**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**DEPARTAMENTO DE GEOQUÍMICA**

DOUGLAS VILLELA DE OLIVEIRA LESSA

# PALEOCEANOGRAFIA DO SISTEMA DE RESSURGÊNCIA DE CABO FRIO (RJ) NOS ÚLTIMOS 12.000 ANOS INFERIDA POR GEOQUÍMICA E ASSEMBLEIAS DE FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS

Niteró

2013

**THESE DE DOCTORAT DE**

**L'UNIVERSITE PIERRE ET MARIE CURIE**

Spécialité

**SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT**
(Ecole Doctorale 129: Sciences de l'Environnement d'Ile de France)

Présentée par

**M. DOUGLAS VILLELA DE OLIVEIRA LESSA**

Pour obtenir le grade de

**DOCTEUR de l'UNIVERSITÉ PIERRE ET MARIE CURIE**

# PALEOCEANOGRAPHIE DU SYSTEME D'UPWELLING DE CABO FRIO (RIO DE JANEIRO) DURANT LES 12.000 DERNIERES ANNEES DEDUITE DE LA GEOCHIMIE ET DES ASSEMBLAGES DE FORAMINIFERES PLANCTONIQUES.

soutenue le 27 mai 2013 devant le jury composé de :

Mme. Ana Luiza Spadano Albuquerque, Directeur de thèse

M. Bruno Turcq, Directeur de thèse

M. Cristiano Mazur Chiessi ,Rapporteur

M. Jean Pierre Debenay, Rapporteur

Mme. Cátia Fernandes Barbosa, Examinateur

M. Jacques Servain, Examinateur

M. Abdelfettah Sifeddine, Examinateur

**DOUGLAS VILLELA DE OLIVEIRA LESSA**

# PALEOCEANOGRAFIA DO SISTEMA DE RESSURGÊNCIA DE CABO FRIO (RJ) NOS ÚLTIMOS 12.000 ANOS INFERIDA POR GEOQUÍMICA E ASSEMBLEIAS DE FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS

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

**ORIENTADORA BRASILEIRA:** PROF. DRA. ANA LUIZA SPADANO ALBUQUERQUE

**ORIENTADOR FRANCÊS:** BRUNO JEAN TURCQ

NITERÓI

2013

L638 Lessa, Douglas Villela de Oliveira.

Paleoceanografia do sistema de ressurgência de Cabo Frio (RJ) nos últimos 12.000 anos inferida por geoquímica e assembleias de foraminíferos planctônicos / Douglas Villela de Oliveira Lessa. – Niterói : UFF. Programa de Geoquímica, 2013.

169 f. : il. color. ; 30 cm.

Tese (Doutorado em Geociências – Geoquímica Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, 2013. Orientadora: Prof. Dra. Ana Luiza Spadano Albuquerque. Orientador (cotutela): Prof. Dr. Bruno Jean Turcq.

1.Geoquímica. 2. Foraminífero planctônico. 3. Ressurgência. 4. Cabo Frio (RJ). 5. Produção intelectual. I. Título. II. Université Pierre et Marie Currie.

CDD 551.78

*Dedicado a minha família*
*Laís, Rubens, Daniell e Djenane*

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo incentivo e sustentação emocional durante os momentos mais difíceis tais quais as pressões e a adaptação à vida no estrangeiro;

A minha família que apoiou meu avanço sobre essa área.

A minha orientadora Ana Luiza que manteve as portas abertas para que eu continuasse trabalhando na área profissional que mais me dá prazer.

A Rede de Geoquímica da PETROBRAS pelo financiamento do Projeto Ressurgência – Produtividade na ressurgência costeira de Cabo Frio e seu potencial de acúmulo de matéria orgânica, no qual este trabalho está inserido.

Ao meu orientador francês Bruno Turcq por ter aceitado o projeto para estagio *sandwich* e pela proposição de que esta tese fosse realizada em cotutela com a Université Pierre et Marie Currie, permitindo que eu conhecesse o que a França tem de bom tanto na área científica quanto na vida cotidiana.

À CAPES pela bolsa de estudos tanto aqui no Brasil quanto no exterior.

A Meiber por me ajudar nos processos burocráticos extremamente fatigantes do estagio *sandwich*.

À professora Catia Barbosa pelo suporte metodológico para a quantificação da assembleia de foraminíferos planctônicos e desenvolvimento do modelo de biofáciess.

Ao professor Abdel Sifeddine por me ajudar a conseguir o visto no consulado francês.

À Florence Le Cornec por me ajudar a aprender e a desenvolver a técnica de quantificação de elementos em ICP-MS através de *Laser Ablation* e solução em testas de foraminíferos.

A Sandrine, Fetieh, Irina, Hugues, Claire e Ana pelas ajudas na preparação das análises geoquímicas no IRD fornecendo aparatos e preparando alguns reagentes.

Ao doutor Nicolas Duprey e ao técnico Magloire por me ensinar a realizar técnica de análises de isótopos estáveis em carbonatos.

A James, Marlei, Thiaguinho, Niura, Edward, Daniel, Gentil, Fernanda, Erika, Maria Lazaridou, Lisa e demais moradores do 5ème étage da Maison du Brésil entre outubro de 2011 e janeiro de 2012 que me ajudaram a se adaptar ao cotidiano francês.

A Keila Aniceto, Isabel Cobo, Mariana Delgado, Pierre, Faouza, François e um jovem corvo pelos bons momentos passados no alojamento do IRD.

Ao professor Thierry pelas aulas de francês, me ajudando a expandir minha capacidade de comunicação em francês.

Aos meus amigos da Geoquímica UFF que mantiveram minha motivação no desenvolvimento da tese, em especial a Rodrigo Portilho, James Apaéstegui e Thiago Pereira pelas discussões científicas e Manuel Moreira e Francisco Javier por me passar alguns softwares.

**RESUMO**

A presente tese teve o objetivo de reconstruir a paleoceanografia do Sistema de Ressurgência de Cabo Frio (SRCF) nos últimos 12.000 anos através da utilização de proxies ecológicos (comparação entre as assembleias do SRCF com as assembleias das áreas adjacentes com diferentes feições oceanográficas) e geoquímicos de foraminíferos planctônicos, além de obter maior conhecimento sobre a distribuição das espécies sob diferentes configurações oceanográficas, e avaliar e aplicar a recente metodologia de ablação a laser + ICP-MS para análises elementares em carbonatos de foraminíferos.

Para isso, 34 topos de *box-cores* englobando o SRCF e as áreas adjacentes nas bacias de Santos e Campos e dois testemunhos a gravidade foram usados. O agrupamento das assembleias na Margem Continental do Rio de Janeiro (MCRJ) indicou a ocorrência de quatro principais biofáciess espacialmente bem-separadas: biofácies A - talude da bacia de Campos (contribuição de espécies tropicais e subtropicais caracterizando a frente da Corrente do Brasil, CB), biofácies B - bacia de Santos (maiores contribuições de espécies relacionadas à produtividade, caracterizando sinal de mistura de massas de água costeiras produtivas e oceânicas oligotróficas), biofácies C – setor norte do SRCF (contribuições de *G. ruber* e *Globigerina bulloides*, caracterizando ambiente de ressurgência com frequentes atenuações por águas quentes) e a biofácies D – setor sul do SRCF (contribuição de espécies indicadoras de águas frias e produtivas, caracterizando uma configuração influenciada pela ressurgência Ekman). Além disso, a distribuição espacial de *Globoturborotalita rubescens* revelou preferencia desta espécie por águas de plataforma continental e *Globigerinella calida* sendo associada a pós-ressurgência.

Os testemunhos CF10-01B (mais distante da costa) e CF10-09A (mais próximo da costa) cobrem os últimos 11,5 e 7,1 ka cal, respectivamente sendo o primeiro mais influenciado pela Corrente do Brasil, expressando um sinal mais fraco da ressurgência que o segundo.

No testemunho CF10-01B, o $\delta^{18}O$ de *G. ruber* foi mais variável que o $\delta^{18}O$ de G. *bulloides* apresentando dois períodos de diminuição após 9,0 ka cal AP e após 4,0 ka cal AP, enquanto o $\delta^{18}O$ de *G. bulloides* diminui após 9,0 ka cal AP e permanece constante até o topo. No testemunho CF10-09A, o $\delta^{18}O$ das duas espécies variaram de forma antagônica com uma mudança entre 5,0 e 4,5 ka cal AP onde o $\delta^{18}O$ de *G. ruber* diminui de -0,4 para -1,0 ‰ e o $\delta^{18}O$ de *G. bulloides* aumenta de -0,8 para 0,0 ‰.

Os resultados da razão Mg/Ca obtidos pelo método de ablação a laser indicaram uma heterogeneidade intra-câmara que resultou em uma incerteza de 1,49°C para reconstruções com *G. ruber* e 0,6°C para *G. bulloides*, assim como amplitudes individuais de 3,0 a 4,0 mmol/mol para *G. ruber* e de 3,0 a 5,0 mmol/mol para *G. bulloides* e diferenças significativas entre a última câmara (*f*) e as anteriores (*f-1* e *f-2*) para as duas espécies. Tais efeitos foram associados ao efeito vital de simbiontes, a grande amplitude de temperatura existente sazonalmente no SRCF e a migração das espécies para águas mais profundas durante a reprodução. As razões Mg/Ca obtidas pelo método clássico foram geralmente mais altas que as razões obtidas pelo método de ablação a laser (LA-ICP-MS) mas se aproximaram e apresentaram variação temporal semelhante aos valores médios obtidos nas câmaras f-1 e f-2. Dessa forma podemos usar a razão Mg/Ca média das câmaras f-1 e f-2 para reconstruções de paleotemperatura de superfície, habilitando também a utilização da diferença entre as razões Mg/Ca das câmaras anteriores e final de G. ruber para reconstruir a estratificação da água.

Entretanto, a diferente variabilidade entre a razão Mg/Ca da câmara *f* de *G. ruber* e a razão média de *G. bulloides* indicou possíveis sucessões sazonais, o que nos fez associar as temperaturas reconstruída por *G. bulloides* como temperaturas da camada de máximo de clorofila, podendo ser associada a intensidade da ressurgência.

O período de variação do nível do mar (11,5 – 6,0 ka cal AP) foi marcado pela presença de águas frias, produtivas e homogêneas associadas possivelmente à ressurgência costeira cuja

contribuição diminuiu à medida que a transgressão seguia e a frente da CB se aproximava, alcançando um primeiro máximo entre 7,0 e 6,0 ka cal AP no ponto 1 e entre 6,0 e 5,5 ka cal AP no ponto 9, marcado por águas quentes na superfície e frias na subsuperfície. Entre 5,5 e 3,5 ka cal AP, a ressurgência gradualmente se intensifica com maiores efeitos próximo a costa e mais restrita a subsuperfície na porção distal. A influência costeira apresenta um aumento em 5,0 ka cal AP na porção proximal e 4,0 ka cal AP na região distal. Entre 3,5 e 2,5 ka cal AP um forte sinal de águas quentes pouco estratificadas foi observado com maior influência de águas oligotróficas no ponto 9 e mistura de águas costeiras e oceânicas no ponto 1. Após 2,5 ka cal AP, o SRCF adquire suas configurações atuais marcadas por eventos intensos de ressurgência na porção proximal da plataforma e mais restritos a subsuperfície na porção distal. Isso pode ser associado ao fortalecimento da ZCAS ligado a intensificação da monsão Sulamericana no Holoceno Superior devido ao aumento da insolação de verão.

**Palavras-chave**: Foraminíferos planctônicos. Ressurgência costeira. Brasil. Holoceno. Mg/Ca. $\delta^{18}O$.

**ABSTRACT**

This thesis aimed to rebuild the palaeoceanography of Cabo Frio Upwelling System (CFUS) in the last 12,000 years through the use of ecological (comparison between the CFUS assemblages and adjacent areas assemblages with different oceanographic features) and geochemical proxies of planktonic foraminifera, and obtain more knowledge about the distribution of species under different oceanographic settings, and evaluating and implementing the recent LA-ICP-MS methodology for elemental analysis in foraminifera carbonates.

For this, 34 box-cores tops encompassing the CFUS and adjacent areas in the Santos and Campos basins and two gravity cores were used. The group analysis of the assemblages in the Rio de Janeiro Continental Margin (RJCM) indicated the presence of four major biofacies spatially well separated: biofacies A - Campos Basin continental slope (contribution of tropical and subtropical species characterizing the Brazil Current front, BC), biofacies B - Santos basin (largest contributions of productivity related species, characterizing a signal of mixing of coastal productive and oceanic oligotrophic waters), biofacies C - northern sector of CFUS (*G. ruber* and contributions of *Globigerina bulloides*, featuring environment with frequent attenuated upwelling by warm water intrusions) and biofacies D - southern sector of CFUS (contribution of cold and productive waters species, featuring the Ekman upwelling setting). In addition, the spatial distribution of *Globoturborotalita rubescens* revealed preference of this species for continental shelf waters and *Globigerinella calida* being associated with post-upwelling conditions.

The cores CF10-01B (offshore) and CF10-09A (inshore) covered the last 11.5 and 7.1 ka cal, respectively being the first most influenced by the Brazil Current and expressing a weaker upwelling signal than the second.

In the core CF10-01B, the *G. ruber* $\delta^{18}O$ was more variable than the *G. bulloides* $\delta^{18}O$ with two decreases after 9.0 ka cal AP and after 4.0 ka cal BP, while the $\delta^{18}O$ of *G. bulloides* decreased only after 9.0 ka cal AP and remains constant up to the top. In the core CF10-09A, the $\delta^{18}O$ of the two species varied opposite with a change between 5.0 and 4.5 cal ka AP where the $\delta^{18}O$ *G. ruber* decreases from -0.4 to -1.0 ‰ and $\delta^{18}O$ of *G. bulloides* increases from -0.8 to 0.0 ‰.

Mg/Ca ratio results by laser ablation method indicated heterogeneity intra-chamber which resulted in uncertainties for reconstructions up to 1.49°C for *G. ruber* and up to 0.6°C for *G. bulloides* as well as individual amplitudes from 3.0 to 4.0 mmol/mol to *G. ruber* and 3.0 to 5.0 mmol/mol to *G. bulloides* and significant differences between the last chamber (*f*) and previous (*f-1* and *f-2*) for both species. These effects were associated with the symbiont vital effect, the wide seasonal temperature range in the SRCF and species migration to deeper waters during reproduction. The Mg/Ca ratio generated by the traditional method were generally higher than the ratios Mg/Ca reconstructed through LA-ICP-MS, although, when compared to the average of *f-1* and *f-2* chambers only, the values show similar mean and variability indicating both methods agree in reconstruction for surface paleotemperatures. It also allows the use of difference between the ratios of final and previous chamber of *G. ruber* for paleostratification reconstructions. However, the distinct variability between *G. ruber f* chamber Mg/Ca ratios and average *G. bulloides* Mg/Ca ratio indicated possible seasonal succession, which made us associate the temperatures reconstructed by *G. bulloides* to chlorophyll layer temperatures which may be associated with upwelling intensity.

The sea level rise (from 11.5 to 6.0 ka cal BP) was marked by the presence of cold productive and homogeneous waters, possibly associated with coastal upwelling whose contribution gradually decreased during the course of the transgression, followed by the penetration of BC front on the shelf, reaching a first maximum between 7.0 and 6.0 ka cal BP offshore and between 6.0 and 5.5 ka cal BP inshore, marked by warm surface waters and cold subsurface

waters. Between 5.5 and 3.5 ka cal BP, the upwelling gradually intensifies mainly inshore and restricted to subsurface offshore. An increased coastal influence is also detected with peaks at 5.0 ka cal BP inshore and 4.0 cal ka BP offshore. Between 3.5 and 2.5 ka cal BP a strong signal of warm water was observed with greater influence of oligotrophic waters inshore and mixture of coastal and oceanic waters offshore. After 2.5 ka cal BP, the SRCF acquires its current settings marked by intense upwelling events, better expressed inshore and restricted to subsurface offshore. This change may correspond to an intensification of the SACZ linked to the strengthening of the South American Monsoon during the late Holocene due to the increase in summer insolation.

**Key words:** Planktonic foraminifera. Coastal upwelling. Brazil. Holocene. Mg/Ca. $\delta^{18}O$.

**RESUME**

L'objectif de cette thèse est de reconstruire la paléocéanographie du Système d'Upwelling de Cabo Frio (SUCF) durant les derniers 12.000 ans en utilisant des *proxies*, basées sur les foraminifères planctoniques : écologiques (comparaison entre les assemblages du SUCF avec les assemblages des zones adjacentes ayant des caractéristiques océanographiques différentes) et géochimiques. Il s'agit de mieux connaître la distribution des espèces suivant les caractéristiques océanographiques et de confronter ces résultats aux *proxies* géochimiques classiquement utilisés pour ces organismes : les éléments traces (principalement le rapport Mg/Ca) et les isotopes stables de l'oxygène et du carbone ($\delta^{18}O$ et $\delta^{13}C$). De plus, pour mieux comprendre ces *proxies* géochimique nous avons mis en œuvre la méthode récente de LA-ICP-MS pour l'analyse élémentaire détaillée de l'anatomie des tests carbonatés des foraminifères.

Nous avons utilisé pour cela 34 sommets de *box-cores* couvrant le SUCF et les zones adjacentes dans les bassins de Santos et Campos et deux carottes de type Kullenberg. L'analyse discriminante des assemblages de la marge continentale de Rio de Janeiro (MCRJ) a montré la présence de quatre biofaciès principaux spatialement bien séparés: le biofácies A correspond au talus continental du bassin de Campos (contribution des espèces tropicales et subtropicales caractérisant le front du Courant du Brésil, CB ) ; le biofácies B correspond à la plateforme continentale du bassin de Santos (contributions plus importantes des espèces liées à la productivité auxquelles s'ajoute un signal du mélange des masses d'eaux côtières productives et océaniques oligotrophes) ; le biofácies C correspond au secteur nord du SUCF (contributions des espèces *Globigerinoides ruber* et *Globigerina bulloides*, caractérisant un environnement avec un upwelling atténué par de fréquentes intrusions de l'eau chaude du Courant du Brésil-CB) et le biofácies D qui correspond au secteur sud du SUCF (contribution des espèces indicatrices d'eaux froides et productives, dans un environnement influencé par l'upwelling côtier, forcé par les vents, de type Ekman). De plus, la distribution spatiale des *Globoturborotalita rubescens* a révélé les préférences de cette espèce pour les eaux de la plateforme continentale alors que *Globigerinella calida* apparaît associée aux conditions post-upwelling.

Les carottes CF10-01B (la plus éloignée de la côte) et CF10-09A (la plus proche) couvrent les derniers 11,5 et 7,1 ka cal BP, respectivement. La première est plus influencée par le CB, et présente un signal d'upwelling plus faible que la seconde.

Dans la carotte CF10-01B, le $\delta^{18}O$ de *G. ruber* a été plus variable que le $\delta^{18}O$ de *G. bulloides* présentant deux périodes de déclin après 9,0 ka cal AP et après 4,0 ka cal BP, tandis que le $\delta^{18}O$ de *G. bulloides* a baissé après 9,0 ka cal AP et est ensuite resté constant jusqu'au sommet. Dans la carotte CF10-09A, le $\delta^{18}O$ des deux espèces a varié de façon opposée avec un changement entre 5,0 et 4,5 cal ka AP quand le $\delta^{18}O$ de *G. ruber* a baissé de -0,4 à -1,0 ‰ et le $\delta^{18}O$ de *G. bulloides* a augmenté de -0,8 à 0,0 ‰.

Les résultats de la relation Mg/Ca obtenus par la méthode d'ablation laser ont indiqué une hétérogénéité intra-loge qui a conduit à une incertitude des reconstructions de température de 1,49°C pour *G. ruber* et 0,6°C pour *G. bulloides* et des différences significatives entre la dernière loge (*f*) et les précédentes (*f-1* et *f-2*) pour les deux espèces. Ces effets peuvent être associés : à l'effet vital probablement lié aux symbiotes, à une large gamme saisonnière de

températures dans le SUCF et/ou à la migration des espèces dans les eaux plus profondes pendant la reproduction. Les rapports Mg/Ca de *G. ruber* générés par la méthode traditionnelle ont été en général plus élevés que les rapports Mg/Ca reconstruits par LA-ICP-MS, toutefois, quand on considère seulement les loges *f-1* et *f-2*, les valeurs se rapprochent et les variabilités sont similaires, indiquant que les deux méthodes sont équivalentes pour la reconstruction des paléotempératures de surface. Ces mesures nous ont également permis d'utiliser la différence entre les relations Mg/Ca de la loge finale et des loges précédentes de *G. ruber* comme indicateur de paleostratification. Cependant, les différentes variabilités entre les relations Mg/Ca de la loge *f* de *G. ruber* et la relation moyenne de *G. bulloides* ont indiqué une possible succession saisonnière de ces espèces. Nous associons la température reconstruite par *G. bulloides* à la température de la profondeur du maximum de chlorophylle qui est liée à l'intensité de l'upwelling.

La période de variation du niveau de la mer (de 11,5 à 6,0 ka cal BP) a été marquée à Cabo Frio par la présence d'eaux froides, productives et homogènes associées à l'upwelling côtier. Cette contribution a diminué de plus en plus au fur et à mesure de la transgression qui a rapproché le front de la CB des sites de carottages, avec un premier maximum entre 7,0 et 6,0 ka cal BP dans le site 1 et entre 6,0 et 5,5 ka cal BP dans le site 9, marqué par des eaux chaudes en surface et froides en sub-surface. Entre 5,5 et 3,5 ka cal BP, l'upwelling s'est intensifié progressivement avec des effets plus marquants dans le site 9, plus proche de la côte et plus limité à la sub-surface dans le site plus distal. L'influence côtière augmente avec des pics à 5,0 ka cal BP dans la partie proximale et 4,0 cal ka BP dans la région distale. Entre 3,5 et 2,5 ka cal BP un signal fort d'eaux chaudes oligotrophes et peu stratifiées a été observé, avec une plus grande influence des eaux oligotrophes au site 9 (proximal) et un mélange d'eaux côtières et océaniques au site 1 (distal). Après 2,5 ka cal BP, le SRCF acquiert ses caractéristiques actuelles marquées par des événements d'upwelling de surface intenses dans la partie la plus côtière de la plate-forme et de sub-surface vers la parte distale. Cette intensification de l'upwelling est probablement due à l'intensification de la mousson Sud-Américaine, liée à l'augmentation de l'insolation d'été, qui intensifie la Zone de Convergence de l'Atlantique Sud et les vents de nord-est dans notre région d'étude.

**Mots clefs :** Foraminifères planctoniques, Upwelling côtier, Brésil, Holocène, Mg/Ca.$\delta^{18}$O.

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1-** Mapa apresentando as principais províncias distribucionais de foraminíferos planctônicos (fonte: Bé, 1077 modificada por Lessa, 2009). ..... 29

**Figura 2-** Distribuição geográfica das assembleias de foraminíferos planctônicos de topos de testemunhos do Atlântico Sul. Dados extraídos do banco de dados MARGO ..... 30

**Figura 3-** Gráfico apresentando a correlação linear entre o $\delta^{18}O$ da água do mar ($\delta^{18}O_a$) e a salinidade em amostras recentes e do Último Máximo Glacial (UMG)..... 34

**Figura 4 –** Distribuição vertical do $\delta^{13}C$ do CID na porção oeste do Atlântico moderno. (a) distribuição moderna exibindo as principais massas de água e suas assinaturas isotópicas. (b) distribuição no glacial reconstruida pelo d13C de foraminíferos bentônicos, onde é visualizado um diferente regime de circulação tais como o recuo da AT para o norte, a ausência da APAN e o recuo da AIA para o sul frente ao avanço da GNAIW (Água Intermediária do Atlântico Norte Glacial), caracterizando uma coluna d'água formada por águas tropicais acima de 2000 m e águas antárticas abaixo de 2000 m ..... 36

**Figura 5 –** Exemplos de curvas de calibração de temperatura baseada na razão Mg/Ca de foraminíferos planctônicos. (a) calibração multiespecífica com armadilhas de sedimento de Anand e Elderfield (2003); (b) calibração para *G. bulloides* de cultura de laboratório de Mashiotta et al. (1999). ..... 38

**Figura 6 –** Esquema da circulação no Atlântico Sul exibindo as principais correntes oceânicas nas camadas da AT (0-100 m, vermelho), na camada da ACAS (500 m, verde) na camada da AIA (1000 m, azul) e na camada da APAN (2000 m, cinza claro). CB = Corrente do Brasil, SCNB = Subcorrente Norte do Brasil, CAS = Corrente do Atlântico Sul, CCA = Corrente Circumpolar Antártica, CA = Corrente das Agulhas, COB = Corrente Oceânica de Benguela, CSE = Corrente Sul-Equatorial. As superfícies coloridas representam o local de formação das massas de água AT (vermelho), ACAS (verde) e AIA (azul). Note o encurtamento do Giro Subtropical com o aumento da profundidade ..... 39

**Figura 7 –** Temperatura de superfície do mar reconstruida por satélite mostrando meandros (M), vórtices (V) e ressurgências costeiras (R) formados pelas instabilidades da CB na MCRJ ao largo do Cabos de São Tomé e Cabo Frio..... 42

**Figura 8 –** Imagem de satélite AVHRR da margem continental sul e sudeste brasileira apresentando a TSM durante o dia 20/07/1993, onde se pode observar a passagem da CC sobre a plataforma continental interna entre a Confluência Brasil-Malvinas e a Ilha de São Sebastião, com uma pequena extensão puxada por um vórtice ao largo da Baia de Guanabara..... 43

**Figura 9 –** Imagem de satélite da região de Cabo Frio mostrando os principais municípios e a localização da Praia Grande onde ocorrem as mais baixas anomalias de TSM durante os eventos de ressurgência..... 46

**Figura 10 –** Sedimentologia na margem continental do Rio de Janeiro. A área marcada representa a localização do banco lamoso do SRCF..... 48

**Figura 11 –** Caracterização topográfica da margem continental sudeste e sul do Brasil mostrando a extensão das bacias de Santos e de Campos..... 49

Figura 12 – Variabilidade espacial da média da TSM e da clorofila *a* em uma série temporal de oito anos (2002 - 2010) na margem continental do Rio de Janeiro. A interpolação foi construída utilizando a função inverso da distância entre 10 pontos vizinhos com suavização de 20%. O polígono vermelho demarca a localização do banco de lama do SRCF e as áreas distantes da grade de interpolação foram

preenchidas de preto. Os dados foram obtidos do banco MODIS on Aqua pelo site http://las.pfeg.noaa.gov/oceanWatch/oceanwatch.php em agosto de 2011. Pontos muito costeiros ou próximos à Baia de Guanabara e Sepetiba não foram incluídos na interpolação de clorofila *a* devido às concentrações elevadas. ..... 51

**Figura 13 –** (a) batimetria da plataforma continental da MCRJ com o corpo de lama de Cabo Frio apresentado como um polígono tracejado; (b) modelo teórico da evolução da linha de costa nos últimos 18 mil anos baseada nas curvas de nível do mar de Corrêa (1996) e Bard et al. (1998) (c). ... 54

**Figura 14 –** Localização da área de estudo e dos pontos de coleta dos box-cores e dos testemunhos a gravidade CF10-01B (ponto 1) e CF10-09A (ponto 9) usados no presente estudo. ..... 55

**Figura 15 –** Testas de *Globigerinoides ruber* com tamanhos entre 300 e 400 µm submetidas à análise de metais por LA-ICP-MS. As crateras de 20 µm marcam os locais submetidos à ação do laser, e pode-se observar a massa que é consumida para as medições. ..... 64

**Figura 16 –** Típico registro de uma análise do tipo *time resolved* (a) e o significado da variação da contagem dos elementos (b), referentes à parte da testa que é atingida pelo laser..... 65

**Figura 17 –** Variabilidade da abundância absoluta total de foraminíferos (testes/cm³) e abundância relativa (%) para as principais espécies ao longo da MCRJ..... 69

**Figura 18 –** Distribuição dos morfotipos rosa e branco de *Globigerinoides ruber* ao longo do banco de lama do SRCF. (a) porcentagem de *G. ruber pink* na assembleia total, (b) porcentagem de *G. ruber white* na assembleia total, e (c) porcentagem de *G. ruber pink* em relação ao total da espécie. Os pontos representam a localização dos topos de testemunho analisados. ..... 73

**Figura 19 –** Resultados das análises de agrupamento modo Q para os 34 topos de *box-cores* da MCRJ. (a) MDS; (b) cluster. ..... 77

**Figura 20 –** Distribuição geográfica das biofáciess na margem continental do Rio de Janeiro. ..... 78

**Figura 21 –** Descrição da cor, características litológicas e idades calibradas para os dois testemunhos estudados. ..... 81

**Figura 22 –** Modelos cronológicos construídos pelo software Clam para os dois testemunhos estudados. Barras de erro indicam o intervalo 95% da curva de calibração das datações, a área colorida representa a incerteza da interpolação de idades e a linha contínua representa as melhores idades (*best ages*) as quais foram usadas para a interpretação da variabilidade temporal. ..... 83

**Figura 23 –** Taxa de sedimentação, fluxo total, abundância absoluta (densidade) e porcentagem de cada classe de tamanho de foraminíferos planctônicos ao longo do testemunho CF10-01B (a) e CF10-09A (b). A taxa de sedimentação e fluxo no perfil CF10-01B foram calculados apenas para os 230 cm do topo (equivalente aos últimos 8,8 ka cal) devido à grande incerteza de idade nos 150 cm da base (entre 382 e 230 cm). ..... 84

**Figura 24 –** Variação do fluxo das principais espécies de foraminíferos planctônicos ao longo dos primeiros 230 cm (últimos 8,8 ka cal) do testemunho CF10-01B. ..... 87

**Figura 25 –** Variação do fluxo das principais espécies de foraminíferos planctônicos ao longo do testemunho CF10-09A. ..... 88

**Figura 26 –** Agrupamento modo Q das assembleias do perfil CF10-01B. A distribuição dos grupos ao longo do testemunho e as fases indicadas pela abundância relativa (%) são apresentadas à direita..... 90

**Figura 27 –** Abundância relativa das principais espécies de foraminíferos planctônicos ao longo do perfil CF10-01B. Linhas pontilhadas indicam os períodos de mudanças na composição da assembleia. ..... 91

**Figura 28 –** Agrupamento modo Q das assembleias do perfil CF10-09A. A distribuição dos grupos ao longo do testemunho e as fases indicadas pela abundância relativa (%) são apresentadas à direita..... 93

**Figura 29 –** Abundância relativa das principais espécies de foraminíferos planctônicos ao longo do perfil CF10-09A. Linhas pontilhadas indicam os períodos de mudanças na composição da assembleia. ..... 94

**Figura 30 –** Variação temporal da similaridade entre as assembleias fósseis da estação 1 (CF10-01B) e as biofácies de superfície da MCRJ..... 96

**Figura 31 –** Variação temporal da similaridade entre as assembleias fósseis na estação 9 (CF10-09A) e as biofácies de superfície da MCRJ..... 97

**Figura 32 –** Variação espacial dos isótopos estáveis de *G. ruber* e *G. bulloides* no banco de lama do SRCF. (a) $\delta^{18}O$ de *G. ruber*; (b) $\delta^{13}C$ de *G. ruber*; (c) $\delta^{18}O$ de *G. bulloides*; e (d) $\delta^{13}C$ de *G. bulloides*. ..... 103

**Figura 33 –** Variação dos isótopos estáveis de *G. ruber* e *G. bulloides* ao longo do testemunho CF10-01B. ..... 104

**Figura 34 –** Variação dos isótopos estáveis de *G. ruber* e *G. bulloides* ao longo do testemunho CF10-09A. ..... 105

**Figura 35 –** Variação das razões elementares e do tempo de aquisição (equivalente à espessura da carapaça). (a) representa um perfil típico ideal onde quase todos os valores são integrados para o cálculo da razão elementar da cratera; (b) representa um perfil com sinais de contaminação por argilas, onde a razão Mg/Ca aumenta junto com a razão Al/Ca, e apenas uma parte do perfil foi integrada; (c) representa um perfil totalmente contaminado onde todas as razões (exceto Sr/Ca) veriam da mesma forma; e (d) representa um perfil com alta concentração de Fe, mostrando que a variabilidade do Fe/Ca não influencia a variabilidade do Mg/Ca. ..... 107

**Figura 36 –** Razão Mg/Ca média amostral de *G. ruber* (a) e *G. bulloides* (b) (linhas contínuas coloridas) ao longo dos 230 cm superiores do perfil CF10-01B apresentando também os valores médios individuais (círculos) e a respectiva variação dos coeficientes de variação (linhas contínuas pretas). ..... 110

**Figura 37 –** Razão Mg/Ca média para cada câmara separada de *G. ruber* (a) e *G. bulloides* (b) ao longo dos últimos 230 cm do perfil CF10-01B. ..... 112

**Figura 38 –** Variação da razão Mg/Ca de *G. ruber* obtida pelo método de ablação a laser (LA) para as câmaras *f*, a média das câmaras *f-1* e *f-2* e o método líquido (amostra solubilizada em $HNO_3$) ao longo dos últimos 230 cm do perfil CF10-01B. ..... 114

**Figura 39 –** Temperaturas estimadas através das razões Mg/Ca de *G. ruber* (câmaras *f-1* e *f-2*, vermelho; e câmara *f*, azul) e *G. bulloides* (verde) pelo método LA-ICP_MS ao longo dos primeiros 230 cm do testemunho CF10-01B. (a) exibe a variabilidade levando em consideração os erros das equações de calibração (áreas coloridas) e os desvios-padrões médios do Mg/Ca para cada espécie (barras de erro). (b) representa a variabilidade e o respectivo significado teórico baseando-se na distribuição das espécies, a linha grossa representa uma suavização de cinco pontos..... 117

**Figura 40 –** Variabilidade da diferença entre as temperaturas reconstruídas pela média do Mg/Ca das câmaras *f-1* e *f-2* e a câmara *f* de *G. ruber*. A linha grossa representa uma suavização de cinco pontos. ..... 118

**Figura 41 –** Variabilidade da SSM estimada pelo $\delta^{18}O_{água}$ de *G. ruber* ao longo do testemunho CF10-01B. A linha grossa representa uma suavização de cinco pontos. ..... 119

**Figura 42 –** Comparação entre a variabilidade do percentual de *T. quinqueloba* em vários testemunhos do SRCF com o percentual de titânio (*proxy* de aporte continental) na bacia de Cariaco, diretamente relacionada com as migrações da ZCIT. Maiores percentuais de titânio indicam posicionamento da ZCIT mais ao norte e baixos percentuais indicam um posicionamento mais ao sul. ..... 123

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1 -** Classificação taxonômica dos foraminíferos planctônicos de acordo com Sengupta (1994) ..... 28

**Tabela 2 -** Resumo de algumas equações de calibração para reconstrução da temperatura (T) a partir da diferença entre o $\delta^{18}O$ da calcita ($\delta^{18}O_c$) e o $\delta^{18}O$ da água do mar ($\delta^{18}O_a$). ..... 33

**Tabela 3 -** resumo de algumas equações para reconstrução da salinidade (S) baseada no $\delta^{18}O$ da água do mar ($\delta^{18}O_c$). ..... 34

**Tabela 4 -** Dados de localização dos testemunhos usados neste estudo ..... 56

**Tabela 5 -** Dados estatísticos básicos de abundância relativa (%) de foraminíferos planctônicos dos 34 topos de *box-cores* da MCRJ. ..... 71

**Tabela 6 -** Resultados da análise de similaridade (ANOSIM) entre as biofáciess para o teste de diferença. ..... 77

**Tabela 7 -** Resultados da análise SIMPER apresentando a porcentagem de similaridade das assembleias que compõem cada grupo, a contribuição percentual das principais espécies de foraminíferos planctônicos e o consequente diagnóstico oceanográfico. ..... 79

**Tabela 8 -** Datações obtidas dos dois testemunhos e o intervalo 95% das idades obtidas pela curva de calibração Marine09. ..... 82

**Tabela 9 -** Resumo estatístico das comparações entre as médias e variâncias para as três câmaras e morfotipos de *G. ruber* e *G. bulloides*. Resultados em negrito representam diferenças significativas para 95% de confiança. ..... 113

