e soterrada por lamias de plataformas holocênicas. A leste é aflorante e desenvolve-se em sedimentos carbonáticos. Retirada de Kowsmann e Costa (1979).

Ainda segundo este autor, no segundo período de estabilização do nível do mar, há 11.000 anos AP, tem-se o início da deposição das lamias de plataforma. Após este curto período, o nível do mar elevou-se até 7.000 anos AP, ultrapassando a linha de costa a - 60m, ocorrendo assim, uma progressiva deposição de lamias de plataforma. Após 7.000 anos AP, a taxa de elevação do nível do mar decresceu consideravelmente, passando a oscilar próximo ao nível atual após 6.000 anos AP.

De acordo com Martin *et al.*(1997), após elevar-se progressivamente até o nível médio atual (em torno de 7.000 anos AP), três importantes episódios subseqüentes de transgressão marinha ocorreram (7.000-5.100; 3.900-3.600; e 2.700-2.500 anos AP) intercalados por três períodos de regressão (5.100-3.900; 3.600-2.700; e após 2.500 anos AP) (Figura 29).

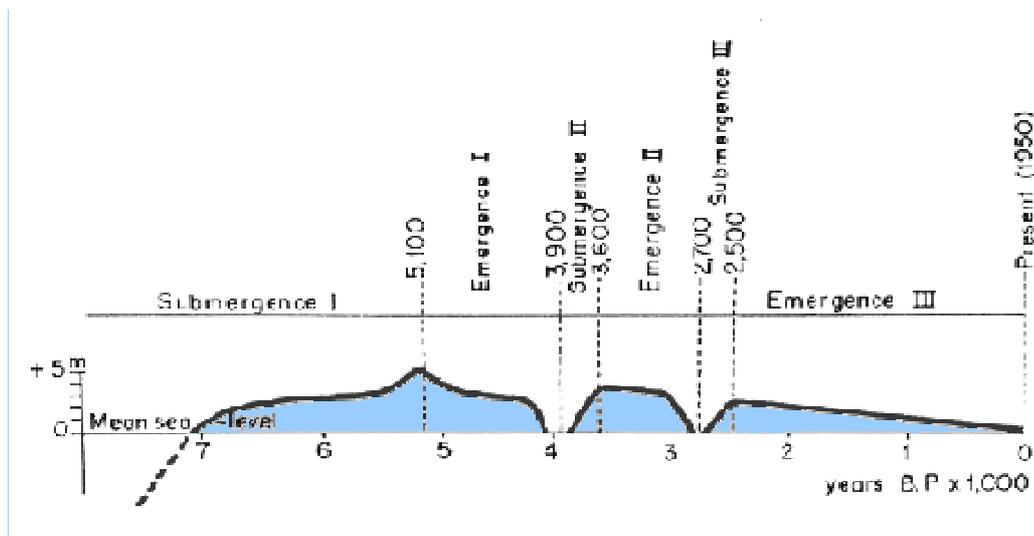


Figura 29 - Curva da relativa variação do nível do mar mostrando os episódios de transgressão e regressão marinha nos últimos 7.000 anos na costa brasileira (MARTIN *et al.*, 1997).

As características sedimentares, relacionadas às mudanças no nível do mar, podem ser observadas entre as unidades I e V no testemunho CF02-02B. Na unidade I, entre 13.000 e 12.000 anos cal AP, observa-se a presença de sedimento arenoso e fragmentos de conchas, que indicam condições de zona de alta energia, características de linha de costa e borda de plataforma. Na unidade II, entre 12.000 e 11.600 anos cal AP a presença de argila orgânica sugere uma estabilização do nível do mar, conforme proposto por Kowsmann e Costa (1979) para este período. Na unidade III, entre 11.600 e 11.000 anos cal AP, a presença de areia argilosa, conchas de gastrópodes e briozoários, denotam um ambiente de alta energia, assim caracterizado pela aumento no nível do mar a partir do processo transgressivo continuado (SUGUIO *et al.*, 2005). Na unidade IV, entre 11.000 e 10.000 anos cal AP, o sedimento argiloso com conchas de bivalves e gastrópodes, poliquetas quebradas e íntegras sugere um distanciamento da linha de costa e uma nova estabilização do nível do mar. Na unidade V, entre 10.000 e 8.000 anos cal AP, a composição, tal qual na unidade anterior, é de argila arenosa, no entanto, sem a presença de vestígios biológicos. Seguida pela deposição do pacote lamoso que constitui toda a unidade VI, esta unidade sugere um período de elevação do nível do mar mais suave, ou ainda, uma mudança na dinâmica das correntes predominantes naquela região. Uma síntese das características faciológicas do

testemunho CF0202-B e a sua relação com as mudanças no nível do mar que determinaram a evolução da plataforma continental de Cabo Frio são apresentadas na tabela 11.

Tabela 11 – Síntese das características faciológicas do testemunho CF0202-B e interpretações paleoambientais com base na evolução da plataforma continental brasileira. Intervalos de idades calibradas, com respectivas profundidades, características faciológicas e interpretações paleoambientais.

Anos cal AP	Prof. (cm)	Características faciológicas	Interpretações paleoambientais
8.000 – 1.500	141-0	argila orgânica com a presença de uma faixa arenosa com conchas de bivalves e gastrópodes	Importante mudança no sistema que afetou processo de sedimentação
10.000 – 8.000	176-142	argila arenosa	Ambiente transicional
11.000 – 10.000	199-177	argila arenosa com pequenas conchas e tubos de poliquetas íntegros e quebrados	Estabilização do nível do mar
11.600 – 11.000	213-200	areia argilosa com presença de conchas de gastrópodes	Ambiente de alta energia
12.000 – 11.600	221-214	argila orgânica muito úmida	Estabilização do nível do mar
13.000 – 12.000	245-222	areia argilosa com grande concentração de conchas quebradas	Ambiente raso de alta energia

Tais mudanças do nível mar, na região de Cabo Frio, podem ser constatadas através da fauna total de foraminíferos (formas bentônicas e planctônicas).

As mudanças na fauna total das formas bentônicas (B) e planctônicas (P) no testemunho CF0202-B também podem atestar um aumento da profundidade relacionado à época pós-glacial. Utilizando-se a razão P/B, partindo-se do princípio que as formas planctônicas predominam em regiões mais profundas, foi construída uma curva que mostra a variação da razão ao longo do testemunho. Na curva, apresentada na figura 30, pode-se observar quatro fases as quais podem ser relacionadas às variações do nível do mar.

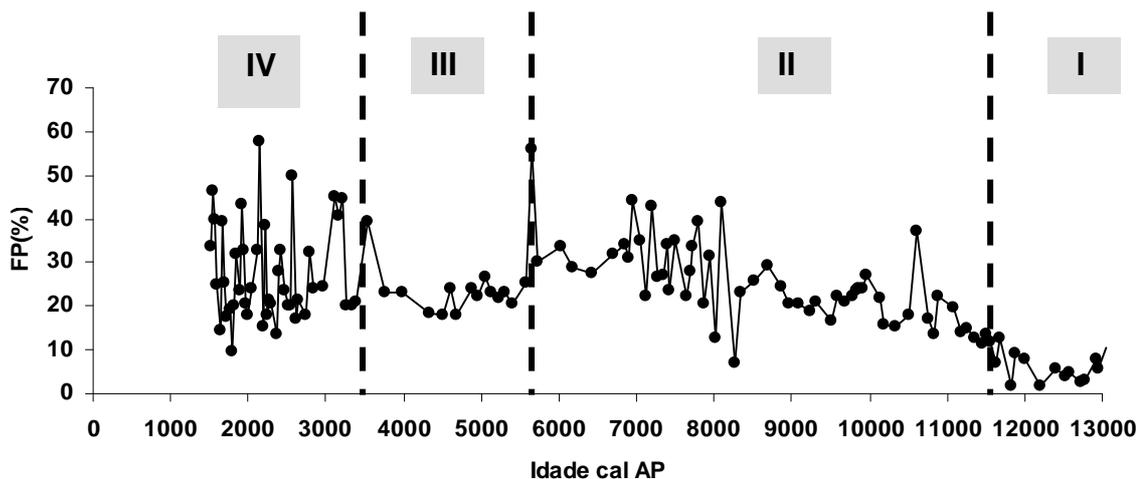


Figura 30 – Razão P/B para o testemunho CF02-02B. Fase I = base rasa; Fase II = início da transgressão marinha durante o período estudado; Fase III = diminuição do nível do mar; Fase IV = oscilações do nível do mar.

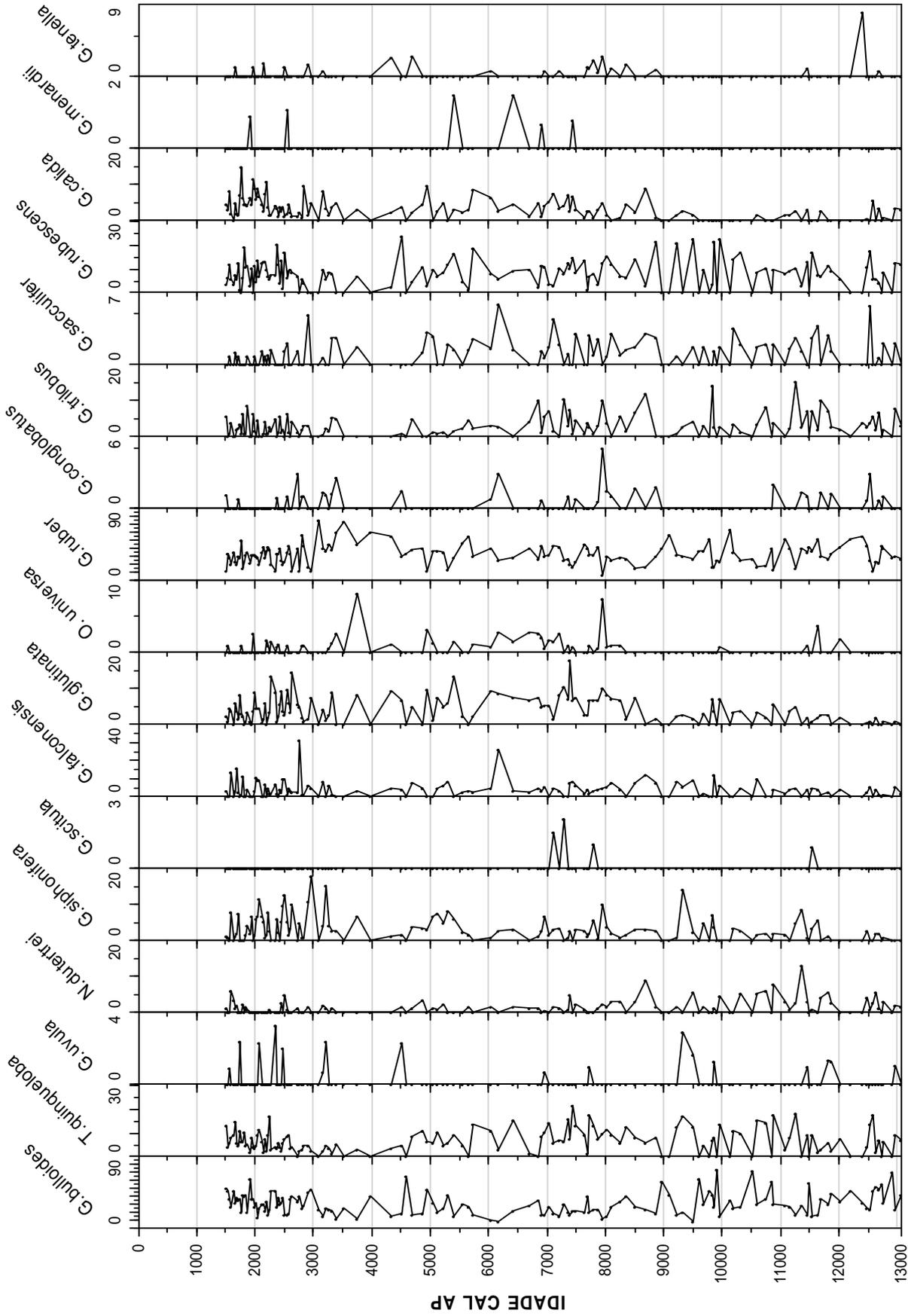
Na fase I, nota-se que a base do testemunho representa uma fase de mar bastante raso até aproximadamente 11.000, em seguida a elevação do nível do mar observada até, aproximadamente 6.000 anos cal AP, caracterizando a fase II; na fase III (5.500 – 4.000 anos cal AP), a diminuição na razão denota uma diminuição na profundidade e poderia estar relacionada ao período de regressão proposto por Martin *et al.* (1997) entre 5.100 e 3.900 anos AP. E, finalmente, a fase IV que mostra oscilações nos valores da razão, os quais também podem estar relacionados às mudanças do nível do mar, conforme Martin *et al.* (1997).

Além disso, conhecer a ecologia das espécies não apenas em termos de temperatura, mas também a profundidade de seu habitat foi uma característica importante para determinar o período de transgressão. A ausência das espécies de habitats profundos ou intermediários na base do testemunho CF0202-B, como *G.calida*, *G.conglobatus*, *G.hirsuta*, *G.scitula*, *G.menardii*, *G.glutinata* e *O.universa* (BÉ, 1977; NIEBLER *et al.*, 1999) contrária a predominância das espécies de águas rasas, atesta um momento de nível do mar raso. O aparecimento de tais espécies, em direção ao topo do testemunho, evidencia a fase de transgressão do mar,

conforme mostra a frequência relativa das espécies identificadas no testemunho CF0202-B na figura 31.

Ao longo da curva, então, tem-se a evolução para condições ainda mais marinhas, onde a mudança vertical na fauna de foraminíferos planctônicos e a razão PB indicam o aumento da profundidade em direção ao topo do testemunho.

Logo, baseando-se nestas considerações, o testemunho CF02-02B representa a evolução sedimentar da plataforma continental de Cabo Frio, a qual sofreu importantes mudanças sedimentares em virtude das mudanças hidrodinâmicas ocorridas durante o Holoceno.



max.: 13055

Figura 31 – Frequência relativa(%) das espécies de foraminíferos planctônicos do testemunho CF02-02B.

6.2 RECONSTRUÇÃO DE TSM NA PLATAFORMA CONTINENTAL DE CABO FRIO AO LONGO DOS ÚLTIMOS 13.000 ANOS CAL.

Com o início do período interglacial, ocorreu a transgressão provocada pelo recuo das geleiras, acarretando importantes mudanças na circulação oceânica. O aquecimento das massas d'água oceânicas e a diminuição da intensidade da circulação são observadas no Atlântico Sul (VICALVI, 1977; KOWSMAN; COSTA 1979).

Atualmente, a plataforma continental na região de Cabo Frio alcança, aproximadamente, a isóbata de 200m, e como parte da margem continental brasileira, é banhada pela Água Tropical (AT) e pela ACAS, a qual é formada na confluência entre a CB e a Corrente da Malvinas (CM). Há 13.000 anos cal AP, no entanto, com o nível do mar próximo a atual isóbata de 110m, a plataforma encontrava-se sob a influência hidrodinâmica diferente da atual, incluindo maior influência de aporte terrígeno, especialmente oriundo do Rio Paraíba do Sul (ALVES, 1980).

As diferenças entre as condições oceanográficas ocorridas ao longo do Holoceno podem ser determinadas através das alterações observadas da fauna de foraminíferos planctônicos. A interpretação das assembléias em função das características das massas d'água, como a temperatura, permite identificar, a partir das formas indicadoras de águas frias e quentes, nos testemunhos estudados a predominância da AT ou da ACAS.

6.2.1 Assembléia de foraminíferos planctônicos na Plataforma Continental de Cabo Frio.

Com base na ecologia das espécies encontradas foi possível agrupá-las de acordo com a massa d'água na qual comumente se encontram. Nos testemunhos estudados foram identificadas associações de foraminíferos planctônicos típicas de massas d' água frias e quentes, que sedimentaram na plataforma continental de Cabo Frio de acordo com a intensidade da massa d'água que atuava mais fortemente na época de sua deposição. As frequências relativas das espécies ao longo dos últimos 13.000 anos cal podem ser observadas nas figuras 31 e 32, respectivamente, para os testemunhos CF0202B e CF0201B.

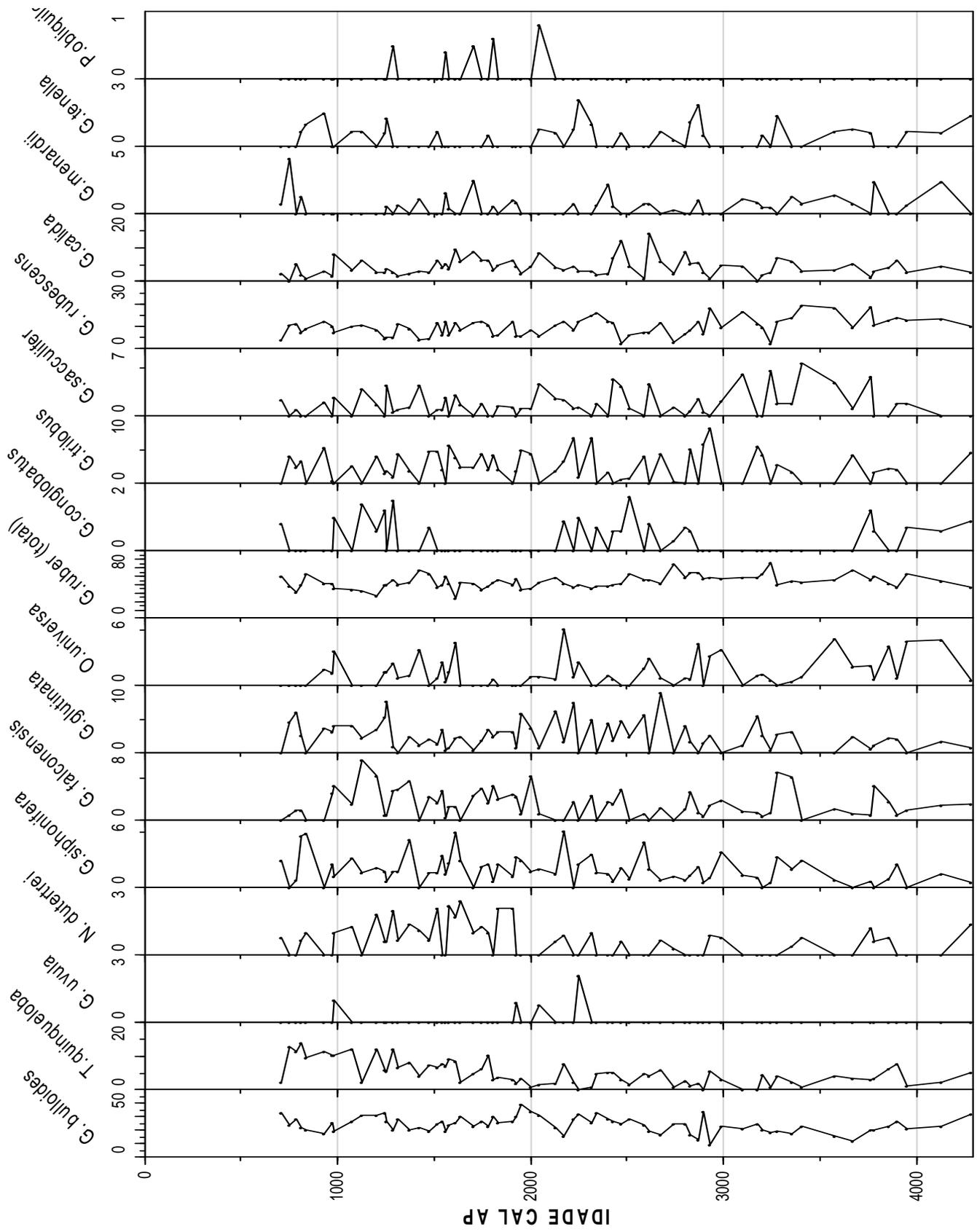


Figura 32 – Frequência relativa(%) das espécies de foraminíferos planctônicos do testemunho CF02-01B.

max.: 4287

Dentre as espécies identificadas as mais freqüentes ao longo do Holoceno foram *G. ruber*, *G. bulloides*, *G. rubescens*, *T. quinqueloba*, as quais estiveram presentes em todas as amostras analisadas. *Globigerinoides ruber* foi a espécie dominante. Esta espécie é considerada típica de águas tropicais e subtropicais (HUANG *et al.*, 2002; AGUIAR *et al.* 2001; HALE; PFLAUMANN, 1999) e particularmente da Corrente do Brasil (BOLTOVSKOY, 1959). Esta espécie vive nos 50m superiores da coluna d'água (BÉ; TOLDERLUND, 1971) e prolifera em águas quentes e oligotróficas devido ao seu ótimo ecológico de temperatura mais alto e ao fato desta espécie poder obter nutrientes de seus endossimbiontes (PEETERS *et al.*, 2002b). Segundo Boltovskoy (1970), as temperaturas mínimas em que foram encontradas as variedades branca e rosa de *G. ruber* no Atlântico sudoeste foram, respectivamente, 10,4°C e 12,7°C. No entanto, de acordo com Bé (1977), o percentual máximo desta espécie pode ser encontrado em regiões onde as águas superficiais são altamente salinas, como é o caso das Águas Tropicais da CB.

Da mesma forma, *Globoturborotalita rubescens* também é uma espécie considerada de águas quentes que ocorre em águas relativamente rasas das regiões tropicais e subtropicais (REISS, 1971). Segundo Oberhänsli *et al.*(1992) e Kemle-von Mücke e Oberhänsli (1999) pode alcançar freqüência máxima em alta salinidade.

Por outro lado, *G. bulloides* é uma espécie típica de águas temperadas-frias (VICALVI, 1977) que vive em traços de massas d'água superficiais enriquecidas em nutrientes (HALE; PFLAUMANN, 1999). Segundo Boltovskoy (1970), a temperatura máxima em que foi encontrada é de 25,1°C, no Atlântico sudoeste. Porém, sua maior freqüência foi verificada por Bé e Tolderlund (1971) em águas entre 3° e 19 °C, nos oceanos Atlântico e Índico. Em geral, ocorre em águas rasas (BOLTOVSKOY, 1965), mas a ocorrência dos maiores exemplares estão entre 250 e 100m. Por ser comum na parte central de zonas de ressurgência, a referida espécie é, portanto, associada às águas frias de baixa salinidade e de alta produtividade biológica (MANIGHETHI; NORTERCOTE, 2000) e utilizada como indicador de tal fenômeno, tendo sido utilizada principalmente para indicar variações na intensidade da ressurgência no sul do Mar da China (HUANG *et al.*, 2002), no NW do Mar da Arábia (PEETERS *et al.*, 2002b) e como indicador de produtividade na margem

continental oeste da Índia (NAIDU *et al.*, 1992). De acordo com Little *et al.* (1997), Giraudeau *et al.* (2000) e Farmer *et al.* (2002), altas concentrações de *G. bulloides* refletem condições de ressurgência e de alta produtividade no sistema de ressurgência de Benguela.

Associada à *G. bulloides*, a espécie *T. quinqueloba* também é típica de águas frias. Segundo Reiss (1971) esta espécie é epipelágica e vive em profundidades variáveis de acordo com a temperatura da superfície das águas, apresentando uma clara relação com o gradiente vertical temperatura das águas. A temperatura de sua ocorrência varia entre 1 e 21°C, com as mais altas freqüências registradas em águas mais frias que 12°C, conforme verificada por Bé e Tolderlund (1971) para os oceanos Atlântico e Índico. Altos fluxos de *T. quinqueloba* são também atribuídos a picos de ressurgência no sistema de Benguela (GIRAUDEAU *et al.*, 2000).

Então, estas espécies, em função da sua relação com as características oceanográficas da região, possibilitaram a separação da fauna observada em duas assembléias distintas onde *G. ruber* mostrou-se dominante na assembléia de espécies típicas de águas quentes, assembléia tropical enquanto *G. bulloides* mostrou dominância sobre assembléia de espécies típicas de águas frias, assembléia de ressurgência.

Conforme já mencionado, as espécies identificadas tiveram sua freqüência relativa registrada e submetida à análise fatorial em modo Q. Esta análise que tem como objetivo reduzir os dados e explicá-los em termos de fatores estabelecidos. De forma geral, ao longo dos últimos 13.000 anos cal, um único fator, fator 1, explicou 81,17% da variância total, e, portanto, seria o principal fator que influencia as assembléias de foraminíferos neste período. A espécie que contribuiu fortemente para o fator 1 foi *G. rubescens*. No entanto, também contribuíram de forma significativa para este fator, em ordem decrescente, as espécies *T. quinqueloba*, *G. ruber*, *G. falconensis*, *G. glutinata*.

Segundo Zaric *et al.* (2005), a TSM influencia de forma significativa a maioria das espécies, especialmente *G. ruber*, *G. sacculifer*, *T. quinqueloba*, *G. rubescens*. Já no caso da espécie *G. glutinata*, a produtividade das águas é mais significativa. No que se refere à *G. falconensis*, Peeters e Brummer (2002b), verificaram que sua abundância aumenta no período em que ocorre ressurgência no NW do Mar da Arábia.

Desta forma, a contribuição conjunta destas espécies mostra a mistura de duas assembleias tropical e de ressurgência, que determina que o fator 1 pode ser interpretado como uma variabilidade da TSM, onde se verifica o predomínio da AT na plataforma continental de Cabo Frio ao longo dos últimos 13.000 anos, portanto, Fator AT .

Em se tratando do fator 2, o qual explica 5,2% da variância, a espécie *G.bulloides* apresenta o escore fatorial mais alto (3,0). Assim, em função da sua conhecida correlação com as águas ricas em nutrientes das áreas de ressurgência, pois a produtividade das águas é o parâmetro de influência mais significativa na distribuição desta espécie (ZARIC *et al.*, 2005), e, em função também, da clara relação entre a ressurgência e TSM , o fator 2 pode ser interpretado como TSM mínima, em função da predominância da ACAS na plataforma continental de Cabo Frio, portanto Fator ACAS.

A influência dos fatores ao longo dos últimos 13.000 anos cal na plataforma de Cabo Frio pode ser observada na figura 33. A partir da comparação entre as cargas fatoriais ao longo do testemunho CF0202B foi possível notar 4 fases distintas. Na fase I (13.000 -9.000 anos cal AP) a alta variabilidade entre as cargas fatoriais pode determinar uma maior variabilidade da TSM, e portanto, entre a predominância entre as massas d'água; na fase II (9.000- 4.500 anos cal AP) a sobreposição do fator 1 determina a predominância da AT, e portanto, de TSM máxima; na fase III (4.600-3.000 anos cal AP), há uma ligeira alternância entre os fatores, no entanto, o fator 2 sobrepõe-se ao 1, determinando a predominância da ACAS, com registro de TSM mínima; finalmente, na fase IV (a partir de 3.000) tem-se o retorno da oscilação entre os fatores, mostrando a variabilidade da TSM.

Em maior resolução, registrando de forma mais detalhada os últimos 4.300 anos cal, no testemunho CF0201B, a análise fatorial aplicada mostrou que ao fator 1, o qual explicou 89,1% da variância total, apresentou forte contribuição de *G.bulloides*. Contribuíram, ainda, as seguintes espécies, *G.ruber*, *G.trilobus*, *T.quinqueloba*, *G. glutinata*. Devido à conhecida relação dessas espécies com a TSM, e, portanto, com a ressurgência que caracteriza a região de Cabo Frio, o fator 1 pode ser interpretado, através da sobreposição da assembleia de ressurgência, como predominância da ACAS, portanto, Fator ACAS.

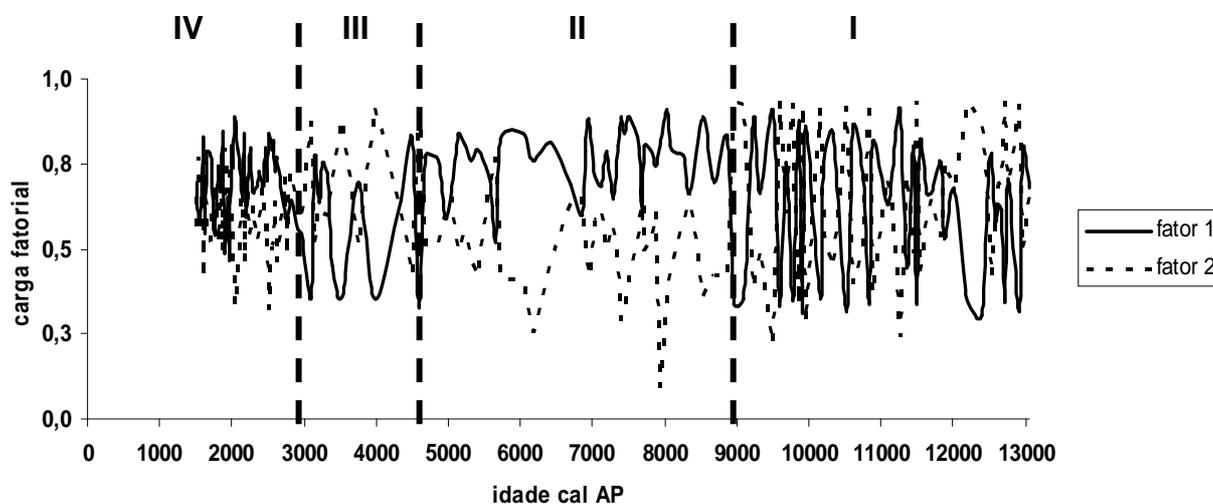


Figura 33 - Variação das cargas fatoriais ao longo testemunho CF0202B. Destacam-se as fases I, II, III e IV relacionadas à predominância dos fatores 1 (AT) e 2 (ACAS) ao longo de 13.000 anos cal AP.

Em se tratando ainda do testemunho CF0201B, o fator 2, o qual explica 3% da variância total, sofreu influência muito significativa espécie *G.ruber*. De forma não tão significativa, mas também importante, observou-se a contribuição de *G.bulloides*, *G. sacculifer* e *G.rubescens*. A maior influência de *G. ruber* e a contribuição secundária de espécies que apresentam endossimbiontes e são típicas de águas quentes e oligotróficas, o fator 2 pode ser denominado Fator AT, determinando a predominância da AT sobre a ACAS.

A influência dos fatores ao longo dos últimos 4.300 anos cal na plataforma de Cabo Frio pode ser observada na figura 34. A partir da comparação entre as cargas fatoriais ao longo do testemunho CF0201B foi possível notou-se 3 fases distintas. Na fase I (4.300 -3.000 anos cal AP) ocorre uma ligeira sobreposição dos fatores, contudo, é possível observar a sobreposição do fator 2, ou seja, a predominância da AT sobre a ACAS. Esta fase opõe-se ao que foi observado para o mesmo período no testemunho CF0202B. Isto pode ser devido à grande diferença na taxa de sedimentação entre os testemunhos estudados, sendo importante ressaltar que no testemunho CF0201B cada amostra integra uma média de treze anos de registro de

TSM, enquanto para o testemunho CF0202B esta integração está em torno de 44 anos. Assim, a resolução mais alta do testemunho CF0201B permitiu o registro mais detalhado da dinâmica da massas d'água em questão. Na fase II (3.000- 2.000 anos cal AP) a sobreposição de um dos fatores não é evidente, Esta fase pode ser considerada de alta variabilidade da da TSM. Na fase III (a partir de 2.000 anos cal AP), o fator 1 sobrepõe-se ao 2, determinando a predominância da ACAS e o registro de TSM mínima.