# LISTA DE ABRAVIATURAS

AAS – Anticiclone do Atlântico Sul (em inglês *South Atlantic High, SAH*)
ACAS – Água Central do Atlântico Sul (em inglês *South Atlantic Central Water, SACW*)
AFA – Água de Fundo Antártica (em inglês *Antarctic Botton Water, AABW*)
AIA – Água Intermediária Antártica (em inglês *Antartic Intermediate Water, AAIW*)
AMS – sigla em inglês (*Accelerator Mass Spectrometry*) para Espectrometria de Massa com Acelerador
AP – Antes do Presente (em inglês *before present, BP*)
APAN – Água Profunda do Atlântico Norte (em inglês *North Atlantic Deep Water, NADW*)
AT – Água Tropical (em inglês *Tropical Water, TW*)
CB – Corrente do Brasil (em inglês *Brazil Current, BC*)
CCA – Corrente Circumpolar Antártica (em inglês *Antarctic Circumpolar Current, ACC*)
CCB – Corrente Costeira de Benguela (em inglês *Benguela Coastal Current, BCC*)
CID – Carbono Inorgânico Dissolvido (em inglês *dissolved inorganic carbono, DIC*)
CM – Corrente das Malvinas (em inglês *Malvinas Current, MC*)
COB – Corrente Oceânica de Benguela (em inglês *Benguela Oceanic Current, BOC*)
CSE – Corrente Sul Equatorial (em inglês *South Equatorial Current, SEC*)ENOS – El Niño Oscilação Sul (em inglês *El Niño South Ocilation, ENSO*)Gb – *Globigerina bulloides*GNAIW – do inglês *Glacial North Atlantic Intermediate Water* (Água Intermediária do Atlântico norte Glacial).Gr – *Globigerinoides ruber*ka – mil anos
LA-ICP-MS – do inglês *Laser Ablation - Inductive Coupled Plasma - Mass Spectrometer* (sistema de Ablação a Laser ligado ao Espectrômetro de Massa com fonte de Plasma indutivalente Acoplado)
Ma – milhões de anos
MCRJ – Margem Continental do Rio de Janeiro (em inglês *Rio de Janeiro Continental Margin, RJCM*)
N – Norte
NE – Nordeste
S - Sul
SE – Sudeste
SO – Sudoeste
SRCF – Sistema de Ressurgência de Cabo Frio (em inglês *Cabo Frio Upwelling System, CFUS*)
SSM – Salinidade Superficial do Mar (em inglês *Sea Surface Salinity, SSS*)
TAM – Técnica do Análogo Moderno (em inglês *Modern Analogue Technique, MAT*)
TSM – Temperatura Superficial do Mar (em inglês *Sea Surface Temperature, SST*)
V-PDB – Vienna Pee Dee Beleminite (padrão de carbonato para análises isotópicas de oxigênio e de carbono em carbonatos)
V-SMOW – Vienna Standard Mean Ocean Water (padrão de água para análises isotópicas de oxigênio e deutério da água).
ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul (em inglês *South Atlantic Convergence Zone, SACZ*)
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical (em inglês *Intertropical Convergence Zone, ITCZ*)
ZCBM – Zona de Confluência entre as Correntes do Brasil das Malvinas (em inglês *Brazil-Malvinas Confluence, BMC*)

## SUMÁRIO

**RESUMO** ..... 9
**ABSTRACT** ..... 11
**RESUME** ..... 13
**LISTA DE FIGURAS** ..... 15
**LISTA DE TABELAS** ..... 19
**LISTA DE ABRAVIATURAS** ..... 20
**1 INTRODUÇÃO** ..... 22
1.1 OBJETIVOS E HIPÓTESE ..... 25
**2 BASE TEÓRICA** ..... 27
2.1 BIOLOGIA E DISTRIBUIÇÃO DE FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS ..... 27
2.2 ISÓTOPOS ESTÁVEIS EM FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS ..... 31
**2.2.1 Isótopos estáveis de oxigênio** ..... 32
**2.2.2 Isótopos estáveis de carbono** ..... 34
**2.2.3 O efeito vital** ..... 36
2.3 Mg/Ca DE FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS COMO PALEOTERMÔMETRO ..... 37
2.4 OCEANOGRAFIA DO ATLÂNTICO SUL ..... 38
**2.4.1 Circulação e massas de água no Atlântico Sul** ..... 38
**2.4.2 A circulação na margem continental sudeste brasileira** ..... 41
**2.4.3 Acoplamento oceano-atmosfera** ..... 43
**3 ÁREA DE ESTUDO** ..... 46
3.1 O SISTEMA DE RESSURGÊNCIA DE CABO FRIO (SRCF) ..... 46
3.2 ÁREAS ADJACENTES AO SRCF: BACIAS DE SANTOS E CAMPOS ..... 48
3.3 EFEITOS DA VARIAÇÃO DO NÍVEL DO MAR SOBRE O SRCF ..... 52
**4 MATERIAIS E MÉTODOS** ..... 55
4.1 COLETA E AMOSTRAGEM ..... 55
4.2 LITOLOGIA E GEOCRONOLOGIA ..... 57
4.3 ANÁLISE MICROPALEONTOLÓGICA DE FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS ..... 58
4.4 O MODELO DE BIOFÁCIES ..... 59
**4.4.1 Identificação e caracterização oceanográfica das biofáciess recentes** ..... 59
**4.4.2 Aplicação dos Modelos de Biofácies para o passado** ..... 61
4.5 ANÁLISES GEOQUÍMICAS ..... 61
**4.5.1 Análises de isótopos estáveis** ..... 61

**4.5.2 O método de ablação a laser para análises de Mg/Ca em LA-ICP-MS** ..... 62
**4.5.3 Análises de Mg/Ca em ICP-MS, método clássico** ..... 66
**4.5.4 Reconstrução de paleotemperaturas e paleossalinidades** ..... 67
**5 RESULTADOS E DISCUSSÃO** ..... 68
5.1 ASSEMBLEIAS RECENTES DA MARGEM CONTINENTAL DO RIO DE JANEIRO . 68
**5.1.1 Abundância absoluta** ..... 68
**5.1.2 Abundância relativa** ..... 68
**5.1.3 Distribuição das principais espécies na Margem Continental do Rio de Janeiro (MCRJ) e contexto ecológico-oceanográfico** ..... 71
**5.1.4 Biofácies da Margem Continental do Rio de Janeiro (MCRJ)** ..... 76
5.2 LITOLOGIA E GEOCRONOLOGIA DOS TESTEMUNHOS CF10-01B E CF10-09A .... 80
**5.2.1 Litologia e Geocronologia** ..... 80
5.3 ASSEMBLEIAS FÓSSEIS DE FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS ..... 84
**5.3.1 Fluxos, abundância absoluta e classes de tamanho** ..... 84
**5.3.2 Abundâncias relativas** ..... 89
**5.3.3 Similaridade com as biofáciess recentes da MCRJ** ..... 95
5.4 ISÓTOPOS ESTÁVEIS ..... 100
**5.4.1 Diferença entre *G. ruber* e *G. bulloides*** ..... 100
**5.4.2 Variabilidade espacial no corpo de lama do SRCF** ..... 101
**5.4.3 Variabilidade nos últimos 11.500 anos** ..... 103
5.5 RECONSTRUÇÃO DE PALEOTEMPERATURAS POR MG/CA PARA OS ÚLTIMOS 9.000 ANOS NO TESTEMUNHO CF10-01B. ..... 106
**5.5.1 Variabilidade do Mg/Ca pelo método de ablação à laser (LA-ICP-MS)** ..... 106
**5.5.2 Variabilidade do Mg/Ca pelo método clássico e comparação com o método LA-ICP-MS** ..... 114
**5.5.3 Estimativas de temperatura e salinidade para os últimos 9.000 anos** ..... 116
5.6 IMPLICAÇÕES PALEOCEANOGRÁFICAS PARA O ATLÂNTICO SO ..... 119
**5.6.1 Comparação com outros estudos no SRCF** ..... 119
**5.6.2 A Mudança da circulação intermediária do último glacial para o Holoceno (Transição Y-Z) – presença e ausência do plexo *G. menardii*** ..... 121
**5.6.3 A corrente costeira fria e a frequência de *Turborotalita quinqueloba* no SRCF** ..... 122
**5.6.4 Influência dos sistemas atmosféricos continentais e oceânicos** ..... 124
**6 CONCLUSÕES** ..... 126
**7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS** ..... 129
**8 ANEXOS** ..... 145

# 1 INTRODUÇÃO

O clima atual é controlado primariamente pelos sistemas de circulação nos setores atmosférico e oceânico, pois eles são responsáveis pelo equilíbrio térmico do planeta. Quando esse equilíbrio é perturbado por uma alteração na circulação de um desses setores, teremos o estabelecimento de novas condições climáticas. No último milhão de anos, o principal foco de desequilíbrio climático tem sido a alternância de períodos glaciais e interglaciais com ciclicidade média de 130.000 anos os quais são relacionados com ciclos orbitais do planeta conhecidas como Ciclos de Milankovitch: a excentricidade da translação (100.000 anos), a obliquidade do eixo (42.000 anos) e a precessão dos equinoxios (21.000 anos).

O sistema de circulação que promove os ciclos glaciais/interglaciais é a circulação termohalina, pois é o principal sistema de troca de calor entre baixas e altas latitudes cujo fluxo foi mais lento com algumas interrupções totais durante os períodos glaciais (BURNS; MASLIN, 1999). A circulação termohalina é um fluxo global nos oceanos movido por diferenças de densidade (associadas à temperatura e/ou salinidade). Ela é dividida em dois ramos: o superficial formado por águas quentes e o profundo formado por águas frias. A transição do setor profundo para o superficial acontece de uma forma mais espalhada pelo globo. No entanto a transição do setor superficial para o profundo acontece no Atlântico Norte próximo aos países nórdicos (Mar da Noruega) onde as águas do ramo Norte da Corrente do Golfo afundam e formam a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) que segue para o sul.

A maior parte do calor transportado para o Atlântico Norte vem do Atlântico Sul que ele mesmo recebe as águas quentes oriundas do Indo-Pacífico e as transporta para o norte via Corrente Sul-Equatorial e Corrente Norte do Brasil (STRAMMA; ENGLAND, 1999). Durante o glacial quando a circulação termohalina está enfraquecida, grande quantidade de calor deixa de seguir para o norte e é redirecionado para a contra-corrente Sul Equatorial e para a Corrente do Brasil (CB) resultando em um dipolo térmico entre o Atlântico Norte e o Atlântico Sul (ARZ et al., 1999). Outra peculiaridade é a ocorrência de vazamentos de água da Corrente das Agulhas (*Agulhas Leakage*) através de vórtices na direção da margem continental sul-americana sendo intensos durante os interglaciais e reduzidos durante os glaciais (FRANZESE et al., 2006).

A variabilidade paleoceanográfica e paleoclimática holocênica no Atlântico SO é pouco conhecida (TOLEDO et al., 2007b, 2008). Os trabalhos de Haug et al. (2001) e Kim et al. (2003) apresentam mudanças em escala regional, relacionadas ao Holoceno Médio e

Holoceno Superior nos padrões de circulação atmosférica e oceânica que determinaram a dinâmica da circulação do Atlântico Sul, especialmente da circulação termohalina. Focando o lado oeste do Giro Subtropical representado pela Corrente do Brasil (CB), alguns estudos discutem a variabilidade paleoceanográfica durante o Pleistoceno (ERIKSON; WOLLIN, 1968**;** BERGER et al., 2007**;** TOLEDO et al., 2007a**,** 2007b**,** 2008; CARLSON et al., 2012), os quais retrataram a ocorrência de águas mais frias durante o Último Máximo Glacial e Pós-glacial que no Holoceno, mas com uma interrupção durante o evento Heinrich 1 (17,0 – 15,5 ka cal AP) marcado por águas quentes no entanto são poucos os estudos disponíveis (MAHIQUES et al., 2005; NAGAI et al., 2009; SOUTO et al., 2011; PIVEL et al., *in press*) que apresentam resolução temporal suficiente para interpretarem as variabilidades paleoceanográficas dentro do Holoceno.

Foraminíferos planctônicos são importantes em reconstruções paleoceanográficas por apresentar excelente preservação nos sedimentos e resposta faunística às variações de temperatura, salinidade, estratificação da água superficial e a disponibilidade de alimento (ERICKSON; WOLLIN, 1968; BÉ; TOLDERLUND, 1971; WAELBROECK et al., 1998**;** NIEBLER et al., 1999) (seção 2.1). Muitos estudos têm se preocupado em examinar a distribuição e ecologia das espécies através da observação e identificação das assembleias fósseis no sedimento (HILBRETCH, 1997; COLOMA et al., 2005), armadilhas de sedimento na coluna d'água (BÉ; TOLDERLUND, 1971; BÉ, 1977**;** BOLTOVSKOY et al., 1996**;** KUROYANAGI; KAWAHATA, 2004) e culturas de laboratório (LEA et al., 1999**;** MASHIOTTA et al., 1999). A relação íntima entre a distribuição das espécies e as propriedades físico-químicas de massas de água quentes e frias discutidas por Bé e Hamlin (1967); Boltovskoy (1962), em seguida por Bé e Tolderlund (1971) e Bé (1977) tem estimulado à criação de diversas técnicas estatísticas capazes de reconstruir de forma quantitativa a Temperatura Superficial do Mar (TSM) em testemunhos marinhos, dentre as quais estas funções de transferência, medições de $\delta^{18}O$ e a razão entre o magnésio e o cálcio (razão Mg/Ca) da calcita tem sido os mais utilizados.

Com relação às funções de transferências, o principio é simples, bastando a criação de uma curva (ou linha) de regressão da associação de foraminíferos de topos de testemunhos (banco de dados atual) em função da TSM dos locais de coleta. A primeira foi desenvolvida por Imbrie e Kipp (1976) com base em uma análise fatorial envolvendo o percentual das espécies e a TSM onde o eixo com scores mais correlacionados a TSM eram usados na reconstrução. Em seguida Hutson (1980) desenvolveu a Técnica do Análogo Moderno (TAM)

onde a média de TSM dos pontos das 10 assembleias do banco de dados atual mais similares é usada para reconstruir a TSM da assembleia fóssil em questão. Posteriormente Malmgren e Norlund (1997) desenvolveram a técnica da Rede Neural Artificial onde o banco de dados atual é "treinado" através de um algoritmo que desenvolve diversas combinações (neurônios) com as respectivas TSM, onde as melhores são selecionadas e as piores excluídas produzindo reconstruções com baixos erros de predição. Apesar de algumas limitações, estas técnicas foram comparadas e avaliadas por Malmgrem et al. (2001)**;** Kucera et al. (2005) e se mostraram eficientes na reconstrução da variabilidade da TSM, resultando em valores próximos aos observados. No entanto, os sedimentos do Atlântico Sul, em especial na borda oeste, são caracterizados por uma mudança na composição de foraminíferos planctônicos que habitam a camada de termoclina do glacial para o interglacial, onde as espécies *Globorotalia inflata* e *Globorotalia truncatulinoides* (espécies transicionais habitantes da termoclina segundo Bé, 1960 e Niebler et al., 1999) são substituídas por *Globorotalia menardii*, *Globorotalia tumida* e *Globorotalia ungulata* (espécies tropicais habitantes da termoclina segundo Bé, 1960 e Niebler et al., 1999) (ERICKSON; WOLLIN, 1968; VICALVI, 1999; PORTILHO-RAMOS, 2006**;** PIVEL et al., *in press*), o que poderia resultar em subestimação das TSM reconstruídas durante o período glacial (TELFORD et al., 2013).

A razão entre os isótopos estáveis de oxigênio $^{16}O/^{18}O$ da calcita de foraminíferos planctônicos ($\delta^{18}O$) é o proxy mais usado para reconstruções de paleotemperatura, é também influenciado por outras variáveis, tais como a salinidade, pH e a mudança no fracionamento global do oceano dada pela variação no volume de gelo nos polos, podendo resultar em desvios nas reconstruções sem a aplicação de fatores de correção (NIEBLER et al., 1999; LeGRANDE; SCHMIDT, 2006). Dessa forma outros métodos para a reconstrução de paleotemperaturas são empregados, tais como alquenonas ($UK^{37}$), isótopos de cálcio ($\delta^{44}Ca$) e razão entre o magnésio e o cálcio da calcita (Mg/Ca), em combinação com o $\delta^{18}O$ visando aumentar a precisão das reconstrução das paleotemperaturas e isolar a influência das outras variáveis no $\delta^{18}O$.

A razão Mg/Ca foi estudada por diversos autores tais como Lea et al. (1999); Elderfield e Ganssen (2000); Anand e Elderfield (2003) como paleotermômetro devido a correlação existente entre a temperatura e a incorporação de Mg na calcita. As primeiras análises realizadas por espectrometria de massa com fonte de plasma indutivamente acoplada (ICP-MS) demonstraram ser bem sucedidas quanto a precisão das reconstruções e pouca influência de outras variáveis se comparado ao $\delta^{18}O$ (LEA et al., 1999). No entanto, análises

posteriores realizadas através do sistema de ablação a laser acoplado a um ICP-MS (LA-ICP-MS) e microperfilagem eletrônica (do inglês *Electron Microprobe*, EM) (EGGINS et al., 2003, 2004; SADEKOV et al., 2008) evidenciaram que as razões Mg/Ca em testas individuais são bastante variáveis, especialmente em espécies com endosimbiontes tais como *Globigerinoides ruber* e *Orbulina universa* onde bandas ricas e pobres em Mg foram identificadas. O método de LA-ICP-MS para análises elementares e isotópicas em foraminíferos ainda é uma novidade e muito poucos estudos realizaram reconstruções, apesar de ser considerada uma poderosa ferramenta (EGGINS et al., 2003; SADEKOV et al., 2010; MARR et al., 2011).

## 1.1 OBJETIVOS E HIPÓTESE

*Objetivo principal*

- Reconstruir os últimos 12.000 anos da variabilidade oceanográfica do Sistema de Ressurgência de Cabo Frio (SRCF) através de proxies ecológicos (assembleias) e geoquímicos (isótopos estáveis e Mg/Ca) de foraminíferos planctônicos.

*Objetivos Específicos*

- Conhecer a distribuição das espécies de foraminíferos planctônicos na plataforma continental e talude superior da Margem Continental do Rio de Janeiro (MCRJ).
- Desenvolver um modelo ecológico-estatístico (semelhante à Técnica do Análogo Moderno) baseado em biofácies de foraminíferos planctônicos capaz de representar configurações oceanográficas da MCRJ.
- Reconstruir a contribuição das diferentes configurações oceanográficas da MCRJ no SRCF durante os últimos 12 ka cal através da aplicação do modelo de biofácies em assembleias fósseis de testemunhos longos do SRCF.
- Aplicar o método de LA-ICP-MS para paleotermometria através da razão Mg/Ca e avaliar sua eficiência através de comparação com o método de solução (método clássico).
- Avaliar o uso das espécies *Globigerinoides ruber* e *Globigerina bulloides* para reconstruções paleoceanográfica das condições de estratificação térmica da água.

*Hipóteses*

- As configurações oceanográficas da MCRJ podem ser explicadas pelas assembleias de foraminíferos planctônicos
- Os proxies geoquímicos de *G. ruber* refletem a variação das propriedades da Água Tropical (AT)
- Os proxies geoquímicos de *G. bulloides* refletem os pulsos da ressurgência da Água Central do Atlântico Sul (ACAS)

# 2 BASE TEÓRICA

## 2.1 BIOLOGIA E DISTRIBUIÇÃO DE FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS

Os foraminíferos são protozoários rizópodes habitantes exclusivamente de águas marinhas ou áreas que recebam influência marinha (estuários, lagunas e manguezais). Eles se caracterizam pela ocorrência de carapaças (ou testas) para protegerem o citoplasma podendo ser constituída de carbonato de cálcio (calcita ou aragonita), sílica ou de sedimento aglutinado e uma ou mais aberturas onde o citoplasma pode se comunicar com o meio externo de onde saem os reticulópodes os quais são responsáveis pelo movimento, flutuabilidade, captura de alimento e construção da testa. As testas dos foraminíferos são caracterizadas pela alta capacidade de se preservarem no sedimento, possibilitando o uso destes organismos em estudos de reconstrução paleoambiental (BOLTOVSKOY, 1965; BÉ, 1977).

Existem dois principais grupos de foraminíferos. Os foraminíferos bentônicos os quais apareceram pela primeira vez no registro geológico a 500 milhões de anos atrás (Período Cambriano) e recentemente existem cerca de 4000 espécies. Os foraminíferos planctônicos apareceram pela primeira vez no registro geológico a 180 milhões de anos (Período Jurássico) apresentando grande diversidade até o limite entre os períodos Cretáceo e Terciário (limite KT) há 65 milhões de anos atrás quando quando grande parte das espécies foram extintas e atualmente apresentam-se com cerca de 40 espécies divididas em três famílias (Tabela 1) (ANDERSON; BÉ, 1976, 1977; PARKER; ARNOLD, 1999; KUCERA, 2007).

Os foraminíferos planctônicos são organismos heterotróficos, mas apresentam diferentes estratégias de alimentação. As espécies que vivem em áreas de alta produtividade são geralmente herbívoras se alimentando de fitoplâncton através de fagocitose; as espécies que se distribuem em regiões oligotróficas são onívoras, carnívoras ou hospedam endosimbiontes os quais produzem o carbono orgânico que será consumido pelo foraminífero em troca de segurança e ambiente adequado para a fotossíntese. As espécies carnívoras como *Hastigerina pelagica*, *Globigerinella siphonifera* e *Orbulina universa* são capazes de capturar organismos zooplanctônicos com até metade do seu tamanho que encoste em sua rede de reticulópodes através da liberação de substâncias adesivas. No caso de náupilos (larva de copépodes), micropseudópodes invadem o interior da presa através das articulações da carapaça onde mais substâncias adesivas e lisossomos são liberados fragmentando os tecidos moles que são fagocitados e levados para dentro do foramem onde são digeridos, no final o foraminífero libera a carapaça vazia do náupilo (ANDERSON; BÉ, 1976; BÉ, 1977).

**Tabela 1 - Classificação taxonômica dos foraminíferos planctônicos de acordo com Sengupta (1994)**

| | | |
|---|---|---|
| Reino | Protista | |
| Filo | Protozoa | |
| Classe | Foraminifera | |
| Ordem | Globigerinida (planctônicos) | |
| Famílias | Globigerinidae | Testas globulares, trocospirais e espinhosas |
| | Globorotalidae | Testas globulares ou discoides não espinhosas |
| | Hantkeninidae | Testas planispirais com espinhos compridos |

O ciclo de vida varia com a espécie, sendo semilunar (bissemanal) em *Globigerinoides ruber* e anual em espécies habitantes da termoclina (estimado) (BÉ, 1977; KUCERA, 2007). A reprodução em foraminíferos planctônicos é sempre sexuada, com liberações sincronizadas de centenas de milhares de gametas sem dimorfismo sexual na coluna d'água (HEMLEMBEN et al., 1989). Lee et al. (1991) observou o processo de reprodução *Globigerinoides sacculifer* em cultivos e descreveu as seguintes etapas:

- Calcificação de uma última câmara conhecida como câmara gametogênica que não acompanha o crescimento e apresenta diferenças morfológicas. Esse processo ocorre entre 1 e 5 dias antes do início da gametogênese.
- A etapa de gametogênese dura entre 10 e 24 horas, iniciando com a liberação dos espinhos e expulsão ou digestão dos endosimbiontes. O núcleo sofre uma constante divisão meiótica, formando nucléolos haploides.
- Entre 6 e 14 h antes do fim da gametogênese, o citoplasma começa a se vacuolizar formando "ilhas" e os nucléolos se dispersam ocupando-as.
- Entre 7 e 9 h do final da gametogênese, as "ilhas" de citoplasma com o respectivo nucléolo começam a desenvolver flagelos.
- O final da gametogênese dura entre 2 e 7 horas, quando a rede citoplasmática começa a emergir continuamente pelo foramem até explodir liberando centenas de milhares de gametas.

As espécies de foraminíferos planctônicos apresentam grandes diferenças distribucionais com relação à temperatura e disponibilidade de nutriente, o que fez com que esse grupo fosse extensivamente usado em estudos paleoambientais (LITTLE et al., 1997; ARZ et al., 1999; PEETERS et al., 2004; KUROYANAGI et al., 2006). Bé (1977)

estabeleceu cinco principais zonas de distribuição das espécies (Figura 1) : tropical (14 dominantes e 10 codominantes), subtropical (13 espécies dominantes e 7 codominantes), temperada (dominada por *Globorotalia inflata* e 17 espécies codominantes) , subpolar (4 espécies dominantes e 4 codominantes) e polar (dominada por *Neogloboquadrina pachyderma* sinistral e 4 espécies codominantes).

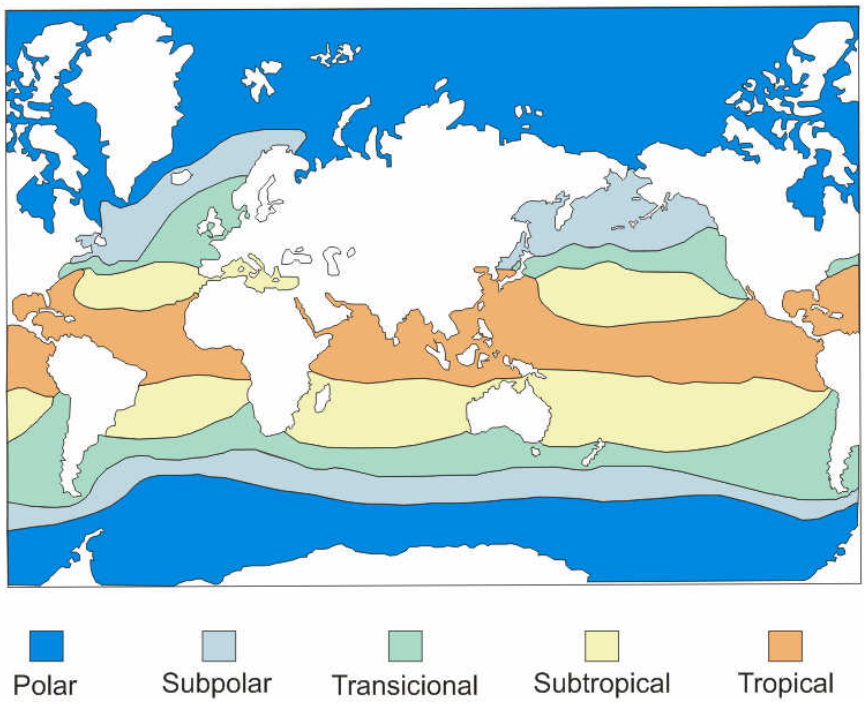


**Figura 1-** Mapa apresentando as principais províncias distribucionais de foraminíferos planctônicos (Fonte: BÉ, 1977 modificada por LESSA, 2009).

Com relação ao Oceano Atlântico Sul, com base em uma análise de similaridade com os dados de topos de testemunhos do projeto *Multiproxy Approach for the Reconstruction of Glacial Ocean Surface* (MARGO) (PFLAUMANN et al., 1996), 4 principais agrupamentos foram observados (Figura 2) os quais além de corroborar a separação latitudinal das comunidades, define também a distribuição geográfica das fácies:

- Grupo Tropical com águas com um maior grau de produtividade, geralmente próximas à desembocadura de grandes rios e ressurgência equatorial, cujas principais espécies são *Globorotalia menardii*, *Globigerinoides sacculifer*, e *Neogloboquadrina dutertrei*.
- Grupo Tropical de águas oligotróficas que representa as assembleias pertencentes a correntes equatoriais, margem sul-americana até 25°S e margem africana até 13°S. As

principais espécies deste grupo são *Globigerinoides ruber* (morfotipo branco) e *G. sacculifer*.

- Grupo Subtropical que compreende as assembleias entre 12 e 30°S compreendendo o Giro Subtropical e a margem sul-americana entre 25 e 30°S, composta principalmente pelas espécies *G. ruber* (morfotipo branco), *Globigerinita glutinata*, *Globorotalia inflata* e *G. sacculifer*.
- Grupo Transicional entre 30 e 50°S além da margem continental africana abaixo de 13°S. As principais espécies encontradas são *G. glutinata*, *G. inflata*, *Neogloboquadrina pachyderma* (enrolamento dextral) e *Globigerina bulloides*.
- Grupo Subantártico ligada à Frente Subantártica abaixo de 50°S apresentando forte contribuição do enrolamento sinistral de *N. pachyderma* e uma menor contribuição de *G. bulloides*.

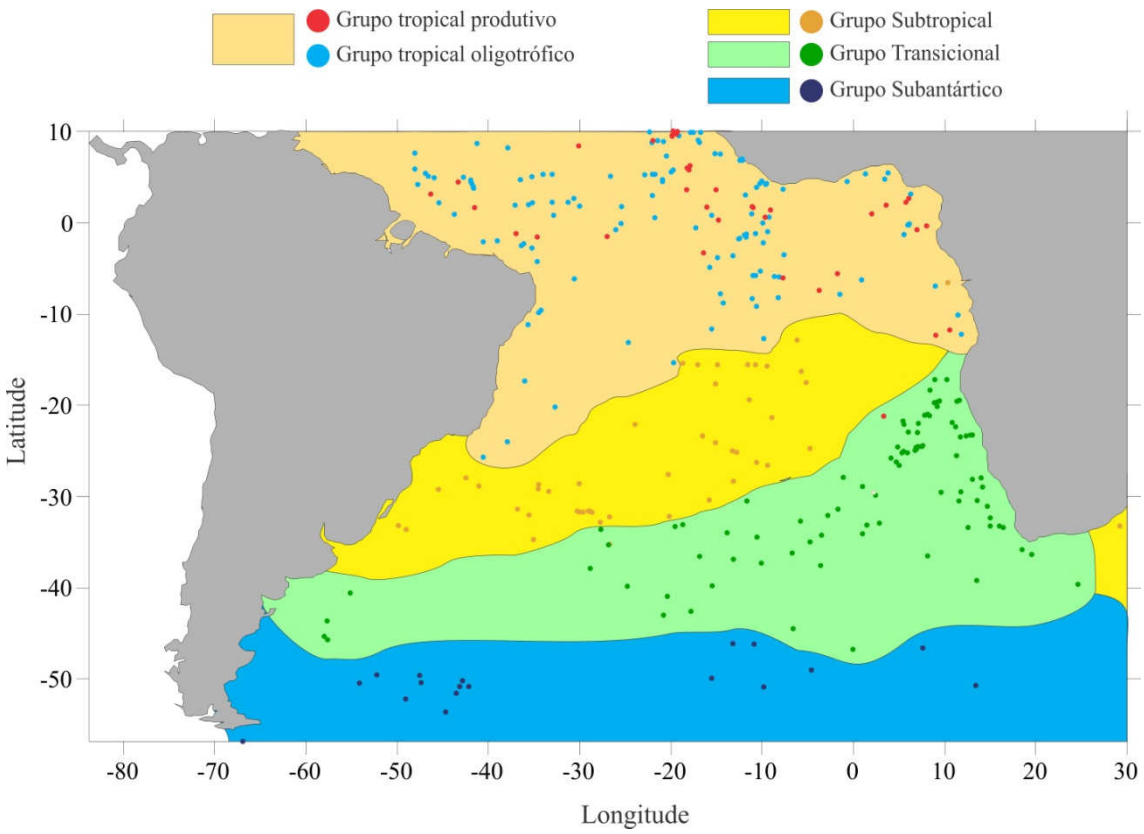


**Figura 2-** Distribuição geográfica das assembleias de foraminíferos planctônicos de topos de testemunhos do Atlântico Sul. Dados extraídos do banco de dados MARGO (Fonte: PFLAUMANN et al., 1996).

Indivíduos vivos de foraminíferos planctônicos são encontrados nos primeiros 2000 metros da coluna d'água, sendo a maior parte dos indivíduos se distribuindo nos primeiros 200 metros devido à necessidade de busca por alimento ou luz para a fotossíntese nas espécies

com endosimbiontes (BÉ, 1960**;** BOLTOVSKOY, 1973; FAIRBANKS et al., 1980; AL SABOUNI et al., 2007). As espécies pertencentes à família Globigerinidae e Hantkeninidae se distribuem preferencialmente nos primeiros 100 metros sendo a maioria das espécies distribuidas nos primeiros 50 metros, enquanto as espécies da família Globorotalidae apresentam ampla distribuição vertical sendo que a maioria das espécies ocupa profundidades entre 50 e 300 metros (BÉ, 1977; FAIRBANKS et al., 1980; NIEBLER et al., 1999).

## 2.2ISÓTOPOS ESTÁVEIS EM FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS

Razões de isótopos estáveis têm sido extensivamente usadas em estudos paleoambientais pelo fato de apresentarem relações diretas com variáveis ambientais, possibilitando a reconstrução destas variáveis ao longo do tempo geológico (KATZ et al., 2010). Em foraminíferos planctônicos, as principais razões isotópicas (R) usadas são a razão $^{18}O/^{16}O$ (expressa em $\delta^{18}O$) e $^{13}C/^{12}C$ (expressa em $\delta^{13}C$) da calcita de suas testas. O $\delta^{18}O$ pode ser usado para a reconstrução de três principais variáveis: temperatura, salinidade e o volume de gelo nos polos, enquanto o $\delta^{13}C$ é aplicado para a reconstrução da circulação oceânica e paleoprodutividade.

Os isótopos estáveis da calcita dos foraminíferos são medidos em espectrômetros de massa. Para isso, as testas de uma determinada amostra são solubilizadas em ácido fosfórico ($H_3PO_4$) a uma temperatura de 90°C gerando a seguinte reação:

$$6H^+ + 2PO_4^{3-} + 3CaCO_3 \leftrightarrow 3H_2O + 3Ca^{2+} + 2PO_4^{3-} + 3CO_2(g)\uparrow$$

Para o cálculo das razões isotópicas, um padrão com razão isotópica conhecida deve ser usado a fim de que as razões obtidas em diferentes estudos possam ser comparadas, sendo assim a fórmula para o cálculo do δ é a seguinte:

$$\delta(‰) = ((R_{amostra} - R_{padrão})/ R_{padrão})*1000 \qquad \text{Eq. 1}$$

Sendo a multiplicação por mil necessária para as razões isotópicas de oxigênio e carbono devido a baixa abundância do $^{18}O$ e $^{13}C$ (0,20 e 1,1%, respectivamente, RAVELO; HILLAIRE-MARCEL, 2007). Os padrões mais usados na determinação dos isótopos de oxigênio e carbono de calcitas são o PDB e SMOW. O padrão PDB é um fóssil de belemita encontrado na formação Pee Dee localizada na Carolina do Sul (EUA), enquanto o SMOW é a média padrão da água do mar usado unicamente para análises isotópicas da água a qual pode ser convertida para PDB. Tais padrões foram calibrados com amostras mantidas em Vienna e, por isso é atribuída a nomenclatura V-PDB e V-SMOW. Frequentemente em estudos

paleoambientais, o $\delta^{18}O$ da água do mar é estimado com base no $\delta^{18}O$ da calcita de foraminíferos, portanto é necessário converter a razão obtida em V-PDB para V-SMOW, a qual pode ser realizada pela fórmula contida em Niebler et al. (1999):

$$\delta^{18}O_{água}(V\text{-}SMOW) = 0{,}99973 * \delta^{18}O_{água}(V\text{-}PDB) - 0{,}27 \quad \text{Eq. 2}$$

### 2.2.1 Isótopos estáveis de oxigênio

O $\delta^{18}O$, como mencionado anteriormente, é usado como marcador para temperatura, volume de gelo e salinidade. O volume de gelo é a principal indicação dada pelo $\delta^{18}O$, devido à diferente mudança no fracionamento isotópico da evaporação, onde a molécula $H_2{}^{16}O$ por ser mais leve tende a evaporar mais facilmente, fazendo com que a água do oceano seja rica em $^{18}O$ enquanto o vapor de água na atmosfera é rico em $^{16}O$. Com a expansão das calotas polares durante os períodos glaciais, o limite chuva-neve avança na direção do equador, fazendo com que mais água fique aprisionada nas calotas fazendo com que o $\delta^{18}O$ do oceano seja enriquecido e o $\delta^{18}O$ do gelo polar (oriundo da neve que se deposita sobre as geleiras) seja mais empobrecido. Sendo assim, grandes variações do $\delta^{18}O$ são observadas entre os períodos glaciais e interglaciais, com o $\delta^{18}O$ se tornando mais empobrecido na água e nos carbonatos e mais enriquecido no gelo durante a passagem de um período glacial para um interglacial (JOHNSEN et al., 2001; PEETERS et al., 2004). Como os foraminíferos planctônicos vivem na camada superficial dos oceanos, o fracionamento isotópico é influenciado pela variabilidade atmosférica. Já o leito marinho recebe uma influência atmosférica desprezível e mantém condições estáveis de temperatura e salinidade, fazendo com que o $\delta^{18}O$ de foraminíferos bentônicos marque mais expressivamente as variações do volume de gelo. O $\delta^{18}O$ de foraminíferos bentônicos pode ser adicionalmente usado para reconstruções da variação do nível do mar que depende da variabilidade do volume de gelo.