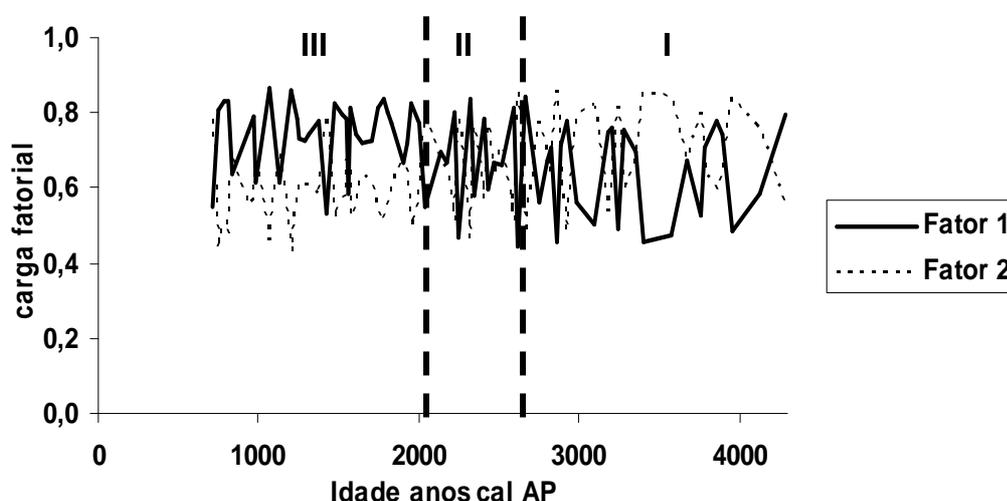


Figura 34 - Variação das cargas fatoriais ao longo testemunho CF0201B. Destacam-se 3 fases I, II, e III relacionadas à predominância dos fatores 1 (ACAS) e 2 (AT) ao longo de 4.300 anos cal AP.

A variabilidade da TSM sugerida a partir da análise fatorial aplicada aos dados de foraminíferos planctônicos dos testemunhos estudados mostra a evolução da dinâmica das massas d'água na plataforma de Cabo Frio. Nesta dinâmica, no processo de ressurgência de Cabo Frio, tem-se a substituição da AT pela ACAS, ou seja, águas quentes, salinas e oligotróficas são substituídas por águas frias, menos salinas e ricas em nutrientes, e como já foi mencionada anteriormente, esta mudança na temperatura e produtividade pode alterar a composição da fauna.

De acordo com Hemleben *et al.*(1989) e Schmidt *et al.*, (2003) em áreas de ressurgência pode-se observar o aumento na frequência de espécies como *G.bulloides*, *T.quinqueloba* e *N. dutertrei* na assembléia de ressurgência, comparada

a assembléia tropical , o qual geralmente, dominada por *G.ruber*, *G. sacculifer*, *G.siphonifera*, *G. calida*, *P.obliquiloculata* e *G.menardii*, (SCHMIDT *et al.*, 2003; HEMLEBEN *et al.*1989). No caso de Cabo Frio, conforme foi mostrado pela análise fatorial, as espécies *G.bulloides*, *T.quinqueloba* e *G.glutinata* e *G. ruber*, *G.rubescens*, *G. sacculifer* e *G.trilobus* são importantes representantes das assembléias de ressurgência e tropical, respectivamente.

Assim, a sensibilidade de cada uma destas espécies aos parâmetros ambientais e a variabilidade destes, influenciam fortemente a variação na abundância e no fluxo de foraminíferos planctônicos, e, portanto, contribuem para a diversidade na comunidade. Embora tenha sido verificada a predominância das espécies *G.ruber*, *G. bulloides*, *G. rubescens*, *T. quinqueloba*, o índice de diversidade (H) das espécies foi calculado com o intuito de verificar a estrutura da comunidade de foraminíferos, presente em cada amostra ao longo do testemunho, e sua relação com o registro da TSM ao longo do período estudado (Figura 35 e 36).

O padrão de diversidade das espécies (H) apresentado para os últimos 13.000 anos cal (figura 35) mostrou quatro fases em que a estrutura da comunidade esteve diferenciada. Estas fases são consistente com o padrão observado para a dinâmica das massas d'água com base na análise fatorial. Na fase I (13.000 - 9.500), a diversidade mostra-se bastante variável, em grande escala, provavelmente refletindo à dinâmica mais intensa das massas d'água. Na fase II, a diversidade aumenta e torna-se menos variável. Há predominância da AT. Na fase III, (4.800-3.000 anos cal AP), a diversidade é ligeiramente mais alta que na fase I, mas também é ligeiramente variável. Na fase IV, ainda alta, bastante variável, em menor escala, pode ser um reflexo na intensa dinâmica hidrográfica na região.

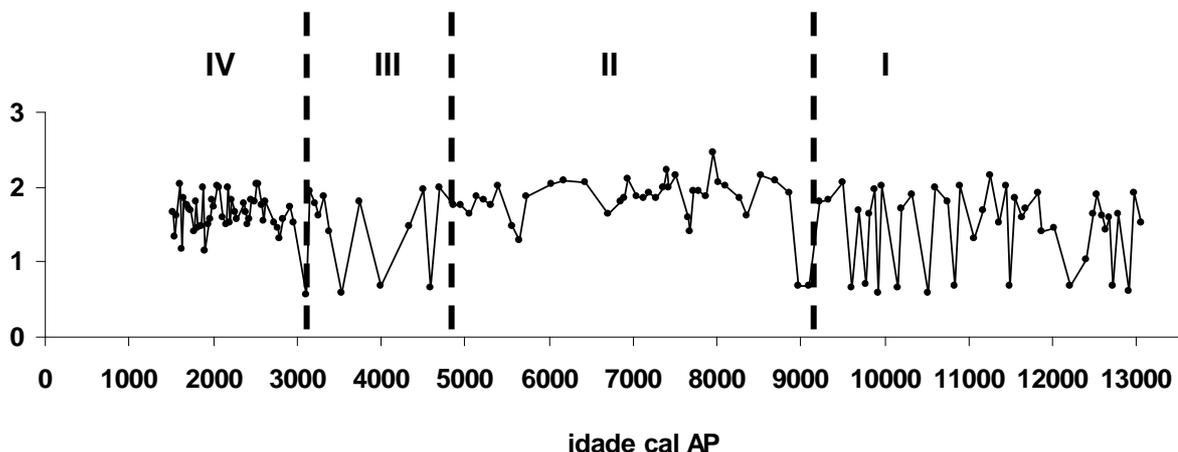


Figura 35 – Índice de diversidade Shannon-Wiener (H) para o testemunho CF0202B. $H = - \sum p_i \ln(p_i)$. Destacam-se as fases I, II, III, IV que determinam mudanças na estrutura das comunidades.

Em maior resolução, no testemunho CF0201B, o padrão da diversidade das espécies, mostrou valores altos, em média de 1,65, ao longo de todo o registro, exceto em 3.200, 2.700 e entre 2.500 e 2.400 anos cal AP. Este padrão também é semelhante àquele observado para a dinâmica das massas d'água na plataforma continental de Cabo Frio (Figura 33).

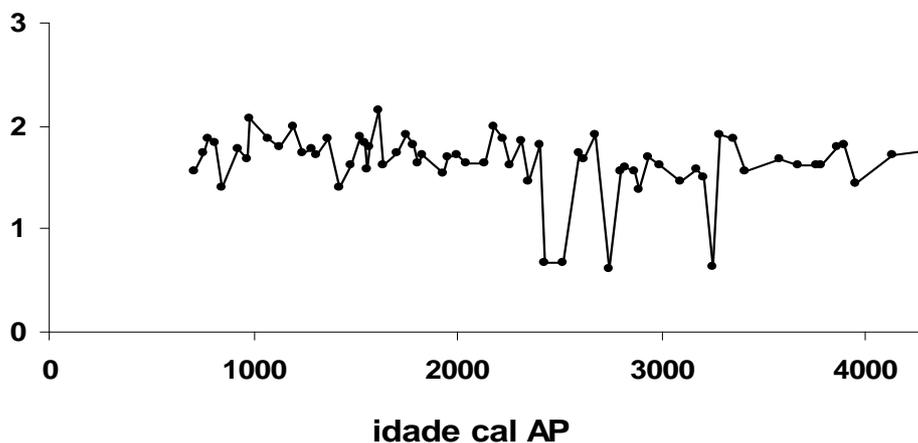


Figura 36 – Índice de diversidade Shannon-Wiener (H) para o testemunho CF0201B. $H = - \sum p_i \ln(p_i)$.

Segundo Zaric *et al.*(2005), comumente, a diversidade da fauna decresce com o aumento da latitude, mas em algumas áreas, condições ambientais extremas podem alterar este padrão. De acordo com estes autores, Ottens e Nederbragt (1992) mostraram que, de fato, o desvio deste padrão global está relacionado à ambientes específicos do oceano. Eles mostraram, ainda, que o limite das massas d'água ou zona frontal são caracterizadas pela alta diversidade de fauna de foraminíferos planctônicos devido à mistura de espécies das massas d'água adjacentes. Schimidt *et al.* (2006) afirma que, neste caso, os altos valores de diversidade encontrados estão relacionados ao fato de que as faunas vizinhas crescem dentro do seu ótimo ecológico. Por outro lado, as variáveis ambientais com

variações sazonais ou de curto tempo nos parâmetros oceânicos, como em áreas de ressurgência, levam a baixa diversidade da fauna quando comparada à ambientes vizinhos. As assembléias que crescem em regiões de instabilidade de águas superficiais são caracterizadas por testas de tamanho menor e pela baixa diversidade. O modelo global do gradiente meridional de diversidade da fauna de foraminíferos planctônicos, proposto por Zaric *et al.* (2005) confirma estes dados.

Dados de rede de plâncton no Mar da Arábia mostram valores mais baixos do índice de diversidade de Shannon-Wiener em regiões de ressurgência comparados a regiões onde este processo não ocorre (OTTENS; NEDERBRAGT, 1992). Assim, Naidu e Malmgren (1996) calcularam o índice de diversidade para amostras fósseis da Margem Oman, Mar da Arábia dos últimos 22.000 anos cal AP. Segundo os autores, o índice Shannon-Wiener, embora tenha mostrado uma fase de ligeiro aumento na diversidade, não refletiu exatamente os índices de ressurgência, indicando que a diversidade dos foraminíferos planctônicos, na região estudada, não é controlada pela intensidade da ressurgência.

No caso de Cabo Frio, o padrão da dinâmica das massas d'água parecem semelhantes aos padrão de diversidade observado ao longo dos testemunhos estudados. Para determinar a significância da diferença no índice Shannon-Wiener entre os períodos predominância de determinadas massas d'água e de mistura ou variabilidade, foi empregado o teste *T-student* ($p > 0,05$) do testemunho CF02-02B. Os valores obtidos indicam que nas fases I e IV, na qual, há uma maior variabilidade na predominância das massas d'água, os índices não são significativamente diferentes. E, portanto, a estrutura da comunidade é semelhante. Nas fases II e III, quando há predominância da AT e ACAS, respectivamente, os índices também apresentam valores que não são estatisticamente diferentes. E, portanto, à estabilidade do sistema, independente das suas características, as espécies responderam de forma semelhante. No entanto, os valores do índice de diversidade são significativamente diferentes entre as fases de estabilidade e instabilidade do sistema ao longo de 13.000 anos cal AP. Para os últimos 4.300 anos cal, o índice de diversidade, para os dois testemunhos não apresentam diferença significativa. Assim, considerando que a diversidade da fauna é semelhante independente da massa d'água predominante, a ressurgência de Cabo Frio, tal qual é observado no Oceano Índico, não influencia o padrão de diversidade das espécies de

foraminíferos planctônicos na região. E as diferenças observadas provavelmente são causadas por outras mudanças ambientais as quais não estão associadas à ressurgência.

6.2.2 Estimativas de TSM relativa – Razão *Gb:Gr*, fluxo de *G.bulloides* e $\delta^{18}\text{O}$ *G.bulloides* e *G.ruber*

Tendo em vista que a variação na composição da fauna de foraminíferos planctônicos ao longo de 13.000 anos cal AP está relacionada à dinâmica das massas d'água na região de Cabo Frio, a variabilidade da TSM assim está registrada, ao longo deste período, e pode ser verificada, de acordo com Boltovskoy (1973) e Vicalvi (1977) através construção de curvas de paleotemperaturas baseadas nas freqüências das espécies indicadoras da AT e ACAS.

Segundo Hemleben *et al.*(1989) e Schmidt *et al.*, (2003) em áreas de ressurgência observa-se o aumento na freqüência de espécies como *G.bulloides*, *T.quinqueloba* e *N. dutertrei* na assembléia de ressurgência, comparada a assembléia tropical, o qual geralmente, dominada por *G.ruber*, *G. sacculifer*, *G.siphonifera*, *G. calida*, *P.obliquiloculata* e *G.menardii*. Para Cabo Frio, as espécies *G.bulloides* e *G.ruber*, são dominantes nas respectivas assembléias.

Vale ressaltar que *G.bulloides* é uma espécie típica subpolar (IMBRIE;KIPP,1971), cuja abundância relativa máxima está correlacionada com TSM relativamente baixa e enriquecida em nutrientes e abundância de fitoplâncton, sendo conhecida pelo seu uso como traçador de ressurgência (NAIDU 2006; NAIDU; MALMGREN, 1996). Desta forma, *G. bulloides*, representa a presença da ACAS na plataforma continental de Cabo Frio, bem como a sua predominância. Enquanto, *G.ruber*, espécie mais destacada no aspecto quantitativo na fauna total e na assembléia tropical, representa a predominância da AT, da qual é característica.

Baseando-se em Bé e Tolderlund (1971) foi aplicada a razão entre *G.bulloides* e *G.ruber* (*Gb:Gr*), inversamente proporcional a temperatura, com o intuito de estabelecer um índice de temperatura relativa para apontar as mudanças de TSM para região de Cabo Frio ao longo de 13.000 anos cal AP. Logo, a hipótese é que os maiores valores do índice *Gb:Gr* indicam o predomínio da presença de águas com temperaturas mais baixas (ACAS), assim como os baixos valores representam o predomínio da presença de águas com temperaturas mais altas (AT).

Tais espécies foram selecionadas pela sua presença contínua ao longo do testemunho e por apresentarem os maiores valores de frequência registrados nos testemunhos estudados.

Em termos de valores absolutos, o índice *Gb:Gr* apresentou amplitude de valores bastante diferente para os testemunhos CF0201B e CF0202B. É possível que pela diferença na taxa de sedimentação que há entre os testemunhos, a maior resolução observada em 4.300 anos cal AP permita acompanhar de forma mais detalhada e relativamente contínua a variabilidade da TSM, onde as diferenças na proporção entre as espécies é mais discreta, devido ao período mais curto de integração dos eventos de ressurgência. A menor resolução, em 13.000 anos cal AP, representa um período onde um número maior de eventos de ressurgência estão integrados, o que pode determinar uma maior diferença na proporção entre *G.ruber* e *G.bulloides*, quando estão integrados um número maior de eventos de ressurgência fortalecida ou fortalecida.

O índice *Gb:Gr* mostrou a dinâmica das massa d'água na plataforma de Cabo Frio para os últimos 13.000 anos cal (figura 37), podendo ser considerado um índice de ressurgência. É importante ressaltar que a ressurgência deve ser considerado sob dois aspectos, um deles relacionado à sua intensidade e, o outro, à sua frequência, e, assim, devido a dificuldade de separar estas duas componentes neste processo oceanográfico, optou-se por utilizar o termo fortalecimento e enfraquecimento da ressurgência.

De acordo com o índice *Gb:Gr*, o período entre 7.000 -3.000 anos cal AP foi marcado pela presença de águas quentes, enquanto a partir de 3.000 anos cal AP, foi marcado pela predominância de águas frias. Os valores da *Gb:Gr* para o período entre 13.000 e 7.000 anos cal AP devem ser considerados com cautela, pois as oscilações da temperatura das águas, estão, provavelmente, também, relacionadas às oscilações do nível do mar que conferiu uma maior instabilidade do sistema e uma dinâmica oceanográfica diferente da atual.

Já, a partir de 7.000 anos cal AP com a estabilização do nível do mar no patamar atual, a variação observada dos valores da *Gb:Gr* pode ser interpretada como um resultado da mudança de temperatura da água do mar influenciada pela variabilidade da ressurgência costeira. Nota-se uma diferença no padrão da curva *Gb:Gr* entre 7.000 - 3.000 anos cal AP e a partir de 3.000 anos cal AP, onde o

primeiro período apresentou os valores mais baixos da razão indicando a predominância de águas com temperaturas mais elevadas (AT), sugerindo, assim, um enfraquecimento da ressurgência. A partir de 3.000 anos cal AP foi observada uma alta variabilidade dos valores da razão indicando neste momento a predominância de águas mais frias (ACAS), sugerindo, então, um fortalecimento da ressurgência.

Estas interpretações sobre a variação da TSM de Cabo Frio baseadas na razão *Gb:Gr* são fortalecidas pela relação específica da composição isotópica de *G.ruber* e *G.bulloides* com a temperatura, apresentada na figura 24. A temperatura de calcificação destas espécies, em Cabo Frio, está em torno de $13,2 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ para *G.bulloides*, sendo as temperaturas mínima de $10,7^{\circ}\text{C}$ e máxima de $16,3^{\circ}\text{C}$, sugerindo que este processo ocorre na ACAS. Estes resultados são corroborados por Peeters *et al.* (2002b) que afirmam que a calcificação da espécie *G.bulloides* ocorre durante o período de ressurgência. Por outro lado, *G.ruber* calcifica em temperatura média $18,4 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$, sendo as temperaturas mínima de $14,6^{\circ}\text{C}$ e máxima de $23,3^{\circ}\text{C}$, sugerindo que a calcificação pode ocorrer durante o processo de ressurgência e na ausência dela, o que também é sugerido por Peeters *et al.* (2002b). Estes dados, portanto, justificam a utilização de *G.ruber* e *G.bulloides* como representantes da TSM na plataforma continental de Cabo Frio, e portanto, do uso da razão *Gb:Gr*.

Assim, considerando que condições de ressurgência conferem ao ambiente temperaturas mais baixas e o aumento nos teores de nutrientes, pode-se dizer que tais mudanças são rapidamente refletidas na produção de foraminíferos planctônicos (GIRAUDEAU *et al.*, 2000). Desta forma, o fluxo das espécies tem sido utilizado em estudos paleoceanográficos, principalmente, em áreas de alta produtividade como as de ressurgência. Além disso, sua aplicação é uma alternativa ao uso de dados de abundância relativa, já que neles uma espécie pode ser afetada pelas mudanças na produção de outras espécies. Segundo Zaric *et al.* (2005), o fluxo do total de foraminíferos é mais alto em regiões de forte ressurgência e, portanto, de alta produtividade, como no oeste do Mar da Arábia e nas regiões equatoriais dos Oceanos Atlântico e Pacífico.

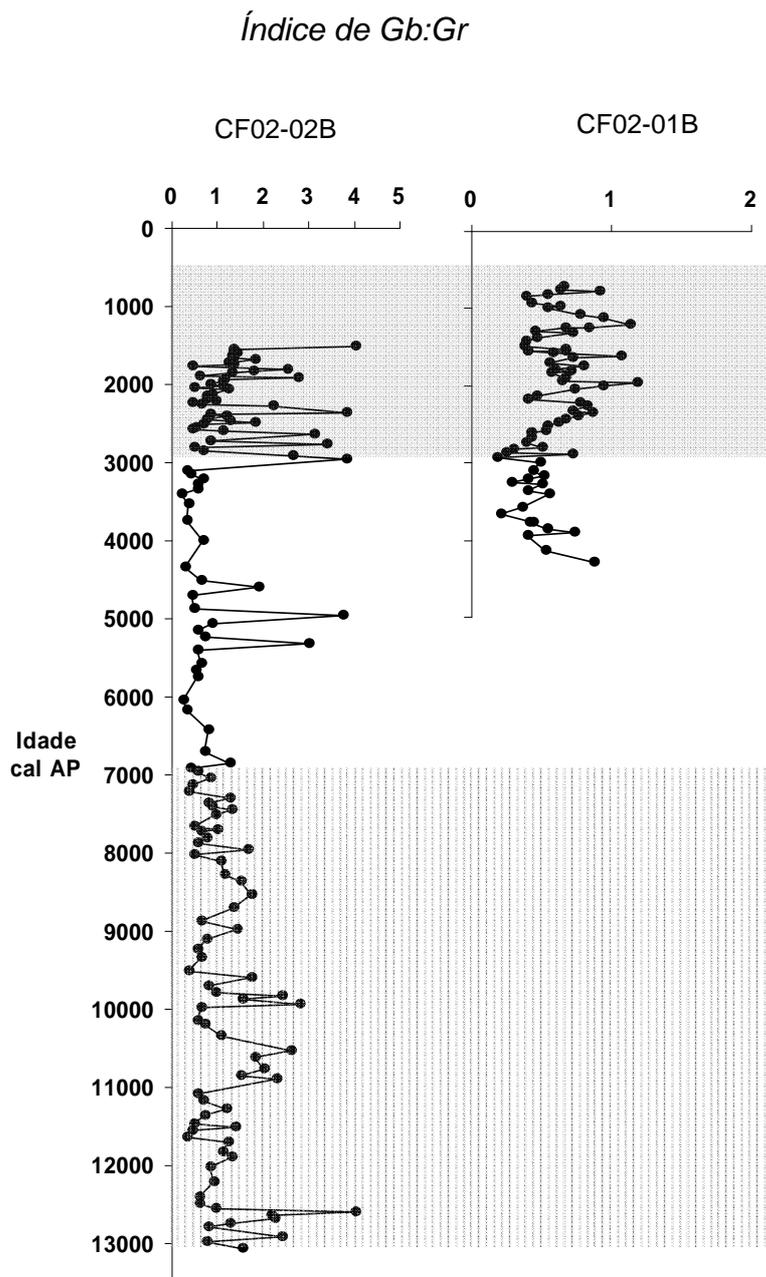


Figura 37 – Índice *Gb:Gr* nos testemunhos CF0201B e CF0202B da plataforma continental de Cabo Frio. Razão entre as espécies predominantes nas associações de foraminíferos planctônicos da plataforma de Cabo Frio ao longo de 13.000 anos cal AP. Período de ressurgência fortalecida = ; Fase de influência de variações do nível do mar =

Os fluxos das espécies para os testemunhos CF0201B e CF0202B podem ser observados nas figuras 38 e 39. Segundo Naidu (2006), o fluxo de *G. bulloides* é um indicador da intensidade da ressurgência, deste modo, os valores obtidos pelo cálculo de fluxo desta espécie foram tidos como um segundo índice de TSM.

Nota-se, na figura 39, que o fluxo das espécies entre 13-12 .000 anos cal AP alcança valores mínimos, provavelmente devido ao baixo nível do mar (KOWNSMANN; COSTA, 1979). Embora, o período seguinte, entre 12 -7.000 anos cal AP, apresente valores mais altos para o fluxo de *G. bulloides*, da mesma maneira que é considerado para o índice *Gb:Gr*, o fluxo de *G. bulloides* deve ser interpretado com cautela, já que as oscilações de temperatura somam-se aos efeitos das oscilações no nível do mar.

Assim como mostrou a razão *Gb:Gr*, o fluxo de *G. bulloides* também apresentou dois padrões distintos para a ressurgência: (1) entre 7.000 e 3.500 anos cal AP, indicando um período de TSM elevada, em que observa-se maiores valores para *G. ruber*, provavelmente relacionados ao enfraquecimento da ressurgência, e (2) a partir de 3.000 anos cal AP, com TSM mais baixa e altamente variável, onde a taxa de acumulação da maioria das espécies é maior, sugerindo o fortalecimento da ressurgência. Estes padrões mostram a estabilidade do sistema para o primeiro período, e um sistema mais dinâmico no segundo momento.

Considerando que o fluxo de *G. bulloides*, segundo Zaric *et al.* (2005), apresenta uma forte correlação com a produtividade, foi feita uma correlação entre o registro dos fluxos de COT e *G. bulloides*. A correlação mostrou-se significativa para os 13.000 anos cal AP, apresentado valor positivo de $r = 0,71$ ($p < 0,01$). Isto significa que esta espécie também pode ser utilizada para inferir a variabilidade da produtividade deste sistema, corroborando Marchant *et al.* (1999) que afirma que o aumento na abundância de foraminíferos pode ser um reflexo do aumento da produtividade durante um determinado período e Naidu (2006) que utiliza a espécie como indicadora da intensidade da ressurgência, no Oceano Índico.

Segundo Wagner e Dupont (1999), o fluxo de COT para os sedimentos marinhos pode ser utilizados como um *proxy* de paleoprodutividade, desde que se conheça as proporções quantitativas entre a matéria orgânica terrestre e marinha. Segundo Andrade (2008) as faixas de valores da razão C/N são estabelecidas conforme a origem do material orgânico para a área estudada. Durante o início do

Holoceno, houve a evolução de um ambiente praiado para efetivamente marinho, como registrado na base do perfil, os valores para a razão C/N foram mais altos, conforme o esperado, já que a proximidade da costa permite uma maior influência terrígena. Além disso, a grande variação dos valores caracteriza a mistura de fontes da matéria orgânica. Posteriormente, em torno de 9.000 anos, sob condições oceanográficas mais estáveis, os valores decresceram gradativamente apontando um ambiente dominado pela matéria orgânica autóctone. Logo, o aumento no fluxo de COT estaria relacionado ao aumento da produtividade em função da ressurgência a partir dos 9.000 anos cal AP.

Assim, observando a figura 16, os períodos de maior produtividade estiveram entre 9-7.000 anos cal AP e em torno de 3-1.500 anos cal AP, sendo a partir deste período, também mais alta para o testemunho CF02-01B (figura 15), a qual apresentou um pico de produtividade em torno de 2.300 anos cal AP, quando a taxa de sedimentação foi mais alta.

Regiões de ressurgência na América do Sul também mostram um padrão de variabilidade semelhante ao encontrado em Cabo Frio. Segundo Mohtadi *et al.* (2004), um período de fraca intensidade de ressurgência e mais baixa produtividade pode ser observado do Holoceno Inferior ao Médio (13.000-4.000 anos cal AP) para o Sistema da Corrente Peru-Chile do Norte do Chile. Neste período, o fluxo de foraminíferos planctônicos e o aumento da contribuição de diatomáceas tropicais/subtropicais refletem condições de fraca ressurgência e TSM mais alta, as quais podem estar relacionadas a intensidade e posição do giro subtropical do Pacífico Sul. Por outro lado, no final do Holoceno (4.000-1.000 anos cal AP) foi registrado o fortalecimento da ressurgência, com rápidas flutuações no regime hidrográfico. Refletido principalmente pelo aumento no fluxo do COT e de diatomáceas, bem como na abundância relativa de *N. pachyderma* (s), o período de

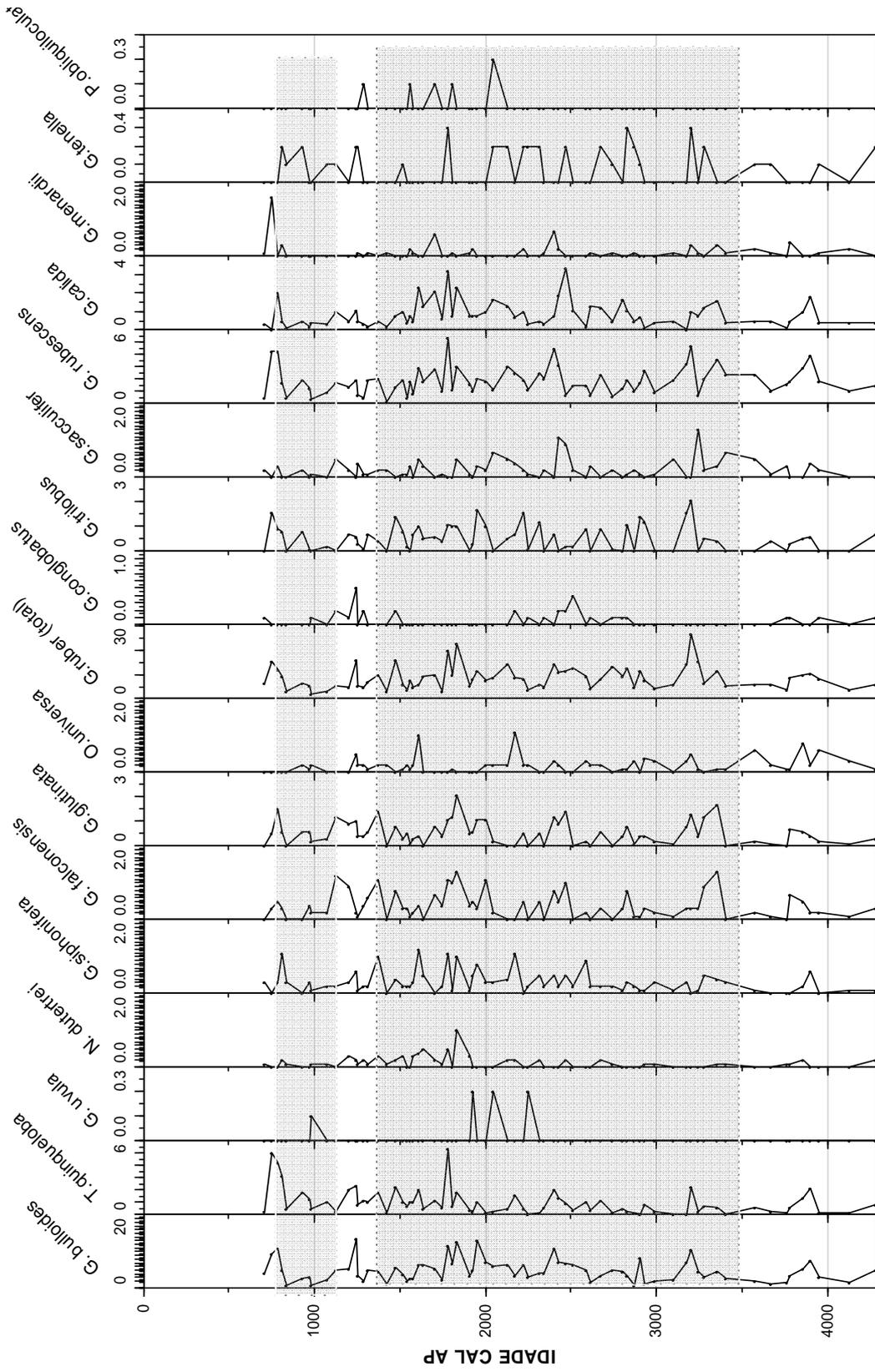


Figura 38 - Fluxo das espécies (ind.cm².ano⁻¹) de foraminíferos planctônicos do testemunho CF02-01B. Período da ressurgência fortalecida =

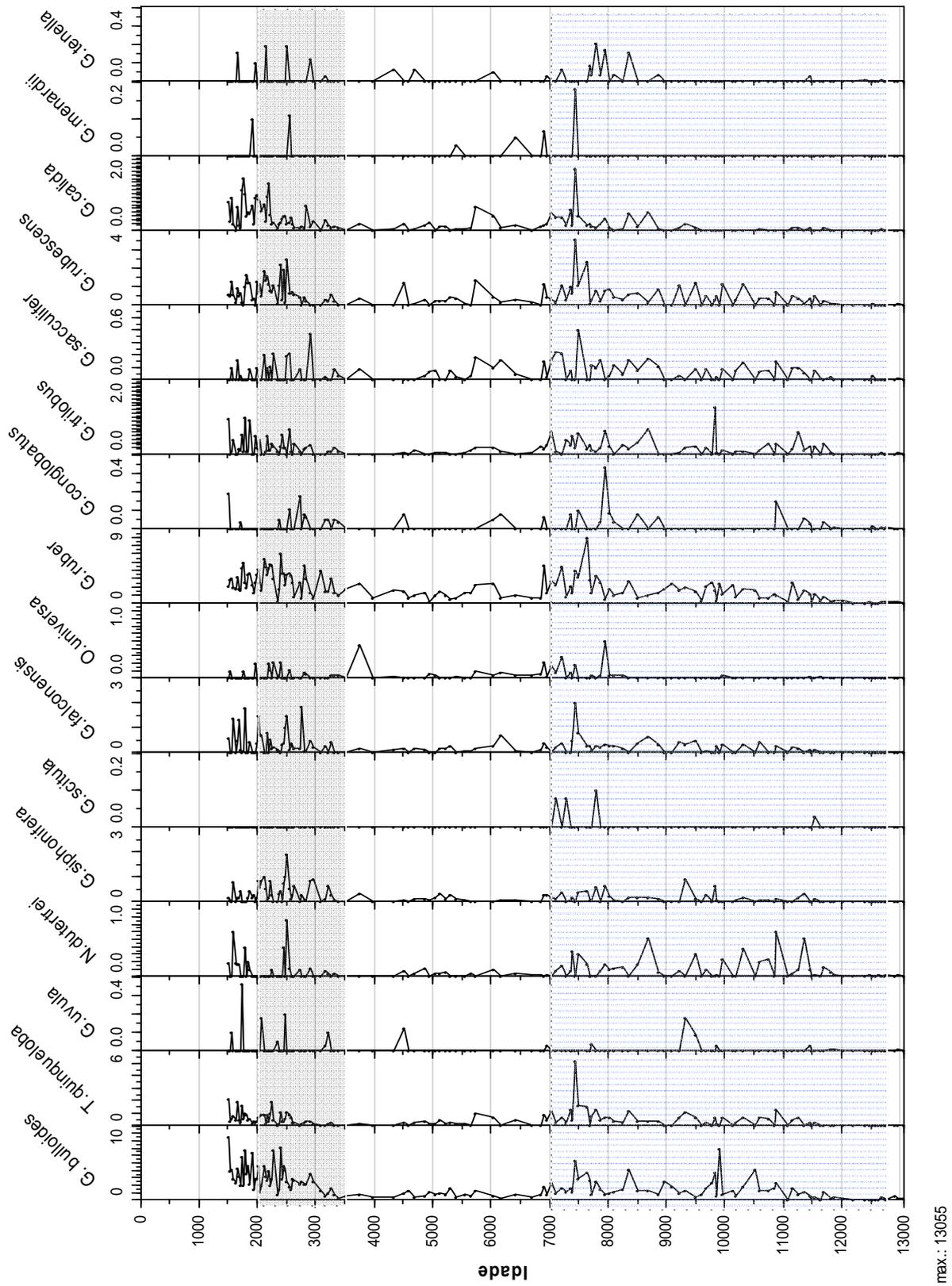


Figura 39 - Fluxo das espécies (ind.cm².ano⁻¹) de foraminíferos planctônicos do testemunho CF02-02B. Período de fortalecimento da ressurgência = ; fase de influência das variações do nível do mar=

fortalecimento da ressurgência pode ser o resultado do deslocamento do giro subtropical do Pacífico Sul. Enquanto o aumento da variabilidade neste período corresponde possivelmente ao aumento da atividade do ENOS. Estes dados estão de acordo com o trabalho de Marchant *et al.* (1999) que com base nas assembléias e no fluxo de foraminíferos planctônicos mostrou que mudanças na paleoceanografia e paleoprodutividade na Corrente Peru-Chile ao longo de 13.300 anos indicam a seqüência de três principais regimes hidrográficos, onde o enfraquecimento da ressurgência é caracterizado pela intensidade da Contra-corrente Peru-Chile da Água Superficial Subtropical, durante o Holocene Inferior e Médio, enquanto o Holoceno Superior (nos últimos 3.000 anos) é caracterizado ora pelo fortalecimento da ressurgência, ora por condições quentes, provavelmente devido aos mais freqüentes e mais intensos eventos *El niño*.