A relação entre a temperatura e o $\delta^{18}O$ começou com o químico nuclear Harold Urey em 1947 que verificou que o equilíbrio isotópico da precipitação de calcita na água do mar e o fracionamento isotópico de oxigênio eram dependentes da variação da temperatura. O aumento da temperatura resultava na precipitação de calcita empobrecida em $^{18}O$ (DUPLESSY et al., 1981; OLIVEIRA, 2008). Posteriormente, equações de calibração isotópica para paleotemperatura foram desenvolvidas onde a temperatura varia em função da diferença entre o $\delta^{18}O$ da calcita e o $\delta^{18}O$ da água, algumas variando de forma polinomial e outras envolvendo variabilidade linear (Tabela 2). Como estas paleotemperaturas são calculadas com base no $\delta^{18}O$ de foraminíferos, elas são chamadas de temperaturas de calcificação ou temperatura isotópica e representam a temperatura da água em que os

indivíduos calcificaram suas câmaras, as quais podem ser muito variáveis se a espécie realiza migração vertical. Niebler et al. (1999) reconstruiu a distribuição vertical de foraminíferos planctônicos com base no $\delta^{18}O$ de grupos de indivíduos com diferentes classes de tamanho de várias espécies e encontrou grande variabilidade no $\delta^{18}O$ de espécies migrantes tais como *Globorotalia truncatulinoides* e *Globorotalia inflata* e menores variabilidades em espécies como *G. sacculifer* (superficial) e *Neogloboquadrina dutertrei* (subsuperfícial). Dessa forma, as temperaturas de calcificação reconstruídas com diferentes espécies são uma excelente ferramenta para a reconstrução da estratificação da água, no entanto é importante utilizar espécies com menor índice de migração vertical, e para o Atlântico Sul, os resultados encontrados por Niebler et al. (1999) servem como base.

**Tabela 2 - Resumo de algumas equações de calibração para reconstrução da temperatura (T) a partir da diferença entre o $\delta^{18}O$ da calcita ($\delta^{18}O_c$) e o $\delta^{18}O$ da água do mar ($\delta^{18}O_a$).**

| Equação de calibração | Material | Referência |
|---|---|---|
| $T = 16{,}9 - 4{,}38\ (\delta^{18}O_c - \delta^{18}O_a) + 0{,}10\ (\delta^{18}O_c - \delta^{18}O_a)^2$ | Cultura | Shakleton (1974) |
| $T = 17{,}0 - 4{,}52\ (\delta^{18}O_c - \delta^{18}O_a) + 0{,}03\ (\delta^{18}O_c - \delta^{18}O_a)^2$ | Cultura | Erez e Luz (1983) |
| $T = 16{,}1 - 4{,}64\ (\delta^{18}O_c - \delta^{18}O_a) + 0{,}09\ (\delta^{18}O_c - \delta^{18}O_a)^2$ | Cultura | Kim e O'Neil (1997) |
| $T = 14{,}3 - 4{,}34\ (\delta^{18}O_c - \delta^{18}O_a) + 0{,}05\ (\delta^{18}O_c - \delta^{18}O_a)^2$ | *Globigerinoides ruber* | Mulitza et al. (2004) |
| $T = 14{,}20 - 4{,}44\ (\delta^{18}O_c - \delta^{18}O_a)$ | *Globigerinoides ruber* | Mulitza et al. (2003) |
| $T = 14{,}91 - 4{,}35\ (\delta^{18}O_c - \delta^{18}O_a)$ | *Globigerinoides sacculifer* | Mulitza et al. (2003) |
| $T = 14{,}62 - 4{,}70\ (\delta^{18}O_c - \delta^{18}O_a)$ | *Globigerina bulloides* | Mulitza et al. (2003) |
| $T = 12{,}69 - 3{,}55\ (\delta^{18}O_c - \delta^{18}O_a)$ | *Neogloboquadrina pachyderma* | Mulitza et al. (2003) |

A influência da salinidade no $\delta^{18}O$ se dá pela mesma forma que a influência do volume de gelo onde a molécula de água mais leve evapora com mais facilidade que a molécula de água mais pesada. Sendo assim, as massas de água quentes, tais como as associadas à Corrente do Brasil e à Corrente do Golfo, apresentam taxa de evaporação mais alta que a de precipitação em comparação com as massas de água frias, portanto são mais enriquecidas $^{18}O$ (RAVELO; HILLAIRE-MARCEL, 2007). Dessa forma, vários estudos (MULITZA et al., 1998; LeGRANDE; SCHMIDT, 2006; TOLEDO, 2007b) desenvolveram equações lineares para reconstrução da paleossalinidade dependentes da variação do $\delta^{18}O$ da água do mar (Tabela 3, Figura 3). Essa variável pode ser estimada pelo $\delta^{18}O$ da calcita através das equações de paleotemperatura (Tabela 2), obtendo-se a temperatura através de outros proxies (tais como função de transferência ou razão Mg/Ca). No entanto, a utilização destas equações segue a premissa na qual a relação entre salinidade e o $\delta^{18}O$ da água permaneceu

linear no passado, o que não se sabe se realmente aconteceu. Por isso, estudos recentes têm preferido usar diretamente o $\delta^{18}O$ da água (estimado do $\delta^{18}O$ da calcita) para esse fim.

**Tabela 3 - resumo de algumas equações para reconstrução da salinidade (S) baseada no $\delta^{18}O$ da água do mar ($\delta^{18}O_c$).**

| Equação de calibração | Referência |
|---|---|
| S = d18Oa + 34,42 | Mulitza et al. (1998) |
| S = d18Oa + 34,11 | leGrande e Schmidt (2006) |
| S = 1,863*d18Oa +34,95 | Toledo et al. (2007) |

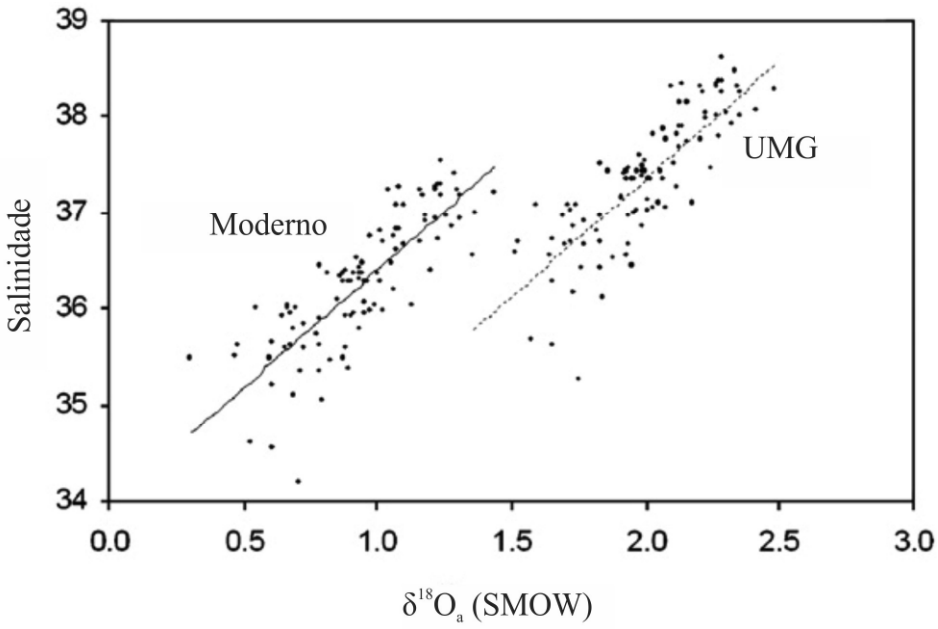


**Figura 3-** Gráfico apresentando a correlação linear entre o $\delta^{18}O$ da água do mar ($\delta^{18}O_a$) e a salinidade em amostras recentes e do Último Máximo Glacial (UMG) (Fonte:, TOLEDO et al., 2007b).

### 2.2.2 Isótopos estáveis de carbono

A razão isotópica de carbono tem sido usada como traçadora de massas de água e paleoprodutividade. O fracionamento isotópico do carbono na calcita dos foraminíferos é primariamente controlado pelo fracionamento do carbono inorgânico dissolvido (CID) na água do mar que depende da atividade da produtividade primária na camada fótica (muito variável) e do reservatório global de carbono em mar profundo (estável por milhares de anos). Este por sua vez depende das fontes de carbono para o oceano (intemperismo continental e atividade hidrotermal), determinantes do ciclo do carbono global (KATZ et al., 2010).

A relação entre o $\delta^{13}C$ do CID e a produtividade primária se dá pela preferência dos organismos produtores em assimilar moléculas de $^{12}C$, resultando em um empobrecimento de

$^{13}C$ na matéria orgânica e um enriquecimento da água circundante. Por consequência, as respostas do $\delta^{13}C$ à produtividade na matéria orgânica e no CID (registrado na calcita dos foraminíferos) são opostas.

Devido à ausência de luz no mar profundo, a atividade biológica é muito reduzida, fazendo com que a concentração do CID oriunda da remineralização da matéria orgânica se apresente de forma conservativa e, portanto apresentando baixo $\delta^{13}C$. Dessa forma as massas de origem polar (águas ricas em nutrientes) apresentam baixo $\delta^{13}C$, enquanto massas de água de origem tropical (águas oligotróficas) apresentam alto $\delta^{13}C$. Baseando nestas definições, Curry (2000) traçou as assinaturas isotópicas das massas de água que compõem o Atlântico Oeste com base no $\delta^{13}C$ de foraminíferos bentônicos e posteriormente, Curry e Oppo (2005) reconstruíram a composição das massas de água do Atlântico Oeste durante o último glacial e evidenciaram uma coluna d'água mais homogênea onde águas de origem antártica ($\delta^{13}C$ mais baixos) se situaram abaixo de 2000 metros de profundidade e a Água Intermediária Antártica (AIA) não ultrapassava a latitude de 20°S (Figura 4).

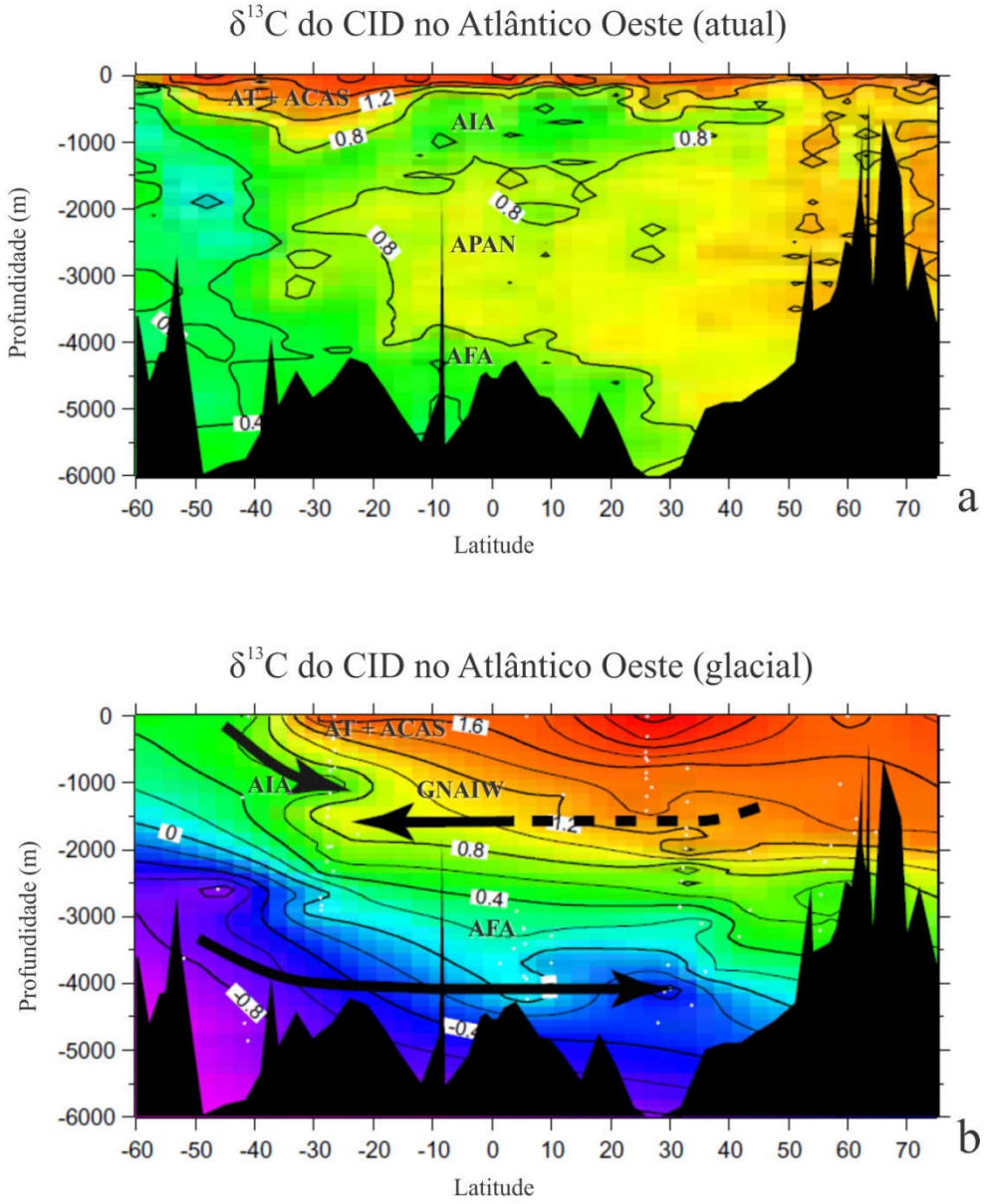


**Figura 4 –** Distribuição vertical do $\delta^{13}C$ do CID na porção oeste do Atlântico moderno. (a) distribuição moderna exibindo as principais massas de água e suas assinaturas isotópicas. (b) distribuição no glacial reconstruida pelo d13C de foraminíferos bentônicos, onde é visualizado um diferente regime de circulação tais como o recuo da AT para o norte, a ausência da APAN e o recuo da AIA para o sul frente ao avanço da GNAIW (Água Intermediária do Atlântico Norte Glacial), caracterizando uma coluna d'água formada por águas tropicais acima de 2000 m e águas antárticas abaixo de 2000 m (Fonte: modificado de CURRY e OPPO, 2005).

### 2.2.3 O efeito vital

Apesar dos isótopos de oxigênio e carbono responderem primariamente aos parâmetros mencionados acima, é importante ressaltar que também existe uma influência fisiológica dos foraminíferos no fracionamento isotópico, chamada de efeito vital. Segundo Erez (1978), essa variável é decorrente de variações na concentração de $CO_2$ dentro do organismo (maior ou menor atividade metabólica) e também pela atividade dos endosimbiontes que aumentam a atividade de calcificação das testas, as quais podem deixar o

fracionamento entre 2 e 3‰ mais leves que o valor de equilíbrio, principalmente o $\delta^{13}C$. Assim, um maior controle na escolha das testas e espécies deve ser empregado visando uma menor influência de erros:

- Realizar as análises isotópicas usando uma determinada espécie (ou morfotipo). No caso do uso de duas ou mais espécies, realizar análises separadas;
- Dar preferência para testas com a mesma classe de tamanho;
- Se possível, usar um grande número de testas. Isso não só vai reduzir e normalizar o erro associado ao efeito vital como também vai normalizar a variabilidade associada à sazonalidade;
- Conhecer a ecologia da espécie para identificar de onde vem o sinal isotópico e quais as possíveis respostas.

## 2.3 Mg/Ca DE FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS COMO PALEOTERMÔMETRO

A razão elementar entre o magnésio e o cálcio (razão Mg/Ca) de foraminíferos planctônicos varia primariamente em função da temperatura em estudos de cultura em laboratório com controle de temperatura, luz e pH (LEA et al., 1999; MASHIOTTA et al., 1999), armadilhas de sedimento x TSM (ANAND; ELDERFIELD, 2003; MCCONNELL; THUNELL, 2005) e topos de testemunhos (ELDERFIELD; GANSSEN, 2000). Todos estes estudos observaram um aumento exponencial da razão Mg/Ca da calcita em função do aumento da temperatura (Figura 5).

De uma forma mais branda que nos isótopos estáveis, o efeito vital pode também desviar os valores Mg/Ca em relação a temperatura da água do mar, pois variabilidades metabólicas e ontogenéticas podem influenciar na temperatura interna do indivíduo, resultando em um aumento da incorporação de Mg na calcificação. A influência do efeito vital começou a ser visualizada nos estudos de cultura de laboratório de Lea et al. (1999) onde foi observado uma pequena, mas desprezível influência da luz no Mg/Ca de *Orbulina universa* que hospeda endosimbiontes, enquanto nenhuma influência foi observada em *G. bulloides* que não os hospeda. Posteriormente com o advento da técnica de ablação a laser (do inglês *Laser Ablation*, LA) e perfilagem eletrônica (em inglês *Electron Microprobe*, EM), novas evidências do efeito vital foram observadas como por exemplo, camadas ricas e pobres em Mg na parede das câmaras nas espécies com endosimbiontes *O. universa* e *G. ruber* (EGGINS et al., 2004; SADEKOV et al., 2008). Além do efeito vital, outras variáveis podem causar pequenos desvios na relação Mg/Ca e temperatura, tais como a salinidade e o pH que elevam em 0,2°C o erro associado às calibrações (LEA et al., 1999). A influência do pH na

relação Mg/Ca pode ser ainda mais importante para as calibrações utilizando foraminíferos capturados em armadilhas de sedimento e redes de plâncton devido à acidificação dos oceanos (MOY et al., 2009; LOMBARD et al., 2010) o que demandaria uma correção para pH nestes tipos de calibração.

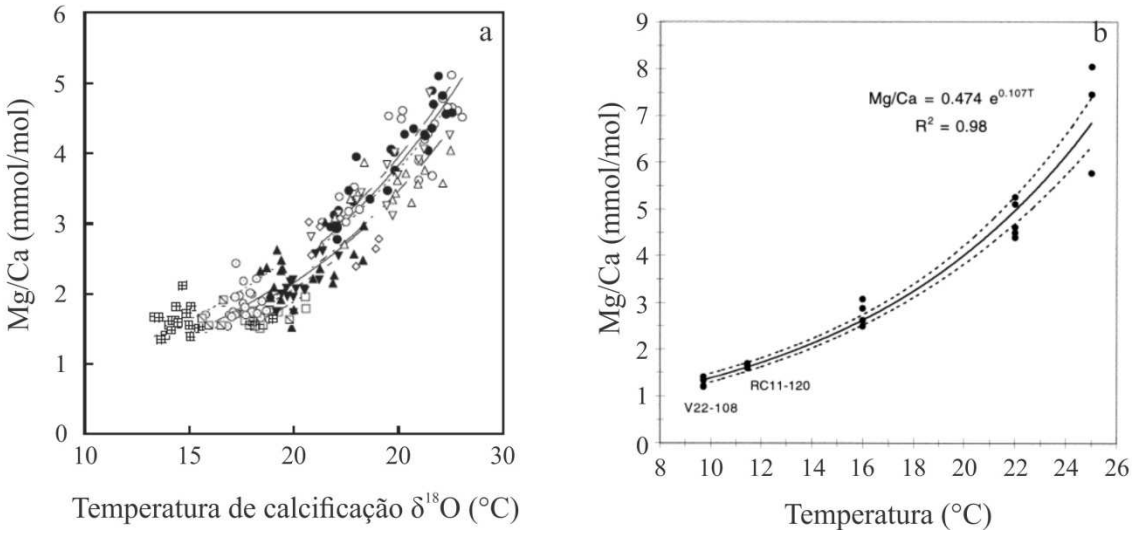


**Figura 5 –** Exemplos de curvas de calibração de temperatura baseada na razão Mg/Ca de foraminíferos planctônicos. (a) calibração multiespecífica com armadilhas de sedimento de Anand e Elderfield (2003); (b) calibração para *G. bulloides* de cultura de laboratório de Mashiotta et al. (1999).

Por fim, uma última fonte de erro neste tipo de análise é a dissolução parcial do carbonato, pois ela atinge preferencialmente a calcita magnesiana. Portanto o principal efeito da dissolução é uma diminuição da razão Mg/Ca das testas, fazendo com que as temperaturas estimadas sejam subestimadas. Regenberg et al. (2006) visualizou uma diminuição de 14 a 50% da razão Mg/Ca entre as espécies depositadas em sedimentos rasos (< 2000 metros de profundidade) e profundos (> 3000 metros de profundidade), o que demanda uma correção em testemunhos profundos. Além disso estes autores reportaram uma correlação entre o declínio do Mg/Ca e a variação da concentração de $CO_3^{2-}$ que variou entre o último glacial e o Holoceno, sugerindo que o efeito da dissolução não foi constante no tempo, sendo significativo dentro do Holoceno (menores concentrações de $CO_3^{2-}$) e insignificante no último glacial (maiores concentrações de $CO_3^{2-}$).

## 2.4 OCEANOGRAFIA DO ATLÂNTICO SUL

### 2.4.1 Circulação e massas de água no Atlântico Sul

A circulação do Atlântico Sul é composta por três principais feições ocenográficas: o Giro Subtropical, a Frente Subtropical e a Frente Subantártica (Figura 6).

O Giro Subtropical é um giro anticiclônico que engloba todo o Atlântico Subtropical, composto pela Corrente do Brasil (CB) na borda oeste, parte da Corrente do Atlântico Sul que converge para o norte próximo à margem africana formando a Corrente Oceânica de Benguela e a Corrente Sul-Equatorial. A frente Subtropical representa a parte da Corrente do Atlântico Sul que encontra a Corrente das Agulhas próximo à margem Africana e segue para dentro do Oceano Índico. E a Frente Subantártica é formada por correntes frias oriundas da passagem de Drake cujo ramo sul segue continuamente para leste formando a Frente Polar, enquanto o ramo norte é desviado para a margem continental argentina e segue em sentido SO – NE formando a Corrente das Malvinas (CM) que ao encontrar CB na latitude 35°S (Zona de Confluência Brasil-Malvinas, ZCBM), é desviada novamente para o sul e em seguida para leste formando a Corrente Circumpolar Antártica (PETERSON; STRAMMA, 1991; STRAMMA; ENGLAND, 1999).

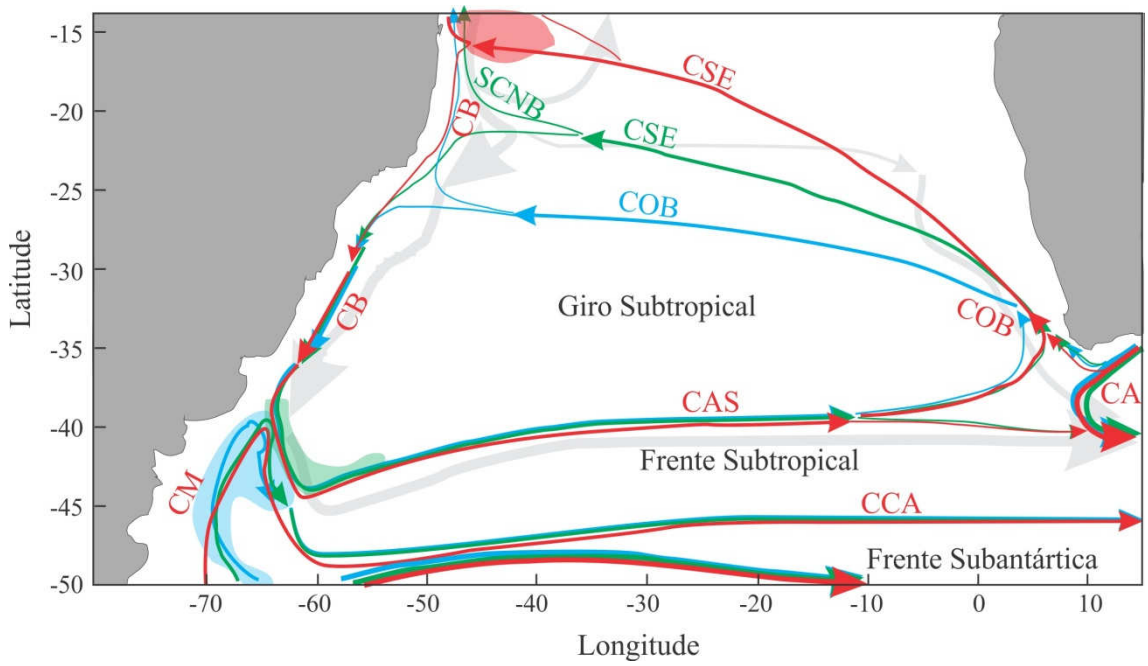


**Figura 6 –** Esquema da circulação no Atlântico Sul exibindo as principais correntes oceânicas nas camadas da AT (0-100 m, vermelho), na camada da ACAS (500 m, verde) na camada da AIA (1000 m, azul) e na camada da APAN (2000 m, cinza claro). CB = Corrente do Brasil, SCNB = Subcorrente Norte do Brasil, CAS = Corrente do Atlântico Sul, CCA = Corrente Circumpolar Antártica, CA = Corrente das Agulhas, COB = Corrente Oceânica de Benguela, CSE = Corrente Sul-Equatorial. As superfícies coloridas representam o local de formação das massas de água AT (vermelho), ACAS (verde) e AIA (azul). Note o encurtamento do Giro Subtropical com o aumento da profundidade (Fonte: modificado de STRAMMA e ENGLAND, 1999).

Tais feições representam os primeiros 1500 metros da coluna d'água, compreendendo quatro principais massas de água: Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Intermediária Antártica (AIA) e a Água Circumpolar Antártica (ACA). Essa última engloba a CM e as zonas transicionais e subantártica do Atlântico (ao sul

de 45°S) cobrindo os primeiros 3000 metros da coluna d'água. Dessa forma o Atlântico Sul é um gerador de massas de água intermediárias existentes nas latitudes tropicais e subtropicais.

A AT é composta por águas com temperaturas entre 22 e 28°C, salinidades em torno de 37 psu e pobres em nutrientes se distribuindo pelos primeiros 200 metros da coluna d'água em latitudes tropicais e subtropicais. Ela é formada na Corrente Sul-Equatorial e é trazida para o Atlântico Subtropical através da CB (SILVEIRA et al., 2000).

A ACAS é uma massa de água rica em nutrientes e se distribui pela camada de picnoclina (entre 200 e 800 m de profundidade) em latitudes tropicais e subtropicais apresentando temperaturas variando entre 5 e 18°C e salinidades entre 35 e 36 psu (SILVEIRA et al., 2000). Ela é formada pelo ramo da CM que afunda na ZCBM por ser mais densa que a AT e segue para leste abaixo da AT se espalhando para o norte devido à influência da AIA. Apesar da ACAS ser uma massa de água subsuperficial, ela está presente na superfície próxima a margem continental sul-africana devido à ocorrência de um forte sistema de ressurgência costeira. Na margem continental sul-americana, a ACAS chega pela Corrente Sul-Equatorial (localizada bem mais ao sul que na superfície, Figura 6, CSE verde) e ao encontrar a cadeia Vitória-Trindade ela se bifurca: o ramo norte segue para o equador formando a Subcorrente Norte do Brasil e o ramo Sul entra na CB e segue novamente para a ZCBM. A ACAS também aflora na superfície em pontos isolados da costa brasileira devido às irregularidades da margem continental que causam instabilidades de fluxo na CB gerando pequenos pontos de ressurgências costeiras.

A AIA é uma massa de água muito rica em nutrientes apresentando temperaturas entre 4 e 6°C e salinidades inferiores a 34,5 psu. Ela é formada na Zona de Convergência Subantártica em 55°S onde afunda e flui para o norte entre 800 e 1500 metros de profundidade. A AIA compõe o ramo mais profundo do Giro Subtropical que é ainda mais curto que na camada da ACAS (Figura 6, COB azul), onde a Corrente Oceânica de Benguela é independente da Corrente Sul-Equatorial e alcança a margem continental brasileira entre 28 e 25°S onde se bifurca formando um braço que segue para o equador ao norte de 25°S e outro que se junta a CB ao sul de 28°S e flui no sentido da ZCBM (STRAMMA; ENGLAND, 1999; SILVEIRA et al., 2000).

Além destas existem as massas de água profundas: a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e a Água de Fundo Antártica (AFA).

A APAN é uma massa de água oligotrófica ocupando latitudes tropicais e subtropicais do Atlântico Sul com temperaturas em torno de 4°C e salinidade em torno de 35 psu (SILVEIRA et al., 2000**)**. Ela faz parte da circulação termohalina sendo formada nos mares nórdicos pelo afundamento das águas da Corrente do Golfo, e retornando para o sul entre 1500 e 3500 metros de profundidade até a ZCBM quando converge para leste e segue na direção do Oceano Índico.

A Água de Fundo Antártica (AFA) é uma massa de água formada pelo degelo das calotas polares antárticas. Devido à alta densidade, a AFA afunda e segue para o norte por baixo de todas as outras massas de água ocupando profundidades superiores a 3500 metros.

### 2.4.2 A circulação na margem continental sudeste brasileira

O principal fluxo oceânico na margem continental brasileira é formado pela CB que flui para sul desde ≈10°S (onde ela é formada) até a Zona de Confluência Brasil-Malvinas em cerca de 38°S (Figura 6). De seu local de formação até 20°S (Cadeia Vitória-Trindade), a CB é uma corrente de contorno superficial unicamente formada pela AT. Ao sul de 20°S a CB recebe a ACAS proveniente da corrente central Sul-Equatorial e ao sul de 28°S recebe a AIA da corrente intermediária de Benguela e somada ao fluxo da APAN, a CB passa a apresentar 3500 metros de espessura (Figura 6).

Na margem SE, a CB encontra duas importantes mudanças de orientação da margem continental: uma em 22°S ao largo do Cabo de São Tomé (RJ) e outra em 23°S ao largo de Cabo Frio (RJ). Tais mudanças de orientação fazem com que a CB se afaste da costa acarretando na formação de diversas feições de instabilidade tais como meandros, vórtices e intrusões da ACAS dentro da camada da AT na quebra da plataforma continental (CAMPOS et al., 2000) (Figura 7). Os vórtices formados na área da quebra da plataforma continental são capazes de capturar e misturar diferentes massas de água gerando águas mais produtivas, assim como a capacidade de trazer a ACAS para a zona fótica. Além disso, a ocorrência de ventos alísios de E e NE favorecem a formação da espiral de Ekman empurrando a AT para *offshore* e por consequência trazendo a ACAS, situada em baixas profundidades, para a costa e gerando pontos de ressurgência costeira nestas duas regiões  e consequente aumento de produtividade primária (CALADO, 2006).

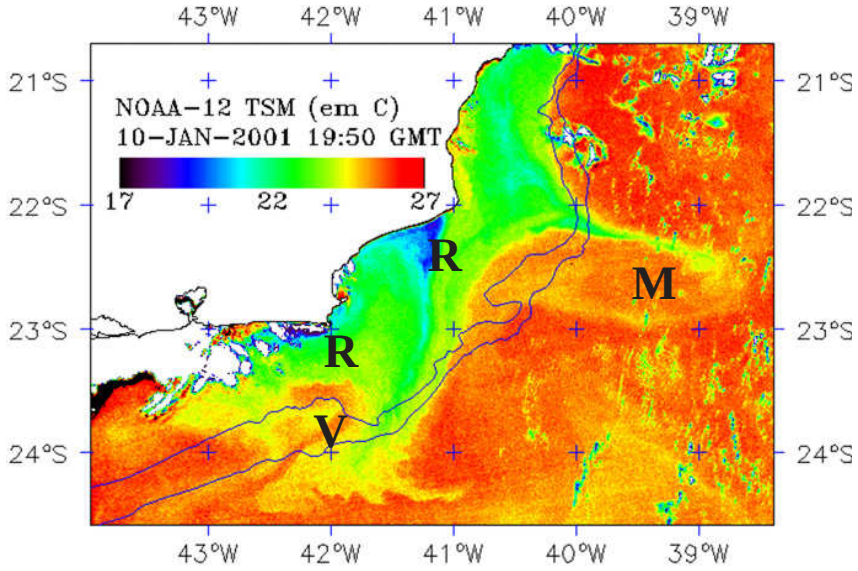


**Figura 7 –** Temperatura de superfície do mar reconstruida por satélite mostrando meandros (M), vórtices (V) e ressurgências costeiras (R) formados pelas instabilidades da CB na MCRJ ao largo do Cabos de São Tomé e Cabo Frio (Fonte: modificado de CALADO et al., 2010).

Enquanto a CB determina o fluxo de NE para SO sobre o talude continental, uma corrente costeira (CC) empurrada por ventos de SO fluir para o norte sobre a plataforma continental interna se extendendo da ZCBM até a costa do Estado de São Paulo, podendo alcançar a Baia de Guanabara, cuja intensidade mais alta é observada no inverno quando as frentes frias são muito frequentes (Figura 8). Ela é formada por uma pequena fração da CM que não é desviada e subduzida para a Frente Subtropical, a qual segue pela plataforma continental, recebendo aportes fluvias (SILVA JR. et al., 1996). A interação entre a pluma das Malvinas que é rica em nitrato com as águas estuarinas ricas em silicato na CC gera águas com alto potencial produtivo, cujas baixas temperaturas e altas concentrações de clorofila podem ser visualizadas em imagens de satélite (GONZALEZ-SILVEIRA et al., 2006).

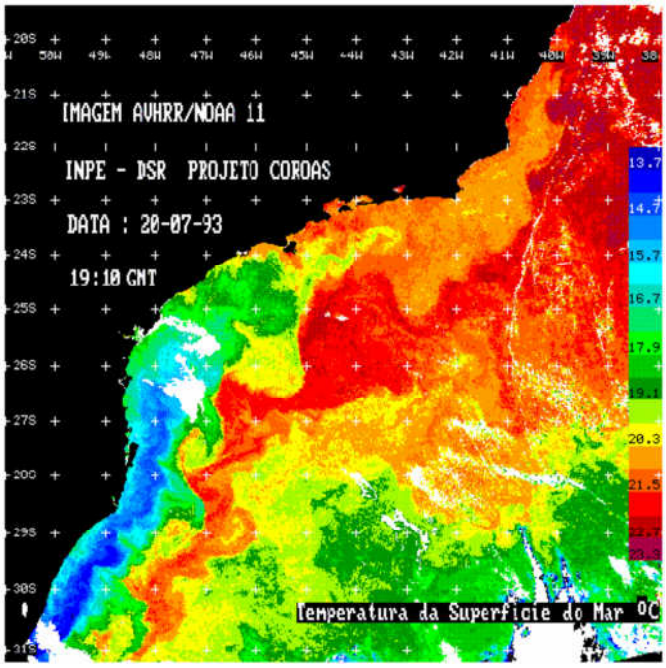


**Figura 8 –** Imagem de satélite AVHRR da margem continental sul e sudeste brasileira apresentando a TSM durante o dia 20/07/1993, onde se pode observar a passagem da CC sobre a plataforma continental interna entre a Confluência Brasil-Malvinas e a Ilha de São Sebastião, com uma pequena extensão puxada por um vórtice ao largo da Baia de Guanabara (imagem extraída de Silva Jr. et al., 1996).