Na Bacia de Cariaco, Venezuela, Tedesco e Thunnel (2003a) verificaram que na região do Caribe condições úmidas que prevaleceram até o Holoceno Médio foram substituídas por condições secas no final do Holoceno. Através do registro de alta resolução da fauna e do $\delta^{18}\text{O}$ de foraminíferos planctônicos foi possível reconstruir a história climática da região do Caribe para os últimos 6.000 anos. A partir dos registros de abundância e de composição isotópica de *G. crassaformis*, *G. ruber* e *N. dutertrei* indicaram o fortalecimento da ressurgência a partir de 3.500 anos. Neste período, a ressurgência mostrou-se variável, no entanto, destacaram-se três fortes eventos em 3.500, 2.800 e 1.000 anos identificados pela posição superficial da termoclina, sugerida pela $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{ruber-N.dutertrei}}$. Segundo os autores, em virtude do clima da região ser atualmente controlado pela ZCIT, a qual influencia o regime de precipitação e padrão de ventos, o fortalecimento da ressurgência na Bacia de Cariaco está relacionado à sua migração.

De forma semelhante à região norte do Chile (MOHTADI *et al.*, 2004), Cabo Frio também sofre influência da ZCAS e dos eventos ENOS, uma vez que eles mantêm uma relação com a ocorrência e/ou intensidade da ressurgência na região. Somam-se, ainda, os efeitos dos sistemas frontais que tendem a modificar os padrões do ventos, enfraquecendo ou inibindo a ressurgência. Além disso, os aspectos dinâmicos da CB, como a ocorrência de meandros e vórtices, seu fortalecimento também estão associados ao processo de ressurgência de Cabo.

Neste aspecto, segundo Lentini (2007), a intensidade da CB está relacionada à amplitude da variação latitudinal da Confluência Brasil-Malvinas (CBM). Esta variação, estudada por Boltovskoy *et al.*(1996), com base nas assembléias de foraminíferos planctônicos da CBM, é caracterizada pelo posicionamento mais ao norte durante o inverno, e ao sul, durante o verão. De acordo com Chiessi *et al.*(2007), embora seja verificada a migração da CBM, em tempo de escala sazonal, interanual e interdecadal, a dinâmica entre a variação na posição de CBM em longa escala de tempo ainda não é bem entendida. No entanto, segundo Silva e Souza (2006), a migração da CBM está ligada às flutuações sazonais no Giro Subtropical e também, pela presença de processos de mesoescala, como vórtices de meandros e meandros liberados pela CB e CM (SILVA; SOUZA, 2006), onde a intensificação do Giro Subtropical leva a intensificação do transporte da CB (OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Estes processos que condicionam a ressurgência de Cabo Frio podem ser melhor caracterizados observando a curva do $\delta^{18}\text{O}$ de *G. ruber*. Embora, em resolução menor comparada às curvas da análise da fauna, o registro obtido apresenta-se consistência em relação aos dados até agora discutidos. A figura 24 mostra as curvas dos valores de $\delta^{18}\text{O}$ *G. bulloides* e *G. ruber* para os últimos 13.000 anos cal. Como esperado, os valores de $\delta^{18}\text{O}$ para *G. ruber* são mais negativos quando comparados àqueles para *G. bulloides*, refletindo a preferência ambiental de *G. ruber* por condições superficiais mais quentes e a preferência de *G. bulloides* por condições mais frias, consistentes com a ressurgência.

Os valores de $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* alcançam os valores observados para o Atlântico (SCHMIDT; MULITZA, 2002) e para latitudes próximas à Cabo Frio (CHIESSI *et al.* 2007), após o período de estabilização do nível do mar. A curva de $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber* é interessante pois, nela observam-se dois padrões ao longo do testemunho. Valores positivos são observados desde 12.000 até 9.000 anos cal AP quando, então, valores negativos de $\delta^{18}\text{O}$ apresentam-se até o topo do testemunho. Contudo, é notável a diminuição do sinal isotópico entre 9 -8.000 anos, no qual tem-se o menor valor registrado, -1,30‰.

De acordo com Epstein *et al.*, (1953) e Craig, (1965), a $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{calcita}}$, exibe uma relação inversa com o ΔT , na qual a mudança de 1.0‰ é equivalente a 4.2 °C. Assumindo-se, então, esta relação, pode-se dizer que as oscilações dos valores de *G. ruber* observadas sugerem uma variação da TSM em torno de 8,6 °C, sendo

consistente com a diferença de TSM verificada atualmente em épocas de forte ressurgência (FRANCHITO, 1998).

No registro do $\delta^{18}\text{O}$ de *G.ruber* é interessante notar também que os valores mais positivos são observados na base do testemunho, em torno de 11.000 anos cal AP. Segundo Rohling e Cooke (1999) valores positivos de $\delta^{18}\text{O}$ podem estar relacionados ao nível do mar mais baixo em virtude do seqüestramento preferencial de ^{16}O pelo gelo deixando o oceano enriquecido em ^{18}O . Além disso, segundo Waelbroeck *et al.*(2004), o processo de bioturbação como efeito pós-deposicional, pode alterar o sinal isotópico. Seu principal efeito em registros de sedimentos marinhos é uma amplitude truncada glacial/interglacial por causa da mistura das conchas destes diferentes períodos. Além disso, é possível que esta mistura também possa ser um efeito das mudanças do nível do mar, características da base do testemunho estudado, na qual os sedimentos apresentaram evidências de retrabalhamento e carbonatos sistematicamente envelhecidos.

No entanto, deve-se considerar ainda que, de acordo com Vicalvi (1977), as massas d'água superficiais requerem tempo para se equilibrar às novas condições de temperatura atmosférica. Assim, a resposta da fauna planctônica ao aquecimento dos oceanos, com o início do Holoceno, pode ter ocorrido de forma mais lenta., tendo alcançado o equilíbrio com a estabilização do nível do mar, quando então se observa uma mudança no padrão isotópico de *G.ruber*.

Cobrimdo o final do Pleistoceno e todo o Holoceno, o $\delta^{18}\text{O}_{\text{calcita}}$ de *G.ruber* neste estudo da variabilidade da TSM de Cabo Frio registrou entre a base do testemunho até aproximadamente 10.700 anos cal AP uma flutuação dos sinais isotópicos que pode estar associada às mudanças na TSM em função das variações do nível do mar durante este período. Embora este período deva ser analisado com cautela, visto que, segundo Kowsmann e Costa (1979), a linha de costa era definida pelas isóbatas atuais de 110 e 60m, respectivamente, entre 13 e 11.000 anos AP, nele destaca-se uma tendência à diminuição da TSM ($\approx 4,2^\circ\text{C}$), em torno de 12.000 e entre 11.700 e 10.700 anos cal AP, seguida de flutuações dos valores até o período de estabilização do nível do mar. O registro de um sinal frio, em torno de 12.000 anos cal AP coincide com o período de ocorrência do *Younger Dryas*, evento de curta duração no qual ocorreu o resfriamento no Atlântico Norte pela interrupção da circulação termohalina em torno de 12.000 anos AP. Assim, as

flutuações dos sinais isotópicos podem também estar associados às variações de temperatura atmosférica e circulação termohalina.

Embora haja controvérsia quanto à existência de um evento *Younger Dryas* na América do Sul, Mercer e Palácios (1977) e Thompson *et al.*(1995) encontraram indicações para a existência deste evento no Peru, através de testemunhos de gelo, ambos em 11.500 anos AP; Heusser e Streeter (1980) encontraram evidências palinológicas de resfriamento no sul do Chile, no mesmo período. Ainda no Chile, os registros isotópicos de *G. bulloides* e *N. pachyderma* (dex), do estudo de Marchant *et al.*(1999), sugerem condições mais frias provavelmente relacionadas ao *Younger Dryas* no intervalo entre 11.400 e 10.700 anos AP. Segundo Lea *et al.* (2002), a razão Mg/Ca de *G.ruber* da Bacia de Cariaco (Venezuela) indicou um resfriamento da TSM em torno de 4°C, o qual estaria relacionado ao *Younger Dryas* registrado para o período entre 12.820 e 11.490 anos AP.

Em se tratando de Cabo Frio, o índice *Gb:Gr* corrobora o resfriamento da TSM para em 12.000 anos, no entanto, o fluxo de *G.bulloides* é muito baixo neste período. Além disso, a assinatura isotópica de *G.bulloides* deste período até 11.700 anos cal AP (figura 24) também registra águas com temperaturas mais frias, e é seguido de um aquecimento, em torno de 4,9°C até 10.700 anos cal AP.

Black *et al.* (2004) afirmam que a convergência entre os valores isotópicos ($\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$) da espécie de água superficial – *G.ruber*, e a sub-superficial – *G. bulloides*, implica no aumento da mistura vertical e, portanto, da ressurgência ao longo do testemunho. Segundo Peeters *et al.* (2002b), o $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{bul-rub}}$ pode ser utilizada como um *proxy* para variação sazonal da TSM devido a produção de *G.bulloides* estar relacionada ao período de ressurgência, e a de *G.ruber* durante e após a ressurgência. Desta forma, a $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$ foi calculada e sua curva ao longo dos 13.000 anos cal AP pode ser verificada na figura 40.

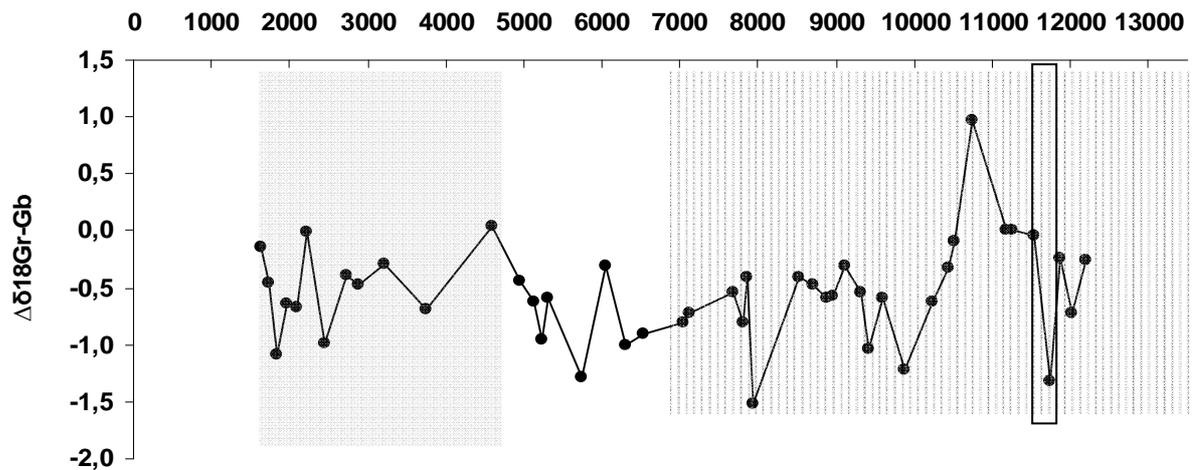


Figura 40 – Registro da variabilidade da TSM e da ressurgência de Cabo Frio baseado na $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$ para os últimos 13.000 anos cal para o testemunho CF020B. Fase de influência de variações do nível do mar =  ; Fase de ressurgência intensa e variável =  ; YD- Younger Dryas = 

Assim, o $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$ mostra que durante a fase de influência de variações do nível do mar (entre 13.000 e 7.000 anos cal AP), os valores mais baixos, indicaram baixas temperaturas em torno de 12.000 e 9.800 anos cal AP, após este período os valores mostraram um padrão com variações mais sutis, no qual destacou-se, também, a baixa temperatura em 8.000 anos cal AP. A partir da estabilização do nível do mar o padrão apresentado pode ser amplamente relacionado à intensidade da ressurgência de Cabo Frio.

Em se tratando do registro do *Younger Dryas* (YD), Came *et al.* (2003) em seu trabalho sobre a circulação no Oceano Atlântico durante o YD, cita que uma diminuição no transporte de calor para o Atlântico Norte levaria ao aquecimento da superfície e da termoclina em baixas latitudes. Segundo Ruhlemann *et al.*, (1999) o registro de temperaturas estimadas nos trópicos, a partir de alquenonas, sugerem um aquecimento durante o YD. Contudo, Marchall *et al.* (1999) sugere que somente uma grande redução na circulação meridional poderia causar um aquecimento tropical e seria consistente com as evidências que sugerem um aquecimento nos trópicos durante o YD. Ainda segundo Came *op.cit.*, o modelo de circulação atual foi

alcançado torno de 9.000 anos AP ao mesmo tempo em que se estabeleceram condições de calor do Holoceno na região do Atlântico Norte.

Assim, com o final do *YD*, registrado para a região de Cabo Frio, tem-se início do Holoceno e o estabelecimento das condições oceanográficas e atmosféricas atuais. Observa-se, então, um segundo padrão dado pelas assinaturas isotópicas das espécies de foraminíferos planctônicos. *G.ruber* mostra-se com valores mais negativos indicando condições mais quentes. *G.bulloides* ainda registra valores positivos como um indicativo de seu desenvolvimento em águas mais frias.

Assim, considerando que o registro do $\delta^{18}\text{O}$ é uma função da temperatura e que decréscimo na $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$ corresponde ao aumento na intensidade da ressurgência (BLACK *et al.*, 2004), a variabilidade da ressurgência de Cabo Frio pode ser verificada.

Com a estabilização do nível do mar, os valores mais negativos de *G.ruber* estariam relacionados à maior influência da AT na plataforma continental de Cabo Frio, uma vez que esta massa d'água esteve afastada da costa durante o período de nível do mar mais baixo. As condições oceanográficas atuantes determinaram o deslocamento das águas quentes e oligotróficas da AT em direção à costa. Um conjunto de fatores dá origem ao processo de ressurgência da ACAS na plataforma, a partir do afastamento CB, o qual pode estar relacionado aos valores positivos de *G. bulloides*. Os valores de $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$ mostraram que entre 7.000 e 5.700 anos cal AP, a ressurgência esteve fraca, principalmente no período entre 5.700 e 4.600 anos cal AP, no qual observou-se uma diminuição gradativa da temperatura. O período seguinte, mostrou valores bastante variáveis, com vários eventos de forte ressurgência em relação ao período anterior.

Embora o registro isotópico esteja em menor resolução comparada resolução do registro da fauna, o confronto entre as curvas de valores isotópicos e as curvas dos índices *Gb:Gr* e fluxo de *G.bulloides* é apresentado na figura 41. Analisando a figura observa-se que há coincidência entre os períodos de variabilidade da TSM. Durante a fase de influência das variações do nível do mar, nota-se uma variabilidade da TSM, em grande amplitude. Conforme já mencionado, este período deve ser analisado com cautela quando se trata da ocorrência de ressurgência. Isto porque o nível do mar mais baixo na transição Pleistoceno/Holoceno e as

subseqüentes oscilações, o início do Holoceno que apresentou um aumento progressivo da temperatura do oceano (VICALVI, 1977), somam-se aos efeitos da

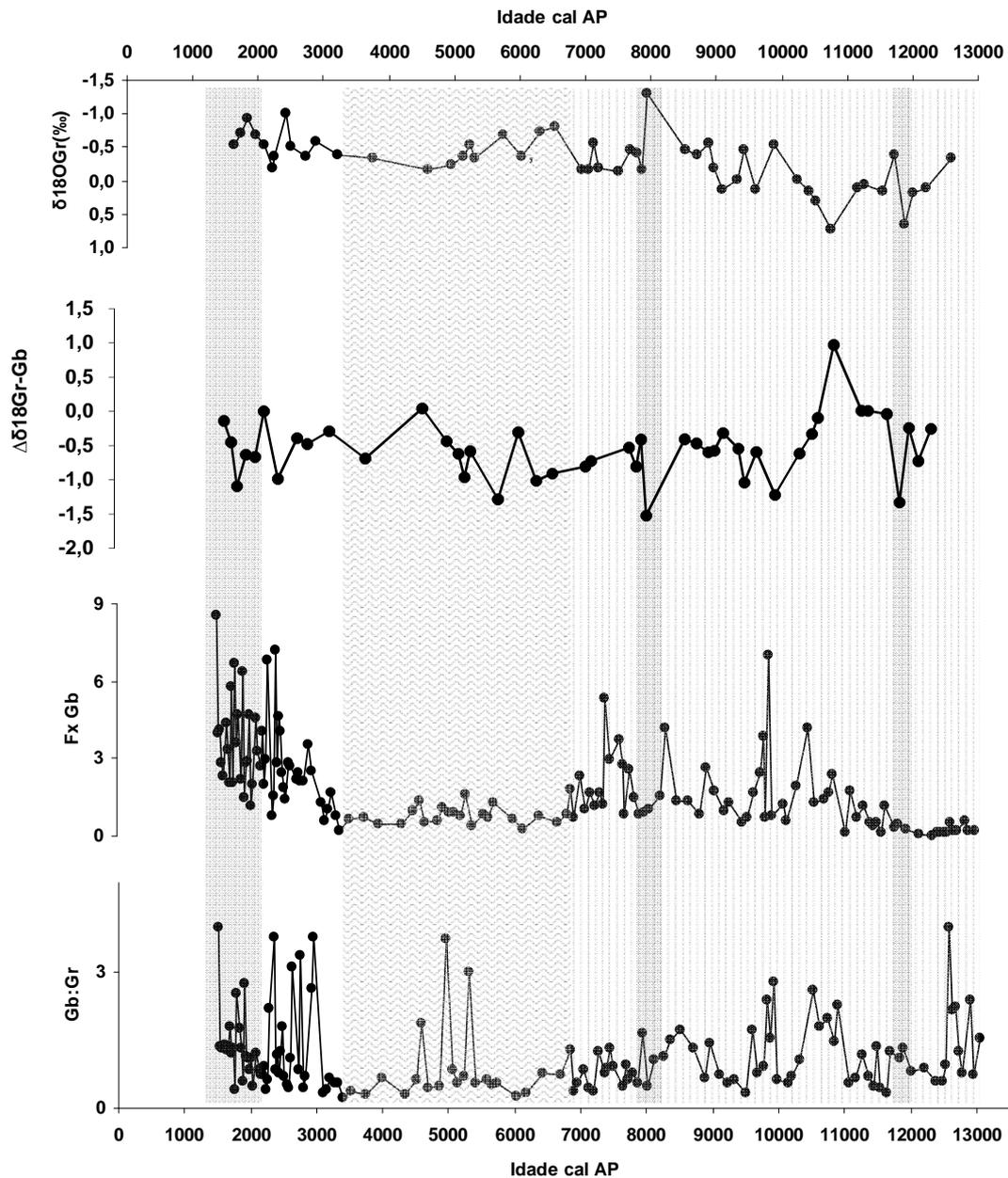


Figura 41 – TSM relativa para os últimos 13.000 anos cal AP baseada nos marcadores: $\delta^{18}\text{O}$ *G.ruber*, $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$, fluxo de *G. bulloides* e *Gb:Gr*. Eventos

frios=  Ressurgência Fraca =  ; Fase de influência de variações do nível do mar =  ; Ressurgência fortalecida = 

mudança de TSM devido à ressurgência estabelecendo um efeito sinérgico envolvendo as escalas global e local. Observa-se que neste período, os marcadores, com exceção do fluxo de *G. bulloides*, registram temperaturas mínimas em torno de 12.000 anos cal AP, provavelmente, refletindo o YD.

Com o início do Holoceno é possível observar o aumento no fluxo de *G. bulloides* que mostra a influência da ACAS na plataforma. Flutuações mais sutis da TSM, bem como sua tendência ao aquecimento são observados principalmente entre 9.000 anos cal AP, segundo Came *et al* (2003) período de estabelecimento do modelo atual de circulação, até 6.000 anos cal AP, com o nível do mar estabelecido, sugerindo o estabelecimento da CB. Neste período destaca-se um evento em torno 8.000 anos cal AP, onde o $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$ e a *Gb:Gr* registram um forte evento de ressurgência, enquanto o fluxo de *G. bulloides* e o $\delta^{18}\text{O}$ *G.ruber* sugerem o predomínio da AT. Segundo Dansgaard *et al.* (1993) em 8.200 anos ocorreu um evento frio no Hemisfério Norte, o qual têm sido registrado por *proxies* paleoclimáticos em testemunhos da Groenlândia e em outras regiões do Hemisfério Norte. No entanto, a divergência entre os marcadores não permite, afirmar o registro deste evento para a região de Cabo Frio.

Um período de TSM mais elevada e de fraca ressurgência é registrado para o período torno de 7.000 até 3.500-3.000 anos cal AP. Entre 6.000 e 5.000 anos AP, tem-se o ótimo climático do Holoceno, período em que a Terra estava, em média, 2 a 3°C mais quente que nos dias atuais (SANT'ANNA NETO; NERY, 1995; MELO, 2008).

E finalmente, a partir de 3.500 anos cal AP, os marcadores registram um período de alta variabilidade da TSM, a qual apresenta tendência à diminuição e fortalecimento da ressurgência. Os períodos entre 2.400 e 2.200 anos cal AP e 1.800 e 1.600 anos cal AP, destacam-se pela diminuição gradativa da TSM.

Até aqui, as interpretações da variabilidade da TSM basearam-se na relação do $\delta^{18}\text{O}$ com a temperatura. No entanto, considerando que o $\delta^{18}\text{O}$ dos foraminíferos depende também da composição isotópica da água, que por sua vez, está

relacionada à salinidade da superfície do mar (SSM), a variação regional/local da salinidade também poderia contribuir para o sinal de $\delta^{18}\text{O}$ preservado pelo foraminífero da região de Cabo Frio. Desta forma, com base em Toledo *et al.* (2007), foi feita uma estimativa de salinidade da superfície do mar, a qual é possível desde que uma estimativa independente de temperatura seja disponível, a partir do $\delta^{18}\text{O}$ de *G. ruber* utilizando-se a equação:

$$SSM = 34,95 + 1,863 * \delta^{18}\text{O}_c - \delta^{18}\text{O}_{\text{GELO}} - 25,78 + \sqrt{(16,87 + 0,347 * T_e)} / 0,18$$

Onde: T_e = é a temperatura estimada

A partir da SSM reconstruída para Cabo Frio (figura 42) foi possível verificar variações cíclicas ao longo de 13.000 anos cal AP. Pode-se destacar os períodos entre 12.500 e 12.200 anos cal AP, onde se observa o aumento da salinidade 32,8 para 37,2. Este período provavelmente está relacionado à influência da Água Costeira, segundo Castro (1996) resultante da mistura da descarga continental de água doce com as águas de plataforma continental apresenta a menor salinidade das águas da Plataforma Continental Sudeste ($\text{Sal} > 35,9$; ACAS- $34,5 < \text{Sal} < 35,9$), em virtude do nível do mar baixo. A partir deste período a SSM variou entre 36,8 a 39,5, o qual pode ter sofrido influência do evento YD. O decréscimo da salinidade de 38,7 para 35,5, entre 9.000-8.000 anos cal AP, coincide com o estabelecimento do modelo de circulação oceanográfica semelhantes a atual (CAME *et al.*, 2003), esta variação pode estar associada à uma maior mistura entre a AT e ACAS, como um efeito de escala local, conforme é mostrado pelos marcadores $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$, *Gb:Gr*, fluxo de *G. bulloides* e o $\delta^{18}\text{O}$ *G. ruber*. Ou ainda, ao restabelecimento da circulação termohalina. Em torno de 8.000- 3.500 anos cal AP, a salinidade variou entre 39 e 36,9. Com base nos marcados mencionados, este período é marcado por fraca ressurgência, TSM relativamente mais alta, com predominância da AT na plataforma continental. A diminuição da salinidade observada a partir de 3.500 anos cal AP pode estar relacionada à maior influência da ACAS neste período.

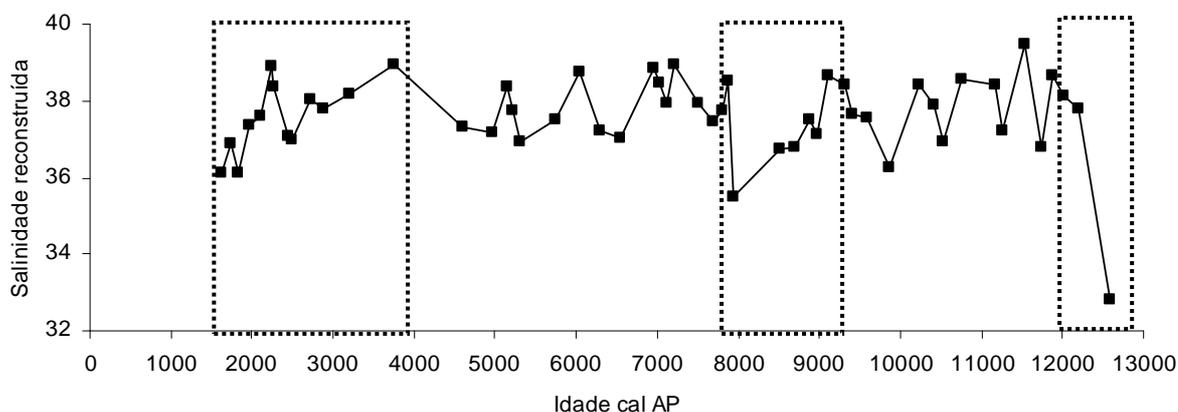


Figura 42– SSM estimada para região de Cabo Frio em 13.000 anos cal AP. Área destacada = tendência à diminuição da salinidade.

No entanto, a SSM reconstruída deve considerar os efeitos das mudanças no balanço hidrológico (P/E).

Tedesco e Thunell (2003b) supõem que o aumento nos valores de $\delta^{18}\text{O}$ no registro geológico representa um efeito combinado do decréscimo da TSM, possivelmente devido ao fortalecimento da ressurgência e ao aumento da salinidade em virtude do decréscimo da precipitação, a qual está associada ao deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A ZCIT tem mostrado uma importante influência sobre a precipitação no continente americano, onde seu deslocamento norte-sul ao longo do ano pode atuar no balanço hidrológico de uma região.

De forma semelhante a ZCIT, a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) tem um papel fundamental na precipitação da América Sul nos meses de primavera e verão, principalmente na região de Cabo Frio, controlando o balanço P/E.

Vale ressaltar que a região de Cabo Frio, de acordo com Barbieri (1984), apresenta um clima particularmente semi-árido quente, com balanço P/E negativo que caracteriza a área como um enclave climático. Tal semi-aridez, segundo Martin e Suguio (1989) e Valentin(1984) estaria relacionada à ressurgência de águas frias

ao longo da costa, caracterizando uma complexa interação oceano-atmosfera, na qual se inclui a atividade da ZCAS.

Assim, os valores mais altos de $\delta^{18}\text{O}$ de *G.ruber* e a SSM estimada média relativamente mais alta observados no início do Holoceno podem ter sofrido influência do balanço hidrológico determinado pela desintensificação da ZCAS. Segundo Behling *et al.* (2001) o clima no início e no médio Holoceno era quente e seco nas regiões Sul e Sudeste do Brasil, no entanto, com um período úmido registrado entre 8.800 e 7.500 anos A.P. Em Cabo Frio, registrou-se um período de diminuição gradativa da SSM entre 9.100 e 7.900 anos cal AP que pode corroborar tal fase úmida.

Para o Holoceno Médio, registrou-se em 6.000 anos cal AP um pico de SSM, o qual seria consistente com a diminuição da precipitação devido à desintensificação da ZCAS. O Holoceno Médio, em 6.000 anos cal AP, é marcado por uma mudança climática natural, na qual a insolação no Hemisfério Sul tornou-se mais sazonal, de acordo com Melo (2008), Naidu (2006), Haug (2001) este período é marcado pelo enfraquecimento dos ventos alísios de NE que provavelmente levou ao deslocamento da ZCIT para N, e a desintensificação da ZCAS. Neste período todos os marcadores $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$, $\delta^{18}\text{O}$ *G.ruber*, $\delta^{18}\text{O}$ *G.bulloides*, *Gb:Gr* e o fluxo de *G. bulloides* apontam para condições temperaturas mais quentes, as quais são consistentes com o Ótimo Climático Holocênico.

O final do Holoceno, de acordo com Behling *et al.* (2001) foi um período mais úmido, entre 4.000 e 1.500-1.000 anos A.P. devido à maior influência das frentes frias, as quais tendem a fortalecer a ZCAS que, por sua vez, influencia o balanço P/E em Cabo Frio e favorece o fortalecimento da ressurgência, conferindo valores mais baixos de SSM.

6.2.3 Reconstrução da TSM a partir da Técnica do Análogo Moderno (TAM)

A ressurgência da região de Cabo Frio é um processo intermitente cujo registro nos sedimentos ao longo do período estudado é uma resultante média da ressurgência durante o período integrado de 13 anos, no testemunho CF02-01B e de 44 anos no testemunho CF0202B. Isto é, cada amostra representa a integração de 13 anos de processos de ressurgência, em CF0201B enquanto no testemunho CF0202B este período de integração aumenta para 44 anos, em função da taxa de sedimentação. Além disso, embora a ressurgência ocorra, segundo a literatura clássica, com maior frequência entre os meses de primavera e verão, Andrade *et al.*(2008) observou na série histórica de dados de TSM registrados para o período de 1971-1980, a ocorrência de eventos de ressurgência nos meses de outono e inverno. Em vista disto, foi considerada para este estudo da variabilidade da TSM de Cabo Frio a reconstrução da temperatura anual na qual foi possível identificar, com clareza, três fases (Figura 43).

Na fase 1 (13.000 – 7.000 anos cal AP), a TSM esteve sob a influência das variações do nível do mar e apresentou oscilações de grande amplitude, os valores estiveram entre 10,3 e 26,4 °C. A partir de 11.000 anos cal AP, uma tendência ao aquecimento das águas, bem como a diminuição na amplitude da variabilidade da TSM é observada, os valores estão entre 16,4 e 24,4 °C e indicam a influência da ACAS e da AT na plataforma, corroborando os marcadores utilizados neste estudo. Em 8.300 anos cal AP registrou-se a temperatura de 16,1 °C, a menor temperatura deste trecho, também evidenciada pelos índices $Gb:Gr$ e $\Delta\delta^{18}O_{rub-bul}$. Neste período, registra-se no Hemisfério Norte, o evento frio de 8.200 anos. Na fase 2 (7.000 -2.500), a TSM esteve entre 18,2 e 25,6 °C, indicando o predomínio da AT, em concordância com $\Delta\delta^{18}O_{rub-bul}$, $\delta^{18}O$ *G.ruber*, $\delta^{18}O$ *G.bulloides*, $Gb:Gr$ e o fluxo de *G. bulloides* e SSM, para o período entre 7.000 e 3.300 anos cal AP. No entanto, em maior resolução, verificou-se que este período se estende até 2.500 anos cal AP. Entre 4.300 e 2.500 anos cal AP a TSM esteve entre 22,4 e 25,6 °C, indicando, que de fato este período foi marcado pelas alta temperatura da AT. Na fase 3 (a partir de 2.500 anos cal AP), o testemunho CF0202B registrou até 1.500 anos cal AP valores de TSM que oscilaram entre 15,4 e 25,6 °C, indicando a predominância da ACAS em relação a AT. Esta fase, coincidiu com a TSM

relativa registrada pelos marcadores $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$, $\delta^{18}\text{O}$ *G.ruber*, $\delta^{18}\text{O}$ *G.bulloides*, *Gb:Gr* e o fluxo de *G. bulloides* que mostraram uma alta variabilidade da TSM; em maior resolução até 700 anos cal AP, a TSM apresenta baixa variabilidade e está em torno de 20,8 °C, eventos de com temperaturas entre 23,6 e 25,2 °C podem ser observados entre 900-800 e 1.500-1.400 anos cal AP, sugerindo mais uma possível relação com evento com o Período Medieval Quente, evento climático também registrado por Haug *et al.*(2001), para Bacia de Cariaco, entre 700 e 1.200 anos cal e Lamy *et. al.*(2001) para o sul do Chile.

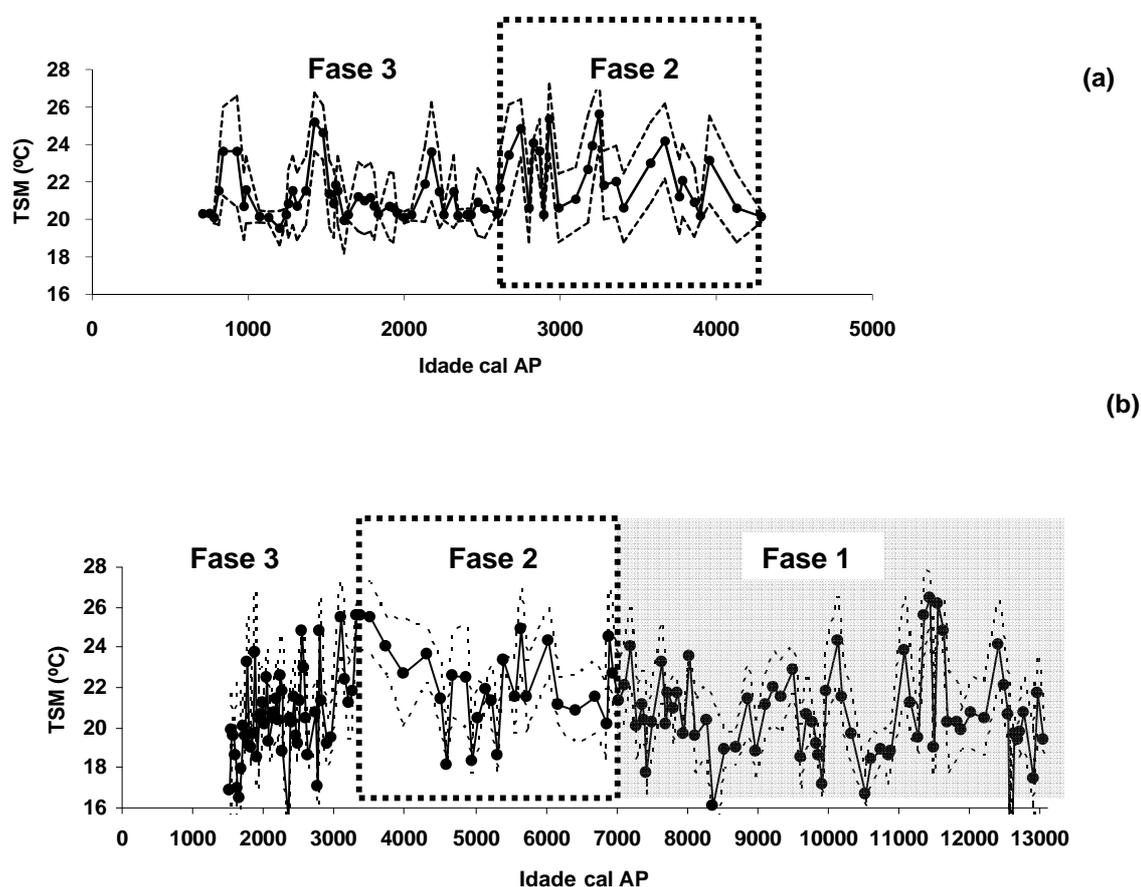


Figura 43 - Estimativas de paleotemperaturas para o testemunho CF02-01B (a) e CF0202B (b). Linhas pontilhadas = erro das reconstruções; área hachurada= TSM sob influência do nível do mar; área destacada = período de TSM elevada.

Assim, uma vez que o padrão exibido pela TSM reconstruída para os últimos 13.000 anos cal AP foi similar ao padrão exibido pelos marcadores de TSM relativa, pode-se afirmar que a TAM mostrou-se eficiente na reconstrução da TSM de Cabo Frio. Aplicada em outros estudos, a TAM mostrou-se eficiente na reconstrução de paleotemperaturas do sul da Califórnia, mostrando-se consistente com as temperaturas calculadas para o glacial-interglacial baseadas em U^{k}_{37} (BEMIS *et al.*, 2002). Para o oeste do Mediterrâneo, Pérez-Folgado *et al.*(2003), utilizaram esta técnica para estimar a TSM dos últimos 54Ka e através dela foram registrados, como ocorreu em Cabo Frio, o evento climático frio 8.200 anos e *Younger Dryas*. As temperaturas reconstruídas foram confrontadas com as temperaturas baseadas em U^{k}_{37} , com as quais foram consistentes atestando a confiabilidade da técnica. Na reconstrução das condições hidrográficas do oeste da Margem Ibéria, Salgueiro *et al.*, (2007) aplicaram a TAM, a partir do *Paleoanalogs 2.0*, e outras duas técnicas para desenvolver uma função de transferência regional, e posteriormente, aplicá-las aos testemunhos coletados na região. Segundo, os autores, as técnicas apresentaram resultados similares e eficientes.

Desta forma, os valores absolutos de TSM registrados foram comparados a dados históricos de TSM de Cabo Frio (1971-1980) com o intuito de verificar as variações das características do clima da região. A partir destes dados foi possível calcular a anomalia da TSM para o período estudado (Figura 44), as quais estiveram entre -9,8 e 6,4°C, para o testemunho CF0202B e determinaram importantes mudanças. Embora os valores sofram grandes oscilações, notam-se períodos de condições oceanográficas com anomalias negativas 12.700-12.500, 10.900-10.300, 8.900-8.100 anos cal AP, e principalmente, a partir de 3.000 anos cal AP. Estes são episódios que sugerem que a TSM durante a sedimentação das espécies estudadas era a TSM era mais fria que a atual. Como já foi mencionado, os dois primeiros episódios incluem-se no período relacionado às variações do nível do mar, durante o qual o fluxo de foraminíferos planctônicos esteve mais baixo, contudo, a presença de *G.bulloides* e *T.quinqueloba* e a anomalia negativa indicam a presença de águas com

temperaturas mais baixa que a observa plataforma continental de Cabo Frio atualmente, reforçando o registro do *YD*. O terceiro episódio (8.900-8.100 anos cal AP) pode ser interpretado a partir do deslocamento da ACAS em direção à costa em função da elevação do nível mar. As temperaturas mais quentes que as atuais entre 7.000 e 3.000 anos cal AP indicam uma fase predominância da AT na plataforma continental em relação a ACAS, com provável enfraquecimento da ressurgência, sugerindo uma modificação no padrão do fatores que controlam a ressurgência atual. A partir de 3.000 anos cal AP, a TSM experimenta temperaturas abaixo da atual, conferindo um período de fortes eventos de ressurgência e, também, baixos valores de anomalia indicando eventos semelhantes aos atuais, sugerindo que os fatores que condicionam a ressurgência de Cabo Frio, possivelmente, atuaram de forma mais intensa.

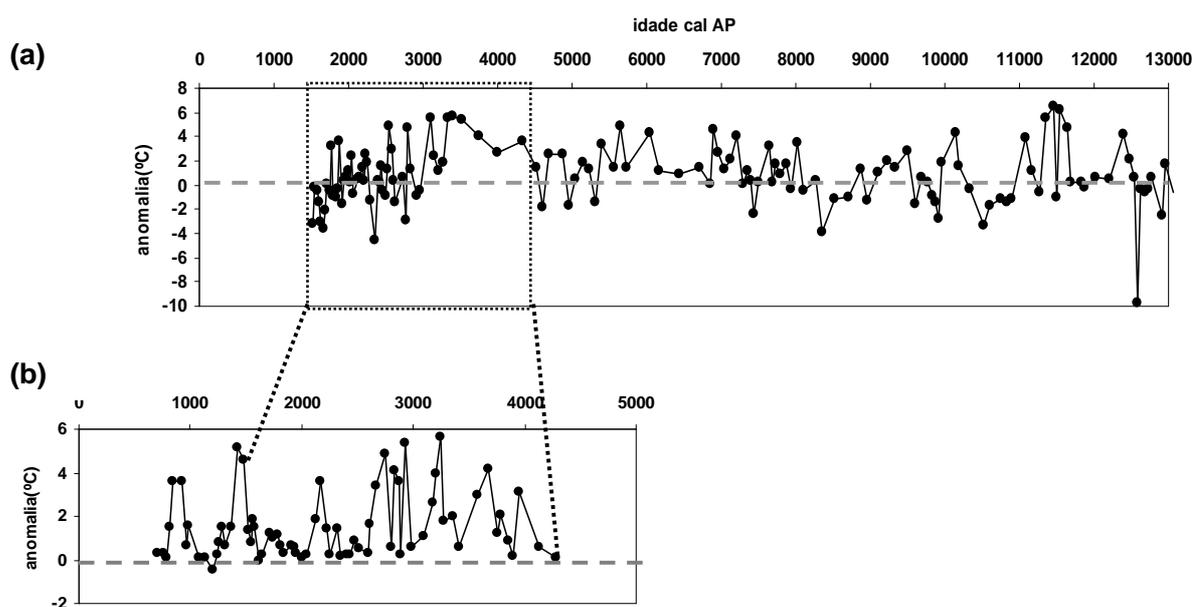


Figura 44 – Anomalia de TSM reconstruída relativa à TSM registrada para o período de 1971-1980. (a) CF0202B; (b) CF0201B.

De forma mais detalhada, em 4.000 anos cal AP, as anomalias registradas estiveram entre os valores $-0,5$ e $5,6$ °C. Observando a curva (b) nota-se as anomalias estiveram em sua maioria próximas a TSM registrada atualmente, conferindo, assim,

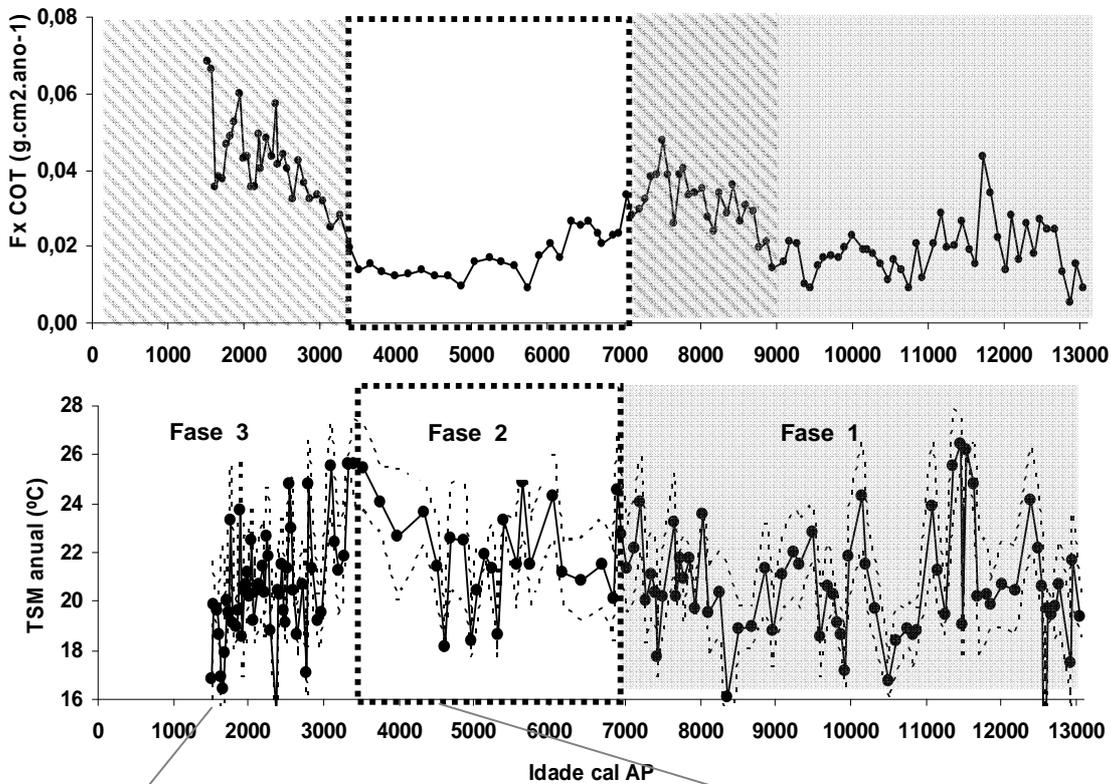
condições oceanográficas semelhantes às atuais. No entanto, destacam-se episódios mais freqüentes de predominância da AT entre 4.000 e 2.500 anos cal AP e, curtos episódios entre 2.200-2.100, 1.500-1.400 e 1.000-800 anos cal AP, os quais também são sugeridos pelo fluxo de *G. bulloides*, caracterizando uma fase de alta variabilidade da TSM.

Ao comparar os registros das anomalias para os dois testemunhos, observa-se que a amplitude e a tendência da anomalia são bastante diferentes. Contudo, deve-se considerar que as amostras de sedimentos utilizadas na função de transferência representam uma média de 13 anos de registro de TSM, no testemunho CF0201B e de 44 anos de registro de TSM integrados, em função do processo de sedimentação diferenciado entre os dois testemunhos. Isto é, embora sejam estimativas de TSM e anomalias para o mesmo período, no testemunho CF0201B, os eventos de ressurgência e de variação da TSM são observados em melhor resolução quando comparados ao CF0202B, enquanto neste um maior período de integração de eventos pode levar a superestimação ou subestimação dos valores de TSM, quando comparados.

Assim tendo sido estabelecido o padrão de variabilidade da TSM, foi feito o confronto deste, com o padrão de COT, *proxy* de produtividade. De acordo com Tedesco e Thunnel, (2003), a comparação da TSM reconstruída com outros *proxies* que caracterizam a ressurgência da região estudada pode testar a eficiência da TAM. Logo, já que baixas TSM e aumento da produtividade da água caracterizam os eventos de ressurgência de Cabo Frio, a relação entre os *proxies* permitiu verificar as fases de fortalecimento e enfraquecimento ao longo de 13.000 anos cal AP (Figura 45).

Conforme já mencionado, Andrade (2008) verificou que entre 13.000 e 9.000 anos cal AP o fluxo de COT está relacionado à maior influência de material terrígeno. A partir de 9.000 anos cal AP o aumento do fluxo pode ser interpretado como aumento da produtividade em função da ressurgência. Sendo assim, o aumento observado entre 9.000 e 7.000 anos cal AP, indica a presença da ACAS na plataforma, corroborando a influência da ACAS sugerida pela TSM reconstruída. A diminuição da produtividade até

(a)



(b)

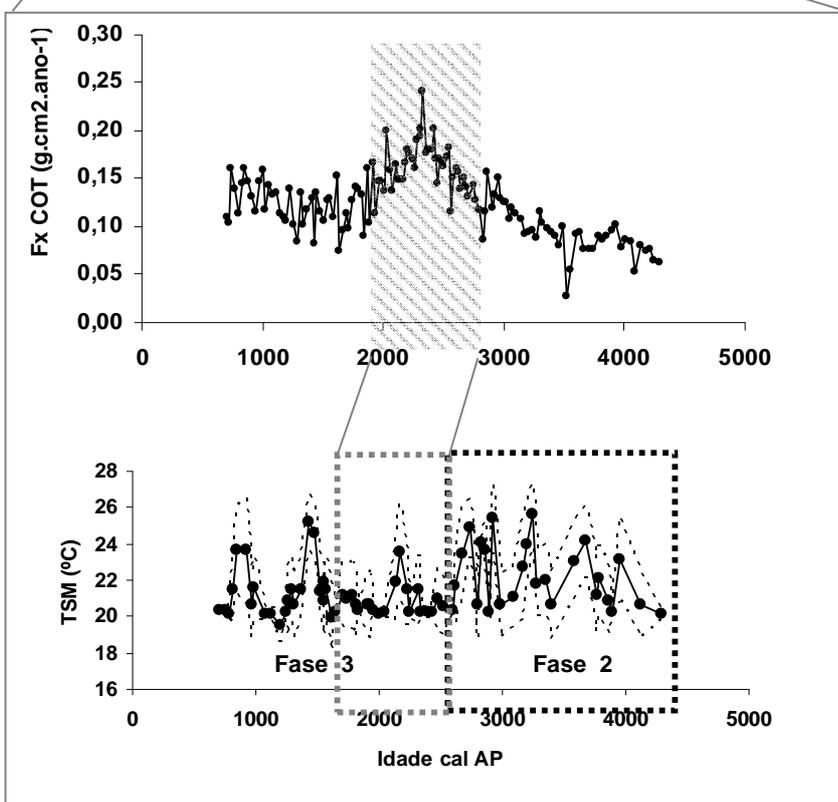


Figura 45 – Confronto entre os *proxies* de TSM e produtividade para os testemunhos CF0202B (a) e CF0201B (b). Destacam-se as fases de variação da TSM reconstruída (1, 2 e 3); aumento da produtividade (linhas inclinadas); diminuição da produtividade e TSM elevada (área pontilhada); fase de influência de variações do nível do mar (área cinza).

3.500 anos cal AP corrobora o aumento da TSM da fase 2 sugerindo um período de enfraquecimento da ressurgência. A fase 3 apresenta a mesma tendência ao fortalecimento da ressurgência que o padrão de COT, para o período a partir de 3.500 anos cal AP. Destaca-se, em maior resolução o pico de produtividade e uma diminuição da TSM, quase contínua, na fase 3 da TSM reconstruída.

Logo, considerando que a TSM reconstruída para os dois testemunhos, quando confrontada aos outros indicadores de TSM utilizados neste estudo, $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$, $\delta^{18}\text{O}$ *G.ruber*, $\delta^{18}\text{O}$ *G.bulloides*, *Gb:Gr* e o fluxo de *G. bulloides* e ao Fluxo de COT, *proxy* de produtividade, corroboram os períodos de variação da TSM, pode-se afirmar que a TSM mostrou-se eficiente ao reconstruir a variabilidade das paleotemperaturas de Cabo Frio, onde se verificam a mudança na dinâmica das massas d'água, as fases de fortalecimento e enfraquecimento da ressurgência, e ainda, um possível registro de eventos climáticos de escala global.

6.3 INTERCONEXÕES ATMOSFERA-OCEANO AO LONGO DOS ÚLTIMOS 13.000 ANOS CAL AP E SEUS EFEITOS SOBRE O CLIMA DA AMÉRICA DO SUL.

O processo atual de ressurgência de Cabo Frio é condicionado pela relação entre fatores atmosféricos e oceanográficos, na qual se estabelece uma relação de causa e efeito. Conforme mencionado na descrição da área de estudo, o padrão dos ventos regionais, pela sua persistência e intensidade, controlam o processo de ressurgência, no qual os ventos de NE, que estimulam a ressurgência, enquanto os ventos de SW, inibem a ressurgência. A mudança no padrão dos ventos se dá pela passagem de frentes frias, relacionada ao deslocamento dos sistemas frontais (TORRES Jr., 1995), e assim, está relacionada, a dinâmica das massas d'água na região de Cabo Frio, e portanto, à variabilidade da TSM registrada neste estudo. Segundo Lentini (1997), a dinâmica oriunda da interação oceano-atmosfera é um dos principais fatores responsáveis pelo comportamento da TSM.

No entanto, este padrão regional pode ser perturbado por outros fatores atmosféricos que atuam em escalas regional e global, e exercem efeitos sobre o clima da América do Sul. Assim, com base na influência dos eventos ENOS, da ZCIT e da ZCAS que têm sido registrados para as áreas de ressurgência dos oceanos Pacífico e Atlântico Tropical e Atlântico Sul, o comportamento observado da TSM para Cabo Frio, nos dois testemunhos, pode ser melhor entendido considerando a interconexão oceano-atmosfera.

Na fase 1(13.000- 7.000 anos cal AP), da TSM reconstruída, altamente variável em função das variações do nível do mar, sofre influência de modificações no modelo de circulação no oceano Atlântico. Em 9.000 anos AP, segundo Came *et.al* (2003), o modelo de circulação atual é alcançado. A partir deste período é percebida uma maior influência da ACAS na plataforma continental, as anomalias calculadas mostram eventos fortes até 8.000 anos cal AP, seguido de eventos relativamente fracos e semelhantes aos atuais até 7.000 anos cal AP. Segundo Stott *et al.* (2004) no início do Holoceno, o contraste sazonal esteve reduzido no Hemisfério Sul, o que levou ao deslocamento da ZCIT para o norte, o que poderia ter influenciado na desintensificação da ZCAS. De acordo com os estudos palinológicos de

Behling *et al.* (2001) e Behling (1998), o clima no início e médio Holoceno era quente e seco nas regiões Sul e Sudeste brasileiras, o que seria consistente com a desintensificação da ZCAS. Naidu (2006) e Haug *et al.* (2001), mencionam que o deslocamento da ZCIT para o sul durante o Holoceno teria resultado da mudança na insolação associada ao ciclo precessional de Milankovitch, na qual a insolação no Hemisfério Sul tornou-se mais sazonal. Assim, a ZCAS teria se intensificado e influenciado o padrão de ventos regionais que atuam no processo de ressurgência de Cabo Frio, principalmente entre 8.800 e 7.500 anos AP, quando Behling (1998.) registra uma maior frequência das frentes frias, as quais poderiam ter intensificado a ZCAS, que provavelmente esteve posicionada ao sul da sua posição climatológica.

Na fase 2 (7.000 – 2.500 anos cal AP), as TSM reconstruídas apresentaram uma menor variabilidade em relação à fase anterior, onde prevaleceram as águas de temperaturas mais elevadas, sugerindo a predominância da AT e o eventos de ressurgência fraca. Desta forma, o padrão regional de ventos poderia estar sob influência mais frequente dos ventos de SW, e também dos sistemas frontais. Nesta fase, segundo Melo (2008), o Holoceno Médio (há 6.000 anos) sofreu uma mudança climática natural, o qual é marcado pelo enfraquecimento dos ventos alíseos de NE que provavelmente levou ao deslocamento da ZCIT para N, e a desintensificação da ZCAS, em virtude da fraca insolação de verão. Segundo Sant`anna Neto e Nery (2005), o período entre 5.000 e 2.500 anos está o período mais quente do interglacial, conhecido como Ótimo Climático, o que poderia ter influenciado a TSM registrada. A maior variabilidade da TSM apresentada no final desta fase pode estar relacionada aos eventos ENOS. O padrão de alta variabilidade registrado a partir de 3.500 anos cal AP foi também registrado em outros pontos da América do Sul. Martin *et al.*, (1993), no estudo da deposição de cordões arenosos no litoral brasileiro verificou que o final do Holoceno é marcado pelo aumento da atividade dos eventos ENOS. Marchant *et al.* (1999), através do fluxo e da frequência de foraminíferos planctônicos no sistema de ressurgência do Chile, verificou que tal aumento da atividade dos eventos ENOS, influencia a intensidade da ressurgência do Chile e seu padrão de variabilidade. Andrus *et al.*, (2002) corrobora a intensificação da ressurgência no sistema Peru-Chile, a partir de 5.000 anos cal AP, com base em otólitos. Para a Bacia de Cariaco,

Haug *et al.*, (2001) verificou através da concentração de metais nos sedimentos variações no ciclo hidrológico da região o qual foi atribuído a intensificação dos eventos ENOS (“El Niño” Oscilação Sul) ou do tipo-ENOS durante os últimos 5000 anos, bem como a sua influência sobre a ZCIT.

Na fase 3 (a partir de 2.500 anos cal AP), a TSM registrada mostrou-se bastante variável, no entanto mostrando o predomínio da ACAS. Segundo Sylvestre *et al.* (2005), em seu estudo sobre as mudanças hidrológicas no sistema de lagoas de Cabo Frio, esta região esteve submetida a fortes ventos NE, a partir de 2.200 anos AP, o que acarretou o fortalecimento da ressurgência. Tal intensidade do padrão de ventos também foi sugerida para o final do Holoceno, na Bacia de Cariaco, por Haug *et al.*, (2001). Ainda, nesta fase, tem-se a influência dos eventos ENOS. Os efeitos do El Niño se manifestam globalmente, através de teleconexões, os quais têm sido documentados para áreas de ressurgência (MARCHANT *et al.*, 1999; MOHTADI *et al.* 2004; NAIDU, 2006) onde influencia sua ocorrência e intensidade, conforme já mencionado. Na ressurgência de Cabo Frio, os efeitos parecem estar relacionados à intensidade dos eventos que definem a posição de bloqueio de frentes frias. Uma vez que as frentes frias são bloqueadas, ao sul de Cabo Frio, os ventos de NE podem continuar a promover a ressurgência. Quando a zona de bloqueio é formada mais ao norte, as frentes frias acompanhadas de ventos de SW cessam a ressurgência. Este poderia ser um dos fatores que pode explicar o padrão de variabilidade da ressurgência. Nesta fase deve-se considerar, ainda, que a chegada de frentes frias, segundo Behling *et al.*, (2001) mais freqüente a partir de 1.500 anos AP, causa interferência na atividade convectiva da ZCAS e influenciam na sua persistência. Assim, esta fase pode estar à fortes ventos NE, à intensificação da ZCAS, ao bloqueio das frentes frias, aos fracos ventos de SW.

A figura 46 apresenta um modelo de variabilidade da TSM de Cabo Frio baseada nos valores obtidos através da TAM para os últimos 13.000 anos cal AP, na sua relação com os indicadores da TSM relativa, $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$, $\delta^{18}\text{O}_{G.ruber}$, $\delta^{18}\text{O}_{G.bulloides}$, $Gb:Gr$ e o fluxo de *G. bulloides* e na sua relação com o clima regional.

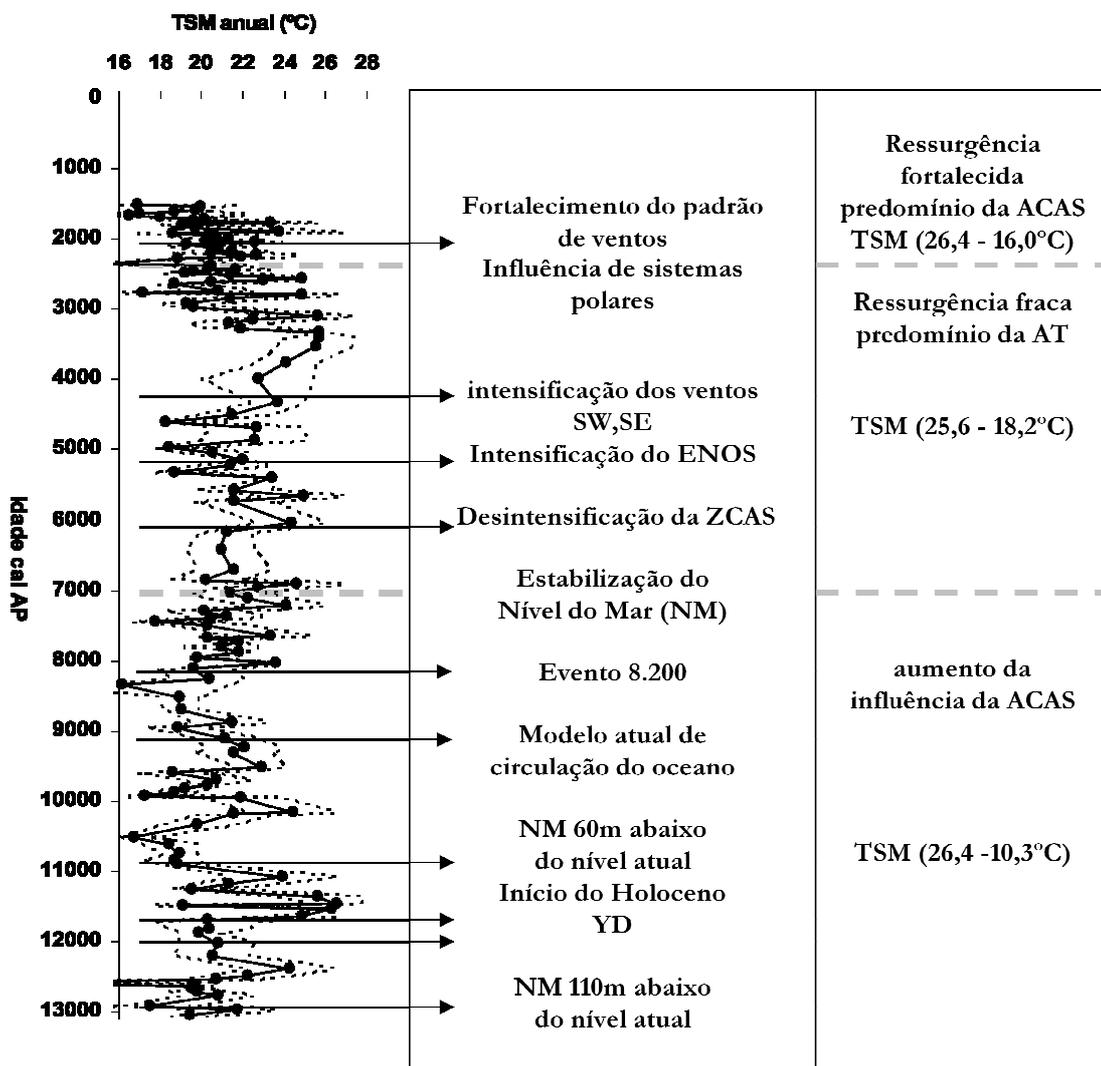


Figura 46 – Modelo esquemático para a TSM reconstruída para os últimos 13.000 anos com base na TAM (erro=1,36°C).