### 2.4.3 Acoplamento oceano-atmosfera

Os oceanos através do sistema de circulação são em parte responsáveis pelo transporte e distribuição de calor de latitudes equatoriais para altas latitudes. O alto calor específico da água impede uma rápida perda de calor, permitindo que altas latitudes recebam uma quantidade significativa de calor. Dessa forma os oceanos têm um papel importantíssimo na manutenção dos sistemas climáticos existentes em todo o mundo (WANG et al., 2004).

O calor proveniente da insolação acumula-se na parte superficial dos oceanos chamada de camada de mistura porque a turbulência faz com que a temperatura desta camada seja homogênea. O intercambio de calor entre o oceano e a atmosfera se dá pela troca de calor sensível, pela precipitação sobre o mar, pelos ventos que favorecem à exportação pela evaporação e à importação pelas quebras de ondas (SOARES-GOMES; FIGUEIREDO, 2002). Entretanto, o acoplamento entre o oceano e a atmosfera é muito mais complexo, pois envolve processos mecânicos tais como o vento que é responsável pela turbulencia da camada de mistura e controla sua profundidade. Um aumento dos ventos provoca um aprofundamento da camada de mistura que vai baixar as temperaturas de superfície.

No Atlantico Tropical Sudoeste, quatro sistemas atmosféricos acoplados são importantes na variação da circulação oceânica e no balanço hídrico tanto do Atlântico como

do continente sulamericano: o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (AAS), as zonas de convergência Intertropical (ZCIT) e do Atlântico Sul (ZCAS) e a passagem de sistemas frontais (frentes-frias).

O AAS é responsável pelos ventos alísios que movimentam as grandes correntes oceânicas do Giro Subtropical onde podemos citar os alísios de SE, responsáveis pela movimentação das correntes COB e CSE (Figura 6) que fazem parte da circulação termohalina, e os alísios de E e NE responsáveis pelo fluxo da CB. A ocorrência do AAS.

Os ventos SE são fundamentais para a ocorrência do sistema de ressurgência de Benguela na costa sul da África, onde estes alísios geram transporte de Ekman fazendo com que as águas superficiais oriundas de um pequeno ramo da Corrente do Atlântico Sul e da Corrente das Agulhas (chamada Corrente Costeira de Benguela, CCB) se afaste das costas da África do Sul e da Namíbia promovendo a ressurgência costeira de águas da ACAS com temperatura em torno de 10°C e concentração de nutrientes mais alta que das águas superficiais da CCB (LITTLE et al., 1997).

A ZCIT representa a zona de convergência entre as células de Haddley do sul e do norte, ou seja, representa o “equador climático”. Como há convergência de ventos alísios, muito ar quente sobe para a alta atmosfera gerando muita condensação de água e precipitações muito frequentes como consequência. Esse sistema é fortemente dependente do oceano e da insolação, pois os aliseos do norte e do sul se anulam, afinando a camada de mistura e gerando as maiores isotermas superficiais do mar que migram sazonalmente acompanhando a insolação de verão. Dessa forma, levando em consideração as estações do ano no hemisfério sul, a ZCIT se posiciona em média na latitude 10°N no inverno austral e em torno de 5°S no verão austral (CHUNG, 1982; TEDESCO; THUNELL, 2003; PETERSON; HAUG, 2006).

O AAS, assim como a ZCIT, migra em função da insolação e se aproximando do continente americano durante o verão austral do hemisfério sul. Tal aproximação faz com que a CB adquira um fluxo mais intenso e os ventos alísios sobre o litoral fiquem mais fortes. As principais consequências são um aumento da precipitação no NE brasileiro devida ao posicionamente da ZCIT nesta região e a intensificação dos pontos de ressurgência costeira do Cabo de São Tomé e Cabo Frio.

A Monção Sulamericana formada pelo aquecimento do continente no verão a qual provoca um desvio dos aliseos para o interior continental criando um fluxo de humidade que abastece a convexao na Amazonia. Este fluxo segue para o Sudeste e devido à interação com sistemas frontais, os quais resultam num canal de umidade que parte do sul da Amazônia, passa pelo Centro-Oeste e SE do Brasil (componente continental) e extravasa para o Atlântico (componente oceânica) (CARVALHO et al., 2004). Da mesma forma que a ZCIT, a intensidade e o local de formação da ZCAS podem ser também associados a altas TSM no Atlântico Subtropical Oeste (CHAVES; NOBRE, 2004).

Os sistemas frontais são frentes de umidade associados a lentes de ar frio que seguem de oeste para leste em 40°S. Uma linha de nebulosidade se forma no contato do ar frio com o ar tropical sobre o continente sul-americano e se desloca para o norte levando umidade. O alcance dos sistemas frontais varia sazonalmente onde no inverno eles passam frequentemente pelo SE e podem alcançar o NE e o N do Brasil, enquanto no verão, os sistemas frontais alcançam com frequência apenas o S do Brasil, chegando com pouca frequência ao SE e muito raramente ao NE (ANDRADE; CAVALCANTI, 2004). A principal característica dos sistemas frontais de interesse para este estudo são os ventos de SO que são trazidos por eles os quais são caracterizados por potencializar o avanço para o norte da pluma costeira de águas frias e de interromper a passagem dos ventos de NE em Cabo Frio causando empilhamento de AT na costa e a consequente subsidência da ACAS de volta para o talude continental (VALENTIN, 1984).

# 3 ÁREA DE ESTUDO

## 3.1 O SISTEMA DE RESSURGÊNCIA DE CABO FRIO (SRCF)

A região de Cabo Frio (23°S, 42°O) está localizada a cerca de 180 km de distância da cidade do Rio de Janeiro e suas principais atividades econômicas são: o turismo devido à presença de praias calmas, geralmente dissipativas com águas de tom azul turquesa; a pesca devido à ocorrência da ressurgência que favorece o crescimento em massa da população de várias espécies de valor pesqueiro, e a produção de sal devido ao baixo índice de precipitação do local. Apesar do fenômeno da ressurgência costeira ser relacionada à cidade de Cabo Frio, de fato sua ocorrência mais marcante se dá na costa da cidade de Arraial do Cabo ao sul, sendo a Praia Grande, no sul da península onde são observadas as mais baixas TSM, marcando assim o principal local de afloramento da ACAS (Figura 9).

**Figura 9 –** Imagem de satélite da região de Cabo Frio mostrando os principais municípios e a localização da Praia Grande onde ocorrem as mais baixas anomalias de TSM durante os eventos de ressurgência (Fonte: GOOGLE Earth).

A ocorrência da ressurgência faz com que esta região apresente clima predominantemente semi-árido, diferente das áreas adjacentes que possuem clima tropical úmido (VALENTIN, 1984). O efeito da ressurgência no clima local se dá pelo fato das TSM mais baixas formarem uma microárea de alta pressão, impedindo a formação de nuvens de chuva. Tal característica faz com que esta região seja caracterizada pela ocorrência de dunas

móveis, vegetação de clima semi-árido, e a ocorrência de lagoas hipersalinas (BARBIÈRE, 1984).

O SRCF é muito complexo, formado por um mosaico que acopla pelo menos três principais compartimentos com distintas feições oceanográficas. Segundo Belém et al. (2013), estes compartimentos foram separados da seguinte maneira:

- Área da ressurgência Ekman clássica (1): engloba da costa do SRCF até cerca de 50 metros de profundidade onde a ACAS é capaz de alcançar a superfície devido à ação dos ventos alísios de NE que sopram paralelo à costa, gerando a espiral de Ekman, promovendo a ressurgência *sensu stricto*.
- Área da plataforma média (2): localizada entre 50 e 120 m de profundidade, onde os efeitos de divergente do vento, eventuais vórtices formados pelas instabilidades da CB, a passagem da frente térmica de plataforma (CASTRO; MIRANDA, 1998) promovem a ascenção da ACAS até a zona fótica (ressurgência *sensu lato*). Nessa área, um degrau de cerca de 30 metros corta longitudinalmente o SRCF o qual pode acarretar no empilhamento de ACAS que flui na direção da costa, facilitando às intrusões na zona fótica.
- Área da plataforma externa (3): se extende pela borda distal do SRCF (abaixo de 120 m de profundidade) até o talude superior, onde a ACAS também pode alcançar a zona fótica, devido primariamente às instabilidades de fluxo em meso-escala da CB.

Embora a ressurgência que ocorre nas áreas 2 e 3 mencionadas acima não apresentem as características de ressurgências clássicas, os efeitos sobre a produtividade primária são muito evidentes, especialmente no sedimento, onde um banco de lama composta primariamente de matéria orgânica marinha é observado se estendendo da plataforma interna até a plataforma externa ao largo de Cabo Frio (Figura 10). Esse banco de lama se contrapõe à sedimentação tipicamente arenosa das áreas adjacentes indicando que essa lama é produto da atividade biológica que consome os nutrientes trazidos pela ressurgência da ACAS.

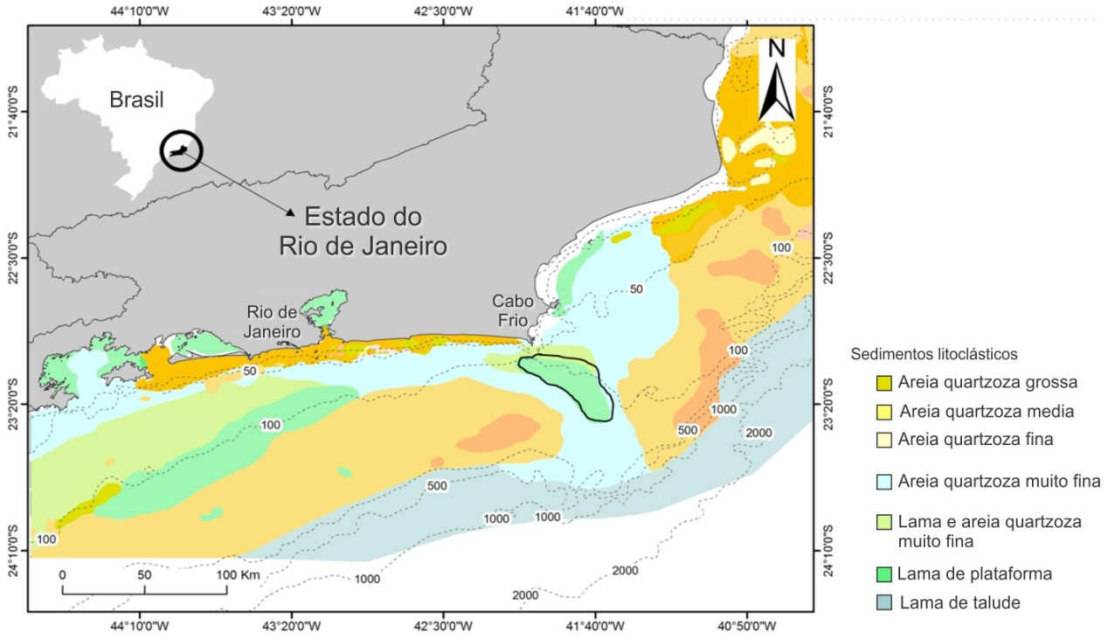


**Figura 10 –** Sedimentologia na margem continental do Rio de Janeiro. A área marcada representa a localização do banco lamoso do SRCF (Fonte: modificado de DIAS, 2000).

No entanto, os fatores que favorecem e desfavorecem a ressurgência sobre a plataforma continental são mais complexos, onde a componente oceânica também apresenta um papel importante. Além das condições favoráveis de ressurgência no entorno do alto de Cabo Frio devido ao afastamento da CB, plumas formadas por águas costeiras ou da própria ressurgência costeira da ACAS tendem a ser empurradas para costa afora pelo transporte de Ekman (Figura 7). Quando a pluma alcança a frente da CB, uma instabilidade baroclínica é formada e devido a não mistura das plumas, ocorre uma tendência de aprisionamento da pluma fria dentro da frente da CB, que no final formará um vórtice ciclônico (LESSA, 2009). Segundo Campos et al. (2000), verticalmente os vórtices representam um dipolo onde a ressurgência de águas de fundo é visualizada na porção divergente e a subsidência na porção convergente, sendo que o lado divergente dos vórtices ficam posicionados no lado da costa. Tem-se então um *feedback* positivo entre a ocorrência da ressurgência costeira e a manutenção da ACAS ocupando a zona fótica na região da quebra da plataforma continental, disponível para ser distribuída pela plataforma continental através dos movimentos de maré.

## 3.2 ÁREAS ADJACENTES AO SRCF: BACIAS DE SANTOS E CAMPOS

As bacias de Santos e Campos compreendem a margem continental entre o Cabo de Santa Marta (SC, 28°S) e a cadeia Vitória-Trindade (ES, 20°S) as quais são separadas pelo alto de Cabo Frio em 23°S (Figura 11). A bacia de Santos é marcada por uma plataforma

continental extensa e um talude menos íngreme com sedimentação predominantemente siliciclástica devido à descarga de vários rios de grande porte, baias como a de Santos e de Guanabara e intemperismo das montanhas da Serra do Mar que nesta região está próxima à costa. Já a bacia de Campos é caracterizada por uma plataforma continental mais curta e talude mais íngreme do que da bacia de Santos, com sedimentação predominante de carbonatos biogênicos devido ao pouco aporte fluvial (ALVES; PONZI, 1984; VALENTIN, 1984; MAHIQUES et al., 2005).

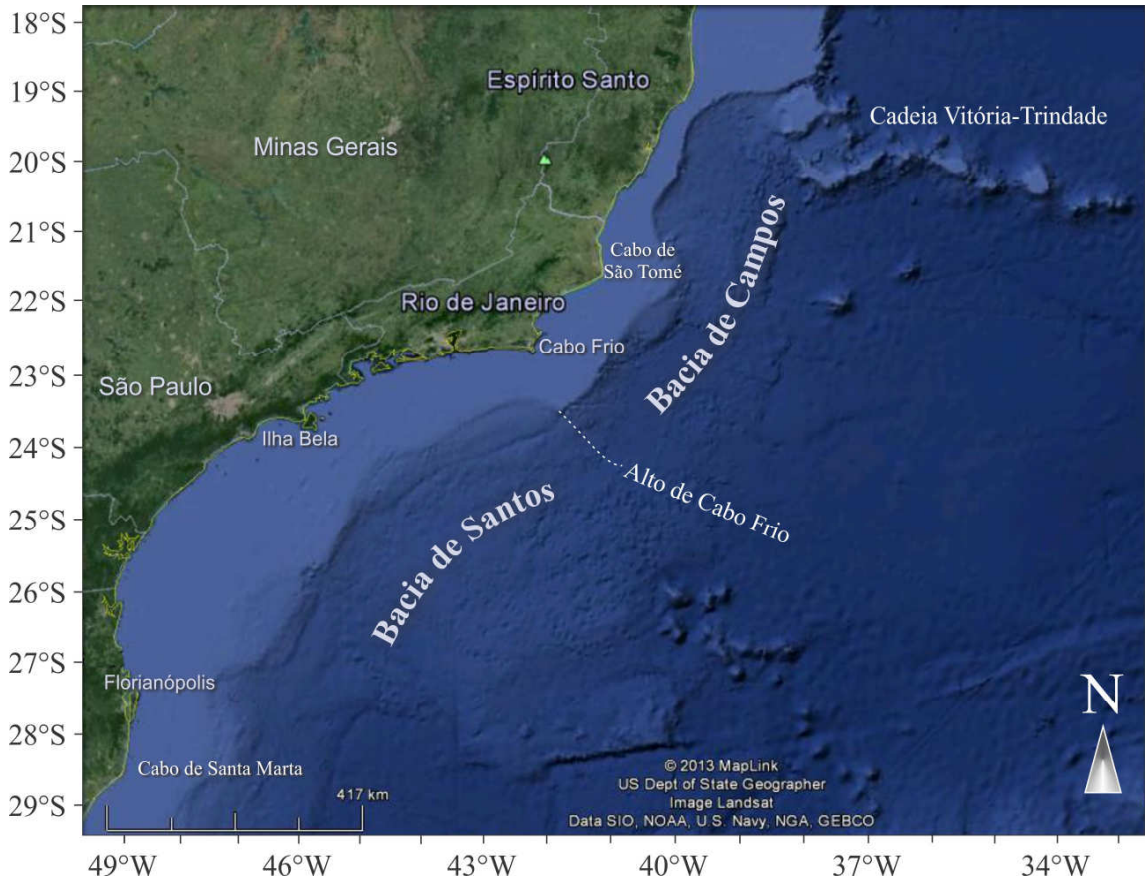


**Figura 11 –** Caracterização topográfica da margem continental sudeste e sul do Brasil mostrando a extensão das bacias de Santos e de Campos.

Baseado nos dados MODIS de 2002 a 2010, observa-se um aumento gradativo da TSM e diminuição da clorofila *a* da costa para o oceano aberto (Figura 12 a e b). Tais variáveis provavelmente estão relacionadas à presença de águas costeiras e de ressurgência próximos à costa (águas frias e produtivas) sobre a plataforma e a AT (quente e oligotrófica) associada à frente da CB sobre o talude.

As águas da bacia de Santos ao sul de Cabo Frio se caracterizam por águas entre 23 e 24°C na porção costeira, sendo que as águas mais frias (isotermas violetas na Figura 12a) se

situam na plataforma interna a leste da Baia de Guanabara e na plataforma média a oeste. As concentrações mais altas de clorofila *a* se situam nas áreas da plataforma interna fora das isotermas mais baixas enquanto as concentrações mais baixas ocorrem nas áreas *offshore*, indicando que a produtividade primária é controlada em sua maior parte pelas descargas continentais. A presença de águas frias na plataforma média da bacia de Santos pode estar relacionada à ocorrência da corrente costeira (seção 2.4.2).

A região limítrofe entre as duas bacias representada pelo alto de Cabo Frio é marcada por TSM entre 23 e 24°C que avançam sobre a frente da CB, apontando para a área de afastamento da frente da CB e a consequente ressurgência da ACAS exercendo uma pequena diminuição das TSM. A área coberta pelas isotermas mais baixas engloba do leste da Baia de Guanabara até a península de Arraial do Cabo e se associam às áreas de maior concentração de clorofila *a*, representando a área de alcance da ressurgência costeira de Cabo Frio (Figura 12a).

Na bacia de Campos ao norte de Cabo Frio são observados os maiores contrastes de TSM com valores mais baixos inferiores a 23,5°C associados aos valores mais altos de clorofila *a*, indicando influência da pluma da ressurgência costeira do Cabo de São Tomé e os valores mais altos superando a isoterma de 25°C na região do talude indicando que a frente da CB está mais próxima à costa nessa região.

Em uma perspectiva sazonal dos últimos oito anos, valores mais baixos de TSM ocorrem entre os meses de julho e setembro, enquanto os valores mais altos são observados entre os meses de fevereiro e abril, (Figura 12 c e e). A estação fria é marcada pela presença da corrente costeira fria que assinala uma anomalia de baixas TSM na plataforma da bacia de Santos ao SRCF avançando até o talude na altura do alto de Cabo Frio.

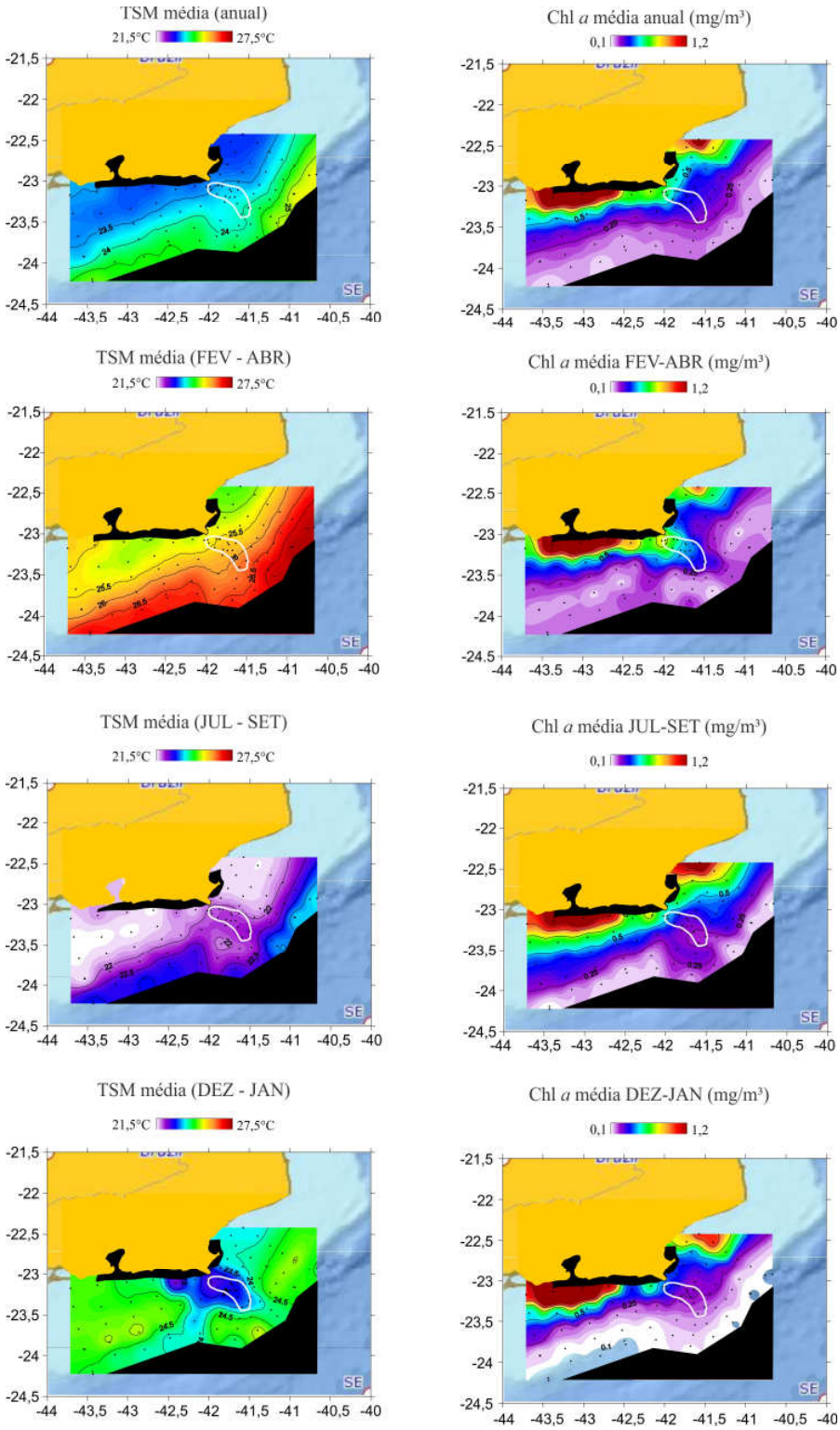


**Figura 12 –** Variabilidade espacial da média da TSM e da clorofila *a* em uma série temporal de oito anos (2002 - 2010) na margem continental do Rio de Janeiro. A interpolação foi construída utilizando a função inverso da distância entre 10 pontos vizinhos com suavização de 20%. O polígono vermelho demarca a localização do banco de lama do SRCF e as áreas distantes da grade de interpolação foram preenchidas de preto. Os dados foram obtidos do banco MODIS on Aqua pelo site http://las.pfeg.noaa.gov/oceanWatch/oceanwatch.php em agosto de 2011. Pontos muito costeiros ou próximos à Baia de Guanabara e Sepetiba não foram incluídos na interpolação de clorofila *a* devido às concentrações elevadas.

Em contrapartida, durante os meses de dezembro e janeiro nos últimos 8 anos, a ressurgência costeira de Cabo Frio foi mais intensa (Figura 12g). Pode-se observar a assinatura da ressurgência pelos valores mais baixos da TSM que se restringem ao SRCF e a costa adjacente. Também se observa a ausência de um fluxo estável da CB no talude de toda a Margem Continental do Rio de Janeiro (MCRJ), o que pode ser reflexo das instabilidades baroclínicas entre a pluma de ressurgência ou de água costeira e a frente da CB. Essa peculiaridade da variabilidade espacial da TSM se deve ao fato da elevação das TSM durante esse período ser interrompida no SRCF as quais permanecem constantes (ou caem um pouco). Passando esses meses a TSM no SRCF sobe e o pico máximo se iguala ao das áreas adjacentes de fevereiro a abril (Figura 12c).

Diferentemente da TSM, a clorofila *a* apresenta maior variabilidade sazonal, onde as maiores concentrações são observadas no SRCF durante o período de fevereiro a abril (Figura 12d) e em toda a plataforma continental durante o inverno (Figura 12f). Baixas concentrações estão situadas sempre no talude associados a AT. Apesar do máximo da ressurgência ocorrer nos meses de dezembro e janeiro, esse período é marcado por baixos valores de clorofila *a* (Figura 12h), o que nos faz sugerir que a resposta à injeção de nutrientes que são trazidos pela ACAS se dá posteriormente à fase de ressurgência, possivelmente devido ao fato da maioria do plâncton local apresentar ótimos de temperatura maiores do que a TSM na fase de ressurgência.

Por fim deve-se considerar que a Figura 12 representa a variabilidade da temperatura nas porções mais superficiais da coluna d'água, onde apesar de algumas associações existirem entre ressurgência e a TSM, tais valores não se aproximam da isoterma de 18°C que marca a presença da ACAS. Para uma melhor visualização do comportamento da ACAS, seria necessário possuir um banco de dados temporais de temperaturas de subsuperfície cobrindo a área de estudo.

## 3.3 EFEITOS DA VARIAÇÃO DO NÍVEL DO MAR SOBRE O SRCF

Do final do UMG (18 ka AP) ao Holoceno Médio (5 ka AP), o nível do mar subiu aproximadamente 135 metros (CORRÊA, 1996; ÂNGULO; LESSA, 1997). De acordo com a Figura 13, esse evento transgressivo acarretou em diversas mudanças de configurações de linha e orientação de costa, as quais podem ter determinado diferentes variações oceanográficas. A plataforma continental ao sul de Cabo frio é extensa apresentando uma alta declividade desde a costa até cerca da isóbata de 120 metros que é alcançada a cerca de 10 km da costa, quando a inclinação passa a ser suave até a quebra da plataforma em 160 metros. Já

a plataforma ao norte de Cabo Frio é mais extreita e rasa que a plataforma sul, apresentando declive suave por cerca de 80 km até a isóbata de 80 metros, se tornando mais íngreme após essa profundidade até a quebra na isóbata de 120 metros. As duas facies são separadas por um talude *along shelf* o qual possibilitou a ocorrência de diversas configurações de linhas de costa durante o evento transgressivo.

De 18 a 13 ka AP, quase toda a plataforma norte de Cabo Frio estava exposta, enquanto a plataforma sul se apresentava como uma extensa bacia rasa (quebra em 20 metros de profundidade). A linha de costa foi totalmente diferente com a presença de várias enseadas ou desembocadoras fluviais e duas principais mudanças de orientação: de OSO-ENE para NW-SE ao sul da Ilha de Cabo Frio (área do SRCF atual), e depois para NE-SW a cerca de 80 km a SE da Ilha de Cabo Frio. Tais configurações indicam que a parte sul da plataforma apresentava um regime litorâneo com influência significativa da hidrodinâmica de praia sobre a sedimentação, principalmente sobre o SRCF (exceto a porção mais ao norte) que foi gradatimamente sendo coberto palo mar. Tais feições podem estar caracterizadas na camada arenosa localizada abaixo do atual corpo de lama, segundo dados de sísmica.

Após 13 ka AP, a bacia da plataforma sul já estava submersa e o mar começou a avançar sobre a plataforma norte. Primeiramente a orientação NW-SE da costa desaparece no início do Holoceno (11,5 ka AP) quando a transgressão marinha alcança a isóbata de -70 m (CORRÊA, 1996), e a costa norte rotaciona até alcançar a orientação N-S atual em 9,5 ka AP quando o nível do mar alcança a isóbata de -50 m (CORRÊA, 1996). Nesse período, a plataforma sul já apresentava uma profundidade suficiente para permitir as intrusões da ACAS iniciando a influência da ressurgência em Cabo Frio.

Entre 9,5 e 7,0 ka AP, o nível do mar sobe 50 metros e alcança a altura atual, mas a orientação da costa já equivalia à atual. No entanto, essa elavação favoreceu a aproximação das águas quentes da frente da CB que incluindo as forçantes atmosféricas (HAUG et al., 2001; CRUZ et al., 2009), fortes intrusões de AT assim como de ACAS eram plausíceis acontecer no SRCF. O máximo transgressional do Holoceno entre 5,0 e 4,5 ka AP também pode ter influenciado a produtividade no SRCF por entradas de águas costeiras, já que a região é marcada por planícies de baixa altitude e a existência da lagoa hipersalina de Araruama indica que o mar avançou muitos quilômetros à dentro do continente.

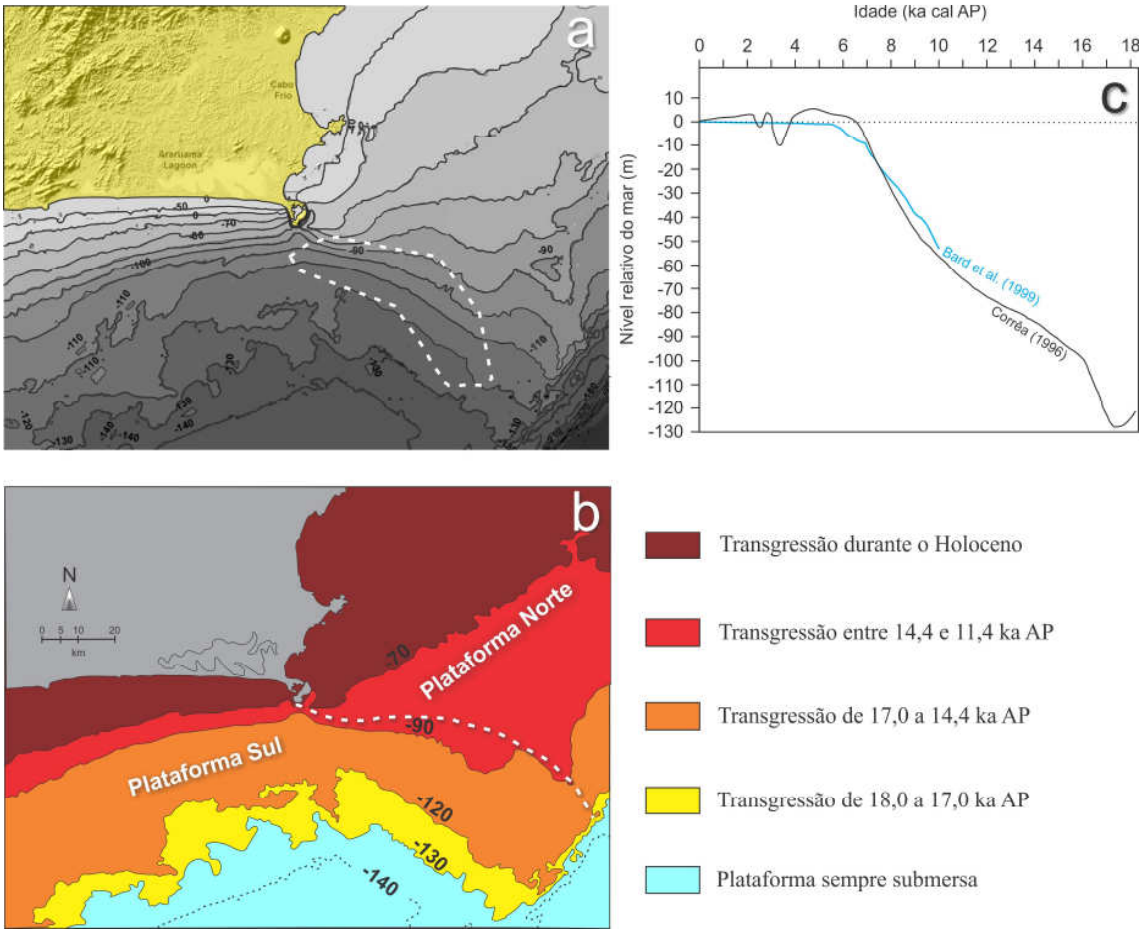


**Figura 13 –** (a) batimetria da plataforma continental da MCRJ com o corpo de lama de Cabo Frio apresentado como um polígono tracejado; (b) modelo teórico da evolução da linha de costa nos últimos 18 mil anos baseada nas curvas de nível do mar de Corrêa (1996) e Bard et al. (1998) (c).

Tais considerações apresentadas ainda carecem de resultados principalmente para o início da transgressão (antes de 13 ka AP). Oliveira (2008) através da razão entre *G. bulloides* e *G. ruber* evidenciou eventos intensos de ressurgência em torno de 13 ka AP e uma tendência de diminuição até 7 ka AP quando o sinal é o mais fraco. Tal reconstrução pode ser um indicador que a transgressão marinha moveu a área influenciada pela ressurgência costeira para a costa atual e trazendo a frente da CB para perto da plataforma, diminuindo o sinal da ressurgência e aumentando o sinal da AT.

# 4 MATERIAIS E MÉTODOS

## 4.1 COLETA E AMOSTRAGEM

O presente estudo se baseou em 34 topos de *box-cores* e dois testemunhos à gravidade (*kullembergs*). Dos testemunhos usados, 13 topos de *box-cores* e os dois *kullembergs* foram coletados pelo Projeto Ressurgência e a assembleia de foraminíferos de outros 21 topos de box-core de outros estudos pertencentes aos projetos CLIMPAST (Projeto de cooperação IRD-CNPq) e programa REVIZEE (Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva, programa do Ministério do Meio Ambiente) foram anexadas para compreender as diferentes configurações oceanográficas presentes nas áreas adjacentes ao SRCF (Figura 14 e Tabela 4).

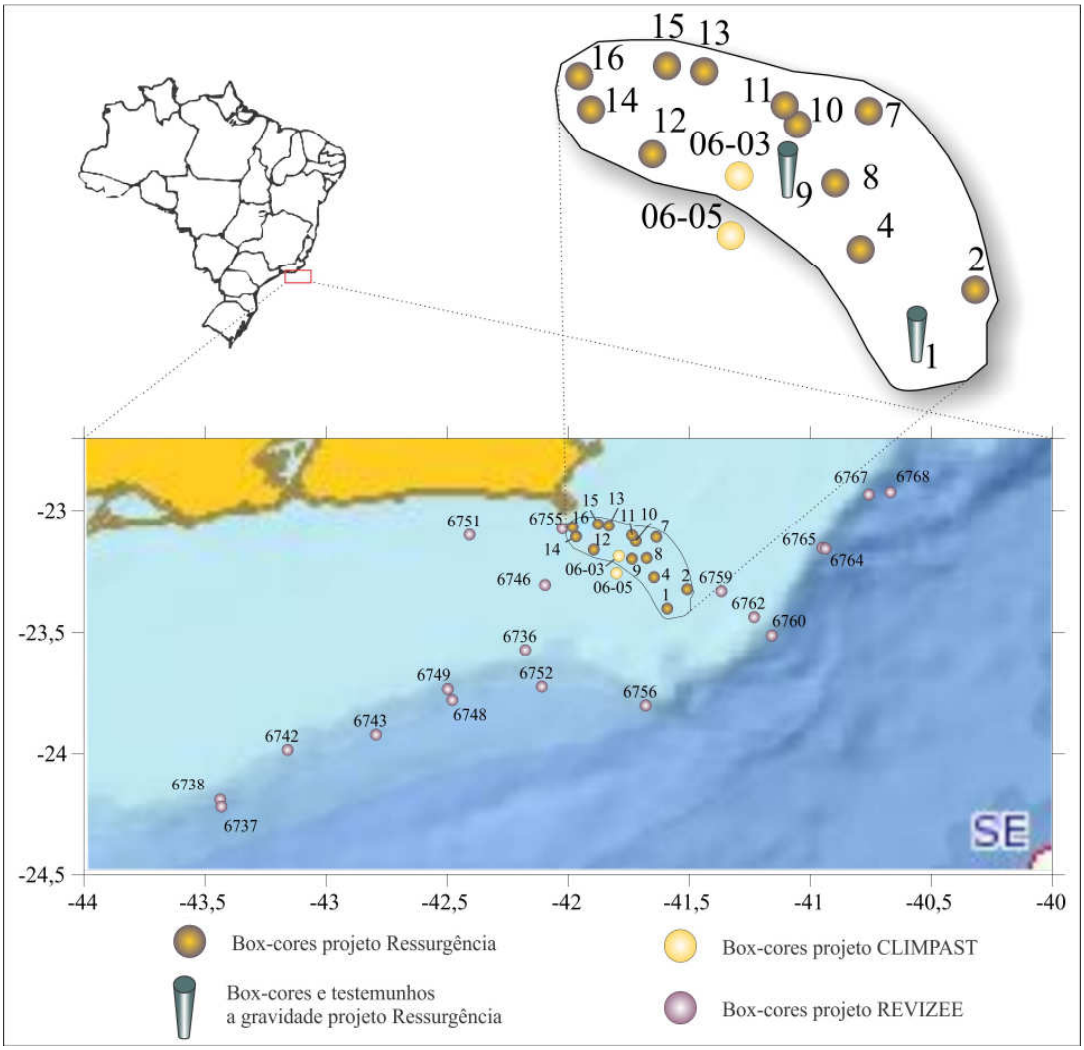


**Figura 14 –** Localização da área de estudo e dos pontos de coleta dos box-cores e dos testemunhos a gravidade CF10-01B (estação 1) e CF10-09A (estação 9) usados no presente estudo.