7. CONCLUSÕES

- Os testemunhos coletados na plataforma continental de Cabo Frio permitiram registrar a evolução sedimentar da plataforma continental de Cabo Frio ao longo de 13.000 anos cal AP. As diferentes unidades sedimentares apresentadas pelo testemunho CF02-02B, que cobriu todo o Holoceno, apontam para as transformações do ambiente sedimentar produzidas na fase de transgressão marinha. O testemunho CF02-01B cobriu os últimos 4.000 anos cal e, devido a sua alta taxa de sedimentação, permitiu observar em melhor resolução o comportamento da TSM na área de estudo durante este período.
- O comportamento da TSM durante os 13.000 anos cal AP foi registrado a partir da fauna de foraminíferos planctônicos e do $\delta^{18}\text{O}$ de *G.ruber* e *G.bulloides*, os quais se mostraram indicadores eficientes nos estudos das condições paleoceanográficas de Cabo Frio. A fauna de foraminíferos planctônicos revelou a dominância das espécies *G.ruber* e *G.bulloides*, as quais foram as espécies-chave nas associações típicas de águas quentes e de águas frias e utilizadas na forma de razão *Gb:Gr*, como indicadora da TSM relativa, uma vez considerando que *G.bulloides* representa a ACAS, enquanto *G.ruber*, representa a AT. A análise fatorial, aplicada aos dados de frequência das espécies mostrou a contribuição das espécies *G.rubescens*, *G.falconensis*, *G.trilobus*, *T.quinqueloba*, *G.glutinata*, além das espécies dominantes, *G.ruber* e *G.bulloides* na determinação da dinâmica das massas d'água. De acordo com as assembléias foi determinada uma intensa mistura entre as massas d'água entre 13-9.000 anos cal AP, a predominância da AT, entre 9-3.000 anos cal AP, a predominância da ACAS a partir de 3.000. A estrutura da comunidade foi analisada sob o aspecto da diversidade, através do índice Shannon-Wiener, com o intuito de verificar sua relação com a TSM. O índice mostrou que o padrão de diversidade das espécies não é influenciado pela ressurgência.

- A composição isotópica das testas de *G.ruber* mostrou valores de $\delta^{18}\text{O}$ mais negativos, comparados e ao $\delta^{18}\text{O}$ *G.bulloides*, refletindo a preferência ambiental de *G.ruber* por condições superficiais mais quentes e a preferência de *G. bulloides* por condições mais frias, de ressurgência. As curvas mostraram uma alta variabilidade dos valores $\delta^{18}\text{O}$ na base do testemunho CF0202B, provavelmente associadas às flutuações do nível do mar. No registro nota-se uma diminuição da temperatura (4,0°C) em torno de 12.000 anos cal AP, o qual pode estar relacionado ao *Younger Dryas* (YD).
- O cálculo da temperatura de calcificação das testas de *G.ruber* e de *G.bulloides* confirmam a utilização de *G.ruber* e *G.bulloides* como representantes do ciclo da TSM na plataforma continental de Cabo Frio, e, portanto, da razão *Gb:Gr*. A temperatura de calcificação de *G.bulloides* esteve entre 10,7°C e 16,3 °C, sugerindo que este processo ocorreu na ACAS, enquanto para *G.ruber*, a temperatura de calcificação esteve entre 14,6°C e 23,3 °C, sugerindo que a calcificação ocorreu durante o processo de ressurgência e na ausência dela.
- A estimativa de TSM relativa através da utilização dos índices de TSM como *Gb:Gr* e Fluxo de *G.bulloides*, também considerados índices de ressurgência, e $\delta^{18}\text{O}$ *G.ruber* e de *G.bulloides*, $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$, um proxy da intensidade da ressurgência, permitiu identificar 3 fases: (1) 13-7.000 anos cal AP - fase que sofreu influência das variações do nível, com alta variabilidade da TSM, na qual pode ser observada a influência da ACAS na plataforma.; (2) 7-3.500 anos cal AP - fase em que foram registradas TSM elevadas, indicando o predomínio da AT e ressurgência fraca.; (3) a partir de 3.500 anos cal AP – fase de alta variabilidade, onde se registrou uma tendência a diminuição da TSM, principalmente a partir de 2.500 anos cal AP.
- A Salinidade da Superfície do Mar (SSM) reconstruídas destacou dois períodos de diminuição, entre 9-8.000 que coincide com o período de em que o modelo atual de circulação do oceano é alcançado; e a partir de 3.500anos cal AP quando há o fortalecimento da ressurgência, de acordo com o registro

da TSM relativa e absoluta, sugerindo a intensificação da ZCAS, a qual é responsável pelo balanço P/E da região de Cabo Frio.

- A correlação entre o fluxo de COT, um *proxy* de paleoprodutividade, e o fluxo *G. bulloides* mostrou-se significativa para os 13.000 anos cal AP ($r = 0,71$). Isto permitiu relacionar os dados de TSMs registrados com a ressurgência costeira que ocorre em Cabo Frio. De acordo com os valores de C/N, entre 13.000-9.000 anos cal AP, os valores de COT estão relacionados à entrada de material terrígeno no sistema devido a proximidade com a linha de costa. Com a elevação do nível do mar, os valores de COT indicam produtividade amplamente relacionada à ressurgência. Desta forma, altos valores entre 9.000 e 7.000 anos cal AP indicaram a presença da ACAS na plataforma continental. Entre 7.000 e 3.000 anos cal AP ocorreu baixa produtividade, corroborando os marcadores de TSM, os quais registraram temperaturas elevadas, sugerindo assim, uma fase de fraca ressurgência. A partir de 3.000 anos cal AP, registrou-se o aumento da produtividade, onde destacou-se o pico em 2.300 anos, quando também ocorreu um pico na taxa de sedimentação. A TSM registrada para este período mostrou-se variável, e a partir de 2.500 anos AP mostrou-se baixa.
- Valores absolutos de TSM obtidos com base na Técnica do Análogo Moderno (TAM), utilizou a base de dados para o Atlântico Sul e permitiu, após a validação dos modelos com dados históricos atuais da região de Cabo Frio, a reconstrução de paleo-TSM dos últimos 13.000 anos. O padrão de variabilidade da TSM foi similar àquele apresentado no registro da TSM relativa baseado na *Gb:Gr*, no fluxo de *G.bulloides*, $\delta^{18}\text{O}$ *G.ruber* e de *G.bulloides* e $\Delta\delta^{18}\text{O}_{\text{rub-bul}}$. Assim, considerando a variabilidade registrada nos testemunhos CF0201B e CF0202B foi identificar 3 fases para a TSM de Cabo Frio. Fase (1) entre 13-7.000 anos cal AP - a temperatura apresentou alta variabilidade, com valores entre 26,4 e 10,3 °C.; Fase (2) entre 7-2.500 anos cal AP - a temperatura esteve entre 25,6-18,2°C. Fase (3) a partir de 2.500 anos cal AP - a temperatura novamente com alta variabilidade, esteve entre 26,4 e 16 °C. O cálculo da anomalia de TSM baseado nos valores medidos de

TSM atual para década de 1971-1980, através da média decadal, mostraram que TSM mais baixas, comparadas as atuais, estiveram entre 12.700 e 12.500, 10.900-10.300, 8.900-8.100 anos cal AP sugerindo a influência das variações do nível e de eventos climáticos de escala global, YD e evento de 8.200 anos.

- Para o padrão da variabilidade da ressurgência reconstruída foi sugerido um conjunto de fatores que atuam na região de Cabo Frio através da interconexão oceano-atmosfera. Na fase (1) 13 - 7.000 anos cal AP, os valores da TSM reconstruída podem ter sido altamente variáveis devido às mudanças condições oceanográficas ocorridas neste período em função da transgressão marinha, com episódios de estabilização do nível do mar, dinâmica das massas d'água, morfologia de costa, diferente da atual, bem como, o padrão de temperatura atmosférica e os eventos climáticos que influenciaram o modelo de circulação do oceano. Na fase (2) 7.000 – 2.500 anos cal AP, com o nível do mar estabilizado, a TSM experimenta variações relativamente mais suaves. Esta fase está provavelmente foi influenciada pelos fortes ventos SW e pela maior frequência de frentes frias. A desintensificação das ZCAS e o enfraquecimento dos ventos de NE registrados em estudos de modelagem climática, em 6.000 anos cal AP, também são evidenciados nesta fase. O início do Ótimo Climático do Holoceno e intensificação dos eventos ENOS em 5.000 anos, também podem ter influenciado as temperaturas mais altas registradas nesta fase. A maior variabilidade da TSM entre 3.500 e 2.500 anos, provavelmente está relacionada ao ENOS. Na fase (3) a partir de 2.500 a grande variação da TSM esteve relacionada ao fortalecimento dos ventos de NE, às frentes frias que alimentam a ZCAS, e portanto, à intensificação da ZCAS, e aos eventos ENSO, os quais seriam responsáveis pela intensificação da ressurgência observada, bem como da sua variabilidade, logo, da TSM.
- O registro da variabilidade da TSM de Cabo Frio para os últimos 13.000 anos cal AP exibiu uma relação com eventos climáticos do Atlântico Norte e forneceu evidências para a existência de teleconexões globais entre os climas

regionais. Desta forma, a fauna de foraminíferos planctônicos mostrou-se uma eficiente ferramenta para a reconstrução da TSM de Cabo Frio, confirmando a hipótese deste trabalho de que a mudança na composição da fauna e na composição isotópica $\delta^{18}\text{O}$ das testas de foraminíferos podem ter ocorrido em função da dinâmica das massas d'água na Plataforma Continental de Cabo Frio durante o Quaternário.

8. REFERÊNCIAS

AGUIAR, E.S.; LEIPNITZ, I.I.; ROSSI, A.R. Foraminíferos planctônicos do Quaternário do Estado do Rio Grande do Sul (RS) e suas relações com as diferentes massas de água. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO (ABEQUA)-MUDANÇAS GLOBAIS E O QUATERNÁRIO, 8. 2001, Imbé- RS. *Boletim de resumos...* Imbé, RS: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2001.600p. p: 383-385.

ANDRADE, M.M. *Paleoprodutividade costeira da região de Cabo Frio, Rio de Janeiro, ao longo dos últimos 13.000 anos cal AP*. Niterói : s.n., 2008. Tese (Doutorado em Geociências – Geoquímica Ambiental). Departamento de Geoquímica Ambiental, Universidade Federal Fluminense. 162f . il. Niterói. 2008.

ANDRÉ, D.L. *Análise dos parâmetros hidroquímicos na ressurgência de Cabo Frio*. Niterói: s.n., 1990. Dissertação (Mestrado em Geociências – Geoquímica). Departamento de Geoquímica Ambiental, Universidade Federal Fluminense. 203f. Niterói. 1990.

ANDRUS, C.F.T.; CROWE, D.E.; SANDWEISS. D.H.; REITZ, E.J.; ROMANEK, C.S.; MAASEL, K.A. Response to comment on Otolith $\delta^{18}\text{O}$ record of Mid Holocene sea surface temperature. *Science*. v. 295, n. 5559, p. 1508, 2002.

ALVES, E.C.; GORINI, M.A.; RODRIGUES, P.C.H.; SILVA, C.G. Estudo da sedimentação quaternária na região entre o rio Doce e Cabo Frio. In: XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Camboriú, Santa Catarina. *Anais* ...v.1, p.515-529, 1980.

ALVES, J.M.B; SOUZA, R.O; CAMPOS, J.N.B. Previsão da anomalia de temperatura da superfície do mar (TSM) no Atlântico Tropical, com a equação da difusão de temperatura. *Revista Climanalise*. v.3, n. 1, 2006.

AL-SABOUNI, N.; KUCER, M.; SCHMIDT, D.N. Vertical niche separation control of diversity and size disparity in planktonic foraminifera. *Marine micropaleontology*, v.63, p. 75-90, 2007.

ARNOLD, A.J; PARKER,W.C. Biogeography of planktonic foraminifera. In:GUPTA, B.K.S (Ed). *Modern Foraminifera*. Great Britain: Kluwer Academic Publisher. 1999. p. 103-122.

BARBIERI, E. B. Cabo Frio e Iguaba Grande, dois microclimas distintos a um curto intervalo espacial. In: LACERDA, L.D; *et al.* (ed.). *Restingas: origem, estrutura e processos*. Niterói: CEUFF, 1984. p. 459-475.

BARBIÉRI, E.B. Flutuações climáticas em Cabo Frio. *Revista do Departamento de Geografia*. Rio de Janeiro, v.11, p.95-112, 1997.

BÉ, A.W.H.; HALIN, W.H. Ecology of recent planktonic foraminifera. I *Micropaleontology*, n.1, v.13. p. 87-106. 1967.

BÉ, A.W.H.; TOLDERLUND, D.S. Distribution and ecology of living planktonic foraminifera in surface waters of the Atlantic and Indian Oceans. In: FUNNEL, B.M.; RIEDEL, W.R. *The micropaleontology of oceans*. London: Cambridge Univ. Press, 1971. p. 105-49.

BÉ, A.W.H. An ecological, zoogeographic e taxonomic review of recent planktonic foraminifera. In: RAMSAY, A.T.S (ed). *Oceanic Micropaleontology*, By A.T.S Ramsay) London : Academic Press, 1977. p.1-100.

BEHLING,H. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. *Review of Paleobotany and Palynology*. n.99, p.143-156. 1998.

BEHLING,H.; BAUERMANN,S.G.; NEVES, P.C.P. Holocene environmental changes in the São Francisco de Paula region, southern Brazil. *Journal of South American Earth Science*. n.14, p.631-639, 2001.

BEMIS, B.E.; SPERO, H.J.; BIJMA, J.; LEA, D.W. Reevaluation of the oxygen isotopic composition of planktonic foraminifera: Experimental results and revised paleotemperature equations. *Paleoceanography*. v.13, n.2, p. 150-160, 1998.

BEMIS, B.E; SPERO, H.J; THUNEL, RC. Using species-specific paleotemperatura equation with foraminifera: a case study in the Southern California Bight. *Marine Micropaleontology*. v.46, p. 405-430, 2002.

BIJMA, J; SPERO, H.J; LEA,D.W. Reassessing foraminiferal stable isotope geochemistry: impact of the oceanic carbonate system (experimental results). In: FISCHER, G; WEFER, G (eds.). *Use proxies in paleoceanography : examples from de South Atlantic*. Berlin Heidelberg: Springer- Verlag,1999. p. 69-60.

BLACK, D.E. ; THUNNELL ; R.C. ; KOOPLAN, A. ; PETERSON, L.C., TAPPA, E.J. A 2000-year record of Caribbean and tropical North Atlantic hydrographic. *Paleoceanography*. v.19, 2004.

BOLLI, H.M.; SAUNDERS, J.B.; PERCH-NIELSEN, K. *Plankton Stratigraphy. Planktic foraminifera, calcareous nannofossils and calpionellids*. Cambridge: Cambridge University Press, 1985. v.1 (Cambridge Earth Science Series).

BOLTOVSKY, E. La corriente de Malvinas: un estudio en base a la investigación de foraminíferos. *Servicio de Hidrografia Naval*. Buenos Aires, 1959, 84p.

BOLTOVSKOY, E. Masas de agua (característica, distribución, movimientos) en la superficie del Atlántico Sudoeste, según indicadores biológicos – foraminíferos. *Servicio de Hidrografia Naval*. . Buenos Aires, 1970, 100 p.

BOLTOVSKOY, E. Estudio de Testigos Submarinos del Atlántico Suboccidental. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"*, Buenos Aires, Argentina, v.7, n. 4, p.215-340, 1973.

BOLTOVSKOY, E.; BOLTOVSKOY, D.; CORREA, N.; BRANDINI, F. Planktic foraminifera from the south-western Atlantic (30-60°S): species-specific patterns in the upper 50 m. *Marine Micropaleontology*, v.28, p.53-72, 1996.

BOLTOVSKOY, E.; SCOTT, D. B.; MEDIOLI, F. S. Morphological variations of benthic foraminiferal tests in response to changes in ecological parameters; a review. *Journal of Paleontology*, v. 65, n. 2, p. 175-185, 1991.

CALIB RADIOCARBON CALIBRATION. Disponível em: <http://calib.qub.ac.uk>. Acesso em: 13/04/2005.

CAME, R.E. Atlantic Ocean circulation during the Younger Dryas: Insights from a new Cd/Ca record from the western subtropical South Atlantic. *Paleoceanography*, v. 18, n. 4, p.1086, 2003.

CAMPOS, E. J. D.; GONÇALVES, J.E.; IKEDA, Y. Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight: summer of 1991. *Journal of Geophysical Research*, v.100, n.9, p. 18 537-18 550, 1995.

CAMPOS, E. J. D.; VELHOTE, P; SILVEIRA, I.C.A. Shelf break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders. *Geophysical Research Letters*, v.27, n.751-754, 2000.

CARBONEL H., C.A.A. ; VALENTIN, J.L. Numerical modelling of phytoplankton bloom in the upwelling ecosystem of Cabo Frio (Brazil). *Ecological Modelling*, n.116, p. 135-148, 1999.

CARVALHO, L.M.V.; CARVALHO, L.M.V.; JONES, C; LIEBMANN, B. The south Atlantic Convergence Zone: intensity, form, persistence and relationships with intraseasonal to interannual activity and extreme rainfall. *Journal of climate*, v.17, n.1, p. 88-108, 2004.

CASARIM, D.P.; KOUSKY, V.E. Precipitation and anomalies in the southern part of Brazil and variations of the atmospheric circulation. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.1, p.83-90, 1986.

CASTRO FILHO, B.M. *Correntes e massa d'água da plataforma continental norte de São Paulo*. São Paulo: s.n., 1996. 248 f Tese (Livre Docência em Oceanografia). Universidade de São Paulo.1996.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. INPE/CPTEC. Disponível em: [http:// www.cptec.inpe.br](http://www.cptec.inpe.br). Acesso em: 10/01/2004.

CHAVES, R. R.; NOBRE, P. Interactions between sea surface temperature over the South Atlantic Ocean and the South Atlantic Convergence Zone. *Geophysical Research Letters*, v.31, n.1, p.3204, 2004.

CHAVES, R.R.; SATYAMURTY, E.P. Estudo das condições regionais associadas a um evento de forte ZCAS em janeiro de 2003. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, n.1, p.134-140, 2006.

CHIESSI, C.M.; ULRICH, S.; MULITZA, S.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. Signature of the Brazil-Malvinas Confluence (Argentine Basin) in the isotopic composition of planktonic foraminifera from surface sediments. *Marine Micropaleontology*, v. 64, p. 52-66, 2007.

CLARKE, K.R.; WARWICK, R.M. Similarity-based testing for community pattern: the two-way layout with no replication. *Marine Biology*, v.118, p. 167-176, 1994.

COLOMA, C.; MARCHANT, M.; HEBBELN, D. Foraminíferos planctônicos durante El Niño 1997-98 del área de Coquimbo (30°S; 73°W), Chile. *Gayana*, v. 69, n.1, p.48-77, 2005.

CRAIG, H. The measurement of oxygen isotope paleotemperatures. In: TONGIORGI, E. (ed). *Stable Isotopes in Oceanographic studies and Paleotemperatures*, Spoleto: Consiglio Nazionale delle Ricerche, 1965, p. 1-122.

CRAIG, H.; GORDON, L.I. Deuterium and oxygen 18 variation in the ocean and the main atmosphere. In STABLE ISOTOPES IN OCEANOGRAPHIC STUDIES AND PALEOTEMPERATURES. *Proceedings...* Pisa: E. Tongiorgi, 1965, p.9-130.

DANSGAARD, W. Evidence for general instability of past climate from a 250 kyr ice-core record. *Nature*, n.364, p. 218-220, 1993.

DIAS, G.T.M; PALMA, J.J.C.; PONZI, V.R.A. *A matéria orgânica no Quaternário da margem continental entre Rio de Janeiro e Guarapi*. Rio de Janeiro: Petrobrás-CENPES-UFRJ - LAGEMAR-UFF. 1982. (Relatório final).

DIAS, P.L.S. A Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: *CURSO de Interpretação de Imagens Meteorológicas*. São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, SP.1997. p.1-20.

DOWSETT, H.J.; ROBINSON, M.M. Application of the Modern analog Technique (MAT) of sea surface temperature estimation to middle Pliocene North Pacific planktonic foraminifer assemblages. *Palaeontologia electronica*. v.1, n.1, 1999, 22p. (Disponível em: http://palaeo-electronica.org/1998/_dowsett/issue1.htm) Acesso em: 10/10/2006.

EGGINS, S.; DECKKER, P. MARSHALL, J. Mg/Ca variation in planktonic foraminifera tests: implications for reconstructing palaeo-seawater temperature and habitat migration. *Earth and Planetary Science Letters*, v. 212, p.291-306, 2003.

EMILIANI, C. Pleistocene Temperatures. *Journal of Geology*, v.63, p.538-578, 1955.

EMILIANI, C. Paleotemperature analysis of Caribbean cores P6304-8 and P6304-9 and a generalized temperature curve for the past 425.000 years. *Journal of Geology*, v. 74, n.109, 1966.

EMILSON, I. The shelf and coastal waters off Southern Brazil. Bolm. Inst. Oceanografia. São Paulo, v.17, n. 2, p.101-112, 1961.

EPSTEIN, S.; BUCHSBAUM, R; LOWENSTAM, H.A.; UREY, H.C. Carbonate-water temperature-scale. *Bulletin of the Geological Society of America*, v.62, p.417-426, 1951.

EPSTEIN, S.; BUCHSBAUM, R.; LOWENSTAM, H.A.; UREY, H.C. Revised carbonate-water temperature scale. *Bulletin of the Geological Society of America*, v.64, p.1315-1326, 1953.

EREZ, J.; LUZ, B. Experimental paleotemperature equation for planktonic foraminifera. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v.47, p.1025-1031, 1983.

FARMER, F.C.; deMENOCA, P.B.; MARCHITTO, T.M. Holocene variability in Benguela upwelling: implications for tropical atmospheric circulation. *Conference on The Hadley Circulation: Present, Past and Future*. Hawaii, 2002. *Proceedings ...*, Hawaii, 2002.

FAURE, G. *Principles of isotopes geology*. 2^a ed. New York: Wiley, 1986.

FERREIRA, F.F.; ALVES, J. M. B.; COSTA, A. A. C. Um estudo dos impactos das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) em macrorregiões, pluviométricamente homogêneas, no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 193-204, 2004.

FRANCHITO, S.H.; RAO, V.B.; J.L. STECH; LORENZETTI. The effect of coastal upwelling on the sea-breeze circulation at Cabo Frio, Brazil: a numerical experiment. *Ann. Geophysicae*, v.16, p. 866-881, 1998.

GANSSEN, G.M.; BRUMMER, G.J.A.; JUNG, S.J.A.; KROON, D.; PEETERS, F.J.C. The oxygen isotope composition in planktic foraminifera shells as a record of maximum seasonal SST variation. *Geophysical research abstract*, v. 7, n. 01775, 2005.

GAVIN, D.G.; OSWALD, W.W.; WOCHL, E.R.; WILLIAMS, J.W. A statistical approach to evaluating distance metrics and analog assignments for pollen records. *Quaternary research*, n. 60, p.356-367, 2003.

GIRAudeau, J.; BAILEY, G.W.; PUJOL, C. A high-resolution time-series analysis of particle fluxes in the Northern Benguela coastal upwelling system: carbonate record of changes in biogenic production and particle transfer processes. *Deep-sea Research*, v.2, n.47, p.1999-2028, 2000.

GOMES, D.F. 2007. *Elaboração de funções de transferência para a reconstituição de paleoprodutividade na Lagoa do Boqueirão – RN- com base em diatomáceas*. Niterói: s.n. 2007. 162f il. Tese (Doutorado em Geociências – Geoquímica) Universidade Federal Fluminense.. Niterói. 2007.

HAIR, J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAN; R.L.; BLACK, W.C. *Multivariate data analysis* (3rd ed.). New York: Macmillan. 1992.

HALE, W ; PFLAUMANN, U. Sea-surface temperature estimations using a modern analog technique with foraminiferal assemblages from western Atlantic Quaternary sediments. In: FISCHER, G; WEFER, G (eds.). *Use proxies in paleoceanography : examples from de South Atlantic*. Berlin Heidelberg: Springer- Verlag,1999. p. 69-60.

HALLOCK, P. Symbiont-bearing foraminifera. In: SEN GUPTA, B.K (ed.). *Modern foraminifera*. Great Britain: Kluwer Academic Publishers, 1999. p.123-139.

HAUG, G.H. ; HUGHEN, K.A. ; SIGMAN, D.M. ; L.C., PETERSON, L.C. ; ROHL, U. Southward migration of the Intertropical Convergence Zone through the Holocene, *Science*, v.293, p.1301-1308, 2001.

HEBBELN, D.; MARCHANT, M.; WEFER, G. Paleoproductivity in the southern Peru-Chile Current through the last 33000 yr. *Marine Geology*. n.186, p. 487-504, 2002.

HEMLEBEN, C., SPINDLER, M. E; EMERSON O.R. *Modern planktonic foraminifera*. Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 1989.

HEUSSER, C.I; STREETER, S.S. A temperature and precipitation Record of the past 16.000 yr in souther Chile. *Science*. v. 210, n. 4476, p. 1345-1347, 1980.

HOCHLEITNER, F.; PAIVA,C.M; ROTUNNO FILHO, O.C. Validação da Estimativa da Temperatura da Superfície do Mar via Dados do Satélite GOES-8 utilizando dados "in-situ" do projeto PNBOIA. In: *XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, Goiânia, Brasil, INPE, *Anais...*, p. 3629-3632, 2005.

HÖLL C.; MÜCKE, S.K-V. Late Quaternary upwelling variations in the eastern Equatorial Atlantic Ocean as inferred from Dinoflagellate cysts, planktonic, and organic carbon content. *Quaternary Research* , n.54, p. 58-67, 2000.

HUANG, B.; JIAN, Z.; CHENG, X.; WANG, P. Foraminiferal responses to upwelling variations in the South China Sea over the last 220.000 years. *Marine Micropaleontology* , n. 47, p.1-15, 2002.

HUTSON. W.H. the Agulhas Current during the late Pleistocene: Analysis of modern faunal analogs. *Science*, v. 207, p. 64-66, 1980.

IMBRIE, J.; KIPP, N. A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology: application to a late Pleistocene Caribbean core. In: *THE LATE Cenozoic glacial ages*. New York: Yale University. Press, 1971. p.71-181

KENNETT, J.P.; SRINIVASAN, M. S. *Neogene planktonic Foraminifera. A phylogenetic atlas*. Kansas: University of Kansas. 1983. 263p.

KIM, S-T; O'NEIL, J.R. Equilibrium and nonequilibrium oxygen isotope effects in synthetic carbonates. *Geochimistry and cosmochemistry Acta*. v.61, p. 3461-3475, 1997.

KOWSMANN, R.O.; COSTA, M.P.A Sedimentação Quaternária da margem continental brasileira e das areias oceânicas adjacentes In: *PROJETO REMAC – Evolução sedimentar holocênica da plataforma continental e talude do sul do Brasil*. Rio de Janeiro. PETROBRÁS, CENPES, DINTEP, 1979, (Série Projeto REMAC, 8), p. 7-52.

KROON, D.; REIJMER, J.J.G; RENDLE, R. Mid- to late-quaternary variations in the oxygen isotope signature of *Globigerinoides ruber* at site 1006 in the western Subtropical Atlantic. In: Swart, P.K., Eberli, G.P., Malone, M.J., and Sarg, J.F. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, v. 166, p. 13-22, 2000.

KUCERA, M., WEILNLT, M.; KIEFER, T.; PFLAUMANN, U.; HAYES, A.; WEINLT, M.; CHEN, N.T.; MIX, A.C.; BARROWS, T.T.; CORTIJO, E.; DUPRAT, J.; JUGGINS, S.; WAELBROECK, C. Reconstruction of sea-surface temperatures from assemblages of planktonic foraminifera: multi-technique approach based on geographically constrained calibration data sets and its application to glacial Atlantic and Pacific Oceans. *Quaternary Science Reviews*, v.24, p.951-998, 2005.

LAMY, F.; HEBBELN, D.; RÖHL, V.; WEFER, G. Holocene rainfall variability in southern Chile: a marine Record of latitudinal shifts of Southern Westerlies. *Earth and Planetary Science Letters*, v.185, p. 369-382, 2001.

LANDIM, P.M.B, *Análise estatística especial de dados geológicos multivariados*. Laboratório de Geomatématica – Texto didático. Rio Claro: UNESP, 15. 158pp. 2006.

LEA, D.W.; MARTIN, P.A.; PAK, D.K.; SPERO, H.J. Reconstructing a 350 ky history of sea level using planktonic Mg/Ca and oxygen isotope records from a Cocos Ridge core. *Quaternary Science Reviews*. n.21, p.283-293, 2002.

LEE, J.L. Algal symbiosis in larger foraminifera. *Symbiosis*. n.42, p.63-75. Philadelphia: Balaban, 2006.

LEGECKIS, R. ; GORDON, A.L. Satellite observations of the Brazil and Falklands currents, 1975 to 1976 and 1978. *Deep-sea research*, v. 36, n. 3, p. 359-384, 1982.

LENTINI, C.A. Estudo da variabilidade da temperatura da superfície do mar na plataforma continental sudeste da América do Sul. São Paulo: s.n., 1997. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física). Instituto Oceanográfico. USP. São Paulo. 1997.

LESSA, D.O.; ALBUQUERQUE, A.L.S; OLIVEIRA, A.C.C; TURCQ, B.J.; SOUTO, D.D. Foraminíferos planctônicos como indicadores de intensidade de ressurgência na região de Cabo Frio (RJ) durante os últimos 1.000 anos. *III Congresso Brasileiro de Oceanografia e I Congresso Ibero Americano de Oceanografia*. Fortaleza, Ceará. *Anais...* 2008.

LITTLE, M.G. ; SCHNEIDER, R.R. ; KROON, D. ; PRICE, B. ; BICKERT, T. ; WEFER, G. Rapid palaeoceanographic changes in the Benguela Upwelling System for the last 160.000 years as indicated by abundances of planktonic foraminifera. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. v.130, n. 1-4, p.135-161, 1997.

LOEBLICH, A. R.; TAPPAN, H. *Foraminifera genera and their classification*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1988. 970 p.

MALMGREN, B.A.; KUCERA, M.; NYBERG, J.; WAELBROECK, C. Comparison of statistical and artificial neural network techniques for estimating past sea surface temperatures from planktonic foraminifer census data. *Paleoceanography*. v.16, n.5, p. 520-530, 2001.

MALMGREN, B.A.; NORDLUND, U. Application of artificial neural networks to paleoceanographic data. *Paleoceanography, Paleoclimatology, Paleogeography*, v.136, p. 359-373, 1997.