Os box-cores do projeto ressurgência foram coletados à bordo do barco Av.Pq.Oc. Diadorim pertencente ao Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM, Marinha do Brasil) em abril de 2010 e em seguida levados ao Laboratório de Geologia do IEAPM onde foram subamostrados por extrusão a cada 0,5 ou 1 cm e cada fatia foi armazenada em sacos plásticos tipo zip.

**Tabela 4 - Dados de localização dos testemunhos usados neste estudo**

| Testemunho | Longitude | Latitude | Tipo | Localização | Profundidade da água (m) | Projeto | Referência |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BCCF10-16B2 | -41,98 | -23,07 | *box-core* | SRCF* | 103 | Ressurgência | Este estudo |
| BCCF10-15A1 | -41,88 | -23,06 | *box-core* | SRCF* | 79 | Ressurgência | Este estudo |
| BCCF10-14B1 | -41,97 | -23,11 | *box-core* | SRCF* | 113 | Ressurgência | Este estudo |
| BCCF10-13A2 | -41,83 | -23,07 | *box-core* | SRCF* | 82 | Ressurgência | Este estudo |
| BCCF10-12B3 | -41,89 | -23,16 | *box-core* | SRCF* | 121 | Ressurgência | Este estudo |
| BCCF10-11B3 | -41,74 | -23,11 | *box-core* | SRCF* | 96 | Ressurgência | Este estudo |
| BCCF10-10A2 | -41,72 | -23,13 | *box-core* | SRCF* | 101 | Ressurgência | Este estudo |
| BCCF10-09B2 | -41,74 | -23,20 | *box-core* | SRCF* | 117 | Ressurgência | Este estudo |
| BCCF10-08A1 | -41,68 | -23,20 | *box-core* | SRCF* | 113 | Ressurgência | Este estudo |
| BCCF10-07A3 | -41,64 | -23,11 | *box-core* | SRCF* | 93 | Ressurgência | Este estudo |
| BCCF10-04A2 | -41,64 | -23,28 | *box-core* | SRCF* | 120 | Ressurgência | Este estudo |
| BCCF10-02B3 | -41,51 | -23,33 | *box-core* | SRCF* | 119 | Ressurgência | Este estudo |
| BCCF10-01B1 | -41,59 | -23,40 | *box-core* | SRCF* | 128 | Ressurgência | Este estudo |
| CF10-09A | -41,74 | -23,20 | *kullemberg* | SRCF* | 117 | Ressurgência | Este estudo |
| CF10-01B | -41,59 | -23,40 | *kullemberg* | SRCF* | 128 | Ressurgência | Este estudo |
| BCCF06-03 | -41,79 | -23,19 | *box-core* | SRCF* | 117 | CLIMPAST | Lessa (2009) |
| BCCF06-05 | -41,80 | -23,26 | *box-core* | SRCF* | 124 | CLIMPAST | Lessa (2009) |
| 6736 | -42,18 | -23,57 | *box-core* | Bacia de Santos | 103 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6737 | -43,43 | -24,22 | *box-core* | Bacia de Santos | 476 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6738 | -43,44 | -24,19 | *box-core* | Bacia de Santos | 330 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6742 | -43,16 | -23,99 | *box-core* | Bacia de Santos | 215 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6743 | -42,79 | -23,92 | *box-core* | Bacia de Santos | 508 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6746 | -42,10 | -23,31 | *box-core* | Bacia de Santos | 100 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6748 | -42,48 | -23,78 | *box-core* | Bacia de Santos | 497 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6749 | -42,50 | -23,74 | *box-core* | Bacia de Santos | 325 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6751 | -42,41 | -23,10 | *box-core* | Bacia de Santos | 93 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6752 | -42,11 | -23,73 | *box-core* | Bacia de Santos | 502 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6755 | -42,02 | -23,08 | *box-core* | SRCF* | 104 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6756 | -41,68 | -23,80 | *box-core* | Bacia de Santos | 650 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6759 | -41,37 | -23,33 | *box-core* | Bacia de Campos | 110 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6760 | -41,16 | -23,51 | *box-core* | Bacia de Campos | 419 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6762 | -41,23 | -23,44 | *box-core* | Bacia de Campos | 146 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6764 | -40,94 | -23,16 | *box-core* | Bacia de Campos | 425 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6765 | -40,95 | -23,16 | *box-core* | Bacia de Campos | 246 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6767 | -40,76 | -22,93 | *box-core* | Bacia de Campos | 453 | REVIZEE | da Silva (2011) |
| 6768 | -40,67 | -22,93 | *box-core* | Bacia de Campos | 280 | REVIZEE | da Silva (2011) |

* SRCF = Sistema de Ressurgência de Cabo Frio

Os testemunhos CF10-01B e CF10-09A foram coletados a bordo do barco Ocean Surveyor em janeiro de 2010 quando foram coletados 12 testemunhos. As localizações dos testemunhos foram determinadas após uma perfilagem acustica 3,5 khz. O tubo foi cortado a cada metro ainda a bordo e as secções foram levadas para o laboratório de Estudos paleoambientais da UFF, onde foram armazenados e abertos em container refrigerado a 4°C. A abertura longitudinal das secções foi realizada com uma serra, sendo que uma das metades foi arquivada e a outra foi subamostradas a cada 1 cm.

## 4.2 LITOLOGIA E GEOCRONOLOGIA

Os testemunhos CF10-01B e CF10-09A foram submetidos a uma descrição visual de cor e tamanho de grãos. Tal procedimento permite uma avaliação preliminar de possíveis sinais de bioturbação e mudanças na deposição sedimentar que podem ser associadas a mudanças ambientais.

A datação dos topos de *box-cores* do Projeto Ressurgência foi realizada pela atividade do $^{210}$Pb, já os topos de *box-cores* do Pojeto REVIZEE foram datados pelo método do $^{14}$C por espectrometria de massa com acelerador (AMS), publicadas em Macario et al. (2004) cujo intervalo de idades abrangem os últimos 2500 anos. Os topos dos *box-cores* BCCF06-03 e BCCF06-05 foram datados pelo método do $^{14}$C por AMS e compreendem o recente e 0,5 ka cal AP, respectivamente (LESSA, 2009).

A datação dos testemunhos foi realizada através do método do $^{14}$C da matéria orgânica de 33 profundidades (20 no perfil CF10-01B e 13 no perfil CF10-09A) no Laboratório Tucson (Arizona, EUA) através de espectrometria de massa com acelerador (EMA). As idades $^{14}$C obtidas foram inseridas no software Clam (BLAAUW, 2010) para a calibração e construção dos modelos cronológicos. Para a calibração das idades $^{14}$C para antes do presente (AP), foi utilizada a curva marinha 09 (REIMER et al., 2009) e um efeito reservatório de 8±17 anos proposto por Angulo et al. (2005) para a margem continental sul e sudeste do Brasil. Os modelos cronológicos foram construídos através da função *smoothing spline* com um efeito de mistura (*mixed effect*) com 1000 interações e exclusão de curvas com inversões. Com essas configurações, o software Clam calcula diversas curvas se baseando na curva da idade calibrada ao invés de em um único valor como é feito pela maioria dos softwares. Dessa forma o software cria um modelo cronológico estatístico composto por um intervalo de confiança com os seguintes elementos: as idades mínimas e máximas do intervalo de confiança, uma idade chamada *best* que representa a idade de maior probabilidade, a qual

foi usada para a construção dos gráficos e interpretações, e um valor de taxa de sedimentação para cada interpolação.

## 4.3 ANÁLISE MICROPALEONTOLÓGICA DE FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS

A micropaleontologia dos foraminíferos dos topos de box-cores e dos testemunhos a gravidade seguiu três etapas: lavagem, triagem e identificação e tratamento dos resultados.

A etapa de lavagem foi realizada com um volume conhecido de sedimento úmido (8 $cm^3$ no testemunho CF10-01B e 10 $cm^3$ nos outros) lavado sobre duas peneiras com malha de 125 e 63 µm. Os resíduos depositados sobre as duas peneiras foram deixados secar em estufa a 50°C por 24-48h e armazenados em pequenos recipientes de polietileno transparentes.

A etapa de triagem e identificação das espécies planctônicas foi realizada no laboratório de videomicroscopia do departamento de Geoquímica da UFF. Apenas a fração maior que 125 µm foi usada, pois ela apresenta a diversidade máxima de espécies (AL SABOUNI et al., 2007). Essa fração foi quarteada através de um microquarteador de gravidade até que um número entre 300 e 500 testas restassem. Após o quarteamento, uma nova peneiragem foi realizada em malhas de 250 e 150 µm resultando em três classes de tamanho: 125 – 150 µm (P), 150 – 250 µm (M) e > 250 µm (G). Os foraminíferos de cada classe de tamanho foram triados separadamente em bandejas de análise de microfósseis com o auxilio de um pincel nº. 000 úmido e armazenado em lâminas micropaleontológicas, onde foram identificados até o nível específico seguindo a nomenclatura proposta por Loeblich e Tappan (1988). Os morfotipos de *Globigerinoides trilobus G. t. trilobus*, *G. t. immaturus* e *G. t. sacculifer* foram tratadas como uma única espécie (*Globigerinoides sacculifer*); as espécies *Globorotalia menardii*, *Globorotalia tumida* e *Globorotalia ungulata* foram identificadas separadamente, mas na maior parte do texto elas foram tratadas como um grupo (plexo menardii); Os morfotipos rosa e branco de *Globigerinoides ruber* não puderam ser identificados nos topos de testemunho do projeto REVIZEE devido à presença de rosa de bengala nos sedimentos, assim esses morfotipos só foram discutidos nos topos de *box-core* dentro do SRCF e nos testemunhos a gravidade.

Para o tratamento dos dados, os resultados brutos de contagem foram extrapolados para abundância absoluta (AA); taxa de acumulação (fluxo) e abundância relativa (AR)

A abundância absoluta representa a biomassa (ou densidade) de testas de foraminíferos planctônicos total ou de uma espécie singular em um volume de sedimento e pode ser calculada através da fórmula:

$$\mathrm{AA} = \frac{n*d}{V} \qquad Eq.\ 1$$

Onde AA é a abundância absoluta em testas/cm³, n é o número de testas de uma espécie ou número total de foraminíferos, d é o denominador da fração de quarteamento [representa a fração de sedimento analisada:1/1 (se a amostra não foi quarteada)1/2 (um quarteamento), 1/4 (dois quarteamentos), 1/8, 1/16, 1/32, ...], e V é o volume de sedimento úmido lavado.

A taxa de acumulação de massa ou fluxo (F) de foraminíferos representa a quantidade de testas que sedimentaram em uma determinada área dentro de um determinado tempo. O cálculo do fluxo é usado em testemunhos para tirar a influência da taxa de sedimentação na deposição das carapaças, visando à exclusão da influência da compactação do testemunho sobre a abundância absoluta real. O fluxo é calculado segundo a fórmula

$$F = AA * \mathrm{TS} \qquad Eq.\ 2$$

onde *F* é o fluxo (testas/cm²/ka), *AA* é a abundância absoluta e *TS* é a taxa de sedimentação (cm/ka).

A abundância relativa (AR) define a representatividade das espécies na assembleia através de seus percentuais, a qual foi calculada de acordo com a fórmula

$$\mathrm{AR} = \frac{n_i}{n_t} * 100 \qquad Eq.\ 3$$

onde AR é a abundância relativa (%) $n_i$ é o resultado da contagem de testas da espécie *i* e $n_t$ é o número total de testas contadas na amostra.

Para os topos de *box-cores*, estes resultados foram plotados como gráfico de contorno sobre a área de estudo (isolinhas) utilizando o software Surfer 8 e o inverso da distância como método de interpolação com um poder de 4, 0,15 de smothing e comunicação com 10 pontos vizinhos mais próximos.

## 4.4 O MODELO DE BIOFÁCIES

### 4.4.1 Identificação e caracterização oceanográfica das biofáciess recentes

Para a identificação das biofáciess da margem continental do Rio de Janeiro, as 34 assembleias recentes foram submetidas ao software *Primer 6* para o cálculo da matriz de dissimilaridade *Bray Curtis* modo Q (entre as amostras), mais recomendada que a distancia Euclidiana para dados ecológicos. Para isso, os dados de contagem foram convertidos para

abundância absoluta e transformados em abundância relativa dentro do software, e então foi calculada a matriz.

Em seguida foram realizadas análises multivariadas de agrupamento (dendrograma e MDS) utilizando a matriz de dissimilaridade Bray Curtis para agrupar as assembleias em biofacies. O dendrograma foi construído no software *Statistica 7* devido a ausência de agrupamento pelo método estatístico de Ward no Primer, para isso a matriz de dissimilaridade foi exportada do Primer 6 para o Statistica 7. O método de Ward é bastante atraente porque agrupa os dados com base na soma de suas variâncias em relação à média, dando um forte apelo estatístico e os grupos resultantes apresentam grande homogeneidade interna, acarretando na geração de dendrogramas cujos grupos são fortementre separados (ALBUQUERQUE, 2005). Entretanto, é importante avaliar o dendrograma obtido através da geração de outros dendrogramas usando outros métodos de acoplamento, tais como “vizinho mais próximo”, “vizinho mais distante” e “media grupal” (que estão disponíveis no Primer 6) para avaliar divergências entre os grupos formados. Se nenhuma diferença é observada nos principais grupos gerados pelos dendrogramas usando vários métodos de acoplamento diferentes (independente da ordem), pode-se então aceitar esses grupos, observar a distribuição espacial dos grupos na área de estudo e passar para o próximo passo.

O passo seguinte foi a avaliação das diferenças, homogeneidade e contexto oceanográfico das biofáciess através de análises de similaridade (ANOSIM) e Porcentagem de Similaridade (SIMPER) intra-grupos. Para isso os grupos obtidos foram classificados como “fatores” dentro do software Primer 6. Tal procedimento foi aplicado por assumir que as espécies de foraminíferos planctônicos refletem as diferentes características oceanográficas da região, podendo assim correlacionar os grupos de assembleias aos diferentes regimes ambientais e oceanográficos. A análise ANOSIM é um teste estatístico que avalia se os “fatores” são significativamente distintos, dessa forma esse tipo de análise foi usado para avaliar se era ou não necessário juntar duas ou mais biofáciess. Já a análise SIMPER (CLARKER, 1993) calcula a similaridade percentual entre os “fatores” com base na abundância relativa média das espécies identificadas. Um ranking de contribuição para cada espécie é gerado, permitindo observar quais espécies foram mais importantes para a determinação da similaridade entre as amostras sob um fator (intra-fatores) como a dissimilaridade entre os fatores (inter-fatores). Dessa forma, as biofáciess foram submetidas à análise SIMPER intra-grupos e as principais espécies contribuidoras (até 95% da contribuição) foram usadas para o diagnóstico oceanográfico expresso pela biofácies.

### 4.4.2 Aplicação dos modelos de biofácies para o passado

Após essa sequência de análises, as biofáciess recentes podem ser tratadas como análogos modernos das configurações oceanográficas presentes na MCRJ os quais serão usados para reconstruir suas influências sobre o SRCF em tempos passados. Dessa forma, as assembleias fósseis de foraminíferos planctônicos nos testemunhos a gravidade CF10-01B e CF10-09A foram comparadas quanto à similaridade com as assembleias recentes das biofáciess, obtendo assim um índice de influência destas no passado.

Para isso, as assembleias de cada profundidade dos testemunhos foram submetidas à mesma planilha contendo as assembleias recentes no software Primer 6, no qual cada assembleia fóssil deve ser considerada como pertencendo a um "fator" diferente, em seguida foi realizada outra análise SIMPER, porém agora visando obter a dissimilaridade entre as assembleias fósseis e as biofáciess. É recomendado rodar a análise com poucas amostras fósseis (entre 20 e 30 fatores para um computador com processador Core 2 duo), pois o software Primer 6 calcula a dissimilaridade entre todas as combinações possíveis de fatores, tornando o tempo de espera muito demorado se submetemos todo o testemunho (cerca de 100 fatores) de uma única vez. Nos resultados da análise SIMPER, apenas as dissimilaridades entre as biofáciess e as profundidades dos testemunhos foram extraídas e convertidas para similaridade subtraindo de 100.

## 4.5ANÁLISES GEOQUÍMICAS

As análises geoquímicas do presente estudos foram realizadas entre outubro de 2011 e agosto de 2012 nos laboratórios do LOCEAN: no *Institut de Recherche pour le Développement* (Bondy – França) e na *Université Pierre et Marie Currie* (Paris - França).

### 4.5.1Análises de isótopos estáveis

Para a realização das análises de isótopos estáveis de oxigênio ($\delta^{18}O$) e de carbono ($\delta^{13}C$), entre 7 e 10 testas de *Globigerinoides ruber* (branca *sensu stricto*) e *Globigerina bulloides* maiores que 250 µm dos testemunhos CF10-01B, CF10-09A e topos de box-cores do SRCF. A escolha da classe de tamanho > 250µm ao invés de uma mais específica se deveu à disponibilidade de testas para a análise, no entanto as testas de *G. ruber* e *G. bulloides* não apresentaram grandes divergências de tamanho. As testas foram transferidas para frascos de vidro e levadas para análise em espectrômetro de massa da marca Elementar no *Laboratoire de Géochimie Isotopique* do LOCEAN (Université Pierre et Marie Currie). A qualidade dos resultados de $\delta^{18}O$ e $\delta^{13}C$ foi medida com base em um padrão de carbonato usado

internamente no laboratório, oriundo de um mármore de Chartres chamado *Marceau* ($\delta^{18}O$ = -1,80±0,15 ‰ e $\delta^{13}C$ = 2,15±0,1‰).

**4.5.2 O método de ablação a laser para análises de Mg/Ca em LA-ICP-MS**

4.5.2.1. Limpeza e preparação das lâminas

Para a realização das análises, até 7 testas de *Globigerinoides ruber* do tipo *sensu stricto* (brancas e rosas) e *Globigerina bulloides* foram utilizadas dependendo da disponibilidade. Previamente às análises, as testas foram submetidas a um processo de limpeza visando à remoção de argilas, pois elas contém magnésio causando um sério desvio na razão Mg/Ca real da testa, e em seguida a preparação das lâminas.

O processo de limpeza compreendeu a rinsagem das testas seguido de um banho ultrassônico dentro de uma sala branca. Até 30 testas foram transferidas para micro-eppendorfs onde foi adicionado etanol devido a uma viscosidade mais alta que é capaz de limpar mais argilas e deixa-las em suspenção mais facilmente, facilitando sua remoção. Após a adição do etanol, as testas foram levadas ao ultrassom (potência 5, equivalente a metade da máxima) por um tempo aproximado de três segundos (um tempo mais prolongado resultaria em uma alta taxa de fragmentação das testas), e depois o sobrenadante foi removido com uma pipeta, esse processo foi repetido mais duas vezes. Depois da seção de etanol, as testas foram lavadas e também submetidas ao ultrassom com água mili-Q 18,2 mΩ três vezes. Depois as testas foram observadas na lupa para visualizar o grau de limpeza, se as testas ainda apresentassem sinal de poluição, uma nova seção de etanol + ultrassom e mais três de água mili-Q era aplicada. Após a limpeza, as testas foram deixadas para secar dentro da capela a temperatura ambiente.

As testas de *G. ruber* resistiram bem ao processo de limpeza, porém as testas e *G. bulloides* foram muito instáveis: as testas nas profundidades do topo do testemunho tenderam a se fragmentar com os banhos ultrassônicos (muitas vezes entre 7 e 8 em cada 10 testas eram fragmentadas no ultrassom), enquanto as testas de profundidades maiores resistiram bem aos banhos ultrassônicos.

A preparação das lâminas se deu pela escolha de até 7 testas que apresentassem bom sinal de limpeza e integridade, no caso de pouca disponibilidade de testas (*G. bulloides* no topo do testemunho), alguns fragmentos também foram utilizados visando manter uma variação estatística. As testas foram transferidas dos micro-eppendorfs para uma lâmina de vidro com fita adesiva de dupla-face, elas foram posicionadas sempre em lado ventral (lado

umbilical), e descritas segundo o enrolamento (dextral ou sinistral) e o morfotipo (rosa ou branco, *sensu stricto* ou *sensu latu*). A descrição do enrolamento é importante para a determinação da ordem das câmaras (final = *f*; penúltima = *f-1*; e a antepenúltima = *f-2*, Figura 16), enquanto a descrição de morfotipos servem para possíveis diferenças nos resultados de Mg/Ca.

4.5.2.2.Estrutura da análise de Ablação a Laser

Foram realizadas análises de vários isótopos de ferro, alumínio, magnésio, estrôncio e cálcio, porém devido a maior estabilidade das leituras foram utilizados para o cálculo das razões os isótopos $^{56}$Fe, $^{27}$Al, $^{24}$Mg, $^{88}$Sr e $^{43}$Ca. O Al e o Fe foram medidos visando avaliar a presença de argilas que podiam ter permanecido nas carapaças após a limpeza, para isso seguiu-se as recomendações de Marr et al., (2011) as quais as razões Al/Ca e Fe/Ca não podiam apresentar correlação com a variabilidade do Mg/Ca ou superar valores pré-estabelecidos (Al/Ca<1 mmol/mol e Fe/Ca<100 mmol/mol,).

Em cada testa, os elementos Mg, Al, Ca, Fe e Sr foram quantificados nas três últimas câmaras (*f*, *f-1* e *f-2*, Figura 15). O aparelho de ablação a laser foi configurado para produzir crateras nas câmaras com diâmetro de 20 µm, potência de 30% (equivalente a 0,003 mJ ou 0,9 J/s) e frequência de 4 tiros laser por segundo (4 Hz). Essa configuração permitiu uma varredura de até 40 segundos de toda a camada externa da câmara (dependendo da espessura da camada). O uso de configurações mais fortes (maior diâmetro, potencia ou frequência) resultaria em uma sequencia de leitura mais estável, porém se perderia muita informações do Mg/Ca pois os tiros laser atravessariam muito rápido a câmara, gerando riscos de encontrar alguma poluição no interior ou até estilhaça-la. As configurações mais baixas aumentariam a resolução, porém exportariam baixas concentrações de metais para o ICP-MS, aumentando a instabilidade das leituras de elementos. O Mg/Ca dos foraminíferos foi obtido pela comparação com dois tipos de materiais padrão os quais foram vaporizados entre as testas: o padrão de vidro NIST610 certificado (Mg/Ca ≈ 9,73 mmol/mol) e um padrão de carbonato de corais (JC-p, Mg/Ca entre 3,8 e 4,2 mmol/mol). A razão Mg/Ca da amostra para cada câmara e total foi dada pela média das câmaras *f*, *f-1* e *f-2* e a média geral das sete testas, respectivamente.

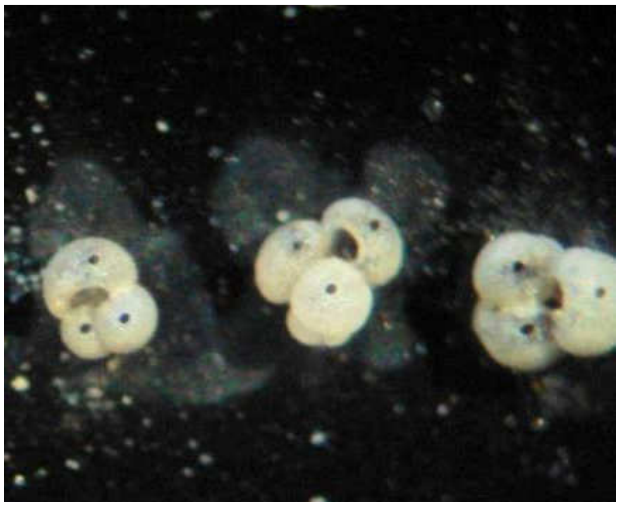

**Figura 15 –** Testas de *Globigerinoides ruber* com tamanhos entre 300 e 400 µm submetidas à análise de metais por LA-ICP-MS. As crateras de 20 µm marcam os locais submetidos à ação do laser, e pode-se observar a massa que é consumida para as medições.

O ICP-MS foi configurado para análises do tipo *time resolved* com duração de 1:30 minutos, divididos em três etapas (Figura 16a): quantificação do fundo, aquisição e limpeza. Neste tipo de análise, as massas dos elementos escolhidos são quantificadas através de contagens por unidade de tempo (no caso do presente estudo contagem por segundo, c/s). Apesar do aparelho de ablação a laser e o ICP-MS serem bastante sincrônicos, os softwares são independentes sendo necessário configurar separadamente o tempo de ablação (tempo do laser ligado) e o tempo de aquisição do ICP-MS, sendo importante que o tempo de ablação do laser seja menor ou igual ao tempo de aquisição do ICP-MS. Dessa forma foi configurado o tempo de aquisição de 60 segundos e o tempo de ablação do laser de 40 segundos começando em 8 seg do tempo de aquisição do ICP-MS (Figura 16). Os 12 segundos restantes eram um intervalo de segurança em caso de perda de sincronia entre o intervalo do laser e o intervalo de aquisição do ICP-MS.

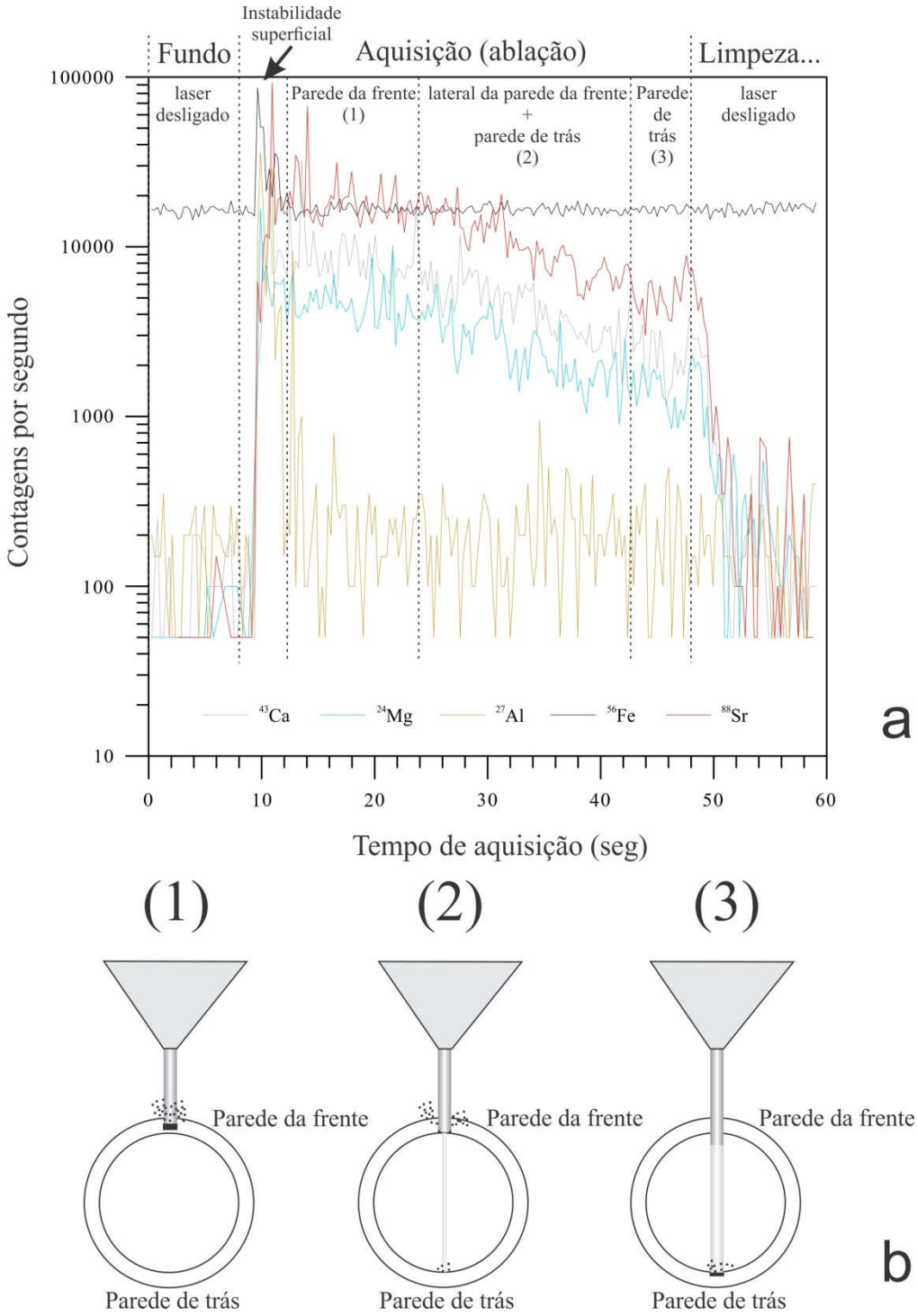


**Figura 16 –** Típico registro de uma análise do tipo *time resolved* (a) e o significado da variação da contagem dos elementos (b), referentes à parte da testa que é atingida pelo laser.

A etapa de quantificação do fundo compreendia os primeiros 8 segundos da aquisição do ICP-MS com o laser desligado e para a quantificação das concentrações dos elementos da matriz dos gases carreadores He e Ar, as quais são descontadas das concentrações da aquisição. Na etapa de aquisição entre 8 e 60 segundos, o laser começa a vaporizar o ponto marcado na câmara formando a cratera, o material vaporizado é então

carreado pelo gás He para o ICP-MS onde as concentrações dos elementos é medida, após 48 segundos o laser desliga e aguarda o sinal do ICP-MS para iniciar uma nova análise. A etapa de limpeza representava um intervalo de 30 segundos entre os intervalos de aquisição para que os gases carreadores tenham tempo limpar o sensor e iniciar a aquisição de uma nova amostra.

### 4.5.3 Análises de Mg/Ca em ICP-MS, método clássico

O método clássico de análise de metais de foraminíferos planctônicos em ICP-MS consiste na dissolução total de uma massa de carbonato de foraminíferos e submissão de uma solução diluída das amostras ao ICP-MS. Antes da análise, as testas passaram por um processo de limpeza para a remoção de argilas e de camadas de Mg-Fe que é mais rigoroso que o processo para LA-ICP-MS. Esse processo é conhecido como protocolo de limpeza oxidativo e está descrito em Backer et al., (2003).

Primeiramente cerca de 30 testas de *G. ruber* (rosa *sensu stricto*) foram levemente quebradas com o auxilio de duas lâminas de vidro para abrir as câmaras, e em seguida transferidas para microeppendorfs. As testas foram então lavadas em ultrasom com água ultra-pura (18,2 MΩ), etanol e em seguida enxaguadas com água ultra-pura para a remoção de argilas. Em seguida foi adicionado uma solução de peróxido alcalino ($H_2O_2$ + NaOH 0,1M) nos eppendorfs para a remoção de restos de matéria orgânica; esse processo foi realizado em banho maria (90°C) para a aceleração por 15 minutos com pausas para remoção de bolhas e banhos em ultrassom. Por último, as testas passaram por um rápido processo de *leaching* através de banho ultrassônico com uma solução de $HNO_3$ 0,001M para a remoção da camada de Fe-Mg.

Terminada a limpeza, as testas foram então dissolvidas em $HNO_3$ 0,1M e 200 μl de solução foi diluído e submetido ao ICP-MS. Assim como nas análises em LA-ICP-MS foi analisado também a concentração de Al visando verificar possíveis contaminações por argilas. As concentrações de elementos foram obtidas do ICP-MS em ppb ($^{25}$Mg, $^{88}$Sr e $^{27}$Al) e ppm ($^{43}$Ca) com base no padrão certificado STDF. Para o cálculo das razões, as concentrações foram convertidas para mol através da fórmula:

$$C_{mol} = \frac{C_{ppm}}{massa\ molar} \qquad Eq.\ 4$$

Onde C é a concentração do elemento em ppm. No caso do Mg, Sr e Al cujas concentrações foram obtidas em ppb, os valores foram previamente convertidos para ppm

dividindo-os por 1000. Por fim, as razões metais/Ca foram calculadas com incertezas analíticas de 0,60% para o Mg/Ca e 0,66% para o Sr/Ca.

**4.5.4 Reconstrução de paleotemperaturas e paleossalinidades**

Para as reconstruções de paleotemperatura os valores Mg/CaGr foram usados na equação proposta por Anand et al. (2003) para *G. ruber* white > 250 µm baseada em armadilhas de sedimento com erro de ±1,13°C , a qual isolando T temos:

*Eq. 5*

$$\mathbf{T\ (°C) = 9,8039 * \ln(Mg/Ca) + 10,577}$$

e os valores Mg/CaGb foram usados na equação proposta por Mashiotta et al. (1999) baseada em culturas com erro de ±1,1°C a qual isolando T temos:

*Eq. 6*

$$\mathbf{T\ (°C) = 9,2593 * \ln(Mg/Ca) + 6,9909}$$

Utilizando as temperaturas obtidas nestas equações e os valores de δ18O, foi calculado o $\delta^{18}O$ da água do mar ($\delta^{18}O_a$) visando a reconstrução da salinidade superficial do mar (SSM). Para a obtenção dos valores de $\delta^{18}O_a$, os valores de $\delta^{18}O$ de G. ruber e a temperatura obtida pela razão Mg/Ca foram adicionadas na equação de Shakleton (1974) dada por:

*Eq. 7*

$$\boldsymbol{\delta 18Oa = \delta 18Oc + 0,27 - \frac{4,38 - \sqrt{12,4244 + 0,4T}}{0,2}}$$

sendo $\delta^{18}O_c$ o $\delta^{18}O$ da calcita medida em *G. ruber*, relacionada à água superficial. Em seguida uma correção do volume de gelo extraída de Shrag et al. (2002) foi aplicada, baseando-se na curva do nível do mar de Corrêa (1996)**:**

*Eq. 8*

$$\boldsymbol{Correção = \frac{1,1h}{130}}$$

Onde *h* é a altura do nível do mar em relação ao presente e o valor 130 representa valor absoluto da altura do nível do mar no mínimo do *lowstand*.

# 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

## 5.1 ASSEMBLEIAS RECENTES DA MARGEM CONTINENTAL DO RIO DE JANEIRO

### 5.1.1 Abundância absoluta

A abundância absoluta nas amostras de topos de *box-cores* foram mais baixas nas profundidades mais rasas (Figura 17). Maiores números de testas por cm³ de sedimento foram encontrados no talude da bacia de Santos sendo que o topo de *box-core* 6756 (talude, Alto de Cabo Frio) apresentou a maior densidade (5770 testas) enquanto o topo de *box-core* 6736 (plataforma continental, Bacia de Santos) apresentou a abundância absoluta mais baixa com 9,5 testas. No SRCF, a abundância absoluta tendeu a aumentar com a profundidade com as menores valores ocorrendo nos sítios mais rasos e proximais à costa (pontos 16 e 15) e os maiores valores ocorrendo nos sítios mais profundos (BCCF06-05 com 124 m e o ponto 1 com 130 m de profundidade).