MANIGHETTI, B.; NORTERCOTE, L. Fabulous foraminifera: examining past climate using microscopic marine organisms. *NIWA – Water and Atmosphere*, n.8, 2000.

MARCHALL, O.; STOCKER, T.F.; JOOS, F. Physical and biogeochemical responses to freshwater-induced thermohaline variability. In: CLARK, U.; WEBB, R.S.; KEIGWIN, L.D.(eds.) *A zonally averaged ocean model, in mechanism of global climate change at millennial time scales*. Geophys. Monog. Ser., v.112, 1999, p.263-284.

MARCHANT, M.; HEBBELN, D.; WEFER, G. High resolution planktic foraminiferal record of the last 13.300 years from the upwelling area off Chile. *Marine Geology*. n.161, p.115-128, 1999.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananéia et Barra de Guaratiba (RJ). *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY*. São Paulo. 1979. *Proceedings...* São Paulo : USP, 1979. p.296-331

MARTIN, L.; SUGUIO, K. Excursion route along brazilian coast between Santos and Campos. *In: INTER SIMP. ON GLOBAL CHANGES IN SOUTH AMERICA DURING THE QUATERNARY*. São Paulo. 1989. *Proceedings ...* São Paulo: INQUA, 1989. n. 2, p.68-121.

MARTIN, L.; SUGUIO, K. Variations of coastal dynamics during the last 7.000 years recorded in beachridges plains associated with river mouths: example from the central Brazilian coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. v.99, p.119-140, 1992.

MARTIN, J.L.; BERTAUX, B.; CORRÈGE, T.; LEDRU, M.P.; MOURGUIART, P.; SIFEDDINE, A.; SOUBIÈS, F.; SUGUIO, K.; TURCQ, B.; WIRRMAN, D. Astronomical forcing of contrasting rainfall changes in Tropical South America between 12.400 and 8.800 cal yr BP. *Quaternary research*. v.47, p.117-122, 1997.

MERCER, H.H., PALACIOS, O. Radiocarbon dating of the Last Glaciation in Peru. *Geology*, v.5, p. 600–604, 1977.

MELO, M.L.D. 2008. *Simulações de clima para o Holoceno Médio usando MCGA do CPTEC, com ênfase sobre a América do Sul*. São José dos Campos: s.n. 2008. Tese de Doutorado (Meteorologia). São José dos Campos: INPE. 2008.

McCREA, J.M. On the isotopic chemistry of carbonates and paleotemperatures scale. *The journal of Chemical physics*. v. 18, n. 6. p. 849-857. 1950.

MOHTADI, M; ROMERO,O.E; HEBBELN,D. Changing marine productivity off northern Chile during the past 19.000 years: a multivariate approach. *Journal of quaternary science*, v. 19, n.4, p.347-360, 2004.

MOREIRA DA SILVA, P.C. A ressurgência de Cabo Frio (I). *Publicação do Instituto de Pesquisa da Marinha*. Rio de Janeiro. n. 78, 1973. 56 p.

MÜCKE, S.K-V; OBERHÄNSLI, H. Distribution of living planktic foraminifera in relation to Southeast Atlantic Oceanography. *In: FISCHER, G.; WEFER, G (eds.). Use proxies in paleoceanography : examples from de South Atlantic*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag,1999. p. 91-115.

NAIDU, P.D.; BABU, C.P.; RAO, C.M. The upwelling record in the sediments of the western continental margin of India. *Deep-sea Research*, v.39, n.3/4, p. 715-723, 1992.

NAIDU, P.D.; MALMGREN, B.A. A high resolution record of late Quaternary upwelling along the Oman Margin, Arabian Sea based on planktonic foraminifera. *Paleoceanography*. v.11, p.129-140, 1996.

NAIDU, P.D. Link between western Arabian sea surface temperature and summer monsoon strength and high-latitude abrupt climate events. *Journal geological society of India*, n.68, p.379-385, 2006.

NIEBLER, H.S; HUBBERTEN, H.S.;GERSONDE,R. Oxygen isotope values of planktic foraminifera: a tool for reconstruction of surface water stratification. In: FISCHER, G.; WEFER, G (eds.). *Use proxies in paleoceanography : examples from de South Atlantic*. Berlin Heidelberg: Springer- Verlag,1999, p. 165-179.

NOBRE, C.A. Ainda sobre a zona de convergência do Atlântico Sul: a importância do Oceano Atlântico. *Climanálise*, v.3, p.30-33, 1988.

OBERHANSLI, H., Planktonic foraminifers as tracers of ocean currents en the eastern south Atlantic. *Paleoceanography*, v. 7, n.5, p.607-632, 1992.

ODA, T.O. Influência da ressurgência costeira sobre a circulação local em Cabo Frio (RJ). São José dos Campos: s.n., 1997. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). INPE. São José dos Campos. 1997.

OLIVEIRA, A.; CLAUZET, G. ; WEINER, I. Estudo comparativo de simulações paleoclimáticas na região do Atlântico Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*. São Paulo, v. 22, n. 1, 2007.

O'NEIL, J.R.; CLAYTON, R.N.; MAYEDA, T.K. Oxygen isotope fractionation in divalent metal carbonates. *Journal of chemical Physical*. v.51, p.5547-5548, 1969.

ORTIZ, J.D.; MIX, A.C. Comparison of Imbrie-Kipp transfer function and modern analog temperature estimates using sediment trap and core top foraminiferal faunas. *Paleocaenography*, v.12, p.175-190, 1997.

OVERPECK, J.T.; WEBLN III, T. PRENTICE, I.C. Quantitative interpretaton of fossil pollen spectra: Dissimilarity coefficients and the method of modern analogs. *Quaternary research*, v.23, p. 87-108, 1985.

OTTENS, J.J.; NEDERBRAGT, A.J. planktonic foraminiferal diversity as indicator of ocean environments. *Marine Micropaleontology*, v.19, p.13-28, 1992.

PARKER, F.L. Planktonic foraminiferal species in Pacific sediments. *Micropaleontology*. n. 8, p.219-254, 1962.

PARKER, W.C.; ARNOLD, A.J. Quantitative methods of data analysis in foraminiferal ecology. In: GUPTA, B.K.S (Ed). *Modern Foraminifera*. Great Britain : Kluwer Academic Publisher. 1999. 71-89 p.

PEETERS, F.J.C.; BRUMMER, G-J.A. The seasonal and vertical distribution of living planktic foraminifera in the NW Arabian Sea. *Geological society*. London, v. 195, p.463-497, 2002a. (Special publication)

PEETERS, F.J.C., BRUMMER, G-J.A.; GANSEN, G. The effect of upwelling on the distribution and stable isotope composition of *Globigerina bulloides* and *Globigerinoides ruber* (planktic foraminifera) in modern surface waters of the NW Arabian Sea. *Global and Planetary Change*. n.34, p. 269-291, 2002b.

PETERSON, C.L.; HAUG, G.H.; HUGHEN, K.A.; RÖHL, U.. Rapid Changes in the Hydrologic Cycle of the Tropical Atlantic during the Last Glacial. *Science*. v.290, n.5498, p.1947, 2000.

PÉREZ-FOLGADO, M.; SIERRA, F.J.J.A.; CACHO, I.; GRIMALT, J.O.; ZALM, R.; SHACKLETON, N. Western Mediterranean planktonic foraminifera events and millennial climatic variability during the last 70 Kyr. *Marine micropaleontology*. v.48, n.1, p. 49-70, 2003.

QUADRO, M.F.L. Estudo de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) sobre a América do Sul. São José dos Campos: s.n. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). 1994. INPE. São José dos Campos. 1994.

QUADRO, M.F.L.; ABREU, M.L. Estudos de episódios de Zonas de Convergência do Atlântico Sul sobre a América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2. Belo Horizonte, MG 1994,. *Anais* ... Belo Horizonte, MG, 1994. p. 620-623.

REISS, Z. Quaternary planktonic foraminifera and nannoplankton from the mediterranean continental shelf and slope of Israel. *Israel Journal of Earth – Sciences*. Jerusalém, n.20, p. 141-77, 1971.

ROHLING, E.J.; COOKE, S. Stable oxygen and carbon isotopes in foraminiferal carbonate shells. In: GUPTA, B.K.S (Ed). *Modern Foraminifera*. Great Britain : Kluwer Academic Publisher. 1999. p. 239-258.

RÜHLEMANN, C.; MULITZA, S.; MÜLLER, P.; WEFER, G.; ZAHN, R. Warming of the tropical Atlantic Ocean and slowdown of thermohaline circulation during the last deglaciation. *Nature*. n. 402, p. 511 – 514, 1999.

SANT'ANNA NETO, J.L.; NERY, J.T. Variabilidade e mudanças climáticas no Brasil e seus impactos regionais. In: Souza, C.R.G; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A.M.S; OLIVEIRA, P.E.(Eds). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto, SP : Holos Editora. 2005. p.28-50.

SALGUEIRO, E.; VOELKER, A.; ABRANKS, F.; MEGGERS, H.; PFLAUMANN, V.; LANCARIC, N.; GONZÁLEZ, R.; OLIVEIRA, P.; BARTELS-JÓNSDÓTTIR, M.B; MORENO, J.; WEFER, G. Planktonic foraminifera from modern sediments reflect upwelling patterns off Iberia: insights from a regional Transfer Function. *Marine Micropaleontology*, v.66, n. 3-4, p. 136-164, 2007.

SCHMIDT, G.A., MULITZA, S. Global calibration of ecological models for planktic foraminifera from core-top carbonate oxygen-18. *Marine Micropaleontology*, n.44, p.125-140, 2002.

SCHMIDT, D.A.; RENAUD, S.; BOLLMANN, J.; SHIEBEL, R.; THIERSKEIN, H.R. Size distribution of Holocene planktic foraminifer assemblages: biogeography, ecology and adaptation. *Marine Micropaleontology*, v. 50, n. 3-4, p. 319-338, 2003.

SCHMIDT, D.N; RENAUD, S; BOLLMANN, J. Response of planktic foraminiferal size total. Quaternary climate change. *Paleoceanography*, v. 18, n. 2, 2006.

SHACKLETON, N.J. OPDYKE, N.D. Oxygen Isotopes and Paleomagnetic stratigraphy of equatorial Pacific Core V28-238: Oxygen isotope temperature and Ice volumes on a 105 and 106 year scale. *Quaternary research*. v.3, p.39-55, 1973.

SILVA, A.C.C. *Paleoceanografia da região de Cabo Frio-RJ: variabilidade da ressurgência com base nas associações de foraminíferos planctônicos*. Niterói: s.n. 2004.93f. Dissertação (Mestrado em Geociências – Geoquímica). Departamento de Geoquímica ambiental, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2004.

SILVA, E.L.; SOUZA, R.L. Análise multi-temporal da temperatura da superfície do mar (TSM) através de imagens do sensor AMSR e do oceano atlântico sudoeste no ano de 2005.– In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10 E

ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 6. Universidade do Vale do Paraíba. *Anais...*, 2006.

SILVA, D.JR.; KAMPEL, M.; ARAÚJO, C.E.S; STECH, J.L. Observação da penetração do ramo costeiro da corrente das Malvinas na costa sul –sudeste do Brasil a partir de imagens AVHRR. *In: Simpósio de Sensoriamento Remoto*, 8. Salvador. *Anais...* Salvador : INPE, 1996. p. 787-793.

SILVA, R.M. *Acoplamento dos modelos de área limitada de atmosfera (mm5) e oceano (POM) e sua aplicação ao trecho sudoeste da bacia do Atlântico Sul*. Rio de Janeiro : s.n., 2005. 63f .Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). COPPE/UFRJ. 2005.

SILVEIRA, I.C.A.; MIRANDA, L.B.; BROWN, W.S. On the origins of the North Brazil Current. *Journal of Geophysical Research*, v. 99, no. c11, p. 22.501–22.512. 1994.

SILVEIRA, I.C.A.; SCHMIDT, A.C.K.; CAMPOS, E.J.D.; GODOI, S.S.; IKEDA, Y. A corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. *Revista Brasileira de Oceanografia*. v. 48, n.2, 13p. 2000.

SINHA; D.K; SINGH, A.K; TIWARI, M. Palaeoceanographic and palaeoclimatic history of ODP site 763A (Exmouth Plateau), southeast Indian Ocean: 2.2 Ma record of planktic foraminifera. *Current Science*, v.90, n.10, 2006.

SPERO, H.J. Do planktic foraminifera accurately record shifts in the carbon isotopic composition of sea water ΣCO_2 ? *Marine Micropaleontology*, v. 19, p.275-285. 1992.

SPERO, H.J; LEA, D.W. Intraspecific stable isotope variability in the planktic foraminifera *Globigerinoides sacculifer*: Results from laboratory experiments. *Marine Micropaleontology*, v.22,221-234, 1993.

SPERO, H.J; LEA, D.W. Experimental determination of stable isotope variability in *G.bulloides*: Implications from paleoceanographic reconstructions. *Marine Micropaleontology*, v.28, p.231-246, 1996.

STAINFORTH, R.M.; LAMB, J.L.; LUTERBACHER, H.; BEARD, J.H.; JEFFORDS, R.M. *Cenozoic planktonic foraminiferal zonation and characteristics of index forms (article 62)*. Kansas: University of Kansas Paleontological Institute, 1975. 425 p.

STOTT, L. Decline of surface temperature and salinity in the western tropical Pacific Ocean in the Holocene epoch, *Nature*, v.431, p.56-59, 2004.

STUVIER, M. ; REIMER, P.J.; REIMER, R.. *Radiocarbon*. n.40, p.1041 –1083. 2007.

SUMMERHAYES, C.P.; EMEIS, K.C.; ANGEL, M.V.; SMITH, R.; ZEITZCHEL, B. Upwelling in the Ocean: modern processes and ancient records. In: SUMMERHAYES, C.P.; EMEIS, K.C.; ANGEL, M.V.; SMITH, R.; ZEITZCHEL, B. Upwelling in the Ocean: modern processes and ancient records. Chichester : John Wiley & Sons.1995. p.1-39.

SUGUIO, K.; ANGULO, R.J.; CARVALHO, A.M.; CORRÊA, I.C.S; TOMAZELI, J.; WILLWOR, J.A.; VITAL, H. Paleoníveis do mar e paleolinhas de costa. In: SOUZA, C.R.G. (Eds) *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto, SP : Holos Editora. 2005. 114-129p.

SYLVESTRE, F.; SIFEDDINE, A.; TURCQ, B.J.; GIL, I.M.; ALBUQUERQUE, A.L.S.; LALLIER-VERGES, E.; ABRÃO, J. Hydrological changes related to the variability of the tropical South American climate from the Cabo Frio lagoonal system (Brazil) during the last 5000 years. *The Holocene*. v.15, n.4, p.625-630, 2005.

TELFORD, R.J; HEEGAARD; BIRKS, H.J.B. All age-depth models are wrong: but how badly?. *Quaternary research reviews*. n.23. p. 1-5. 2004.

TEDESCO, K; THUNELL, R. High resolution tropical climate record for the last 6.000 years. *Geophysical research letters*, n.17, v.30. 2003a.

TEDESCO, K; THUNELL, R. Seasonal and interannual variations in planktonic foraminifera and assemblage composition on the Cariaco Basin, Venezuela. *Journal of foraminiferal research*. v. 33. n.3. p.192-210. 2003b.

THERÓN, R.; PAILLARD, D.; CORTIJO, E.; FLORES, J.A.; VAQUERO, M.; FRANCISCO, S.J.; WAELBROECK, C. Rapid reconstruction of paleoenvironmental features using a new multiplatform program. *Micropaleontology*. v. 50, n.4, p. 391-395, 2005.

THOMPSON, L.G; MOSLEY-THOMPSON, E.; DAVIS, M.L.; LIN, P.N.; HENDERSON, K.A.; COLE-DAI, J.; BALZAN, J.F.; LIU, K-B. Late glacial stage and Holocene tropical ice core records from Huascarán, Peru. *Science*, v. 269, n. 5220, p. 46-50, 1998.

TOLEDO,F.A.L; COSTA,K.B; PIVEL,M.A.G.. Salinity changes in the western tropical south Atlantic during the last 30 kyr. *Global and Planetary Change*, v.57, n.3-4, p.383-395. 2007.

TOMCZAK, M.; GODFREY, J.S. *Regional oceanography: an introduction*. 2nd. Delhi : Ed. Daya Publishing House, 2003.

TORRES JR., A.R. Resposta da ressurgência costeira de Cabo Frio às forçantes locais. Rio de Janeiro: s.n., 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – COPPE/UFRJ, Universidade Federal Fluminense. 143f. Rio de Janeiro.

UFKES, E.; JANSEN, J.H.F.; BRUMMER, G-J. A. Living planktonic foraminifera in the eastern South Atlantic during spring: indicators of water masses, upwelling and the Congo (Zaire) River plume. *Marine Micropaleontology*, n. 33, p. 27-53, 1998.

UREY, H. The thermodynamic properties of isotopic substances. *Journal of the Chemical Society*, n.69, p.562-581. 1947.

VALENTIN, J.L. Analyse des paramètres hydrobiologiques dans la remontée de Cabo Frio (Brésil). *Marine Biology*, n. 82, p. 259-276, 1984.

VALENTIN, J.L.V. A ressurgência. Fonte de vida dos oceanos. *Revista Ciência Hoje*. v.18, n.102, p. 19-25, 1994.

VÉNEC-PEYRÉ, M-T E CAULET, J.P. Paleoproductivity changes in the upwelling system of Socotra (Somali Basin, NW Indian Ocean) during the last 72.000 years: evidence from biological signatures. *Marine Micropaleontology*, n.40, p. 321-344, 2000.

VICALVI, M.A. Sedimentos Quaternários da Plataforma Continental e Talude do sul do Brasil: estratigrafia e curvas paleoclimáticas. In: *PROJETO REMAC – Evolução sedimentar holocênica da plataforma continental e talude do sul do Brasil*. Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: PETROBRÁS, CENPES, DINTEP, 1977. p. 27-76 (Série Projeto REMAC, 2).

WAELEBROECK, C.; LABEYRIE, L.; DUPLESSY, J.C.; GUIOT, J.; LABRACHERIE, M.; LECLAIRE, H.; DUPRAT, J. Improving past sea surface temperature estimates based on planktonic fossil faunas. *Paleoceanography*, v. 13, n.3, p. 272-283, 1998.

WAELEBROECK, C.; MULITZA, S.; SPERO, H.; DOKKEN, T.; KIETER, T.; CORTIJO, E. A global compilation of late Holocene planktonic foraminiferal $\delta^{18}\text{O}$: relationship between surface water temperature and $\delta^{18}\text{O}$. *Quaternary Science Reviews*, v. 24, n. 7-9, p. 853-868, 2004.

WAGNER, D.; DUPONT, F. Terrestrial organic matter in marine sediments: analytical approaches and eolian-marine records in the central Equatorial Atlantic. In: FISCHER, G.;

WEFER, G (eds.). *Use proxies in Paleoceanography : examples from de South Atlantic.* Berlin Heidelberg : Springer- Verlag,1999. p. 11-55.

WANG,L. Isotopes signals into two morphotypes of *Globigerinoides ruber* (white) from the South China Sea: implications for monsoon climate change during the last glacial cycle. *Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology*, n.161, p.381-394, 2000.

WEFER,G.; WEFER, G.; BERGER, W.H.; BIJMA, J.; FISCHER, G. .Clues to ocean history: a brief overview of proxies In: FISCHER, G.; WEFER, G (eds.). *Use proxies in Paleoceanography : examples from de South Atlantic.* Berlin Heidelberg : Springer-Verlag,1999. p. 11-55.

WEILNELT, M.; VOGELANG, E.; KUCERA, M.; PFLAUMANN, U.; SARNTHEIN, M.; VOELKER, A.; ERLLENKEUSER, H.; MALMGREN, B.A. Variability of North Atlantic heat transfer during MIS 2. *Paleoceanography*, v. 18, n. 3, p.1071, 2003.

WRIGHT, J.D. Global climate change in marine stable isotope record. *Quaternary Geochronology: Methods and Applications*, p. 426-433, 2000.

ZARIC, S.; B. DONNER; FISCHER, G.; MULITZA, S.; WEFER, G. Sensitivity of planktonic foraminifera to sea surface temperature and export production as derived from sediment trap data. *Marine micropaleontology*, v. 55, pp. 755-105. 2005a.

ZARIC, S.; SCHULZ, M; MULITZA, S. Global prediction of planktic foraminiferal fluxes from hydrographic and productivity data. *Biogeosciences discussions*, v.2, p. 849-895, 2005.

Apêndices

Lista de espécies identificadas nos testemunhos CF02-01B e CF02-02B

Globorotalia crassaformis (Galloway & Wissler 1927)

Globorotalia menardii (d'Orbigny 1826)

Globorotalia scitula (Brady 1882)

Globorotalia truncatulinoidea (d'Orbigny 1839)

Globorotalia tumida (Brady 1877)

Neogloboquadrina dutertrei (d'Orbigny 1839)

Pulleniatina obliquiloculata (Parker & Jones 1865)

Globigerinita glutinata (Egger 1893)

Glogerinita uvula (Ehrenberg 1861)

Globigerina bulloides (d'Orbigny 1826)

Globigerinella calida (Parker 1962)

Globigerinoides ruber (d'Orbigny 1839)

Globigerinoides sacculifer (Brady 1877)

Globigerinoides trilobus (Reuss 1850)

Turborotalita humilis (Brady 1884)

Turborotalita quinqueloba (Natland 1938)

Orbulina universa (d'Orbigny 1939)

Globigerina falconensis (Blow 1859)

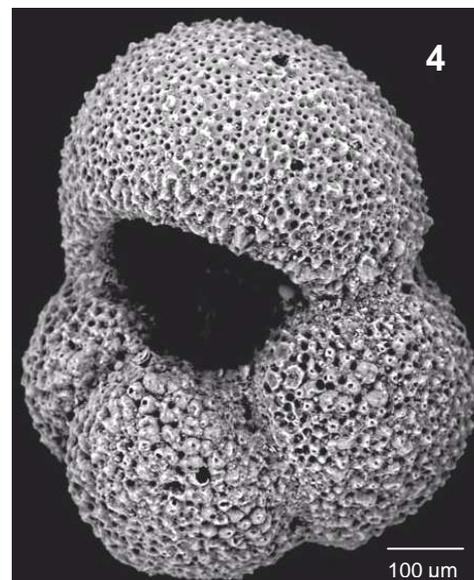
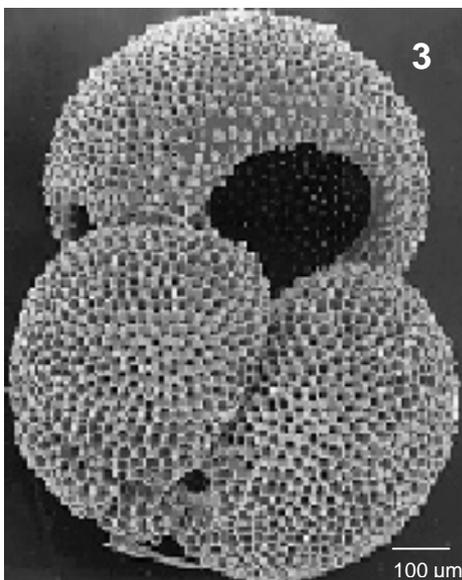
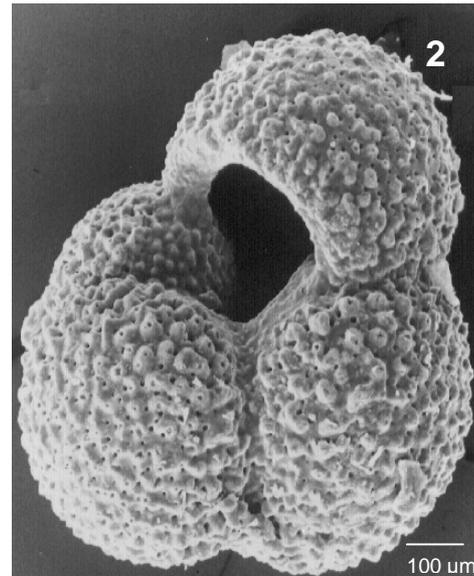
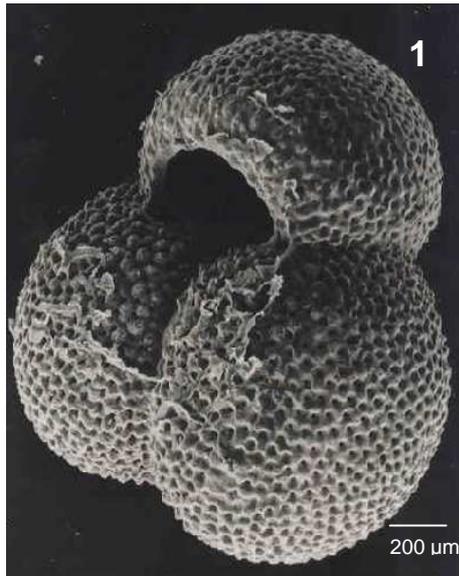
Globigerinella siphonifera (d'Orbigny 1939)

Globigerinoides conglobatus (Brady 1879)

Globoturborotalita rubescens (Hofker 1956)

Globorotalia hirsuta (d'Orbigny, 1839)

Prancha 1 -Fotomicrografias em microscopia eletrônica de varredura. 1 e 3 - *G.ruber*;
2-4 – *G.bulloides*.



nº de separações	Prof	<i>G.rub</i>	<i>G.bul</i>	<i>G.cal</i>	<i>G.cong</i>	<i>G.falc</i>	<i>G.glut</i>	<i>G.men</i>	<i>G.sac</i>	<i>G.siph</i>	<i>T.quinq</i>	<i>G.rub</i>
1	1	122	80	6	2	0	0	2	4	6	6	10
2	4	114	72	0	0	2	14	12	0	0	38	31
2	6	95	86	16	0	4	18	0	2	1	34	35
1	8	122	66	6	0	4	8	4	0	14	42	22
0	10	54	21	1	0	0	0	0	0	5	10	9
1	16	110	46	8	0	0	10	0	4	0	30	32
0	19	79	50	3	0	6	6	0	0	4	20	19
0	20	35	19	8	1	4	4	0	2	1	10	7
0	26	52	40	5	0	3	6	0	0	4	18	15
1	30	92	86	18	4	20	6	0	8	4	6	30
1	35	94	106	10	2	18	12	0	4	6	42	28
2	38	134	112	9	4	2	17	0	0	5	20	16
1	39	124	82	12	0	2	24	2	10	2	18	16
0	41	90	40	5	3	7	2	0	1	3	24	10
1	43	108	78	4	0	10	0	2	2	4	18	30
1	47	184	86	10	0	20	10	0	4	18	34	38
0	51	54	21	3	0	0	1	1	3	0	4	4
2	55	155	66	15	2	8	6	0	0	2	22	14
1	58	108	72	18	0	6	4	0	2	4	20	34
0	60	56	37	6	0	5	5	0	1	4	11	9
0	61	127	50	13	0	1	1	4	5	3	18	31
0	62	96	56	9	0	4	2	1	0	5	21	15
1	65	86	92	34	0	6	8	0	8	18	30	42
2	67	140	100	20	0	0	8	0	4	8	8	28
1	72	168	92	36	0	12	2	10	0	0	20	48
0	75	52	41	10	0	6	3	0	2	3	10	19
2	78	148	88	24	0	8	14	0	0	8	40	40
1	80	144	102	12	0	14	8	2	0	2	10	18
2	82	174	98	18	0	10	11	0	4	8	14	24
1	88	78	52	12	0	6	6	2	2	2	6	24
1	90	100	64	10	0	6	2	2	0	6	4	12
2	92	160	188	12	0	4	28	0	4	12	16	28

1	96	96	90	12	0	14	10	0	2	4	2	22
1	100	102	74	20	0	2	2	0	8	4	4	14
1	108	156	72	14	0	0	20	0	6	4	6	34
1	112	96	38	8	2	0	4	0	4	12	18	28
1	117	96	74	12	0	6	20	2	2	0	6	22
2	120	38	31	3	1	0	0	0	1	2	0	12
0	127	72	52	6	0	6	10	0	0	6	2	30
0	130	112	96	6	2	0	0	2	4	4	14	46
1	137	170	128	10	0	10	20	8	0	6	24	54
1	140	122	82	22	2	6	6	2	12	2	16	36
1	145	132	82	40	2	12	16	0	10	6	10	8
1	150	134	72	12	4	0	6	0	2	2	4	16
1	158	110	58	2	0	2	14	0	0	10	12	18
0	160	54	23	17	1	0	0	1	4	2	5	9
1	165	110	46	16	0	4	24	0	0	2	16	32
1	171	204	78	7	1	0	0	1	3	3	3	9
1	175	144	72	26	2	4	12	0	0	2	8	20
1	177	194	58	18	2	12	6	0	2	4	4	30
0	180	58	14	6	0	1	0	1	2	2	2	13
1	183	174	126	10	0	2	6	0	2	2	0	26
1	185	108	20	2	0	4	6	0	0	2	12	40
0	190	59	29	6	0	3	0	0	2	4	4	12
1	199	88	38	8	0	2	2	2	8	2	0	30
2	205	208	108	0	0	4	24	0	0	4	0	48
2	207	204	80	9	0	1	11	2	0	0	18	36
1	210	272	78	12	0	4	2	2	20	2	4	11
2	212	112	56	20	0	16	8	0	4	8	12	34
1	217	202	80	28	0	24	14	6	6	8	10	64
1	220	106	58	8	0	0	0	2	14	6	2	48
1	230	130	46	10	0	4	0	4	10	2	12	52
1	235	136	28	12	0	2	6	2	2	0	8	22
2	240	77	34	2	2	1	1	0	7	1	5	32
1	241	168	68	10	2	14	4	8	0	0	12	36

1	245	218	118	22	0	12	12	0	0	4	32	66
2	247	208	152	36	0	4	12	0	8	12	44	80
1	250	162	64	8	2	4	0	2	4	0	4	38
2	259	74	39	8	1	3	3	4	0	2	4	23
1	267	160	140	12	4	8	4	0	0	2	22	44

nº de separações	Prof	G. tem	G.uvu	N. dut	O. univ	T. hum	P.obliq	G. tril	G. trunc	G. tum	G. anf	G. hirs	TOTAL
1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	240
2	4	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	305
2	6	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	298
1	8	2	0	2	0	0	0	10	0	0	0	0	302
0	10	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	102
1	16	4	0	0	4	0	0	14	0	0	0	0	262
0	19	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	190
0	20	0	1	1	3	2	0	0	0	0	0	0	98
0	26	1	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	150
1	30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	276
1	35	0	0	6	0	0	0	14	0	0	0	0	342
2	38	2	0	2	4	0	0	5	0	0	0	0	332
1	39	4	0	2	4	0	0	6	0	0	0	0	308
0	41	0	0	4	4	0	1	2	0	0	0	0	196
1	43	0	0	2	2	0	0	12	0	0	0	0	272
1	47	0	0	6	4	0	0	8	0	0	0	0	422
0	51	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	95
2	55	0	0	2	0	0	0	14	0	0	0	0	306
1	58	2	0	6	2	0	0	14	0	0	0	0	292
0	60	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	0	140
0	61	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	255
0	62	0	0	5	3	0	0	13	0	0	0	0	230
1	65	0	0	6	14	0	0	14	0	0	0	0	358
2	67	0	0	8	0	0	0	8	0	0	0	0	332
1	72	0	0	4	0	0	2	10	0	0	0	0	404