### 5.1.2. Abundância relativa

Foram identificadas 26 espécies, sendo *Globigerinoides ruber* a mais representativa em todas as assembleias. Os dados gerais são exibidos na Tabela 5. Dentre as espécies mais abundantes, *G. ruber* apresentou os maiores percentuais na região de Bacia de Campos (70%, Figura 17) e os menores no SRCF (30%). A espécie *Globigerinoides sacculifer* apresentou seus maiores percentuais nos sedimentos do talude continental em geral de 4 a 6%, e menores percentuais no SRCF, exceto nos sedimentos mais costeiros com percentuais acima de 2%. A espécie *Globigerina bulloides* foi mais abundante no SRCF com porcentagens entre 10 e 18% e menos abundantes nos sedimentos do talude continental com percentuais entre 0,8 e 3%. A espécie *Globigerinita glutinata* apresentou seus maiores percentuais nos sítios da bacia de Santos com cerca de 30%, e os mais baixos ocorreram na bacia de Campos com cerca de 5%. A espécie *Globoturborotalita rubescens* apresentou seus maiores percentuais sobre a plataforma continental (20% no sul do SRCF) e menores percentuais no talude com até cerca de 2%. As espécies *Globigerinella calida*, *Globigerina bulloides* e *Turborotalita quinqueloba* só foram abundantes dentro do SRCF com percentuais de cerca de 5, 15 e 10% respectivamente, sendo muito pouco encontradas fora do SRCF. *G. bulloides* foi mais abundante na face norte e as outras duas na face sul.

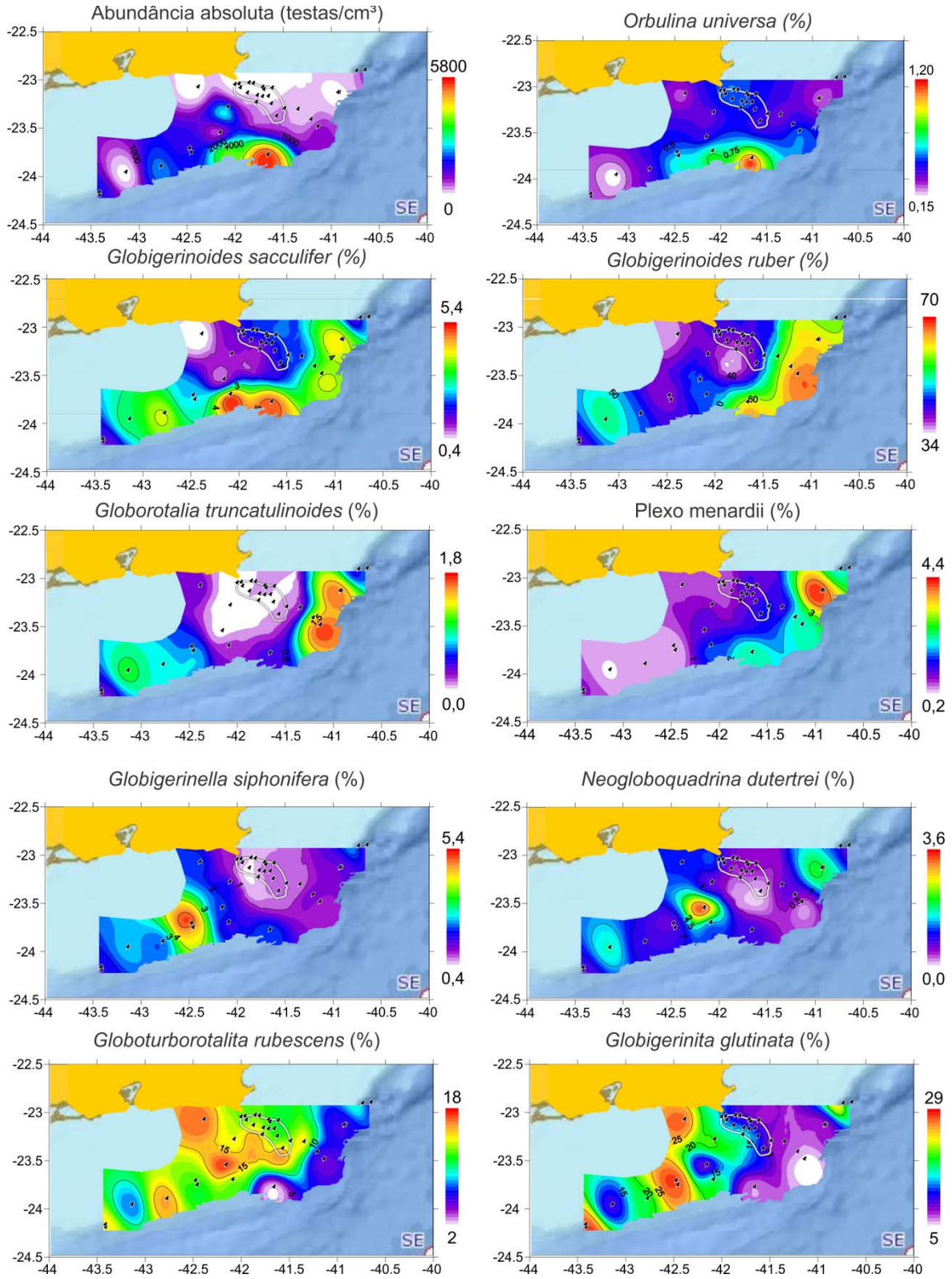


**Figura 17 –** Variabilidade da abundância absoluta total de foraminíferos (testes/cm³) e abundância relativa (%) para as principais espécies ao longo da MCRJ.

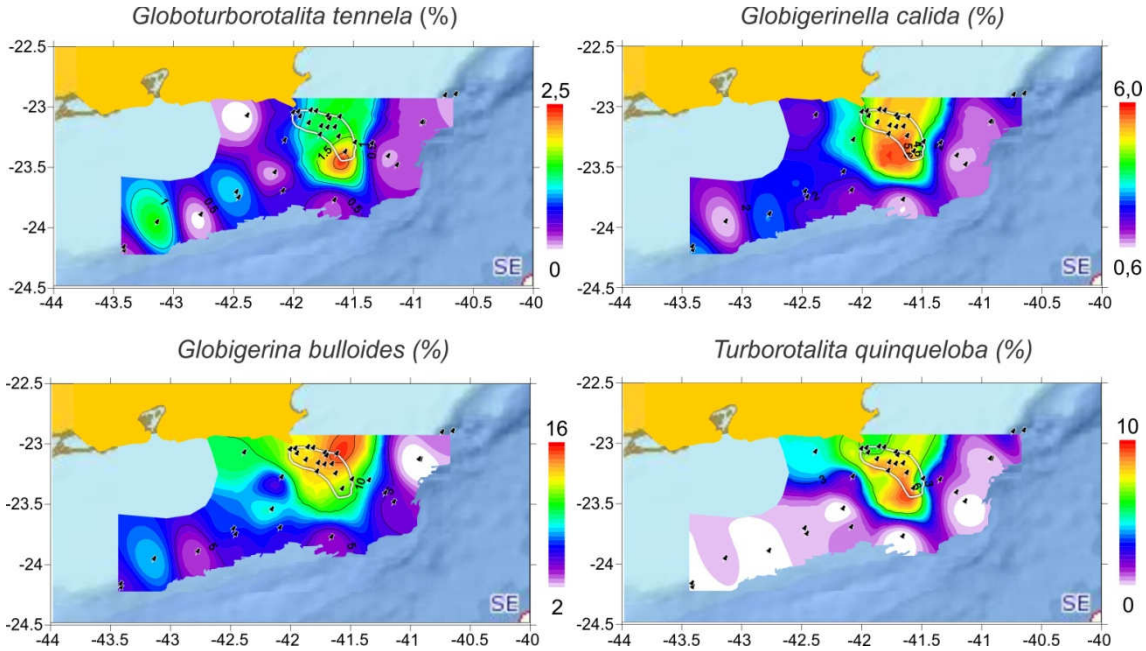


**Figura 17** (continuação)

**Tabela 5 - Dados estatísticos básicos de abundância relativa (%) de foraminíferos planctônicos dos 34 topos de *box-cores* da MCRJ.**

| | Média | Mediana | Mínimo | Local* | Maximo | Local* | Desvio-Padrão |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *O. universa* | 0,46 | 0,35 | 0,00 | BS | 2,22 | ACF | 0,506 |
| *G. conglobatus* | 0,62 | 0,39 | 0,00 | SRCF | 4,01 | BC | 0,727 |
| *G. ruber* (total) | 47,91 | 45,35 | 26,40 | SRCF | 73,76 | BC | 13,704 |
| *G. tenellus* | 0,78 | 0,58 | 0,00 | | 2,86 | | 0,732 |
| *G. sacculifer* (total) | 2,30 | 2,11 | 0,00 | BS | 6,29 | BS | 1,641 |
| *G. siphonifera* | 1,49 | 1,23 | 0,19 | SRCF | 6,60 | BS | 1,217 |
| *G. calida* | 3,18 | 2,74 | 0,00 | BC | 7,41 | SRCF | 2,099 |
| *G. bulloides* | 8,97 | 9,02 | 1,46 | BC | 19,18 | SRCF | 5,073 |
| *G. falconesis* | 0,30 | 0,21 | 0,00 | | 1,78 | | 0,412 |
| *G. rubescens* | 11,95 | 11,76 | 1,77 | BC | 20,09 | SRCF | 5,046 |
| *T. quinqueloba* | 3,57 | 2,77 | 0,00 | BC | 9,71 | SRCF | 3,575 |
| *N. dutertrei* | 0,88 | 0,75 | 0,00 | | 4,21 | | 0,901 |
| *P. obliquiloculata* | 0,03 | 0,00 | 0,00 | | 0,73 | | 0,130 |
| *G. inflata* | 0,13 | 0,00 | 0,00 | | 1,79 | | 0,341 |
| *G. truncatulinoides* | 0,44 | 0,23 | 0,00 | | 2,19 | | 0,586 |
| *G. crassaformis* | 0,04 | 0,00 | 0,00 | | 0,38 | | 0,104 |
| *G. hirsuta* | 0,01 | 0,00 | 0,00 | | 0,28 | | 0,047 |
| *G. scitula* | 0,02 | 0,00 | 0,00 | | 0,45 | | 0,083 |
| *D. anfracta* | 0,02 | 0,00 | 0,00 | | 0,38 | | 0,081 |
| Plexo menardii | 1,34 | 1,02 | 0,20 | SRCF | 6,57 | BC | 1,189 |
| *G. atlantisae* | 0,27 | 0,00 | 0,00 | | 1,43 | | 0,381 |
| *G. glutinata* | 15,11 | 13,42 | 3,14 | SRCF | 33,17 | BS | 9,007 |
| *G. uvula* | 0,04 | 0,00 | 0,00 | | 0,36 | | 0,096 |

*Os locais foram especificados para espécies principais e secundárias (mais de 4%)

BS = Bacia de Santos

BC = Bacia de Campos

ACF = Alto de Cabo Frio

SRCF = Sistema de Ressurgência de Cabo Frio

### 5.1.3. Distribuição das principais espécies na Margem Continental do Rio de Janeiro (MCRJ) e contexto ecológico-oceanográfico

*Globigerinoides ruber*

*G. ruber* é a espécie mais bem-sucedida de foraminíferos planctônicos, com ampla distribuição nas regiões tropicais e subtropicais, sendo no oceano Atlântico onde ela apresenta seus maiores percentuais de abundância (BÉ, 1977). No Atlântico Sul, ela se distribui da

região equatorial até o sul da frente subtropical **(**BOLTOVSKOY et al., 1996), representando até 80% da assembleia na face subtropical oeste (Corrente do Brasil e Giro Subtropical, PFLAUMANN et al., 1996). *G. ruber* possui endossimbiontes, preferindo assim ocupar águas claras com baixa densidade planctônica para aumentar a eficiência de fotossíntese. Em caso de falta de nutrientes, *G. ruber* se alimenta de zooplâncton e/ou de seus próprios endossimbiontes (BÉ; HAMLIN, 1969; TOLDERLUND; BÉ, 1971).

Esta espécie apresenta diversas variedades de testas (classificadas como *sensu strictu* e *sensu latu*), mas todas são agrupadas em dois principais morfotipos: *G. ruber pink* (testa com coloração rosa que pode ser total ou só nas câmaras iniciais) e *G. ruber white* (testa totalmente branca). O morfotipo *pink* é exclusivo do oceano Atlântico desde 120.000 anos AP quando desapareceu do Indo-Pacífico (THOMPSON et al., 1979). Se distribuiu muito próximo da superfície, enquanto morfotipo *white* se distribui logo abaixo. Se tratando de abundância relativa, o morfotipo *white* é mais abundante, porém existe uma tendência de aumento do percentual do morfotipo *pink* com a aproximação da plataforma continental (PFLAUMANN et al., 1996; SCHMUKER; SCHIEBEL, 2002).

Na MCRJ, a abundância relativa de *G. ruber* foi a mais alta em todos os topos de *box-cores* estudados, alcançando 70% no talude da bacia de Campos e 30% no SRCF. No SRCF, o morfotipo *pink* foi mais abundante nas áreas da plataforma média onde a profundidade é mais baixa, enquanto o morfotipo *white* foi mais abundante na plataforma externa (Figura 18 a e b). No entanto ambos os morfotipos apresentaram abundâncias relativas mais baixas no sul do banco de lama. Através do percentual de *G. ruber pink* em relação ao total de *G. ruber* (Figura 18c) foi observado uma tendência de aumento da abundância relativa do morfotipo *pink* no sentido da costa, indicando que o morfotipo *pink* pode ser usado como indicador de influência de águas costeiras, enquanto o morfotipo *white* pode ser relacionado com as águas oligotróficas da CB.

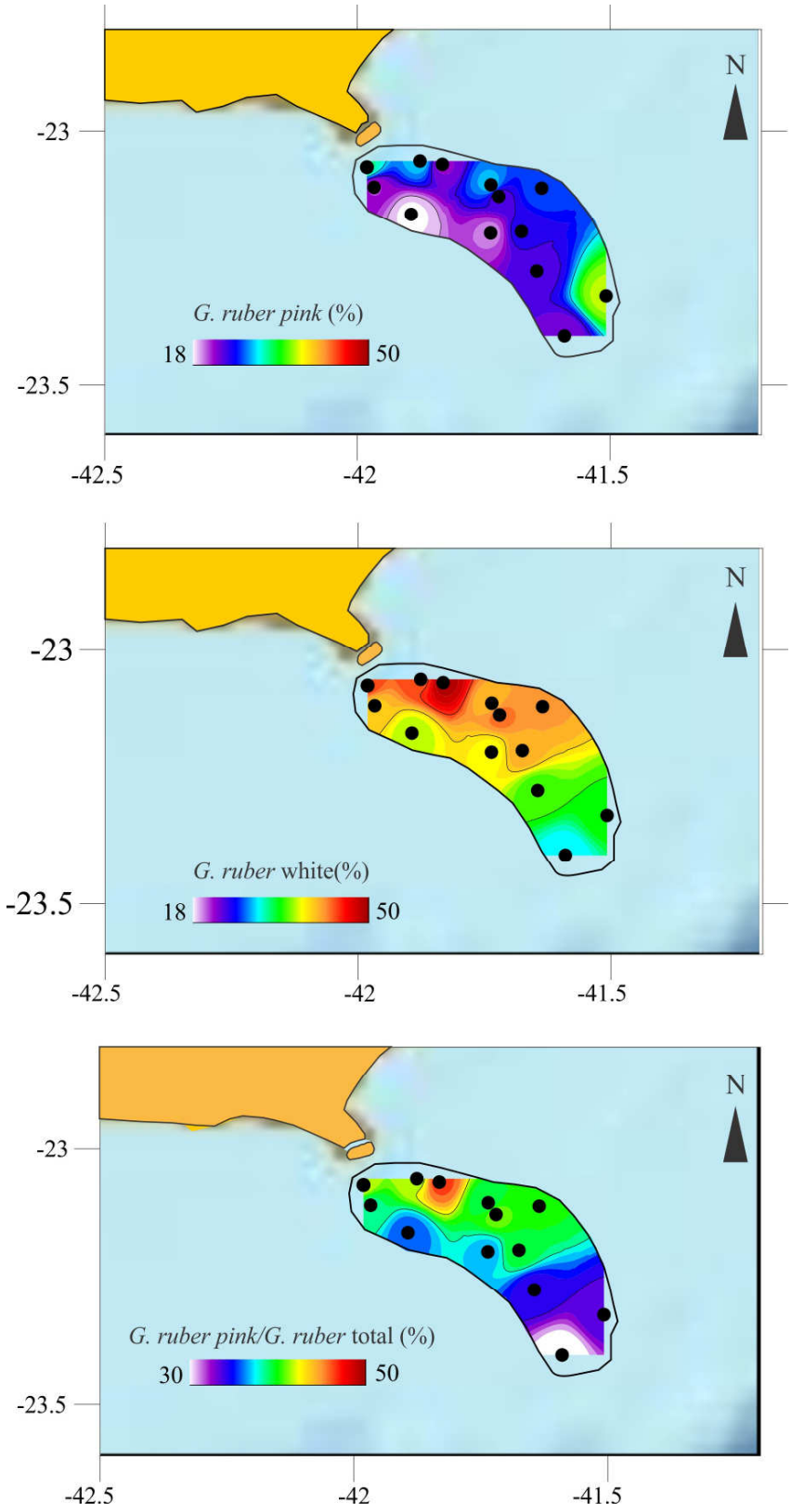


**Figura 18 –** Distribuição dos morfotipos rosa e branco de *Globigerinoides ruber* ao longo do banco de lama do SRCF. (a) porcentagem de *G. ruber pink* na assembleia total, (b) porcentagem de *G. ruber white* na assembleia total, e (c) porcentagem de *G. ruber pink* em relação ao total da espécie. Os pontos representam a localização dos topos de testemunho analisados.

*Globigerinoides sacculifer*

Esta espécie é descrita por Bé (1977) e Boltovskoy et al. (1996) como habitante de massas de água quentes e oligotróficas no Atlântico Sul Tropical e Subtropical, sendo dominante na região equatorial (Corrente Sul-Equatoriais e Corrente Norte do Brasil). Já na área da CB esta espécie é a segunda mais abundante, atrás apenas de *G. ruber*. Verticalmente *G. sacculifer* ocupa águas superficiais, porém tende a se distribuir em camadas abaixo das quais *G. ruber* habita. Na MCRJ, *G. sacculifer* foi mais abundante nos sitios mais afastados da costa na bacia de Santos e na bacia de Campos sendo associada à Corrente do Brasil.

*Globigerinella siphonifera e Globigerinella calida*

São espécies geralmente carnívoras, habitantes de águas tropicais e subtropicais, que se distribuem em um extenso gradiente batimétrico, podendo até apresentar hábitos bentônicos (HILBRECHT; THIERSTEIN, 1996). Dessa forma, estas espécies prosperam posteriormente aos picos de produtividade, se alimentando da matéria orgânica que afunda na coluna d'água ou já sobre o sedimento, assim como de zooplâncton, e não competindo com *G. ruber* e *G. sacculifer* que se distribuem na camada superficial.

Na MCRJ, *G. siphonifera* foi mais abundante nas águas de plataforma e talude da bacia de Santos, enquanto *G. calida* foi mais abundante no SRCF. No entanto, estas espécies não podem ser associadas diretamente à ressurgência, visto que elas não são raras em águas frias. Porém os altos percentuais no SRCF nos direciona para a presença de águas quentes e alta produtividade primária, o que é esperado após a ocorrência dos pulsos de ressurgência da ACAS.

*Globoturborotalita rubescens*

Esta espécie foi descrita por Bé e Hamlin (1967); Kenneth e Srnivasan (1983) como habitante de águas tropicais e subtropicais, porém suas características ecológicas e preferências oceanográficas são muito pouco conhecidas. Tal fato pode estar associado ao tamanho das testas que geralmente atravessa peneiras com abertura de 150 µm, as quais são amplamente utilizadas na micropaleontologia de foraminíferos planctônicos (AL SABOUNI et al., 2007). De acordo com o banco de dados de assembleias do Atlântico Sul de Pflaumann et al. (1996) o qual foi construído com assembleias de tamanho maior que 150 µm, *G. rubescens* apresenta uma ocorrência limitada no talude do SE brasileiro, mas no banco de dados do Atlântico Sul de Niebler e Gersonde (1998) construído com assembleias de tamanho

maior que 125 µm, a espécie é observada se distribuindo no interior do Giro subtropical com percentuais de 2% com alguns picos isolados de 4%. Já na MCRJ, percentuais de *G. rubescens* superiores a 15% foram observados sobre a plataforma continental, independentemente da região, o que indica que esta espécie apresenta preferências por regiões neríticas ou águas com influência costeira as quais são geralmente evitadas pelas outras espécies de foraminíferos planctônicos.

*Globigerina bulloides*

No Atlântico Sul, esta espécie apresenta seus maiores percentuais na região Subantártica, na área de ressurgência de Benguela e na Corrente das Malvinas (BÉ, 1977; PFLAUMANN et al., 1996; BOLTOVSKOY et al., 1996**)** caracterizando-a como uma espécie de águas frias e produtivas capaz de ocupar também áreas de ressurgência (MARCHANT et al., 1999; PEETERS et al., 2002; SOUTO et al., 2011)

Na MCRJ, os maiores percentuais de *G. bulloides* observados no SRCF a relaciona à ocorrência da ressurgência da ACAS. Alguns autores como Marchant et al. (2004) e Marchain-Castillo et al (2008) discutem que as variações de produtividade primária influenciam a distribuição de *G. bulloides* mais do que a temperatura, no entanto outras espécies como *G. glutinata*, *N. dutertrei* e *G. menardii* tendem a predominar em áreas produtivas nos trópicos, indicando que a predominância de *G. bulloides* em áreas de ressurgência dentro de regiões tropicais e subtropicais é consequência de uma vantagem competitiva sobre outras espécies em decorrência de águas frias. Dessa forma, a ocorrência de *G. bulloides* frente a outras espécies tropicais e subtropicais ligadas à produtividade na MCRJ caracteriza a ocorrência de águas significativamente frias e produtivas, ligadas a ressurgência da ACAS.

*Turborotalita quinqueloba*

A distribuição desta espécie no Atlântico Sul é similar a *G. bulloides*, porém mais limitada à frente subantártica (NIEBLER; GERSONDE, 1998). Segundo Bé (1977), *T. quinqueloba* possui preferências por águas superficiais com pouca estratificação, baixas salinidades e altas concentrações de oxigênio dissolvido. Apesar da ausência nos topos de testemunhos em regiões tropicais e subtropicais nos bancos de dados de Niebler e Gersonde (1998), *T. quinqueloba* pode abranger também estas áreas com baixas abundâncias, segundo registros de captura por redes de plâncton (BÉ, 1977; BOLTOVSKOY et al., 1996).

Na MCRJ, o percentual de *T. quinqueloba* foi mais alto no sul do SRCF, com uma limitação de distribuição muito maior que *G. bulloides* com relação às áreas adjacentes, indicando que esta espécie se limita mais à temperatura da água do que *G. bulloides*, indicando uma associação maior com águas frias. Entretanto, sua relação pode não ser direta com a ACAS, pois a corrente costeira fria do sul pode alcançar o SRCF durante o inverno, a qual satisfaz as preferências desta espécie. Dessa forma, *T. quinqueloba* foi relacionada diretamente com a ocorrência de águas frias.

*Globigerinita glutinata*

Esta espécie está entre as principais em escala global, mas ela é caracterizada por não apresentar associação com temperatura, profundidade ou latitude, aumentando de abundância unicamente em áreas de ressurgências, meandros e vórtices de núcleos frios, e áreas de descarga fluvial as quais apresentam alta produtividade primária (BOLTOVSKOY, 1962; BÉ, 1977; KENNETH AND SRINAVASAN, 1983; EGUCHI et al., 1999**;** SHMUKER; SHIEBEL, 2002; DING et al., 2006; MARCHAIN-CASTILLO et al., 2008). Segundo Shmuker e Shiebel (2002), o crescimento de *G. glutinata* se relaciona com a ocorrência de *blooms* de diatomáceas cujos picos de biomassa ocorrem nestas áreas devido ao aumento de concentrações de silicato e nitrato.

Na MCRJ, *G. glutinata* foi mais abundante na plataforma continental e talude da bacia de Santos, mas também apresentou altos percentuais no sul do SRCF e no NO da bacia de Campos. Tal distribuição coincide com áreas geralmente produtivas que estão ligadas ao fenômeno da ressurgência (de Cabo Frio e possivelmente do Cabo de São Tomé) e aporte de águas costeiras. Com base nas descrições acima, *G. glutinata* pode ser relacionada à ressurgência com uma maior influência de águas costeiras. Uma associação com *G. rubescens* indicaria produtividade por águas costeiras, já a associação com espécies de águas frias tais como *G. bulloides* e/ou *T. quinqueloba* indicaria produtividade relacionada à ressurgência.

### 5.1.4.Biofácies da Margem Continental do Rio de Janeiro (MCRJ)

As análises de agrupamento MDS e cluster separaram os 34 topos de *box-cores* em quatro principais grupos (Figura 19), que plotados no mapa se mostraram geograficamente separados caracterizando quatro principais biofáciess na MCRJ (Figura 20), as quais foram consideradas pela ANOSIM como significativamente diferentes

A biofácies A compreende os topos de *box-cores* da bacia de Campos e a biofácies B inclui os topos de *box-cores* localizados na plataforma continental sudoeste ao SRCF e

talude da bacia de Santos. O SRCF foi perfeitamente dividido em duas biofácies: a área norte do SRCF foi compreendida na biofácies C e a área sul foi compreendida na biofácies D. Apesar de dividir o mesmo ecossistema da ressurgência de Cabo Frio, as biofáciess C e D apresentaram-se mais similares às biofáciess oceânicas do que entre elas (Figura 19 eFigura 20).

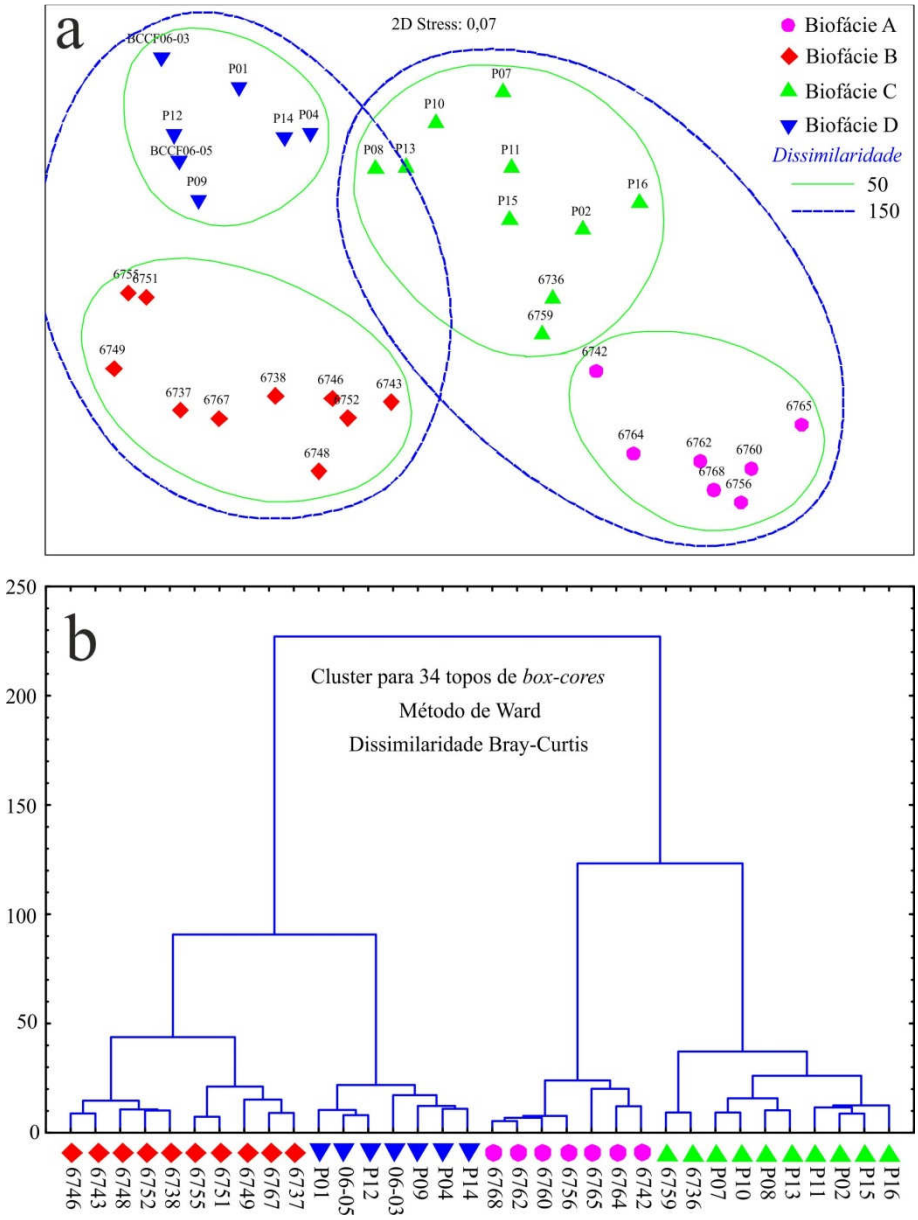


**Figura 19 –** Resultados das análises de agrupamento modo Q para os 34 topos de *box-cores* da MCRJ. (a) MDS; (b) cluster.

**Tabela 6 - Resultados da análise de similaridade (ANOSIM) entre as biofáciess para o teste de diferença.**

| Biofáciess | Estatística | Probabilidade (%) | Permutações |
|---|---|---|---|
| C x D | 0,797 | < 5% | 999 |
| B x C | 0,93 | < 5% | 999 |
| A x C | 0,871 | < 5% | 999 |
| B x D | 0,825 | < 5% | 999 |
| A x D | 1 | < 5% | 999 |
| A x B | 0,988 | < 5% | 999 |

A separação geográfica dos grupos obtidos pelas análises de agrupamento apresentaram poucas realocações de topos de *box-cores* fora do grupo (Figura 20), sendo a área compreendida pela biofácies B a mais afetada com três interferências de topos de outras áreas (duas remoções e uma inclusão). As poucas realocações observadas corroboram a diferenciação observada pela ANOSIM e que, portanto estão relacionadas com quatro diferentes configurações oceanográficas geograficamente separadas que atuam na MCRJ.

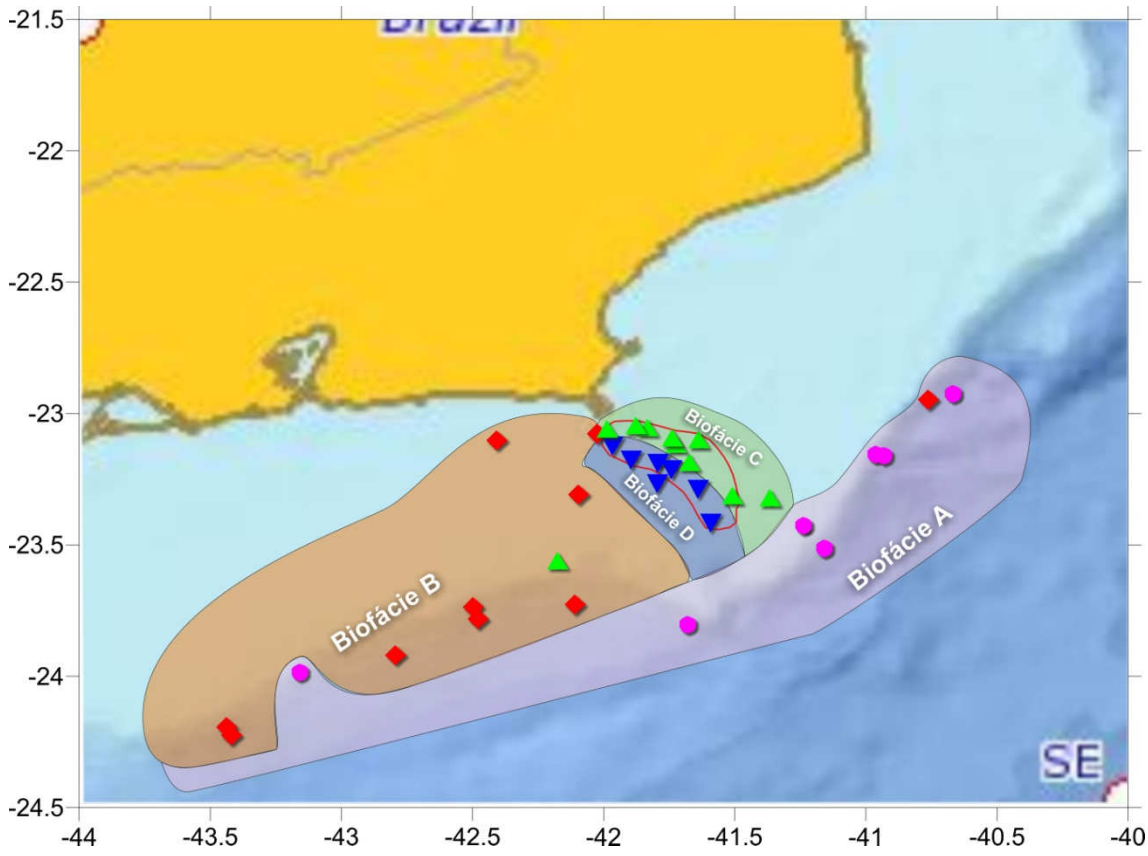


**Figura 20 –** Distribuição geográfica das biofáciess na margem continental do Rio de Janeiro.

Através da análise SIMPER intra-grupo, o diagnóstico oceanográfico para cada biofácies foi descrito com base em um ranking de contribuição das espécies de foraminíferos planctônicos, levando em consideração nossa hipótese. Os resultados da análise SIMPER, assim como os diagnósticos oceanográficos estão na Tabela 7.

A maior parte das principais espécies que contribuem para a biofácies A são mais abundantes na bacia de Campos e caracterizam uma estrutura vertical de coluna d'água oligotrófica, sendo *G. ruber* responsável por 75% da contribuição. Dessa forma esta biofácies pode ser relacionada com a oligotrófica frente da Corrente do Brasil (CB).

Na biofácies B, a contribuição de *G. ruber* foi mais baixa que na biofácies A (45%) e *G. glutinata* (relacionada à produtividade) e *G. rubescens* (relacionada às águas de plataforma), as quais somadas a *G. ruber* representaram 85% da contribuição total. Além destas duas espécies, menores contribuições de *G. bulloides* e *G. calida* (ligadas ao SRCF) e *G. siphonifera* (mais abundante na bacia de Santos) foram observadas. Dessa forma a biofácies B foi associada às condições da bacia de Santos marcadas pelas águas oligotróficas da AT recebendo frequentes intrusões de águas costeiras (Baia de Guanabara e corrente costeira fria) e plumas da ressurgência Ekman tradicional devido à formação de vórtices que anualmente resulta em um saldo de temperaturas ligeiramente altas e alta produtividade.

Na biofácies C, a contribuição de *G. ruber* foi um pouco mais alta que na biofácies B com 53,5% da contribuição total, indicando condições um pouco mais oligotróficas que da biofácies B. A contribuição de *G. rubescens*, *G. bulloides*, *T. quinqueloba*, *G. calida* e *G. glutinata* indicam a presença de águas costeiras somadas à ressurgência da ACAS tanto de Cabo Frio como também de plumas vindas do Cabo de São Tomé (CALADO, 2006). Dessa forma, a biofácies C foi relacionada com uma configuração oceanográfica de ressurgência com frequentes atenuações devido a intrusões da AT ou originada pelo fluxo da CB.