0	75	0	0	2	0	0	0	7	0	0	0	0	155
2	78	2	0	4	0	0	0	8	0	0	0	0	384
1	80	0	0	0	2	0	2	14	0	0	0	0	330
2	82	0	0	7	0	0	0	9	0	0	0	0	377
1	88	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	194
1	90	0	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	212
2	92	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	476
1	96	0	0	0	2	0	0	12	0	0	0	0	266
1	100	2	2	0	2	0	2	0	0	0	0	0	238
1	108	2	0	2	2	0	0	6	0	0	0	0	324
1	112	0	0	2	12	0	0	8	0	0	0	2	234
1	117	2	0	0	2	0	0	18	0	0	0	0	262
2	120	2	2	0	2	0	0	1	1	0	0	0	96
0	127	2	0	2	0	0	0	14	0	0	0	0	202
0	130	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	286
1	137	0	0	0	4	0	0	8	2	2	0	0	446
1	140	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	310
1	145	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	324
1	150	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	254
1	158	0	0	0	4	0	0	10	2	2	0	0	244
0	160	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	119
1	165	2	0	2	2	0	0	12	0	0	0	0	268
1	171	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	312
1	175	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	292
1	177	4	0	0	2	0	0	18	0	0	0	0	354
0	180	2	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	105
1	183	2	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0	372
1	185	0	0	2	6	0	0	18	0	0	0	0	220
0	190	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	124
1	199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180
2	205	0	0	0	4	0	0	24	0	4	4	0	432
2	207	2	0	0	3	0	0	16	0	0	0	0	382
1	210	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	413
2	212	4	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	282
1	217	0	0	2	2	0	0	8	2	0	2	0	458

1	220	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	248
1	230	2	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	284
1	235	2	0	0	4	0	0	10	0	0	2	0	236
2	240	1	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	168
1	241	0	0	2	2	0	0	6	0	0	0	0	332
1	245	0	0	4	18	0	0	12	0	0	0	0	518
2	247	0	0	0	4	0	0	12	0	0	0	0	572
1	250	2	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	302
2	259	1	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	169
1	267	6	0	6	2	0	0	20	0	0	0	0	430

II- Número absoluto de foraminíferos planctônicos do testemunho CF02-02-B.

nº de separações	Prof.	<i>G. bul</i>	<i>G. rub</i>	<i>G. cal</i>	<i>G. cong</i>	<i>G. fal</i>	<i>G. glut</i>	<i>G. men</i>	<i>G. tril</i>	<i>G. sacc</i>	<i>G. siph</i>	<i>T. quinq</i>	<i>Grub</i>
4	1	188	47	17	4	13	9	0	21	0	4	47	13
3	2	153	114	11	0	0	4	0	0	0	4	14	21
3	3	119	90	26	0	0	15	0	3	3	0	17	38
4	4	90	64	6	0	45	13	0	13	0	26	26	19
4	5	139	107	0	0	0	0	0	0	0	0	27	11
3	6	102	75	15	0	11	19	0	0	4	4	45	23
4	7	116	64	6	0	47	12	0	6	0	6	17	17
4	8	107	89	5	2	7	5	0	7	2	23	14	37
5	9	120	90	23	0	0	26	0	11	0	0	34	4
4	10	64	154	45	0	3	10	0	3	0	0	19	0
4	11	124	49	19	0	34	8	0	19	0	0	19	19
4	12	132	75	14	0	0	0	0	4	0	0	32	60
4	13	134	102	15	0	0	3	0	3	0	6	15	35
4	14	61	107	13	0	13	11	0	27	3	13	16	35
4	15	192	70	20	0	0	3	3	0	0	6	6	9

3	16	132	116	16	0	0	0	0	0	0	24	28	36
4	17	112	100	36	0	0	12	0	20	0	0	12	0
4	18	80	96	27	0	11	27	0	5	3	5	11	35
5	19	101	91	18	0	32	14	0	0	0	18	14	14
5	20	43	92	28	0	28	14	0	14	0	21	28	43
5	21	78	64	21	0	28	14	0	0	0	36	36	21
5	23	96	113	15	0	0	2	0	0	4	21	19	38
5	24	93	128	8	0	0	5	0	3	0	16	5	40
5	25	69	93	24	0	21	19	0	13	3	3	24	40
4	26	103	111	33	0	0	0	0	3	0	5	8	30
4	27	58	138	13	0	16	6	0	3	3	26	29	22
5	28	75	120	5	0	5	11	0	8	0	8	51	19
5	29	142	64	5	0	5	41	0	5	5	0	9	23
1	32	143	38	13	0	23	28	0	15	0	0	13	23
4	33	85	101	11	3	5	3	0	0	0	19	11	61
5	34	124	105	4	0	0	8	0	4	0	8	19	38
5	35	102	134	13	0	13	19	0	19	0	0	13	13
5	36	102	81	9	0	9	30	0	4	0	17	9	43
4	37	128	70	13	0	32	13	0	6	0	32	19	6
5	38	52	76	4	0	32	8	0	0	4	40	24	52
4	39	60	117	7	4	4	32	4	21	7	18	28	21
4	40	62	144	16	0	16	20	0	4	0	6	30	30
4	41	124	112	8	0	12	12	0	0	0	12	12	32
3	42	128	41	5	0	9	46	0	14	0	32	14	27
3	45	110	133	5	9	9	18	0	5	5	0	0	23
5	46	136	40	8	0	104	16	0	0	0	16	8	0
5	47	79	172	3	3	3	6	0	6	0	3	9	17
4	48	96	141	32	3	3	3	0	10	0	3	16	13
5	50	143	54	5	0	20	5	0	10	15	34	15	0
4	51	152	40	16	0	16	24	0	0	0	56	8	0
5	54	78	242	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	55	55	135	27	5	27	14	0	2	2	14	9	32
4	56	84	124	12	4	0	4	0	8	0	52	16	20
5	57	78	142	5	0	21	9	0	5	0	14	11	27
3	58	68	120	12	4	4	28	0	16	8	8	4	24

4	59	40	192	16	8	0	0	0	16	8	8	16	0
4	61	85	240	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	64	43	144	11	0	11	27	0	0	5	21	11	21
4	67	149	224	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	71	52	188	8	0	16	32	0	0	0	4	12	8
4	73	62	96	12	5	12	22	0	2	0	5	15	76
4	74	218	115	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	75	56	124	8	0	24	16	0	16	0	12	28	16
4	77	64	136	16	0	16	0	0	0	4	12	36	36
4	78	160	43	32	0	0	32	0	0	11	11	21	11
4	79	105	123	0	0	0	5	0	5	9	23	18	32
4	80	64	113	9	0	15	23	0	3	0	23	32	20
4	81	84	120	16	0	20	16	0	4	0	16	16	28
4	82	134	45	0	0	26	19	0	0	6	26	19	38
4	83	110	174	9	0	9	9	0	9	0	9	18	18
5	85	96	152	8	0	8	8	0	8	0	8	16	16
4	86	82	165	9	0	9	0	0	14	5	5	0	5
5	87	53	94	26	0	8	8	0	8	8	0	41	56
4	91	32	126	20	2	15	30	0	10	5	2	34	25
4	93	27	82	9	9	82	27	0	9	18	9	9	18
4	97	69	87	14	0	9	23	5	0	5	9	46	27
2	102	112	155	5	0	11	27	0	16	0	0	5	37
2	105	112	88	16	0	16	24	0	32	0	4	0	8
4	106	51	137	4	2	11	15	2	4	4	9	26	34
4	107	53	94	14	0	16	16	0	18	2	21	32	34
5	109	87	105	17	0	0	17	0	23	6	6	47	12
3	111	186	32	0	19	6	0	6	19	13	26	13	0
4	113	49	132	11	0	11	26	0	0	6	11	21	32
4	115	96	77	13	0	0	32	0	32	0	0	19	26
4	117	64	83	22	3	0	22	0	10	3	3	48	38
4	118	56	64	8	0	24	56	0	24	0	8	24	32
5	119	69	52	21	0	26	21	2	2	0	0	66	45
5	121	74	79	10	2	20	25	0	15	10	10	42	27
4	125	67	142	3	0	6	8	0	3	0	8	28	42
3	126	124	128	8	0	12	8	0	12	0	4	4	4

4	127	67	109	10	0	6	22	0	10	10	6	58	22
4	129	80	106	3	0	10	22	0	3	3	19	42	26
3	131	74	132	10	2	12	22	0	10	8	2	24	12
4	133	40	24	16	16	16	32	0	32	0	32	32	40
3	135	46	94	5	5	16	25	0	11	2	11	34	46
3	137	86	80	0	3	26	22	0	0	10	6	29	38
2	141	109	96	3	0	13	22	0	19	3	3	19	22
4	143	133	89	15	0	0	5	0	5	5	5	39	20
3	147	88	51	8	5	24	24	0	21	5	11	27	45
4	151	73	55	27	0	37	0	0	37	9	9	18	9
3	155	59	91	3	5	24	5	0	0	8	8	24	64
3	157	192	134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	160	152	208	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	163	61	112	5	0	29	8	0	3	3	3	43	72
4	165	64	101	9	0	18	9	0	9	0	46	55	0
3	169	29	85	5	0	29	5	0	13	5	8	40	72
1	171	192	112	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	173	96	123	0	0	5	11	0	11	5	16	16	32
4	175	173	186	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	176	140	58	0	0	0	23	0	47	0	23	23	12
3	177	80	52	0	0	36	12	0	8	4	12	24	64
4	178	224	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	179	54	86	0	0	22	26	0	10	6	0	48	80
4	183	120	216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	184	112	160	0	0	0	16	0	16	16	16	48	64
4	187	84	78	0	0	14	12	0	4	6	8	30	52
4	191	218	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	193	96	53	5	0	32	11	0	11	5	5	48	27
3	199	115	58	0	0	0	6	0	26	6	6	45	32
0	203	46	94	5	5	16	25	0	11	2	11	34	46
3	205	14	13	0	1	4	4	0	0	2	1	5	6
3	207	27	24	1	0	3	6	0	5	1	1	5	6
3	209	44	30	5	0	0	2	0	2	2	2	13	7
2	211	44	25	4	3	12	12	0	11	3	5	13	23
1	212	73	55	27	0	37	0	0	37	9	9	18	9

2	211	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	396
1	212	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	180
2	213	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	444
1	215	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	212
2	216	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	373
3	219	0	4	16	0	0	0	0	0	0	0	0	276
2	220	0	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	304
2	223	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	208
2	227	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	68
0	231	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
0	233	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	139
1	234	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	208
2	235	0	0	4	0	0	4	0	0	0	0	0	136
1	236	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	106
1	237	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	290
1	238	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108
1	239	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	188
1	242	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	272
3	243	0	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	356
1	245	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	240

III -Valores de TSM obtidos para o testemunho CF0201B através da TAM.

Idade	TSM máxima	max	min	TSM mínima	max	min	TSM anual	max	min
710	23,21	23,25	23,18	18,47	18,50	18,44	20,30	20,33	20,27
753	23,22	23,25	23,18	18,48	18,51	18,45	20,31	20,34	20,27
783	22,96	23,34	22,57	18,27	18,30	18,25	20,09	20,41	19,78
812	24,35	26,05	22,65	19,34	20,64	18,04	21,53	23,37	19,69
841	25,46	27,32	23,60	21,78	24,01	19,56	23,64	26,02	21,27
928	25,53	27,63	23,43	21,81	25,09	18,53	23,63	26,60	20,67
972	23,58	25,27	21,88	18,75	20,04	17,45	20,71	22,50	18,91
986	24,38	26,08	22,69	19,37	20,66	18,07	21,58	23,37	19,78

1073	23,02	23,40	22,63	18,32	18,62	18,02	20,14	20,46	19,83
1130	22,96	23,34	22,57	18,27	18,57	17,98	20,09	20,41	19,78
1201	22,13	23,33	20,94	17,68	18,62	16,74	19,54	20,45	18,62
1244	23,15	23,54	22,77	18,42	18,72	18,13	20,25	20,57	19,94
1258	23,65	25,25	22,06	18,88	20,39	17,37	20,84	22,67	19,01
1286	24,35	26,05	22,65	19,34	20,64	18,04	21,53	23,37	19,69
1314	23,58	25,27	21,88	18,75	20,04	17,45	20,71	22,50	18,91
1370	24,35	26,05	22,65	19,34	20,64	18,04	21,53	23,37	19,69
1425	26,60	27,97	25,24	23,13	24,55	21,71	25,19	26,76	23,62
1480	26,31	27,57	25,05	22,54	23,95	21,12	24,63	26,09	23,17
1521	24,18	25,87	22,49	19,21	20,51	17,92	21,36	23,16	19,57
1548	23,65	25,25	22,06	18,88	20,39	17,37	20,84	22,67	19,01
1561	24,33	25,91	22,75	19,95	21,72	18,17	21,85	22,04	21,66
1574	24,35	26,05	22,65	19,34	20,64	18,04	21,53	23,37	19,69
1614	22,48	24,37	20,60	17,99	19,43	16,55	19,95	21,72	18,18
1641	23,15	23,54	22,77	18,42	18,72	18,13	20,25	20,57	19,94
1706	24,06	25,76	22,36	19,12	20,42	17,82	21,22	23,05	19,38
1744	23,80	25,49	22,10	18,92	20,21	17,62	20,99	22,79	19,20
1783	23,96	25,55	22,36	19,11	20,62	17,60	21,17	23,00	19,34
1808	23,58	25,27	21,88	18,75	20,04	17,45	20,71	22,50	18,91
1833	23,21	23,24	23,17	18,47	18,50	18,44	20,30	20,33	20,26
1906	23,58	25,27	21,88	18,75	20,04	17,45	20,71	22,50	18,91
1930	23,50	25,20	21,80	18,69	19,99	17,39	20,61	22,45	18,77
1954	23,13	24,75	21,52	18,39	19,64	17,14	20,35	20,51	20,19
2000	22,96	23,34	22,57	18,27	18,57	17,98	20,09	20,41	19,78
2045	23,15	23,54	22,77	18,42	18,72	18,13	20,25	20,57	19,94
2133	24,35	25,98	22,71	19,99	21,84	18,15	21,89	23,90	19,87
2174	25,52	27,38	23,67	21,79	22,08	21,49	23,60	26,25	20,95
2224	24,28	26,12	22,44	19,29	20,69	17,88	21,47	23,42	19,53
2253	23,15	23,54	22,77	18,42	18,72	18,13	20,25	20,57	19,94
2317	24,29	26,12	22,45	19,29	20,70	17,89	21,48	23,42	19,54
2343	23,08	23,47	22,70	18,37	18,67	18,07	20,20	20,51	19,88
2403	23,15	23,54	22,77	18,42	18,72	18,13	20,25	20,57	19,93
2428	23,15	23,54	22,77	18,42	18,72	18,13	20,25	20,57	19,93
2471	23,78	25,47	22,08	18,90	20,19	17,61	20,92	22,72	19,13

2516	23,36	24,24	22,48	18,77	20,55	16,99	20,56	22,12	19,00
2594	23,21	23,25	23,18	18,47	18,50	18,45	20,30	20,34	20,27
2615	24,30	25,86	22,75	19,66	21,50	17,82	21,68	23,64	19,73
2671	25,29	27,06	23,53	21,63	24,63	18,63	23,44	26,12	20,76
2746	26,55	27,59	25,50	22,80	24,25	21,35	24,86	26,41	23,30
2800	23,50	25,20	21,80	18,69	19,99	17,39	20,61	22,45	18,77
2827	26,00	27,09	24,91	22,01	23,47	20,55	24,09	24,25	23,93
2867	25,74	26,72	24,76	21,57	23,19	19,94	23,65	25,35	21,96
2893	23,15	23,54	22,77	18,42	18,72	18,13	20,25	20,57	19,94
2930	26,49	27,68	25,31	23,91	26,36	21,47	25,37	27,23	23,51
2989	23,50	25,20	21,80	18,69	19,99	17,39	20,61	22,45	18,77
3097	23,65	24,60	22,70	19,36	21,28	17,43	21,08	22,77	19,38
3177	24,58	26,38	22,78	21,17	24,45	17,89	22,67	25,53	19,82
3205	25,61	27,21	24,01	22,08	22,30	21,86	23,94	26,29	21,60
3249	27,30	28,33	26,27	23,59	25,53	21,66	25,63	27,39	23,87
3279	24,63	26,33	22,93	19,55	20,85	18,25	21,83	23,67	19,99
3357	24,73	26,38	23,08	19,76	21,30	18,22	22,02	23,93	20,12
3406	23,50	25,20	21,80	18,69	19,99	17,39	20,61	22,45	18,77
3579	25,45	25,63	25,27	20,81	22,85	18,77	23,01	25,18	20,85
3670	26,09	27,34	24,84	22,30	24,49	20,10	24,18	26,18	22,18
3763	24,06	25,90	22,22	19,12	19,26	18,98	21,21	23,20	19,22
3782	24,48	26,08	22,88	20,18	21,95	18,40	22,08	24,01	20,14
3858	23,78	25,48	22,08	18,90	20,20	17,60	20,91	22,75	19,07
3896	23,08	23,47	22,70	18,37	18,67	18,07	20,19	20,51	19,88
3955	25,15	26,75	23,55	21,29	21,50	21,07	23,16	25,51	20,82
4130	23,50	25,20	21,80	18,69	19,99	17,39	20,61	22,45	18,77
4287	23,02	23,41	22,64	18,32	18,62	18,03	20,15	20,46	19,83

IV -Valores de TSM para o testemunho CF02-02B obtidos através da TAM..

Idade	Amostra	TSM máxima	max	min	TSM mínima	max	min	TSM anual	max	min
1519	1	20,01	24,39	15,63	14,19	19,47	8,90	16,86	21,69	12,03
1547	2	22,55	23,29	21,82	17,83	18,43	17,23	19,88	20,36	19,39
1575	3	22,24	23,34	21,13	17,67	18,56	16,78	19,61	20,45	18,78
1603	4	20,86	21,98	19,74	16,58	17,57	15,59	18,63	19,65	17,60
1631	5	19,22	25,26	13,18	15,04	20,13	9,95	16,94	22,26	11,62
1659	6	18,54	24,47	12,62	14,60	19,65	9,54	16,44	21,70	11,18
1687	7	20,03	21,73	18,34	15,96	17,18	14,74	17,92	19,26	16,58
1715	8	22,77	24,40	21,15	18,12	19,38	16,86	20,05	21,61	18,48
1743	9	22,17	23,53	20,80	17,57	18,66	16,48	19,53	20,59	18,48
1771	10	25,39	27,22	23,56	21,21	23,35	19,07	23,28	25,61	20,96
1799	11	21,52	22,88	20,17	16,94	17,86	16,02	19,11	20,19	18,03
1827	12	21,29	22,27	20,30	16,85	17,60	16,10	18,99	19,87	18,12
1854	13	22,25	23,36	21,15	17,67	18,56	16,78	19,64	20,47	18,80
1882	14	25,39	27,45	23,33	22,08	25,63	18,54	23,71	26,84	20,58
1909	15	21,11	23,04	19,17	16,28	17,85	14,70	18,53	20,17	16,89
1937	16	23,16	25,07	21,24	18,42	19,92	16,92	20,42	22,21	18,63
1964	17	23,39	25,39	21,39	18,63	20,68	16,58	20,66	22,98	18,34
1992	18	23,94	25,50	22,38	19,14	19,29	18,99	21,22	22,98	19,46
2019	19	22,89	24,78	20,99	18,18	19,65	16,70	20,18	20,35	20,00
2046	20	24,79	25,97	23,61	20,47	21,87	19,06	22,48	23,94	21,02
2073	21	21,66	22,82	20,49	17,29	18,28	16,30	19,25	20,23	18,26
2126	23	23,33	25,02	21,64	18,56	19,85	17,26	20,45	22,25	18,65
2153	24	23,58	25,27	21,88	18,75	20,04	17,45	20,71	22,50	18,91
2180	25	24,19	25,79	22,60	19,29	20,80	17,78	21,45	23,27	19,62
2206	26	23,24	24,93	21,54	18,49	19,78	17,19	20,37	22,17	18,58
2232	27	25,07	26,78	23,37	20,45	22,37	18,53	22,62	24,71	20,53
2258	28	24,63	26,33	22,93	19,55	20,85	18,26	21,84	23,68	20,00
2284	29	21,10	21,85	20,35	16,56	17,11	16,01	18,78	19,43	18,14
2361	32	17,74	22,90	12,58	13,39	18,42	8,36	15,46	20,53	10,38
2387	33	23,28	24,97	21,59	18,52	19,81	17,23	20,41	22,20	18,61
2413	34	22,98	24,60	21,35	18,27	19,53	17,01	20,24	21,80	18,67
2439	35	24,36	26,06	22,65	19,34	20,64	18,04	21,54	23,38	19,70

2465	36	22,13	23,23	21,04	17,67	18,55	16,79	19,59	20,43	18,75
2491	37	21,48	22,65	20,30	17,07	17,94	16,20	19,15	20,06	18,23
2519	38	23,86	25,48	22,24	19,26	20,74	17,78	21,32	23,01	19,62
2546	39	26,46	27,73	25,18	22,66	25,57	19,76	24,81	25,01	24,62
2575	40	25,15	26,71	23,59	20,89	22,74	19,05	22,95	24,91	20,99
2604	41	23,18	25,07	21,29	18,44	19,91	16,96	20,43	20,61	20,25
2634	42	20,90	21,95	19,85	16,46	17,15	15,77	18,62	19,51	17,72
2730	45	23,58	25,27	21,89	18,75	20,05	17,46	20,71	22,51	18,92
2765	46	19,31	20,48	18,14	15,04	16,10	13,98	17,08	18,11	16,06
2801	47	26,38	27,75	25,00	22,83	24,49	21,16	24,79	26,58	23,01
2838	48	24,19	25,88	22,50	19,21	20,51	17,92	21,37	23,16	19,57
2919	50	21,64	23,03	20,25	16,99	17,96	16,02	19,19	20,31	18,07
2962	51	22,07	23,58	20,56	17,23	18,28	16,18	19,52	20,68	18,36
3104	54	27,18	28,29	26,07	23,67	25,80	21,53	25,52	27,35	23,70
3156	55	24,91	26,56	23,26	20,17	21,71	18,63	22,40	24,30	20,50
3211	56	24,08	25,78	22,38	19,13	20,43	17,83	21,23	23,07	19,40
3268	57	24,63	26,33	22,93	19,55	20,85	18,25	21,83	23,67	19,99
3329	58	26,87	28,15	25,60	23,71	26,61	20,81	25,61	25,81	25,41
3392	59	27,09	28,24	25,94	23,96	24,17	23,75	25,62	27,39	23,86
3527	61	27,13	28,24	26,01	23,58	25,71	21,44	25,45	27,27	23,62
3750	64	26,00	27,23	24,76	21,94	23,34	20,53	24,05	25,48	22,63
3991	67	24,70	26,53	22,87	20,90	21,15	20,66	22,68	25,35	20,01
4334	71	25,63	26,39	24,87	21,67	23,03	20,31	23,61	24,92	22,30
4511	73	24,08	25,59	22,56	19,35	20,96	17,74	21,40	23,21	19,59
4601	74	20,67	22,74	18,61	15,93	17,85	14,00	18,17	18,37	17,98
4691	75	25,33	27,35	23,32	20,09	21,63	18,55	22,59	24,77	20,41
4871	77	25,17	27,40	22,93	20,25	22,55	17,95	22,51	25,13	19,90
4961	78	20,60	21,35	19,85	16,19	16,74	15,64	18,36	19,00	17,71
5051	79	23,33	25,03	21,64	18,56	19,86	17,27	20,45	22,25	18,66
5140	80	24,56	26,13	23,00	19,69	21,18	18,21	21,89	22,07	21,71
5228	81	24,11	25,70	22,52	19,23	20,74	17,72	21,34	23,17	19,51
5316	82	20,90	21,95	19,85	16,46	17,15	15,77	18,62	19,51	17,72
5402	83	25,14	26,73	23,56	21,51	23,35	19,67	23,32	23,52	23,12
5571	85	24,35	26,05	22,65	19,34	20,63	18,04	21,53	23,37	19,69
5654	86	26,66	28,29	25,03	22,66	24,58	20,74	24,86	26,92	22,81

5735	87	24,26	25,85	22,67	19,34	20,85	17,83	21,50	23,33	19,67
6037	91	26,04	27,28	24,81	22,27	24,40	20,14	24,30	26,00	22,60
6175	93	23,67	24,83	22,50	19,08	20,62	17,53	21,15	22,45	19,85
6428	97	23,56	25,13	21,99	18,86	19,00	18,72	20,86	22,55	19,18
6706	102	24,35	26,05	22,65	19,34	20,64	18,04	21,53	23,37	19,69
6855	105	22,71	24,62	20,80	18,05	19,53	16,57	20,13	21,92	18,35
6902	106	26,20	27,89	24,52	22,64	25,29	19,99	24,53	26,89	22,17
6948	107	25,19	26,93	23,46	20,38	21,95	18,81	22,71	24,66	20,75
7037	109	24,14	25,84	22,45	19,18	20,47	17,89	21,33	23,13	19,54
7122	111	24,92	26,75	23,08	19,77	19,91	19,63	22,14	24,13	20,15
7204	113	25,93	27,63	24,23	21,90	19,80	19,64	24,03	25,96	22,10
7282	115	22,61	24,50	20,71	18,07	19,52	16,62	20,05	21,83	18,27
7359	117	23,88	25,44	22,32	19,04	19,19	18,90	21,13	22,89	19,37
7396	118	22,44	23,70	21,17	18,43	20,28	16,58	20,37	21,93	18,80
7433	119	19,86	20,95	18,77	15,79	16,73	14,85	17,71	18,72	16,70
7507	121	22,78	24,68	20,88	18,18	19,63	16,73	20,23	22,00	18,45
7651	125	25,70	27,45	23,95	20,83	22,72	18,95	23,25	25,29	21,21
7687	126	23,10	23,48	22,71	18,38	18,68	18,08	20,21	20,52	19,89
7724	127	24,50	26,06	22,93	19,55	21,03	18,07	21,76	21,94	21,57
7797	129	23,78	25,47	22,09	18,91	20,20	17,61	20,93	22,72	19,13
7871	131	24,50	26,06	22,93	19,55	21,03	18,06	21,75	21,93	21,57
7947	133	22,00	22,25	21,76	17,71	18,02	17,40	19,71	19,97	19,44
8025	135	25,64	27,20	24,09	21,32	22,69	19,95	23,53	23,70	23,37
8105	137	22,07	23,98	20,15	17,62	19,11	16,13	19,56	21,35	17,76
8268	141	23,03	24,94	21,12	18,33	19,82	16,84	20,33	22,12	18,54
8352	143	18,17	24,03	12,32	14,22	19,20	9,25	16,12	21,34	10,91
8523	147	21,15	22,18	20,12	16,89	16,89	16,89	18,88	19,82	17,94
8698	151	21,18	22,14	20,22	16,98	17,90	16,06	18,96	19,82	18,09
8876	155	24,10	25,70	22,50	19,29	20,82	17,76	21,38	23,20	19,56
8965	157	21,24	22,91	19,58	16,56	17,98	15,14	18,76	20,18	17,34
9100	160	23,66	24,54	22,78	19,36	21,14	17,58	21,09	22,65	19,53
9235	163	24,65	26,22	23,07	19,85	21,35	18,35	22,01	23,82	20,20
9325	165	24,26	25,86	22,67	19,35	20,86	17,84	21,50	23,33	19,67
9507	169	24,95	26,15	23,75	20,87	21,89	19,84	22,84	23,99	21,69
9598	171	21,11	23,04	19,17	16,28	17,85	14,70	18,53	20,17	16,89

9689	173	23,50	25,20	21,80	18,69	19,99	17,39	20,61	22,45	18,77
9780	175	23,16	23,54	22,77	18,43	18,73	18,13	20,26	20,57	19,94
9826	176	21,59	22,87	20,31	16,98	17,91	16,05	19,16	20,20	18,12
9872	177	20,87	21,92	19,83	16,58	17,52	15,64	18,62	19,59	17,65
9918	178	19,18	19,46	18,90	15,03	15,80	14,26	17,18	17,88	16,48
9964	179	24,13	25,91	22,35	19,81	21,54	18,08	21,83	23,73	19,93
10148	183	26,27	27,86	24,69	22,35	24,59	20,10	24,34	26,50	22,18
10194	184	24,35	26,05	22,65	19,34	20,64	18,04	21,53	23,37	19,70
10332	187	22,29	24,16	20,41	17,81	19,24	16,37	19,71	21,47	17,94
10518	191	19,00	19,28	18,72	14,52	15,29	13,75	16,71	17,41	16,01
10611	193	20,57	22,31	18,84	16,41	17,58	15,24	18,39	19,76	17,02
10750	196	21,17	22,05	20,28	16,87	17,62	16,12	18,92	19,71	18,12
10843	198	21,08	22,69	19,46	16,37	16,50	16,23	18,61	20,02	17,20
10890	199	21,05	22,00	20,10	16,79	17,61	15,97	18,81	19,67	17,94
11077	203	25,97	28,12	23,82	21,79	24,27	19,31	23,89	26,56	21,21
11170	205	24,07	25,77	22,36	19,12	20,42	17,82	21,22	23,06	19,38
11264	207	21,74	22,67	20,81	17,50	18,32	16,68	19,44	20,29	18,60
11358	209	27,35	29,19	25,52	23,37	25,50	21,24	25,55	27,83	23,27
11452	211	27,51	28,03	26,99	24,68	27,22	22,15	26,44	27,68	25,21
11499	212	21,53	23,14	19,93	16,84	18,23	15,44	19,01	20,36	17,67
11546	213	27,50	28,04	26,97	24,19	26,66	21,71	26,19	26,31	26,06
11640	215	26,54	27,70	25,38	22,72	24,75	20,69	24,79	26,45	23,12
11687	216	22,83	25,20	20,46	18,21	20,51	15,91	20,22	22,79	17,65
11828	219	22,90	24,88	20,93	18,29	19,80	16,78	20,30	22,15	18,45
11875	220	22,51	23,71	21,32	17,83	18,75	16,91	19,84	20,74	18,94
12016	223	23,58	25,27	21,88	18,75	20,04	17,45	20,71	22,50	18,91
12205	227	23,33	25,03	21,64	18,56	19,86	17,27	20,45	22,25	18,66
12394	231	25,90	27,53	24,28	22,07	24,07	20,08	24,16	26,36	21,96
12488	233	24,91	26,76	23,07	19,77	21,18	18,35	22,14	24,14	20,14
12536	234	23,33	25,21	21,45	18,58	20,02	17,15	20,62	22,38	18,86
12583	235	12,27	18,27	6,26	8,35	13,47	3,24	10,28	15,64	4,92
12630	236	22,21	23,39	21,04	17,38	18,21	16,55	19,66	20,57	18,75
12677	237	21,91	23,20	20,61	17,17	18,08	16,26	19,42	19,53	19,32
12725	238	22,48	24,00	20,97	17,72	19,14	16,31	19,75	21,07	18,44
12772	239	23,58	25,27	21,89	18,75	20,05	17,46	20,71	22,51	18,92

12914	242	19,82	22,04	17,61	15,25	17,07	13,43	17,47	19,35	15,58
12961	243	24,44	26,28	22,60	19,41	20,81	18,00	21,68	23,63	19,73
13055	245	21,85	22,91	20,80	17,28	18,07	16,49	19,38	20,21	18,56

V- Dados freqüência (%) das espécies de foraminíferos de foraminíferos planctônicos nas amostras de sedimentos superficiais usados na calibração da TAM.