A biofácies D foi caracterizada pelas contribuições mais baixas de *G. ruber* (35%) e altas participações de *G. glutinata*, *G. rubescens* e *G. bulloides* e *T. quinqueloba* que somadas representam 55% da contribuição total, indicando uma forte contribuição por águas frias e produtivas. Além disso, a biofácies D representa as assembleias localizadas no sopé da depressão suave onde se encontra o banco lamoso do SRCF, onde a ACAS puxada pelo transporte de Ekman pode empilhar e alcançar com mais facilidade a zona fótica. Portanto esta biofácies foi relacionada às condições de ressurgência induzida pelos ventos alísios de NE.

**Tabela 7 - Resultados da análise SIMPER apresentando a porcentagem de similaridade das assembleias que compõem cada grupo, a contribuição percentual das principais espécies de foraminíferos planctônicos e o consequente diagnóstico oceanográfico.**

| Biofácies | Similaridade (%) | Espécie | Porcentagem média | Porcentagem de contribuição | Porcentagem acumulada | Diagnóstico oceanográfico |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **A** | 89,19 | *G. ruber* | 70,15 | 75,98 | 75,98 | Frente da Corrente do Brasil (águas quentes e oligotóficas) |
| | | *G. glutinata* | 7,12 | 6,46 | 82,44 | |
| | | *G. rubescens* | 4,51 | 3,9 | 86,33 | |
| | | *G. sacculifer* | 4,22 | 3,79 | 90,12 | |
| | | *G. bulloides* | 3,16 | 2,69 | 92,81 | |
| | | Plexo menardii | 3,09 | 2,61 | 95,42 | |
| **B** | 84,34 | *G. ruber* | 40,55 | 43,45 | 43,45 | Mistura de águas de plataforma continental produtivas e águas oceânicas oligotróficas (águas quentes e produtivas) |
| | | *G. glutinata* | 26,17 | 27,73 | 71,18 | |
| | | *G. rubescens* | 14,12 | 14,91 | 86,09 | |
| | | *G. bulloides* | 5,44 | 4,85 | 90,94 | |
| | | *G. siphonifera* | 2,63 | 2,28 | 93,22 | |
| | | *G. calida* | 2,19 | 1,87 | 95,08 | |
| **C** | 86,51 | *G. ruber* | 49,9 | 53,52 | 53,52 | Ressurgência atenuada ou induzida pela Corrente do Brasil (associação entre águas da ACAS e AT – ressurgência norte) |
| | | *G. bulloides* | 14,3 | 14,67 | 68,2 | |
| | | *G. rubescens* | 10,72 | 10,05 | 78,25 | |
| | | *G. glutinata* | 7,2 | 6,04 | 84,29 | |
| | | *G. calida* | 4,92 | 4,9 | 89,18 | |
| | | *T. quinqueloba* | 5,15 | 4,84 | 94,02 | |
| **D** | 86,52 | *G. ruber* | 33,09 | 35,47 | 35,47 | Águas frias e produtivas oriundas da ressurgência da ACAS (ressurgência sul) |
| | | *G. glutinata* | 18,14 | 18,59 | 54,06 | |
| | | *G. rubescens* | 15,49 | 15,14 | 69,19 | |
| | | *G. bulloides* | 13,18 | 13,17 | 82,36 | |
| | | *T. quinqueloba* | 8,42 | 8,48 | 90,84 | |
| | | *G. calida* | 5,33 | 4,99 | 95,83 | |

## 5.2.LITOLOGIA E GEOCRONOLOGIA DOS TESTEMUNHOS CF10-01B E CF10-09A

### 5.2.1. Litologia e Geocronologia

O testemunho CF10-09A apresentou pelo menos três unidades litológicas (Figura 21). Da base (382 cm) até 360 cm, a sedimentação é constituída de argila arenosa de coloração cinza esverdeada escura (5GY 4/1) com presença de fragmentos de carbonatos; argila orgânica 5GY 4/1entre 360 e 11 cm; e de 11 cm ao topo, a sedimentação foi constituída de argila orgânica com coloração cinza oliva (5Y 4/2). Já o testemunho CF10-01B apresentou uma estrutura litológica mais complexa com a presença de cinco principais unidades: argila arenosa 5GY 4/1 da base até 230 cm; argila arenosa 5GY 4/1 com presença de fragmentos de carbonatos entre 230 e 185 cm; argila orgânica 5GY 4/1 com fragmentos de carbonatos entre 185 e 166 cm; argila orgânica 5GY 4/1 entre 166 e 21 cm com duas camadas de cerca de 5 cm apresentando fragmentos de carbonatos; e argila orgânica 5Y 4/2 de 21 cm ao topo.

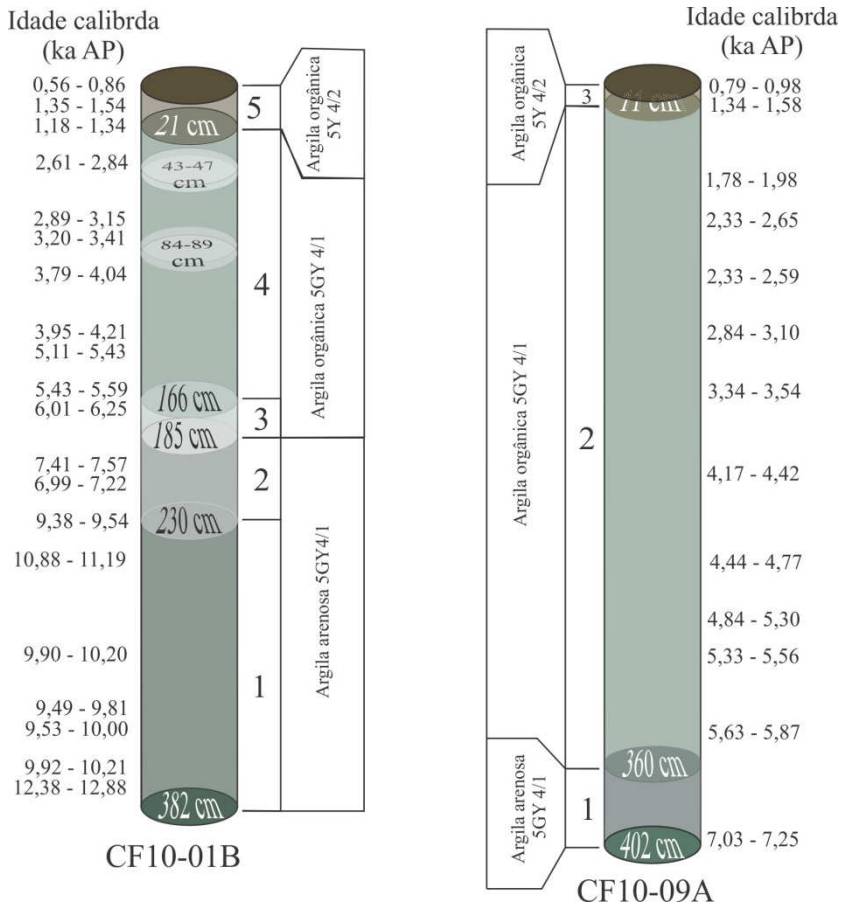


**Figura 21 –** Descrição da cor, características litológicas e idades calibradas para os dois testemunhos estudados.

As datações radiocarbônicas revelaram que os testemunhos CF10-01B e CF10-09A cobrem os últimos 11500 e 7100 anos, respectivamente (Tabela 8, Figura 22). Entretanto, o testemunho CF10-01B apresentou uma alta incidência de datações invertidas nas duas primeiras unidades litológicas, gerando um alto índice de incertezas de idades que alcançou até 1.200 anos na base do testemunho. Dessa forma, interpretações temporais dentro deste intervalo foram tratadas como dois períodos de tempo específicos: Início do Holoceno Inferior (11,5 – 10 ka cal AP) e Holoceno Inferior (10 – 9 ka cal AP).

**Tabela 8 - Datações obtidas dos dois testemunhos e o intervalo 95% das idades obtidas pela curva de calibração Marine09.**

| Testemunhos | Material | Profundidade (cm) | Código | Idade $^{14}C$ (anos AP) | Incerteza (anos) | Intervalo 95% da curva de calibração (anos) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Mínimo | Máximo | Prob. (%) |
| CF10-09A | Matéria orgânica | 1 | AA90188 | 1.364 | 37 | 790 | 980 | 95 |
| | | 10 | AA89740 | 1.924 | 48 | 1.342 | 1.579 | 95 |
| | | 51 | AA90189 | 2.275 | 38 | 1.776 | 1.981 | 95 |
| | | 71 | AA90190 | 2.759 | 45 | 2.338 | 2.616 | 90.6 |
| | | | | | | 2.622 | 2.650 | 4.4 |
| | | 101 | AA90191 | 2.737 | 35 | 2.327 | 2.583 | 94.5 |
| | | | | | | 2.588 | 2.592 | 0.5 |
| | | 131 | AA90192 | 3.179 | 40 | 2.842 | 3.102 | 95 |
| | | 161 | AA90193 | 3.548 | 41 | 3.337 | 3.541 | 95 |
| | | 204 | AA89741 | 4.225 | 41 | 4.174 | 4.421 | 95 |
| | | 251 | AA90194 | 4.425 | 42 | 4.436 | 4.726 | 92.7 |
| | | | | | | 4.749 | 4.769 | 2.3 |
| | | 281 | AA90195 | 4.893 | 43 | 5.044 | 5.302 | 95 |
| | | 301 | AA90196 | 5.103 | 44 | 5.326 | 5.562 | 95 |
| | | 341 | AA90197 | 5.381 | 45 | 5.632 | 5.870 | 95 |
| | | 399 | AA89742 | 6.635 | 42 | 7.028 | 7.252 | 95 |
| CF10-01B | Matéria orgânica | 1 | AA93441 | 1.030 | 36 | 532 | 655 | 95 |
| | | 10 | AA90740 | 1.910 | 39 | 1.345 | 1.540 | 95 |
| | | 20 | AA93442 | 1.723 | 38 | 1.181 | 1.340 | 95 |
| | | 40 | AA89728 | 2.955 | 48 | 2.606 | 2.841 | 95 |
| | | 70 | AA93443 | 3.218 | 37 | 2.894 | 3.152 | 95 |
| | | 80 | AA90736 | 3.447 | 41 | 3.202 | 3.409 | 95 |
| | | 100 | AA93444 | 3.924 | 38 | 3.780 | 3.783 | 0.3 |
| | | | | | | 3.791 | 4.041 | 94.7 |
| | | 130 | AA93445 | 4.055 | 39 | 3.952 | 4.212 | 95 |
| | | 140 | AA90738 | 4.941 | 44 | 5.084 | 5.093 | 0.9 |
| | | | | | | 5.113 | 5.426 | 94.1 |
| | | 160 | AA93446 | 5.156 | 40 | 5.431 | 5.593 | 95 |
| | | 170 | AA93447 | 5.731 | 41 | 6.007 | 6.248 | 95 |
| | | 200 | AA90734 | 6.991 | 48 | 7.408 | 7.565 | 95 |
| | | 210 | AA93448 | 6.592 | 43 | 6.986 | 7.223 | 95 |
| | | 230 | AA93449 | 8.804 | 48 | 9.376 | 9.540 | 95 |
| | | 250 | AA89729 | 10.067 | 59 | 10.804 | 10.859 | 4.1 |
| | | | | | | 10.878 | 11.19 | 90.9 |
| | | 300 | AA90735 | 9.256 | 56 | 9.896 | 10.203 | 95 |
| | | 330 | AA93450 | 8.963 | 58 | 9.491 | 9.813 | 95 |
| | | 340 | AA90739 | 9.051 | 67 | 9.534 | 9.965 | 93.4 |
| | | | | | | 9.973 | 10.000 | 1.6 |
| | | 360 | AA93451 | 9.273 | 50 | 9.922 | 10.207 | 95 |
| | | 370 | AA89730 | 11.130 | 110 | 12.376 | 12.878 | 95 |

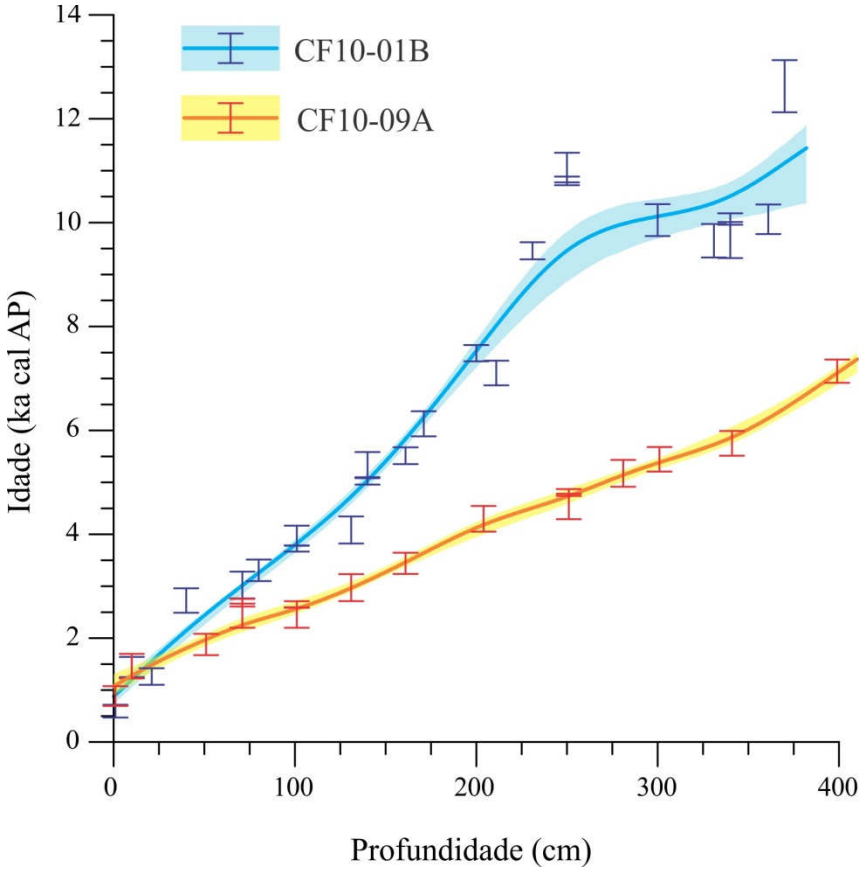


**Figura 22 –** Modelos cronológicos construídos pelo software Clam para os dois testemunhos estudados. Barras de erro indicam o intervalo 95% da curva de calibração das datações, a área colorida representa a incerteza da interpolação de idades e a linha contínua representa as melhores idades (*best ages*) as quais foram usadas para a interpretação da variabilidade temporal.

A taxa de sedimentação nos 150 cm da base do perfil CF10-01B não foi considerada devido às incertezas de idades nas datações, gerando uma superestimação da taxa de sedimentação interpolada. As taxas de sedimentação interpoladas variaram entre aproximadamente 20 e 40 cm/ka nos 230 cm superiores do perfil CF10-01B e entre 40 e 100 cm/ka no perfil CF10-09A (Figura 23).

Tanto as distintas características litológicas quanto a alta incidência de datações invertidas nos 150 cm da base do testemunho CF10-01B podem ser relacionados às variações do nível do mar que de acordo com Corrêa (1996) subiu cerca de 70 metros entre 12 e 7,0 ka cal AP. Dessa forma, impactos dos eventos transgressivos tais como erosão e retrabalhamento sedimentar, comuns em ambientes de plataforma rasa, aconteceram durante esse período.

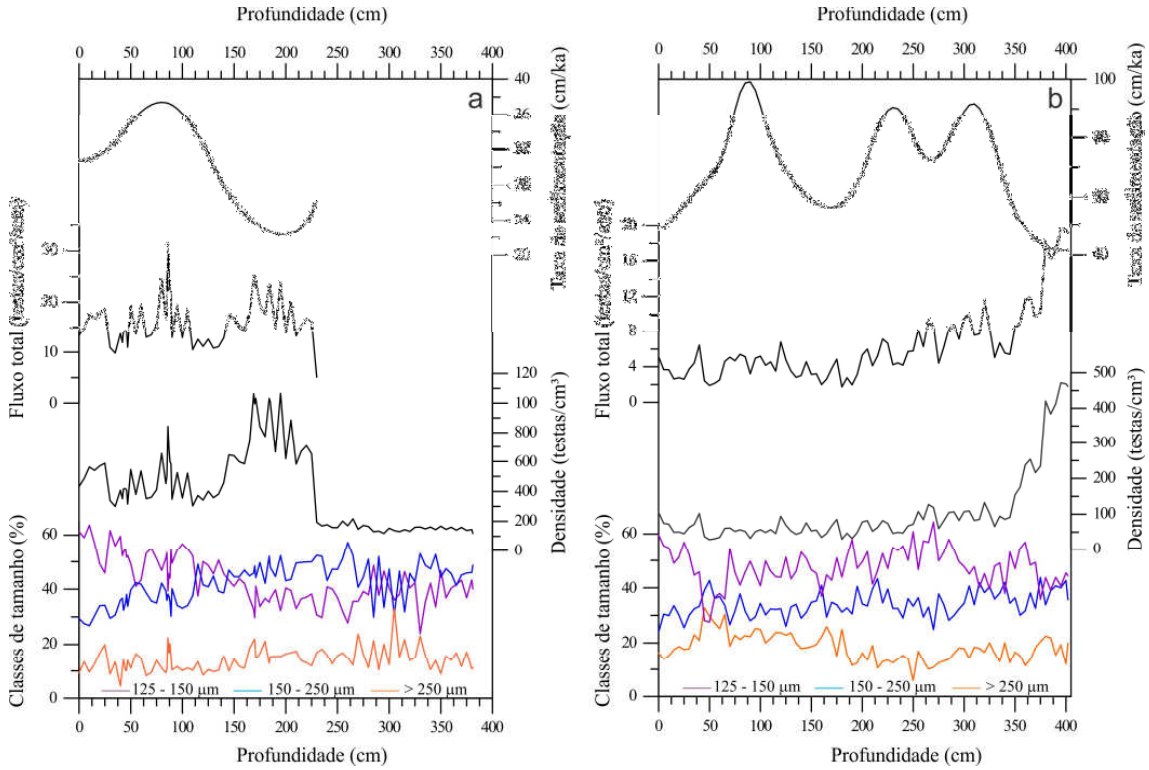


**Figura 23** – Taxa de sedimentação, fluxo total, abundância absoluta (densidade) e porcentagem de cada classe de tamanho de foraminíferos planctônicos ao longo do testemunho CF10-01B (a) e CF10-09A (b). A taxa de sedimentação e fluxo no perfil CF10-01B foram calculados apenas para os 230 cm do topo (equivalente aos últimos 8,8 ka cal) devido à grande incerteza de idade nos 150 cm da base (entre 382 e 230 cm).

A influência da hidrodinâmica foi significativa para os períodos anteriores a 10,0 ka cal AP quando a região do corpo de lama do SRCF era rasa e próxima da costa apresentando um cenário de plataforma interna com sedimentação arenosa, e o testemunho CF10-01B localizado no sopé dessa paleocosta podia receber o aporte sedimentar da plataforma do norte mais rasa (ver seção 3.3). Tais combinações podem ter sido responsáveis pela alternância de sedimentos novos e antigos, dada pela ocorrência de datações invertidas no testemunho CF10-01B.

## 5.3. ASSEMBLEIAS FÓSSEIS DE FORAMINÍFEROS PLANCTÔNICOS

### 5.3.1. Fluxos, abundância absoluta e classes de tamanho

O fluxo total das espécies de foraminíferos planctônicos foi calculado apenas para os 230 cm superiores (9 – 0,8 ka cal AP) do perfil CF10-01B (estação 1) devido às possíveis superestimações da taxa de sedimentação, associadas às incertezas das datações. Neste testemunho, o fluxo total foi mais alto entre 9,0 e 6,0 ka cal AP e entre 3,5 e 2,5 ka cal AP (Figura 23a) com variação entre 15 e 30 testas/cm²/ano, e os valores mais baixos ocorreram entre 2,5 e 2,0 ka cal AP com valores de cerca de 10 testas/cm²/ano. No perfil CF10-09A (estação 9, Figura 23b), os fluxos variaram entre 20 testas/cm²/ano na base (entre 7,0 e 6,5 ka

cal AP) e 2,0 testas/cm²/ano no topo (após 2,0 ka cal AP). Altos valores foram mantidos apenas da base (402 cm) até 380 cm, acompanhando o fluxo total do perfil CF10-01B, tendendo exponencialmente a diminuir até 200 cm (4,0 ka cal AP), e em seguida se mantendo com baixos valores de fluxo até o topo.

A abundância absoluta total de foraminíferos planctônicos foi maior no testemunho CF10-01B com variação entre 100 e 1000 testas por cm³ que no testemunho CF10-09A com variação entre 40 e 450 testas por cm³ (Figura 23).

Nos 150 cm da base do perfil CF10-01B (entre 382 e 230 cm), a abundância absoluta foi muito mais baixa que no resto do testemunho (assim como todo o material sedimentar maior que 125 µm) com valores entre 100 e 200 testas por cm³ sendo os valores mais baixos (entre 120 e 140 testas/cm³) entre 382 e 280 cm (11,5 – 10,0 ka cal AP), aumentando para valores entre 160 e 220 testas/cm³ de 280 a 230 cm (10,0 – 8,8 ka cal AP). Estas baixas abundâncias indicam que a estação1deveria estar mais próxima da costa devido ao baixo nível do mar, uma vez que os foraminíferos planctônicos preferem se distribuir em águas *offshore*. Em torno de 9,0 ka cal AP, a densidade de foraminíferos sofre um aumento abrupto de 200 para 600 testas/cm³ (entre 230 e 225 cm) o que pode ter sido associado a um forte evento transgressivo. Tal evento poderia ter impactado a deposição sedimentar por ou ter reduzido fortemente a taxa de sedimentação ou erodido as camadas sedimentares depositadas entre 9,0 e 7,5 ka cal AP. Nesse caso, haveria a possibilidade de um hiato erosivo e a seção entre 225 e 210 cm representariam a densidade foraminiferal próxima a 7,2 ka cal AP (dada pela idade datada em 210 cm). Outra possibilidade seria baixas taxas de sedimentação em virtude de uma maior velocidade de transgressão entre 9,0 e 7,0 ka cal AP (CORRÊA, 1996), fazendo com que águas *offshore* alcançassem mais facilmente a costa acarretando no aumento abrupto da densidade de foraminíferos planctônicos.

A variabilidade das classes de tamanho na estação 1 apresentou um predomínio da fração 150 – 250 µm abaixo de 140 cm (antes de 5,0 ka cal AP), mudando para predominância relativa da fração 125 – 150 µm entre 140 e 110 cm (5,0 e 4,0 ka cal AP), e uma predominância absoluta dessa fração após no topo do testemunho (4,0 ka cal AP) com apenas uma curta seção em cerca de 60 cm (2,7 ka cal AP) onde as fração 125 – 150 µm e 150 – 250 µm dividem a dominância. Na estação 9, a classe de tamanho 125 – 150 µm predomina em quase todo o registro, exceto entre 60 e 40 cm (2,2 e 1,8 ka cal AP), onde as frações maiores são mais expressivas.

Altos percentuais das classes de tamanho maiores coincidiram com períodos em que a abundância absoluta foi alta nos dois testemunhos e no período de variações do nível do mar no testemunho CF10-01B. Com base na composição das assembleias (ver seções 5.3.2) e na preferência das espécies por águas oceânicas, tais períodos podem ser associados a um aumento da frequência de penetrações da Corrente do Brasil sobre a plataforma. Com relação aos altos percentuais das classes de tamanho maiores e o período de variações do nível do mar, a classe de tamanho 125 – 150 µm pode ter sofrido dificuldades de deposição devido aos eventos transgressivos (já que esse período é marcado por sedimentação arenosa no CF10-01B, Figura 21). Apesar de pouco provável, a dissolução das testas pequenas podem ter também favorecido à manutenção de assembleias com tamanho médio maiores. O efeito da dissolução é melhor explicado na seção seguinte.

Com relação aos fluxos por espécie, os períodos de maiores acumulações de testas (9,0 – 6,0 e 3,5 – 2,5 ka cal AP) foram marcados por altas acumulações de *G. ruber* no testemunho CF10-01B (Figura 24). Entretanto para as outras espécies, podemos separar em 5 fases: entre 9,0 e 6,0 ka cal AP com altos fluxos de *G. sacculifer*, *G. bulloides*, *Globoturborotalita tennela*, plexo menardii e *G. truncatulinoides*; entre 6,0 e 4,0 ka cal AP onde o fluxo das espécies mais abundantes diminuem, exceto *G. calida* que aumenta; entre 4,0 e 3,0 ka cal AP onde os fluxos de *G. glutinata*, *G. rubescens* e crescem; entre 3,0 e 1,8 ka cal AP com uma diminuição do fluxo de *G. rubescens* e *G. ruber*, e após 1,8 ka cal AP onde com o aumento do fluxo de *T. quinqueloba*. No testemunho CF10-09A (Figura 25), os fluxos de todas as espécies foram mais altos na base (intervalo entre 7 e 6,5 ka cal AP), acompanhando a variabilidade do fluxo total. Entretanto, alguns desvios da tendência em algumas espécies foram observados tais como um aumento no fluxo de *G. calida*, *G. rubescens*, e *G. glutinata* entre 5,8 e 4,0 ka cal AP, e um segundo máximo do plexo menardii entre 5,8 e 5,2 ka cal AP.

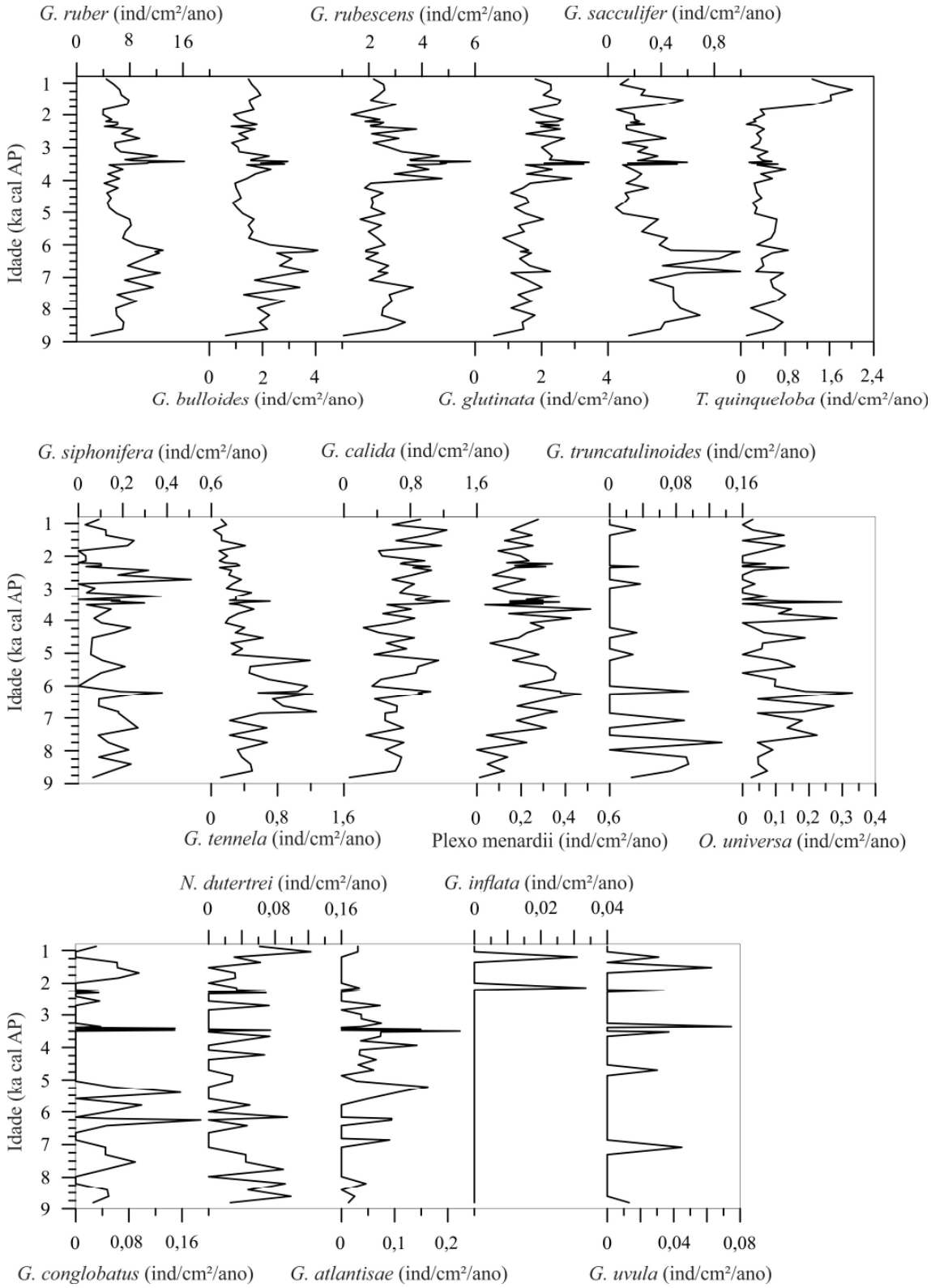


**Figura 24 –** Variação do fluxo das principais espécies de foraminíferos planctônicos ao longo dos primeiros 230 cm (últimos 8,8 ka cal) do testemunho CF10-01B.

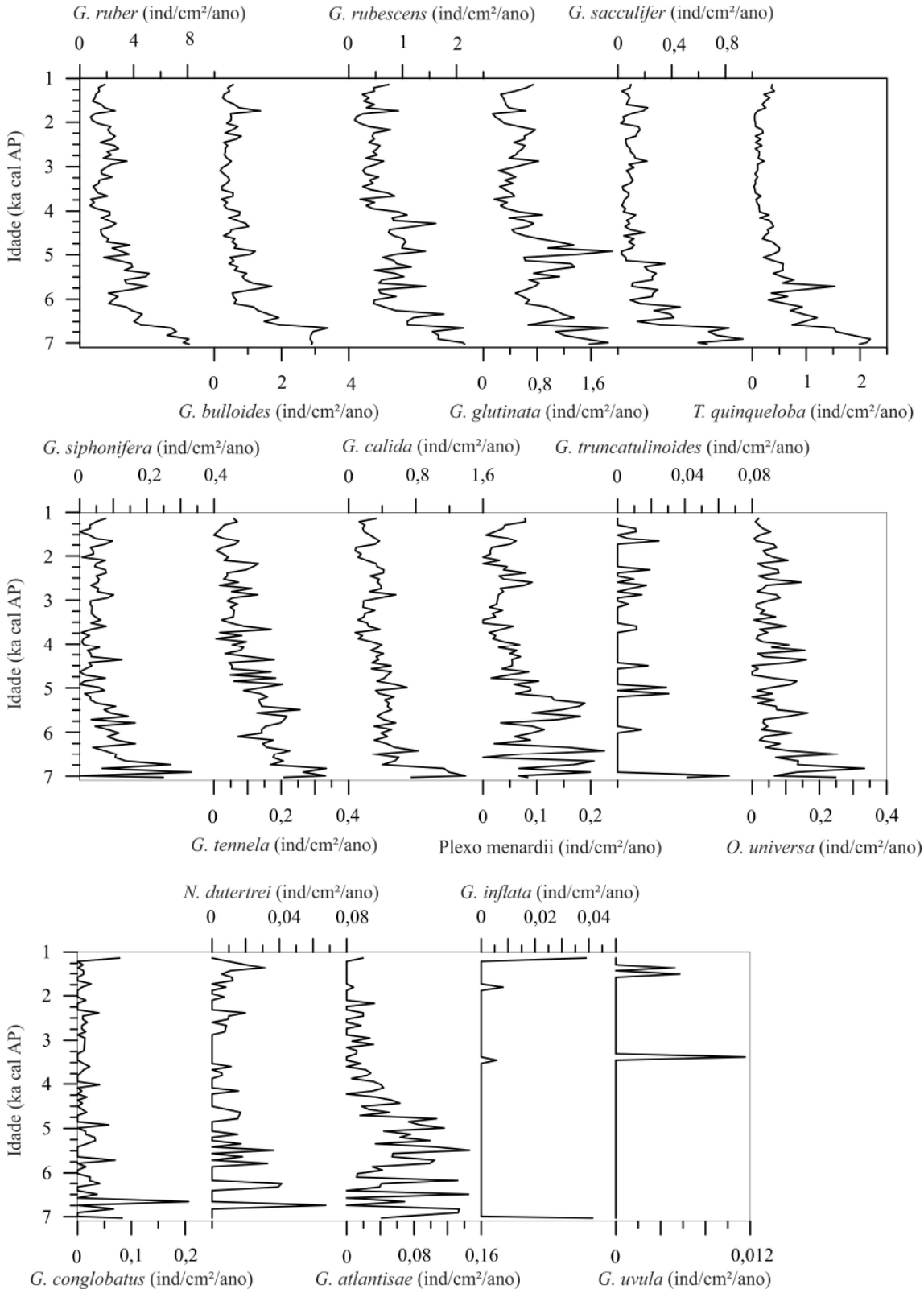


**Figura 25 –** Variação do fluxo das principais espécies de foraminíferos planctônicos ao longo do testemunho CF10-09A.

### 5.3.2. Abundâncias relativas

As Figura 27 e Figura 29 exibem a variabilidade das abundâncias relativas das espécies principais (percentual maior que 5%) e secundárias (percentual menor que 5%) nos testemunhos estudados.

*Estação 1 – Testemunho CF10-01B*

O testemunho CF10-01B foi classificado em três principais grupos de assembleias (Figura 26). O grupo A reúne as profundidades compreendidas entre 140 e 200 cm (7,0 – 5,0 ka cal AP), apresentando altos percentuais de *G. bulloides* e *G. ruber*, desaparecimento de *Globorotalia truncatulinoides* e *Globorotalia inflata*, baixos percentuais de *G. rubescens* e o reaparecimento do plexo menardii, podendo ser associado à águas quentes e menos produtivas onde o sub-grupo A1 expressa uma intensidade maior que o sub-grupo A2. O grupo B reúne os 200 cm da base (11,5 ka cal AP - 8,8 ka cal AP), sendo carcterizado por altos percentuais de *G. sacculifer*, *G. rubescens* e *G. bulloides*, percentuais médios de *G. ruber*, ocorrência de *Globorotalia truncatulinoides* e *Globorotalia inflata* e percentuais muito baixos ou ausentes do plexo menardii sendo associados à águas frias e produtivas sob uma configuração de baixo nível do mar. O grupo C que compreende os primeiros 140 cm (últimos 5 ka cal) apresentou altos percentuais de espécies ligadas a bacia de Santos e SRCF (águas produtivas e/ou frias) *G. glutinata*, *G. siphonifera*, *G. calida* e *T. quinqueloba*, podendo ser associado a águas produtivas menos frias (C1) e mais frias (C2).

Com base na abundância relativa das principais espécies, 5 principais fases foram observadas na estação 1. Estas fases não foram perfeitamente associadas ao agrupamento devido às mudanças de composição das assembleias ocorrerem de forma gradual.

As duas primeiras fases caracterizam 2/3 do Holoceno Inferior (11,5 – 9,0 ka cal AP) marcadas por uma transgressão marinha um pouco mais lenta onde o nível do mar subiu cerca de 20 metros. De acordo com curva de Corrêa (1996), a coluna d'água no sitio 1 se elevou de 60 para 80 metros de profundidade e a sedimentação era predominantemente arenosa (Figura 21). Assim poderia ser possível que movimentações sedimentares causadas pela transgressão, bem como atividades de bioturbadores, pudessem afetar a composição da assembleia através da dissolução apesar da baixa profundidade. As assembleias destas duas fases foram marcadas pelo predomínio da classe de tamanho 150 – 250 µm e uma maior contribuição da classe > 250 µm caracterizando um alto tamanho médio (Figura 23) que poderia indicar um aumento da dissolução das testas menores. Entretanto, o alto tamanho médio das assembleias não foi

exclusivo da seção do testemunho que cobre o período de transgressão marinha (os primeiros 200 cm) onde as altas contribuições das testas maiores que 150 µm permaneceram até 160 cm (6,0 ka cal AP). Da mesma forma, espécies altamente susceptíveis à dissolução como *G. ruber*, *G. rubescens* e *G. bulloides* (KUCERA, 2007) se mantiveram como as mais abundantes, apesar da ocorrência do percentual um pouco maior de espécies resistentes à dissolução como *G. truncatulinoides* e *N. dutertrei*. Dessa forma pode-se sugerir que a dissolução não foi um fator importante na determinação das assembleias durante as fases I e II, no entanto as instabilidades de sedimentação dadas pela transgressão marinha não podem ser totalmente descartadas.