Core	Ouniv	Gcong	Gruber	G tem	G tril	G sacc	T											
							Gsiphon	G.cal	G. bul	G falc	G rub	quinq	N dut	G cras	G hirs	G scit	G men	G glut
P14	0,9	0,0	49,1	0,0	4,6	0,9	0,9	3,7	12,0	0,0	9,3	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1
P12	1,2	0,0	61,9	0,0	4,2	0,6	0,6	3,6	12,5	1,8	7,1	2,4	0,6	0,0	0,0	0,0	0,6	1,2
P13	0,4	0,4	60,5	0,4	4,1	0,0	0,8	2,1	14,4	0,4	7,0	3,7	0,8	0,0	0,0	0,0	0,4	3,7
P01	0,0	0,0	42,3	0,6	0,6	0,0	0,0	8,9	14,3	1,2	12,5	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3
P11	0,8	0,0	48,1	0,0	0,8	0,0	1,5	4,5	19,5	1,5	13,5	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	5,3
P15	0,9	2,7	58,6	0,0	3,6	0,0	0,0	5,4	14,4	0,0	3,6	3,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,9	5,4
P10	1,4	0,0	46,6	0,0	0,0	0,0	1,4	5,5	20,5	0,0	9,6	4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,2
P09	0,5	0,0	46,0	0,0	1,1	0,0	1,6	8,0	13,9	1,1	10,2	5,9	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5	9,6
P08	0,7	0,0	40,1	0,7	2,0	0,7	0,7	3,3	25,0	1,3	10,5	7,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,7	6,6
P07	0,0	0,4	41,7	0,4	0,4	0,7	0,7	6,9	12,3	0,4	15,2	5,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	14,5
P06	0,3	0,0	34,1	0,3	0,0	0,0	0,5	6,5	10,4	0,3	15,1	9,6	0,5	0,0	0,0	0,3	0,0	20,6
P05	0,0	0,0	28,3	0,8	0,0	0,0	0,5	6,5	11,0	1,5	18,0	10,8	1,3	0,0	0,0	0,0	0,3	20,3
P04	0,0	0,2	27,4	1,1	0,0	0,0	1,1	5,1	9,1	1,3	22,1	9,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,0	20,8
P03	0,0	0,4	32,3	1,1	0,0	0,0	0,0	5,6	13,9	0,0	20,7	6,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,4	18,4
P02	0,0	0,3	39,5	0,6	1,2	0,3	0,6	7,1	8,6	0,6	19,4	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	16,7
BCCF0506	0,0	0,3	36,6	0,5	1,0	0,3	1,5	3,6	25,6	4,1	11,0	5,9	1,3	0,0	0,0	0,0	0,5	7,9

VI – Dados de frequência(%) das espécies de foraminíferos ao longo do testemunho CF02-02B.

prof. (cm)	Gbul	Tqui	Guvu	Ndut	Gsip	Gsci	Gfal	Gglu	Ouni	Gruber	Gcon	Gtri	Gsac	Grub	Gcal	Gmen	Gten
1	51,2	12,8	0,0	1,2	1,2	0,0	3,5	2,3	0,0	12,8	1,2	5,8	0,0	3,5	4,7	0,0	0,0
2	46,7	4,3	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	1,1	1,1	34,8	0,0	0,0	0,0	6,5	3,3	0,0	0,0
3	38,0	5,6	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	0,0	28,7	0,0	0,9	0,9	12,0	8,3	0,0	0,0
4	28,0	8,0	0,0	6,0	8,0	0,0	14,0	4,0	0,0	20,0	0,0	4,0	0,0	6,0	2,0	0,0	0,0
5	47,3	9,1	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,4	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0
6	33,3	14,8	0,0	1,2	1,2	0,0	3,7	6,2	0,0	24,7	0,0	0,0	1,2	7,4	4,9	0,0	1,2
7	39,2	5,9	0,0	2,0	2,0	0,0	15,7	3,9	0,0	21,6	0,0	2,0	0,0	5,9	2,0	0,0	0,0
8	36,2	4,6	0,0	0,0	7,7	0,0	2,3	1,5	0,0	30,0	0,8	2,3	0,8	12,3	1,5	0,0	0,0
9	38,1	10,7	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	0,0	28,6	0,0	3,6	0,0	1,2	7,1	0,0	0,0
10	21,3	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	3,2	1,1	51,1	0,0	1,1	0,0	0,0	14,9	0,0	0,0
11	41,8	6,3	0,0	2,5	0,0	0,0	11,4	2,5	0,0	16,5	0,0	6,3	0,0	6,3	6,3	0,0	0,0
12	41,6	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,6	0,0	1,1	0,0	19,1	4,5	0,0	0,0
13	42,2	4,6	0,0	1,8	1,8	0,0	0,0	0,9	0,0	32,1	0,0	0,9	0,0	11,0	4,6	0,0	0,0
14	20,2	5,3	0,0	0,9	4,4	0,0	4,4	3,5	0,0	35,1	0,0	8,8	0,9	11,4	4,4	0,0	0,0
15	62,3	1,9	0,0	0,0	1,9	0,0	0,0	0,9	0,0	22,6	0,0	0,0	0,0	2,8	6,6	0,9	0,0
16	37,5	8,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	0,0	0,0	0,0	10,2	4,5	0,0	0,0
17	36,8	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	2,6	32,9	0,0	6,6	0,0	0,0	11,8	0,0	1,3
18	26,8	3,6	0,0	0,0	1,8	0,0	3,6	8,9	0,0	32,1	0,0	1,8	0,9	11,6	8,9	0,0	0,0
19	33,3	4,5	0,0	0,0	6,1	0,0	10,6	4,5	0,0	30,3	0,0	0,0	0,0	4,5	6,1	0,0	0,0
20	13,6	9,1	0,0	0,0	6,8	0,0	9,1	4,5	0,0	29,5	0,0	4,5	0,0	13,6	9,1	0,0	0,0
21	25,6	11,6	2,3	0,0	11,6	0,0	9,3	4,7	0,0	20,9	0,0	0,0	0,0	7,0	7,0	0,0	0,0
23	31,0	6,2	0,0	0,0	6,9	0,0	0,0	0,7	0,0	36,6	0,0	0,0	1,4	12,4	4,8	0,0	0,0
24	30,7	1,8	0,0	0,0	5,3	0,0	0,0	1,8	0,0	42,1	0,0	0,9	0,0	13,2	2,6	0,0	1,8
25	22,2	7,7	0,0	0,0	0,9	0,0	6,8	6,0	0,0	29,9	0,0	4,3	0,9	12,8	7,7	0,0	0,0
26	34,2	2,7	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	1,8	36,9	0,0	0,9	0,0	9,9	10,8	0,0	0,0
27	18,0	9,0	0,0	0,0	8,0	0,0	5,0	2,0	1,0	43,0	0,0	1,0	1,0	7,0	4,0	0,0	0,0
28	24,6	16,7	0,0	0,9	2,6	0,0	1,8	3,5	0,0	39,5	0,0	2,6	0,0	6,1	1,8	0,0	0,0
29	47,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	13,6	1,5	21,2	0,0	1,5	1,5	7,6	1,5	0,0	0,0
32	47,1	4,1	3,3	0,0	0,0	0,0	7,4	9,1	0,0	12,4	0,0	5,0	0,0	7,4	4,1	0,0	0,0

33	28,3	3,5	0,0	0,0	6,2	0,0	1,8	0,9	0,9	33,6	0,9	0,0	0,0	20,4	3,5	0,0	0,0
34	39,8	6,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	2,4	1,2	33,7	0,0	1,2	0,0	12,0	1,2	0,0	0,0
35	31,4	3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	5,9	0,0	41,2	0,0	5,9	0,0	3,9	3,9	0,0	0,0
36	32,9	2,7	0,0	2,7	5,5	0,0	2,7	9,6	0,0	26,0	0,0	1,4	0,0	13,7	2,7	0,0	0,0
37	39,2	5,9	2,0	0,0	9,8	0,0	9,8	3,9	0,0	21,6	0,0	2,0	0,0	2,0	3,9	0,0	0,0
38	16,7	7,7	0,0	5,1	12,8	0,0	10,3	2,6	0,0	24,4	0,0	0,0	1,3	16,7	1,3	0,0	1,3
39	18,3	8,6	0,0	1,1	5,4	0,0	1,1	9,7	1,1	35,5	1,1	6,5	2,2	6,5	2,2	1,1	0,0
40	18,8	9,1	0,0	0,0	1,8	0,0	4,8	6,1	0,0	43,6	0,0	1,2	0,0	9,1	4,8	0,0	0,0
41	38,3	3,7	0,0	0,0	3,7	0,0	3,7	3,7	0,0	34,6	0,0	0,0	0,0	9,9	2,5	0,0	0,0
42	40,6	4,3	0,0	0,0	10,1	0,0	2,9	14,5	0,0	13,0	0,0	4,3	0,0	8,7	1,4	0,0	0,0
45	34,3	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	2,9	5,7	0,0	41,4	2,9	1,4	1,4	7,1	1,4	0,0	0,0
46	41,5	2,4	0,0	0,0	4,9	0,0	31,7	4,9	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0
47	26,0	2,9	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,9	1,0	56,7	1,0	1,9	0,0	5,8	1,0	0,0	0,0
48	29,7	5,0	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0	1,0	1,0	43,6	1,0	3,0	0,0	4,0	9,9	0,0	0,0
50	46,0	4,8	0,0	1,6	11,1	0,0	6,3	1,6	0,0	17,5	0,0	3,2	4,8	0,0	1,6	0,0	1,6
51	48,7	2,6	0,0	0,0	17,9	0,0	5,1	7,7	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1	0,0	0,0
54	24,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
55	16,4	2,7	0,7	2,1	4,1	0,0	8,2	4,1	0,0	40,4	1,4	0,7	0,7	9,6	8,2	0,0	0,7
56	25,0	4,8	2,4	1,2	15,5	0,0	0,0	1,2	0,0	36,9	1,2	2,4	0,0	6,0	3,6	0,0	0,0
57	24,8	3,6	0,0	0,0	4,4	0,0	6,6	2,9	0,7	45,3	0,0	1,5	0,0	8,8	1,5	0,0	0,0
58	22,4	1,3	0,0	1,3	2,6	0,0	1,3	9,2	1,3	39,5	1,3	5,3	2,6	7,9	3,9	0,0	0,0
59	12,8	5,1	0,0	0,0	2,6	0,0	0,0	0,0	2,6	61,5	2,6	5,1	2,6	0,0	5,1	0,0	0,0
61	26,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	73,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
64	13,3	3,3	0,0	0,0	6,7	0,0	3,3	8,3	8,3	45,0	0,0	0,0	1,7	6,7	3,3	0,0	0,0
67	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
71	15,7	3,6	0,0	0,0	1,2	0,0	4,8	9,6	1,2	56,6	0,0	0,0	0,0	2,4	2,4	0,0	2,4
73	19,2	4,6	2,3	1,5	1,5	0,0	3,8	6,9	0,0	30,0	1,5	0,8	0,0	23,8	3,8	0,0	0,0
74	65,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
75	17,5	8,8	0,0	1,3	3,8	0,0	7,5	5,0	0,0	38,8	0,0	5,0	0,0	5,0	2,5	0,0	2,5
77	19,3	10,8	0,0	3,6	3,6	0,0	4,8	0,0	0,0	41,0	0,0	0,0	1,2	10,8	4,8	0,0	0,0
78	48,4	6,5	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	9,7	3,2	12,9	0,0	0,0	3,2	3,2	9,7	0,0	0,0
79	31,9	5,6	0,0	1,4	6,9	0,0	0,0	1,4	1,4	37,5	0,0	1,4	2,8	9,7	0,0	0,0	0,0
80	21,0	10,5	0,0	1,0	7,6	0,0	4,8	7,6	0,0	37,1	0,0	1,0	0,0	6,7	2,9	0,0	0,0
81	25,6	4,9	0,0	2,4	4,9	0,0	6,1	4,9	0,0	36,6	0,0	1,2	0,0	8,5	4,9	0,0	0,0
82	42,9	6,1	0,0	0,0	8,2	0,0	8,2	6,1	0,0	14,3	0,0	0,0	2,0	12,2	0,0	0,0	0,0

83	16,4	9,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	13,4	1,5	29,9	0,0	1,5	1,5	16,4	3,0	1,5	0,0
85	30,0	5,0	0,0	0,0	2,5	0,0	2,5	2,5	0,0	47,5	0,0	2,5	0,0	5,0	2,5	0,0	0,0
86	27,7	0,0	0,0	1,5	1,5	0,0	3,1	0,0	0,0	55,4	0,0	4,6	1,5	1,5	3,1	0,0	0,0
87	17,3	13,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	1,2	30,9	0,0	2,5	2,5	18,5	8,6	0,0	0,0
91	10,3	11,1	0,0	1,6	0,8	0,0	4,8	9,5	0,8	40,5	0,8	3,2	1,6	7,9	6,3	0,0	0,8
93	8,8	2,9	0,0	0,0	2,9	0,0	26,5	8,8	2,9	26,5	2,9	2,9	5,9	5,9	2,9	0,0	0,0
97	22,7	15,2	0,0	1,5	3,0	0,0	3,0	7,6	1,5	28,8	0,0	0,0	1,5	9,1	4,5	1,5	0,0
102	29,2	1,4	0,0	1,4	0,0	0,0	2,8	6,9	2,8	40,3	0,0	4,2	0,0	9,7	1,4	0,0	0,0
105	35,9	0,0	0,0	1,3	1,3	0,0	5,1	7,7	2,6	28,2	0,0	10,3	0,0	2,6	5,1	0,0	0,0
106	16,8	8,4	0,0	0,0	2,8	0,0	3,5	4,9	2,1	44,8	0,7	1,4	1,4	11,2	1,4	0,7	0,0
107	17,0	10,4	0,7	0,7	6,7	0,0	5,2	5,2	0,7	30,4	0,0	5,9	0,7	11,1	4,4	0,0	0,7
109	26,8	14,3	0,0	0,0	1,8	0,0	0,0	5,4	1,8	32,1	0,0	7,1	1,8	3,6	5,4	0,0	0,0
111	19,7	6,1	0,0	1,5	3,0	1,5	4,5	1,5	1,5	43,9	0,0	1,5	4,5	3,0	7,6	0,0	0,0
113	15,6	6,8	0,0	1,4	3,4	0,0	3,4	8,2	2,7	42,2	0,0	0,0	2,0	10,2	3,4	0,0	0,7
115	31,3	6,3	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	10,4	0,0	25,0	0,0	10,4	0,0	8,3	4,2	0,0	0,0
117	21,1	15,8	0,0	1,1	1,1	0,0	0,0	7,4	1,1	27,4	1,1	3,2	1,1	12,6	7,4	0,0	0,0
118	17,9	7,7	0,0	5,1	2,6	0,0	7,7	17,9	0,0	20,5	0,0	7,7	0,0	10,3	2,6	0,0	0,0
119	22,1	21,4	0,0	0,0	0,0	0,0	8,4	6,9	0,8	16,8	0,0	0,8	0,0	14,5	6,9	0,8	0,0
121	23,1	13,1	0,0	2,3	3,1	0,0	6,2	7,7	0,0	24,6	0,8	4,6	3,1	8,5	3,1	0,0	0,0
125	21,6	9,0	0,0	0,9	2,7	0,0	1,8	2,7	0,0	45,9	0,0	0,9	0,0	13,5	0,9	0,0	0,0
126	40,3	1,3	0,0	0,0	1,3	0,0	3,9	2,6	0,0	41,6	0,0	3,9	0,0	1,3	2,6	0,0	1,3
127	20,4	17,5	1,0	0,0	1,9	0,0	1,9	6,8	1,0	33,0	0,0	2,9	2,9	6,8	2,9	0,0	1,0
129	24,8	12,9	0,0	0,0	5,9	1,0	3,0	6,9	0,0	32,7	0,0	1,0	1,0	7,9	1,0	0,0	2,0
131	23,4	7,6	0,0	1,3	0,6	0,0	3,8	7,0	0,6	41,8	0,6	3,2	2,5	3,8	3,2	0,0	0,6
133	12,5	10,0	0,0	2,5	10,0	0,0	5,0	10,0	7,5	7,5	5,0	10,0	0,0	12,5	5,0	0,0	2,5
135	15,2	11,4	0,0	1,5	3,8	0,0	5,3	8,3	0,8	31,1	1,5	3,8	0,8	15,2	1,5	0,0	0,0
137	27,3	9,1	0,0	3,0	2,0	0,0	8,1	7,1	1,0	25,3	1,0	0,0	3,0	12,1	0,0	0,0	1,0
141	33,7	5,9	0,0	3,0	1,0	0,0	4,0	6,9	1,0	29,7	0,0	5,9	1,0	6,9	1,0	0,0	0,0
143	41,5	12,3	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	1,5	0,0	27,7	0,0	1,5	1,5	6,2	4,6	0,0	1,5
147	27,5	8,3	0,0	3,3	3,3	0,0	7,5	7,5	0,0	15,8	1,7	6,7	1,7	14,2	2,5	0,0	0,0
151	24,2	6,1	0,0	9,1	3,0	0,0	12,1	0,0	0,0	18,2	0,0	12,1	3,0	3,0	9,1	0,0	0,0
155	19,6	8,0	0,0	1,8	2,7	0,0	8,0	1,8	0,0	30,4	1,8	0,0	2,7	21,4	0,9	0,0	0,9
157	58,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	41,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
160	42,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
163	17,8	12,4	0,0	1,6	0,8	0,0	8,5	2,3	0,0	32,6	0,0	0,8	0,8	20,9	1,6	0,0	0,0

165	20,0	17,1	2,9	0,0	14,3	0,0	5,7	2,9	0,0	31,4	0,0	2,9	0,0	0,0	2,9	0,0	0,0
169	9,2	12,6	1,7	5,9	2,5	0,0	9,2	1,7	0,0	26,9	0,0	4,2	1,7	22,7	1,7	0,0	0,0
171	63,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
173	30,0	5,0	0,0	1,7	5,0	0,0	1,7	3,3	0,0	38,3	0,0	3,3	1,7	10,0	0,0	0,0	0,0
175	48,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	51,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
176	42,9	7,1	0,0	0,0	7,1	0,0	0,0	7,1	0,0	17,9	0,0	14,3	0,0	3,6	0,0	0,0	0,0
177	26,7	8,0	1,3	1,3	4,0	0,0	12,0	4,0	0,0	17,3	0,0	2,7	1,3	21,3	0,0	0,0	0,0
178	73,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
179	15,3	13,5	0,0	4,5	0,0	0,0	6,3	7,2	0,9	24,3	0,0	2,7	1,8	22,5	0,0	0,0	0,0
183	35,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	64,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
184	25,0	10,7	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	3,6	0,0	35,7	0,0	3,6	3,6	14,3	0,0	0,0	0,0
187	27,6	9,9	0,0	5,3	2,6	0,0	4,6	3,9	0,0	25,7	0,0	1,3	2,0	17,1	0,0	0,0	0,0
191	72,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
193	31,0	15,5	0,0	5,2	1,7	0,0	10,3	3,4	0,0	17,2	0,0	3,4	1,7	8,6	1,7	0,0	0,0
196	36,7	14,3	0,0	6,1	2,0	0,0	0,0	2,0	0,0	18,4	0,0	8,2	2,0	10,2	0,0	0,0	0,0
198	59,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
199	31,4	17,6	0,0	7,8	2,0	0,0	3,9	5,9	0,0	13,7	2,0	3,9	2,0	9,8	0,0	0,0	0,0
203	28,6	3,2	0,0	3,2	1,6	0,0	1,6	0,0	0,0	52,4	0,0	0,0	0,0	7,9	1,6	0,0	0,0
205	27,4	8,1	0,0	0,8	0,0	0,0	4,0	4,0	0,0	41,1	0,0	2,4	1,6	8,9	1,6	0,0	0,0
207	17,9	17,9	0,0	2,6	5,1	0,0	5,1	5,1	0,0	15,4	0,0	15,4	2,6	10,3	2,6	0,0	0,0
209	29,0	0,0	0,0	13,0	8,7	0,0	0,0	0,0	0,0	40,6	1,4	2,9	1,4	2,9	0,0	0,0	0,0
211	17,2	9,1	1,0	3,0	1,0	0,0	4,0	2,0	1,0	36,4	1,0	7,1	0,0	13,1	3,0	0,0	1,0
212	57,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
213	16,2	9,0	0,0	0,9	3,6	0,9	4,5	0,9	0,0	36,9	0,0	7,2	2,7	17,1	0,0	0,0	0,0
215	17,0	1,9	0,0	0,0	5,7	0,0	3,8	1,9	3,8	52,8	0,0	1,9	3,8	7,5	0,0	0,0	0,0
216	37,1	2,9	0,0	4,3	0,0	0,0	1,4	2,9	0,0	30,0	1,4	10,0	0,0	7,1	2,9	0,0	0,0
219	30,4	5,8	1,4	5,8	1,4	0,0	2,9	2,9	0,0	27,5	0,0	7,2	2,9	11,6	0,0	0,0	0,0
220	44,7	2,6	1,3	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,2	1,3	2,6	1,3	9,2	0,0	0,0	0,0
223	34,6	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	3,8	1,9	1,9	42,3	0,0	1,9	0,0	5,8	0,0	0,0	0,0
227	47,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
231	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,0	0,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
233	25,9	4,3	0,0	4,3	2,9	0,0	2,9	0,7	0,0	43,9	0,7	2,9	0,0	10,8	0,7	0,0	0,0
234	24,0	13,5	0,0	1,0	0,0	0,0	5,8	1,0	0,0	25,0	2,9	3,8	5,8	17,3	0,0	0,0	0,0
235	47,1	17,6	0,0	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,8	0,0	5,9	0,0	5,9	5,9	0,0	0,0
236	52,8	1,9	0,0	5,7	1,9	0,0	3,8	1,9	0,0	24,5	0,0	1,9	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0

237	49,7	6,9	0,0	1,4	2,1	0,0	1,4	0,0	0,0	22,1	0,7	6,9	0,7	4,1	3,4	0,0	0,7
238	55,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
239	31,9	6,4	0,0	3,2	1,1	0,0	1,1	1,1	0,0	40,4	1,1	2,1	2,1	8,5	1,1	0,0	0,0
242	70,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
243	23,6	9,0	1,1	2,2	0,0	0,0	5,6	1,1	0,0	31,5	0,0	7,9	2,2	12,4	3,4	0,0	0,0
245	43,3	6,7	0,0	1,7	0,0	0,0	1,7	0,0	0,0	28,3	0,0	3,3	0,0	11,7	3,3	0,0	0,0

VII – Dados de freqüência(%) das espécies de foraminíferos ao longo do testemunho CF02-01B.

Prof.	Gbul	Tquin	Guvu	Ndut	Gsip	Gfal	Gglu	Ouni	Gruber	Gcon	Gtri	Gsac	Grub	Gcal	Gmen	Gten	Pobli
1	33,3	2,5	0	0,8	2,5	0	0	0	50,8	0,8	0	1,7	4,2	2,5	0,8	0	0
4	24,3	12,8	0	0	0	0,7	4,7	0	38,5	0	4,1	0	10,8	0	4,1	0	0
6	29	11,4	0	0	0,7	1,3	6,1	0	31,6	0	2,4	0,7	11,4	5,4	0	0	0
8	21,9	13,9	0	0,7	4,6	1,3	2,6	0	40,4	0	3,3	0	7,3	2	1,3	0,7	0
10	20,6	9,8	0	1	4,9	0	0	0	52,9	0	0	0	8,8	1	0	1	0
16	17,6	11,5	0	0	0	0	3,8	1,5	42	0	5,3	1,5	12,2	3,1	0	1,5	0
19	26,3	10,5	0	0	2,1	3,2	3,2	1,1	41,6	0	0,5	0	10	1,6	0	0	0
20	19,4	10,2	1	1	1	4,1	4,1	3,1	35,7	1	0	2	7,1	8,2	0	0	0
26	26,7	12	0	1,3	2,7	2	4	0	34,7	0	2,7	0	10	3,3	0	0,7	0
30	31,2	2,2	0	0	1,4	7,2	2,2	0	33,3	1,4	0	2,9	10,9	6,5	0	0,7	0
35	31	12,3	0	1,8	1,8	5,3	3,5	0	27,5	0,6	4,1	1,2	8,2	2,9	0	0	0
38	33,6	6	0	0,6	1,5	0,6	5,4	1,2	40,2	1,2	1,5	0	4,8	2,7	0	0,6	0
39	26,6	5,8	0	0,6	0,6	0,6	7,8	1,3	40,3	0	1,9	3,2	5,2	3,9	0,6	1,3	0
41	20,4	12,2	0	2	1,5	3,6	1	2	45,9	1,5	1	0,5	5,1	2,6	0	0	0,5
43	28,7	6,6	0	0,7	1,5	3,7	0	0,7	39,7	0	4,4	0,7	11	1,5	0,7	0	0
47	20,4	8,1	0	1,4	4,3	4,7	2,4	0,9	43,6	0	1,9	0,9	9	2,4	0	0	0
51	22,1	4,2	0	1,1	0	0	1,1	3,2	56,8	0	0	3,2	4,2	3,2	1,1	0	0
55	19,4	7,6	0	0,7	1,4	2,8	2,1	0	52,8	0,7	4,9	0	4,9	2,8	0	0	0
58	24,7	6,8	0	2,1	1,4	2,1	1,4	0,7	37	0	4,8	0,7	11,6	6,2	0	0,7	0
60	26,4	7,9	0	0	2,9	3,6	3,6	2,1	40	0	2,1	0,7	6,4	4,3	0	0	0
61	19,6	7,1	0	0	1,2	0,4	0,4	0,4	49,8	0	0	2	12,2	5,1	1,6	0	0,4
62	24,3	9,1	0	2,2	2,2	1,7	0,9	1,3	41,7	0	5,7	0	6,5	3,9	0,4	0	0

65	25,7	8,4	0	1,7	5	1,7	2,2	3,9	24	0	3,9	2,2	11,7	9,5	0	0	0
67	30,1	2,4	0	2,4	2,4	0	2,4	0	42,2	0	2,4	1,2	8,4	6	0	0	0
72	22,8	5	0	1	0	3	0,5	0	41,6	0	2,5	0	11,9	8,9	2,5	0	0,5
75	26,5	6,5	0	1,3	1,9	3,9	1,9	0	33,5	0	4,5	1,3	12,3	6,5	0	0	0
78	22,9	10,4	0	1	2,1	2,1	3,6	0	38,5	0	2,1	0	10,4	6,3	0	0,5	0
80	30,9	3	0	0	0,6	4,2	2,4	0,6	43,6	0	4,2	0	5,5	3,6	0,6	0	0,6
82	25,9	3,7	0	2,1	2,1	2,6	3,2	0	46	0	2,1	1,1	6,3	4,8	0	0	0
88	26,8	3,1	0	2,1	1	3,1	3,1	0	40,2	0	0	1	12,4	6,2	1	0	0
90	30,2	1,9	0,9	0	2,8	2,8	0,9	0	47,2	0	1,9	0	5,7	4,7	0,9	0	0
92	39,5	3,4	0	0	2,5	0,8	5,9	0	33,6	0	5	0,8	5,9	2,5	0	0	0
96	33,8	0,8	0	0	1,5	5,3	3,8	0,8	36,1	0	4,5	0,8	8,3	4,5	0	0	0
100	31,1	1,7	0,8	0	1,7	0,8	0,8	0,8	42,9	0	0	3,4	5,9	8,4	0	0,8	0,8
108	22,2	1,9	0	0,6	1,2	0	6,2	0,6	48,1	0	1,9	1,9	10,5	4,3	0	0,6	0
112	16,2	7,7	0	0,9	5,1	0	1,7	5,1	41	0,9	3,4	1,7	12	3,4	0	0	0
117	28,2	2,3	0	0	0	2,3	7,6	0,8	36,6	0	6,9	0,8	8,4	4,6	0,8	0,8	0
120	32,3	0	2,1	0	2,1	0	0	2,1	39,6	1	1	1	12,5	3,1	0	2,1	0
127	25,7	1	0	1	3	3	5	0	35,6	0	6,9	0	14,9	3	0	1	0
130	33,6	4,9	0	0	1,4	0	0	0	39,2	0,7	0	1,4	16,1	2,1	0,7	0	0
137	28,7	5,4	0	0	1,3	2,2	4,5	0,9	38,1	0	1,8	0	12,1	2,2	2,2	0	0
140	26,5	5,2	0	0	0,6	1,9	1,9	0,6	39,4	0,6	0	3,9	11,6	7,1	0,6	0	0
145	25,2	3,1	0	0,6	1,8	3,7	4,9	0	41,1	0,6	0,6	3,1	2,5	12,3	0	0,6	0
150	28,3	1,6	0	0	0,8	0	2,4	0	52,8	1,6	0,8	0,8	6,3	4,7	0	0	0
158	23,8	4,9	0	0	4,1	0,8	5,7	1,6	45,1	0	4,1	0	7,4	0,8	0,8	0	0
160	19,3	4,2	0	0	1,7	0	0	2,5	45,4	0,8	0	3,4	7,6	14,3	0,8	0	0
165	17,2	6	0	0,7	0,7	1,5	9	0,7	41	0	4,5	0	11,9	6	0	0,7	0
171	25	1	0	0,3	1	0	0	0	65,4	0,3	0,3	1	2,9	2,2	0,3	0,3	0
175	24,7	2,7	0	0	0,7	1,4	4,1	0,7	49,3	0,7	0	0	6,8	8,9	0	0	0
177	16,4	1,1	0	0	1,1	3,4	1,7	0,6	54,8	0,6	5,1	0,6	8,5	5,1	0	1,1	0
180	13,3	1,9	0	0	1,9	1	0	3,8	55,2	0	0	1,9	12,4	5,7	1	1,9	0
183	33,9	0	0	0	0,5	0,5	1,6	0	46,8	0	5,9	0,5	7	2,7	0	0,5	0
185	9,1	5,5	0	0,9	0,9	1,8	2,7	2,7	49,1	0	8,2	0	18,2	0,9	0	0	0
190	23,4	3,2	0	0,8	3,2	2,4	0	3,2	47,6	0	0	1,6	9,7	4,8	0	0	0
199	21,1	0	0	0	1,1	1,1	1,1	0	48,9	0	0	4,4	16,7	4,4	1,1	0	0
205	25	0	0	0	0,9	0,9	5,6	0,9	48,1	0	5,6	0	11,1	0	0,9	0	0
207	20,9	4,7	0	0	0	0,5	2,6	1	53,4	0	4,2	0	9,4	2,1	0,5	0,5	0

210	18,9	1	0	0	0,5	1	0,5	0,5	65,9	0	0	4,8	2,7	2,9	0,5	0	0
212	19,9	4,3	0	0	2,8	5,7	2,8	0	39,7	0	2,8	1,4	12,1	7,1	0	1,4	0
217	17,5	2,2	0	0,4	1,7	5,2	3,1	0,4	44,1	0	1,7	1,3	14	6,1	1,3	0	0
220	23,4	0,8	0	0,8	2,4	0	0	0,8	42,7	0	0	5,6	19,4	3,2	0,8	0	0
230	16,2	4,2	0	0	0,7	1,4	0	4,2	45,8	0	0	3,5	18,3	3,5	1,4	0,7	0
235	11,9	3,4	0	0	0	0,8	2,5	1,7	57,6	0	4,2	0,8	9,3	5,1	0,8	0,8	0
240	20,2	3	0	1,2	0,6	0,6	0,6	1,8	45,8	1,2	0	4,2	19	1,2	0	0,6	0
241	20,5	3,6	0	0,6	0	4,2	1,2	0,6	50,6	0,6	1,8	0	10,8	3	2,4	0	0
245	22,8	6,2	0	0,8	0,8	2,3	2,3	3,5	42,1	0	2,3	0	12,7	4,2	0	0	0
247	26,6	7,7	0	0	2,1	0,7	2,1	0,7	36,4	0	2,1	1,4	14	6,3	0	0	0
250	21,2	1,3	0	0	0	1,3	0	4	53,6	0,7	0	1,3	12,6	2,6	0,7	0,7	0
259	23,1	2,4	0	0	1,2	1,8	1,8	4,1	43,8	0,6	0	0	13,6	4,7	2,4	0,6	0
267	32,6	5,1	0	1,4	0,5	1,9	0,9	0,5	37,2	0,9	4,7	0	10,2	2,8	0	1,4	0

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)