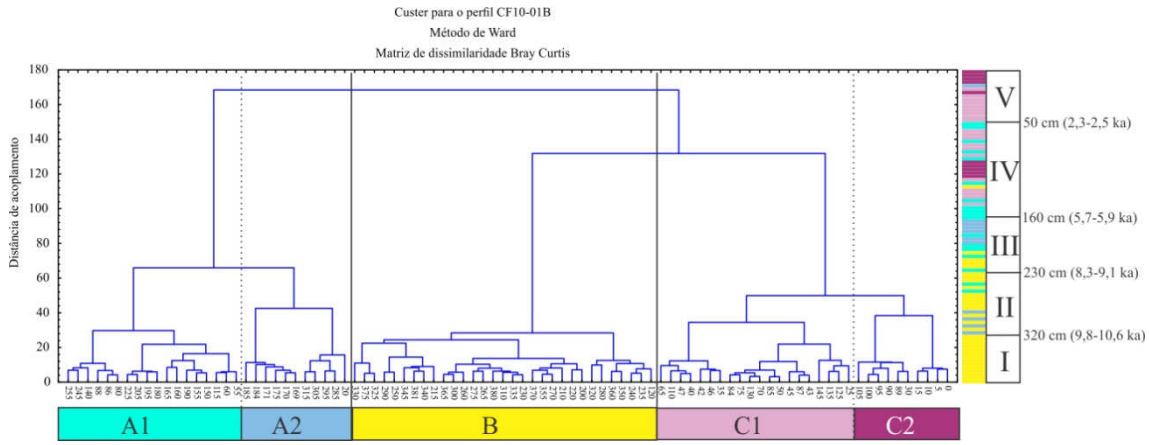


**Figura 26 –** Agrupamento modo Q das assembleias do perfil CF10-01B. A distribuição dos grupos ao longo do testemunho e as fases indicadas pela abundância relativa (%) são apresentadas à direita.

A fase I que compreende o início do Holoceno Inferior (11,5 – 10 ka cal AP) apresentou altos percentuais de *G. bulloides* e *G. rubescens* (Figura 26 e Figura 27), caracterizando um período de forte influência de águas frias e costeiras relacionadas à um sinal de ressurgência costeira que podia estar próxima ou sobre a estação 1 devido ao baixo nível do mar (CORRÊA, 1996); a fase II (meio do Holoceno Inferior, 10 – 9,0 ka cal AP) onde o percentual de *G. bulloides* diminui levemente, o percentual de *G. ruber* cresce levemente e o percentual de *G. sacculifer* aumenta significativamente, indicando que as águas da CB podiam estar mais quentes. Esse cenário pode ter sido consequência da transgressão marinha afastando a área da ressurgência costeira para mais próximo da costa atual.

As fases I e II foram caracterizadas pela presença de espécies de águas frias e profundas (*G. truncatulinoides* e *G. inflata*) e a ausência relativa do plexo menardii, o que indica um cenário de distintas configurações oceanográficas de escala regional em relação ao presente. A sucessão destas espécies também foi observadas nas bacias de Campos e Santos

por Vicalvi (1999) e Portilho-Ramos et al. (2006) tendo sido discutida por Ericson e Wollin (1968) como uma marcadora bioestratigráfica da transição Y – Z, definida por esses autores como o limite Pleistoceno – Holoceno. Toledo et al. (2008) observaram em um testemunho no talude médio da bacia de Santos (1682 m de profundidade) adjacente à Cabo Frio que o percentual de *G. bulloides* também foi mais alto no final do Pleistoceno indicando que águas mais frias poderiam estar associadas à Corrente do Brasil (CB), em especial na subsuperfície.

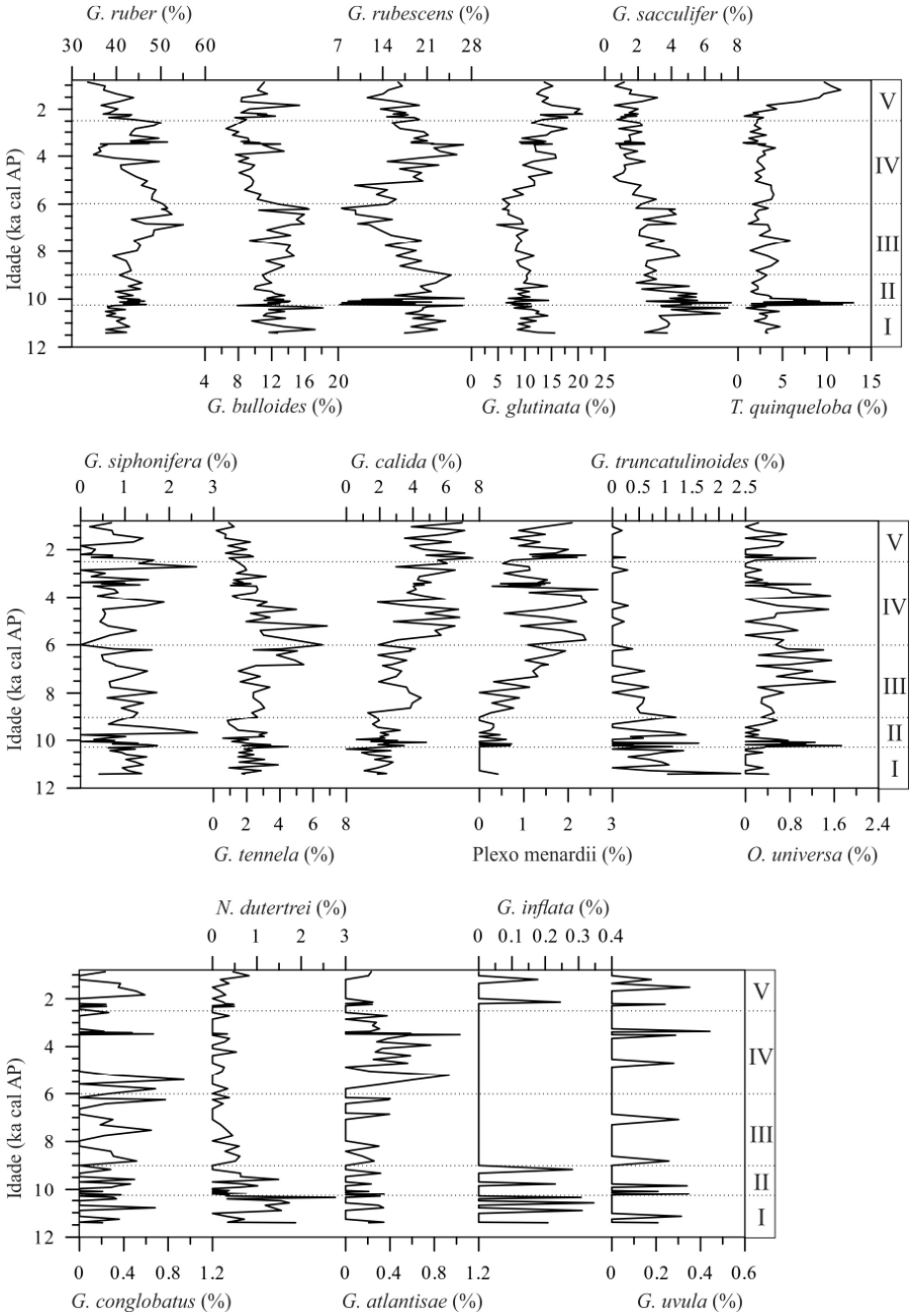


**Figura 27 –** Abundância relativa das principais espécies de foraminíferos planctônicos ao longo do perfil CF10-01B. Linhas pontilhadas indicam os períodos de mudanças na composição da assembleia.

A fase III (entre 9,0 e 6,0 ka cal AP) foi caracterizada por um aumento gradativo das porcentagens de *G. ruber* (morfotipo *white*) e *G. bulloides*, o reaparecimento do plexo menardii (Figura 26 e Figura 27), diminuição das porcentagens de *G. sacculifer* e *G. rubescens*, a diminuição da frequência de *G. truncatulinoides* de rara para traço e o total desaparecimento de *G. inflata*. Tal sucessão se relaciona com uma entrada mais intensa de águas oceânicas que compreendem a AT e a ACAS, reprimindo a influência das águas de plataforma devido à transgressão marinha. Esse cenário aponta para condições ao mesmo tempo de fortes penetrações da AT e da ACAS no sitio 1, enquanto na estação 9 altos percentuais de *G. bulloides* e *T. quinqueloba* indicavam penetrações intensas da ACAS (Figura 27 e Figura 29). Essa fase foi marcada por rápida velocidade de transgressão (CORRÊA, 1996; BARD et al., 1998), o que corrobora o aumento da contribuição da CB (com AT e ACAS) na plataforma continental e o recuo das águas de plataforma para próximo da costa. Fatores atmosféricos também foram importantes para a caracterização desta fase (principalmente para a ocorrência intensa da ACAS na zona fótica) os quais são explicados mais detalhadamente nas seções seguintes.

A fase IV entre 6,0 e 2,5 ka cal AP foi caracterizada pela diminuição da porcentagem das espécies mais abundantes na fase III (exceto o plexo menardii) e o crescimento das porcentagens de *G. siphonifera*, *G. calida*, *G. rubescens* e *G. glutinata*, apontando para um aumento da temperatura e da produtividade primária dados por um enfraquecimento da ressurgência da ACAS e o retorno de águas costeiras. Condições de alta produtividade e águas quentes começaram após 6,0 ka cal AP crescendo gradualmente até alcançar o máximo entre 5,0 e 4,0 ka cal AP. Em seguida um curto período de águas frias, dadas por um aumento de *G. bulloides* e uma forte queda de *G. ruber*. O final da fase IV foi marcado pela ocorrência de águas ainda mais quentes, dadas por um aumento da porcentagem de *G. ruber*, uma forte queda de *G. bulloides* e os valores mais baixos de *T. quinqueloba* do registro.

A fase V foi caracterizada pela diminuição gradual da abundância de *G. ruber* e *G. rubescens* e o aumento da porcentagem das espécies de águas frias *G. bulloides* entre 2,5 e 2,0 ka cal AP e *T. quinqueloba* a partir de 2,0 ka cal AP. Este cenário indica a ocorrência de águas frias associadas à ressurgência da ACAS e possivelmente da pluma costeira.

*Estação 9 – Testemunho CF10-09A*

O testemunho CF10-09A foi classificado em três grupos A, B e C, comparável ao perfil CF10-01B (Figura 28). O grupo A agrupou as profundidades 305 – 280 cm (sub-grupo

A1 - 5,5 – 5,1 ka cal AP) e 145 – 90cm (sub-grupo A2 - 3,2 – 2,5 ka cal AP) onde a porcentagem de espécies indicadoras da AT foram maiores; o grupo B reuniu a base (sub-grupo B1) e entre 70 e 30 cm (sub-grupo B2) os quais se associaram com altos percentuais de *G. bulloides* e *T. quinqueloba*, e baixos percentuais de *G. glutinata*, sugerindo condições de alta produtividade relacionada a águas frias oceânicas (ACAS). O grupo C reuniu a camada entre 280 e 145 cm (C1, 5 – 4 ka cal AP) e os 20 cm do topo (C2, últimos 1,5 ka cal AP), sendo caracterizado por altas abundâncias de *G. bulloides* e *G. rubescens* (C1) e *T. quinqueloba* (C2) contra baixas abundâncias de *G. ruber*, indicando águas frias associadas à plumas costeiras e à ressurgêmcia da ACAS.

Com relação às abundâncias relativas, o perfil CF10-09A apresentou cinco principais fases de mudanças na composição das assembleias.

A fase I (7,0 – 6,0 ka cal AP) apresentou altos percentuais de *T. quinqueloba*, *G. bulloides* e *G. sacculifer* e baixos percentuais de *G. ruber*, *G. rubescens* e *G. glutinata*, indicando um período marcado por águas frias e produtivas associadas à ACAS que foi gradualmente diminuindo.

A fase II (6,0 – 5,0 ka cal AP) se diferenciou da fase I apenas pelo aumento da porcentagem de espécies relacionadas à AT, baixos percentuais de *G. bulloides* e o decaimento de *T. quinqueloba*, indicando um curto período de águas mais quentes e oligotróficas.

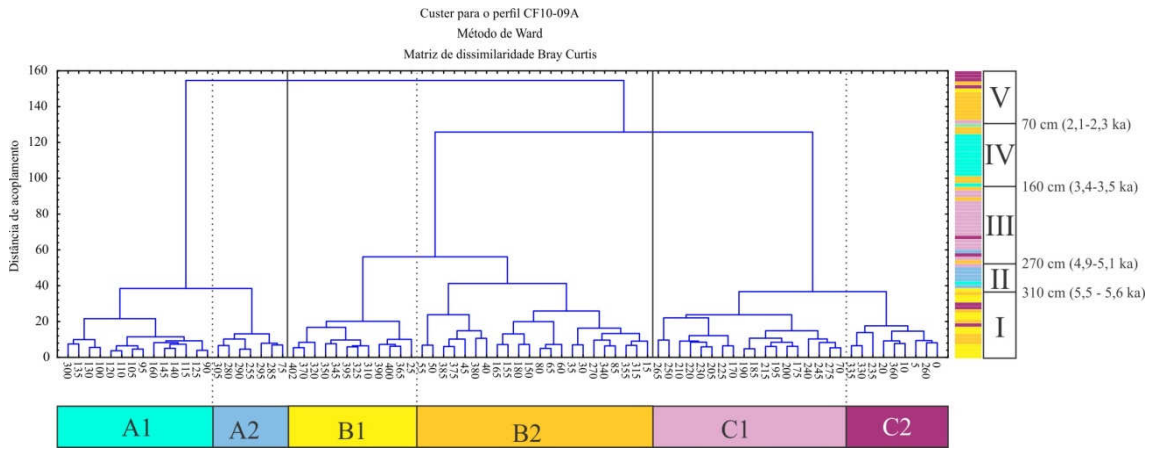


**Figura 28 –** Agrupamento modo Q das assembleias do perfil CF10-09A. A distribuição dos grupos ao longo do testemunho e as fases indicadas pela abundância relativa (%) são apresentadas à direita.

A fase III (5,0 – 3,5 ka cal AP) foi caracterizada pelo crescimento de *G. bulloides*, *G. rubescens* e *G. glutinata* no início da fase, contra baixos valores percentuais de espécies

ligadas às águas oligotróficas. Essa fase representa uma intensificação da ressurgência da ACAS e a entrada de águas de plataforma caracterizando um período de alta produtividade. No entanto *T. quinqueloba* tendeu a diminuir durante toda a fase III, o que pode estar associada a uma coluna d'água ou mais estratificada ou águas superficiais mais quentes, o que poderia reforçar a hipótese sobre a ocorrência ativa da ACAS na subsuperfície.

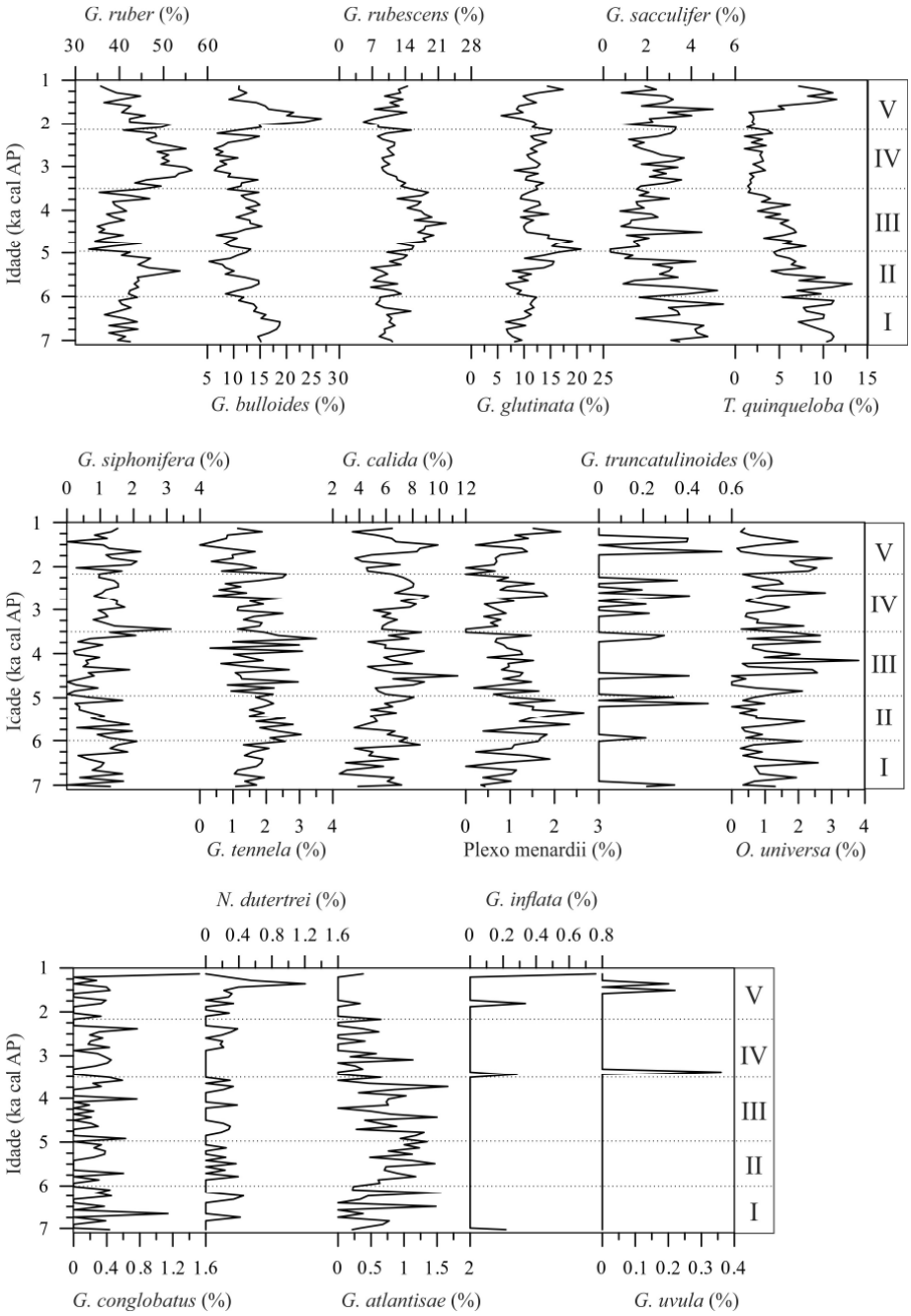


**Figura 29 –** Abundância relativa das principais espécies de foraminíferos planctônicos ao longo do perfil CF10-09A. Linhas pontilhadas indicam os períodos de mudanças na composição da assembleia.

A fase IV (3,5 – 2,5 ka cal AP) apresenta um rápido crescimento dos percentuais das espécies ligadas à AT, e percentuais muito baixos de *G. bulloides*, *T. quinqueloba*, indicando

um aumento da temperatura. Os baixos percentuais das espécies de águas frias, associadas a uma diminuição do percentual de *G. rubescens* e a estabilidade de *G. glutinata* indicam enfraquecimento do sinal da ressurgência e pouca influência de águas de plataforma, o que retrata um cenário de águas quentes e oligotróficas associadas à presença da AT.

A fase V (2,5 – 1,1 ka cal AP) se caracterizou pelo aumento de *G. bulloides* e *T. quinqueloba*, e uma diminuição da porcentagem de *G. ruber*, indicando o retorno das águas frias. Esta fase apresentou dois momentos associados aos picos de espécies de águas frias: entre 2,5 e 1,8 ka cal AP, *T. quinqueloba* apresentou valores percentuais próximos a 0% enquanto que a porcentagem de *G. bulloides* aumentava gradativamente até alcançar 26%, o valor mais alto de todo o registro. Após 1,8 ka cal AP, *G. bulloides* diminui rapidamente enquanto *T. quinqueloba* cresce alcançando valores superiores a 10% semelhante aos valores da base do testemunho.

O crescimento de *T. quinqueloba* a partir de 2,0 ka cal AP com um máximo de abundância em cerca de 1,0 ka cal AP já foi visualizado em testemunhos de outros estudos na região (OLIVEIRA, 2008; LESSA, 2010). Isso retrata um intenso aporte de águas frias no SRCF onde a variabilidade desta espécie poderia ser usada como indicadora estratigráfica para este período.

A alternância das espécies de águas frias pode ser reflexo de alterações na coluna d'água a partir de 2,0 ka cal AP. Como *T. quinqueloba* prefere águas frias homogêneas, pode-se interpretar que a ACAS pode sido mais importante entre 2,5 e 1,8 ka cal AP e após 1,8 ka cal AP, a frequência de chegada das plumas costeiras da CM no inverno teria aumentado, somando forças com a ressurgência no verão e, portanto, contribuindo para uma melhor manutenção da população de *T. quinqueloba* durante o ano.

### 5.3.3. Similaridade com as biofáciess recentes da MCRJ

Como mencionado anteriormente, as assembleias fósseis dos dois testemunhos estudados foram comparadas com as biofácies formadas pelos 34 topos de *box-core* na MCRJ visando a associação e reconstrução das contribuições das áreas adjacentes ao SRCF durante o últimos 11.500 anos. As Figura 30 eFigura 31 exibem a variabilidade da similaridade entre as assembleias fósseis e recentes ao longo dos dois testemunhos, onde se constata que as estações 1 e 9 (inseridos no grupo da biofácies D) apresentaram diferentes características oceanográficas ao longo do tempo e espaço e que as características atuais foram apenas alcançadas nos últimos 2,5 ka cal (fases V nas estações 1 e 9). Dessa forma, as fases

identificadas pela abundância relativa de foraminíferos das duas estações foram unidas e discutidas.

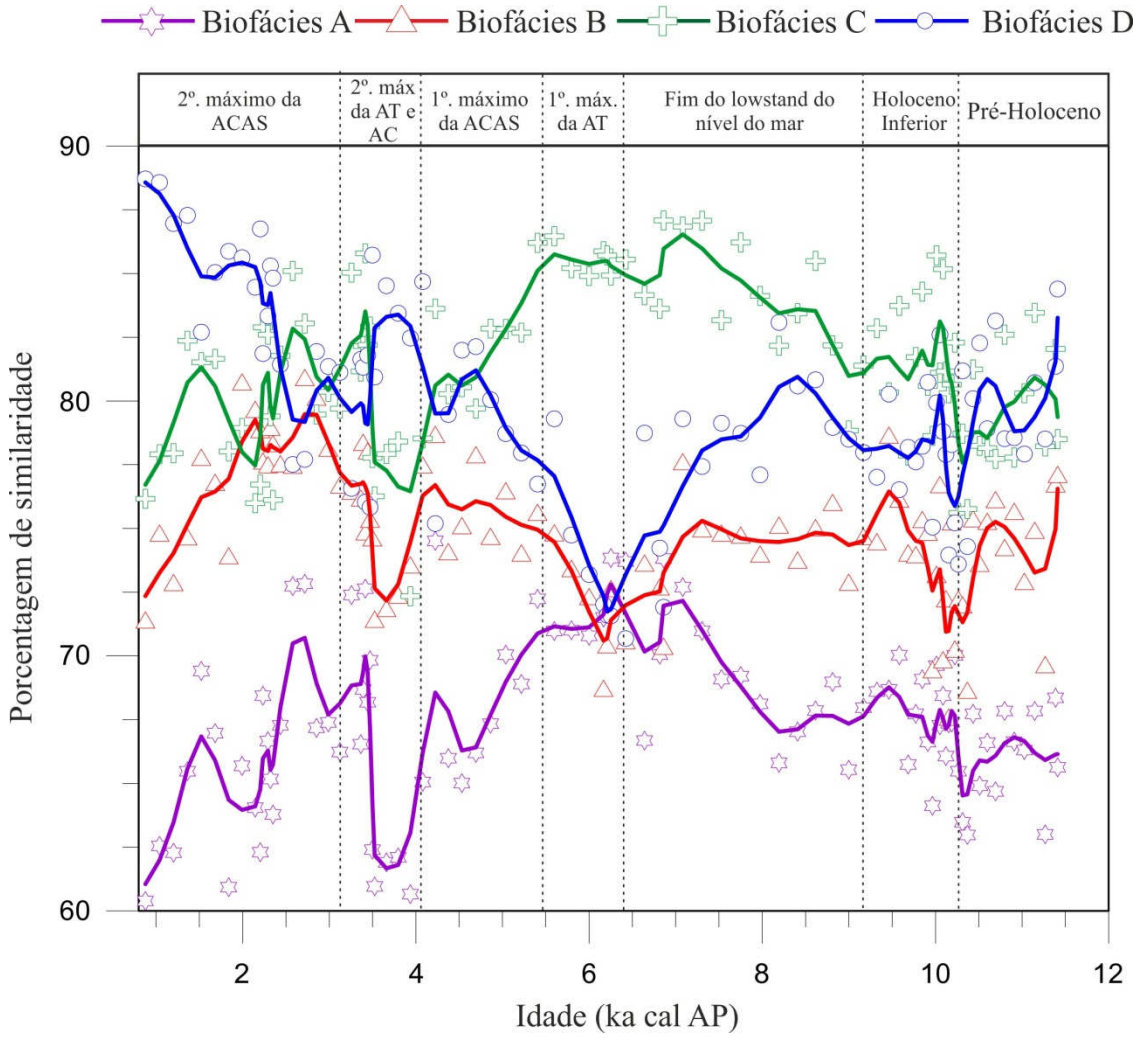


**Figura 30 –** Variação temporal da similaridade entre as assembleias fósseis da estação 1 (CF10-01B) e as biofácies de superfície da MCRJ

*Início do Holoceno Inferior* (11,5 – 10,2 ka cal AP)

Essa fase foi definida como *início do Holoceno Inferior* devido à ausência do plexo menardii em todo o registro, com base em Erickson e Wollin (1968) e Vicalvi (1999) e se caracterizou pelos valores de similaridade mais baixos do registro para as quatro biofácies, indicando a influência de configurações oceanográficas não análogas. Estas condições se referem à maior presença de espécies muito raras nas assembleias recentes, tais como *G. truncatulinoides*, *G. inflata* e *G. scitula* representando alguma interferência na análise SIMPER, apesar da baixa sensibilidade do método às espécies raras. Os fatores responsáveis pelas diferentes configurações oceanográficas deste período são discutidas na seção 5.6.1.

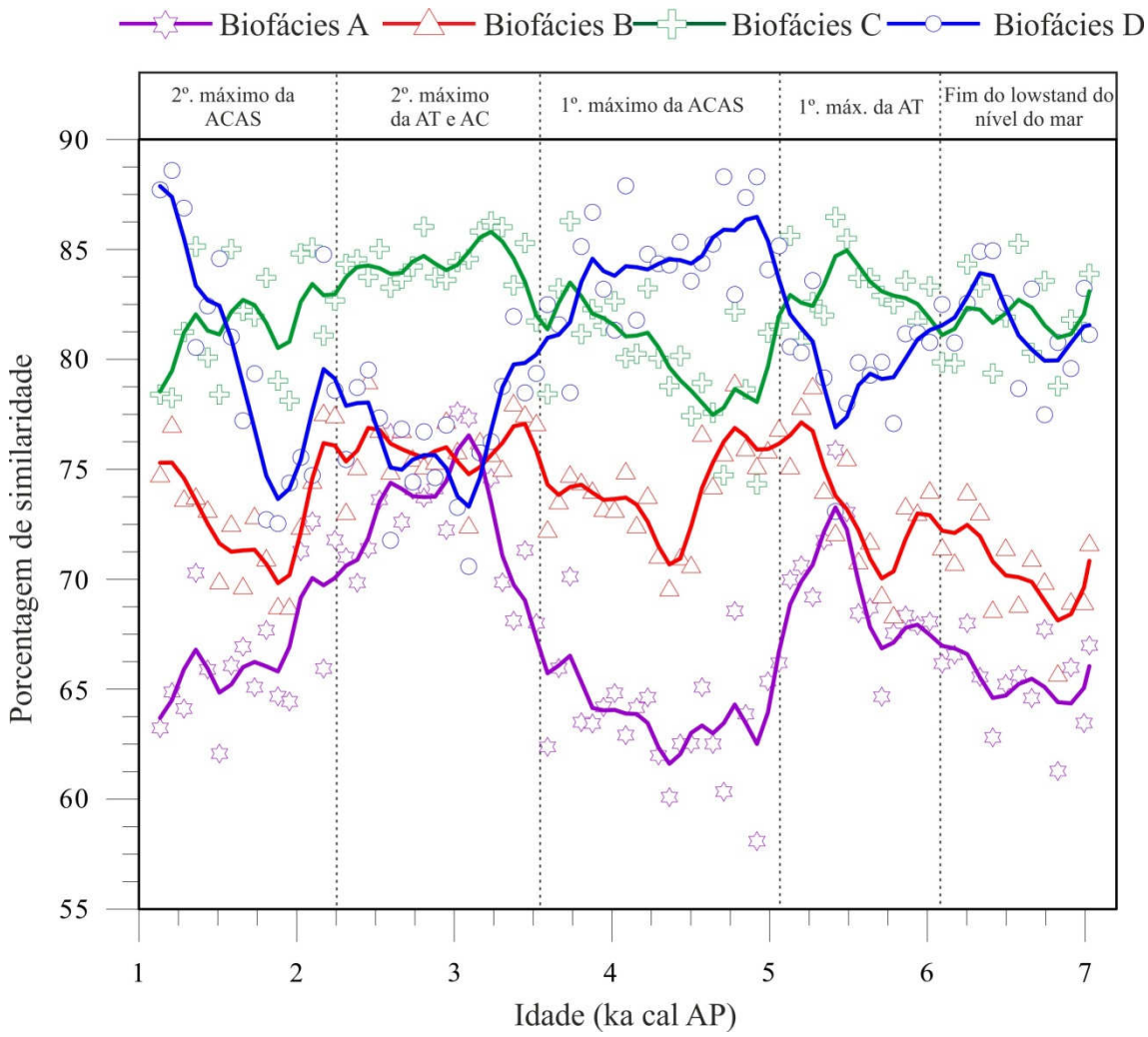


**Figura 31 –** Variação temporal da similaridade entre as assembleias fósseis na estação 9 (CF10-09A) e as biofácies de superfície da MCRJ.

Durante todo esse período, as maiores similaridade com as duas biofáciess ligadas ao SRCF e baixa contribuição da biofácies B indicam que as águas frias assinaladas pelo percentual de *G. bulloides* foram reflexo da ressurgência da ACAS. Nesse período, o nível do mar estava entre 50 - 60 metros mais baixo que o atual (CORRÊA, 1997), o que pode indicar que a área de influência da ressurgência costeira poderia estar mais próxima ou sobre a estação 1.

*Holoceno Inferior* (10,2 – 8,8 ka cal AP)

Representa a fase II da estação 1, quando a transgressão marinha estava mais avançada. Durante esta fase, a estação 1 estava sob condições de ressurgência atenuada (biofácies C), devido ao aumento da influência *offshore* (aumento das biofácies A e B) em

detrimento do afastamento da zona de ressurgência costeira clássica para mais próximo da costa atual.

*Fim do Lowstand do nível do mar* (8,8 – 6,0 ka cal AP)

Nesta fase, a incidência de datações invertidas já é muito baixa, permitindo uma avaliação mais consistente da variabilidade temporal. A contribuição de uma ressurgência atenuada pela AT (biofácies C) gradualmente aumenta na caracterização oceanográfica da estação 1 de 8,8 à 7,0 ka cal AP quando passa a se manter constante até 5,5 ka cal AP, enquanto a estação 9 era influenciada por águas frias e produtivas até 6,0 ka cal AP de uma forma semelhante ao Início do Holoceno Inferior na estação 1, mas com maiores percentuais de similaridade, o que sugere forte contribuição da ACAS e da corrente costeira fria que estaria ativa (ver seção 5.6.3). A similaridade com a biofácies A começou a aumentar na estação 1 a partir de 8,0 ka cal AP e acompanhou a variabilidade da biofácies C, enquanto que a biofácies B se manteve constante até 7,0 ka cal AP e mais baixa entre 7,0 e 6,0 ka cal AP. Tais relações indicam que a transgressão marinha afastou a zona de ressurgência costeira e trouxe a frente da CB mais próxima ao SRCF.

*1º. Máximo da Corrente do Brasil* (6,0 – 5,0 ka cal AP)

Essa fase é caracterizada pelo sinal máximo da frente da CB (biofácies A) sobre as estações 1 e 9. O máximo da CB foi alcançado em 7,0 ka cal AP na estação 1, permanecendo até 5,5 ka cal AP decaindo em seguida, porém essas condições só são observadas na estação 9 em 5,5 ka cal AP. A partir desta fase, a biofácies B começa a aumentar nas duas estações, sendo um crescimento rápido na estação 9 e mais lento na estação 1. Tais associações indicam um máximo da frente da CB no SRCF até 5,5 ka cal AP com baixas influências de águas costeiras quentes e predominância da ressurgência norte, começando a mudar com a entrada de águas de plataforma produtivas.

*1º. Máximo da ACAS* (5,0 – 3,5 ka cal AP)

Fase caracterizada pelo crescimento da biofácies D sendo mais expressiva na estação 9 perdurando por toda a fase, enquanto a estação 1 só apresentou as características da ressurgência sul no final da fase (4,0 – 3,5 ka cal AP). Estas variações apontam para uma expansão da ressurgência sul alcançando rapidamente a plataforma média e mais tardiamente a plataforma externa devido a uma contribuição crescente de águas de plataforma, justificadas pelo crescimento de *G. glutinata* e *G. rubescens*. A expansão da biofácies B pode ter

empurrado a zona da biofácies D para leste após 4,0 ka cal AP, reduzindo sua influência na estação 9 e aumentando na estação 1.

*2º. Máximo da AT e AC* (3,5 – 2,5 ka cal AP)

Nesta fase, as estações 1 e 9 apresentam altas similaridades com as biofáciess oceânicas. As similaridades entre as assembleias da estação 1 e as biofácies B, C e D foram muito próximas tornando difícil caracterizar um diagnóstico oceanográfico, porém são as similaridades mais altas da biofácies B em todo o registro, indicando uma forte contribuição de águas quentes da AT associado a águas de plataforma produtivas. Na estação 9 a biofácies C foi dominante e a biofácies A aumentou significativamente, se igualando às outras duas que apresentaram similaridades muito próximas.

Tais cenários sugerem o período dos sinais mais fortes de águas quentes e oligotróficas de todo o registro, marcado por um enfraquecimento do sistema de ressurgência e uma aproximação da CB. Assim, a principal fonte de nutrientes para o ecossistema se deu pelo aporte de águas quentes de plataforma, contemplando principalmente o sitio 1 e o sitio 9 ficando mais oligotrófico.

*2º. Máximo da ACAS* (2,5 – 0,8 ka cal AP)

Essa fase caracteriza o estabelecimento das configurações oceanográficas atuais nas estações 1 e 9 (similaridade mais alta com a biofácies D). O crescimento da similaridade é abruptamente observado na estação 1, enquanto que na estação 9, o crescimento é mais lento, porém isso não significou que a ressurgência da ACAS tenha chegado mais atrasado à estação 9. As assembleias fósseis do intervalo entre 2,5 e 1,8 ka cal AP na estação 9 apresentaram 26% de *G. bulloides* e estes foram os percentuais mais altos para esta espécie em todo o estudo. A consequência foi a queda das similaridades para todas as biofácies, caracterizando um cenário de ressurgência intensificada inexistente no atual. Isso retrata que apesar da importância do principio do atualismo nas reconstruções de paleocenários, é importante não deixar para trás o papel ecológico das espécies individuais, pois vários cenários reconstruídos podem apontar para a contribuição de fatores ausentes no registro atual.

A área da ressurgência sul teria começado a se expandir primeiramente começando na plataforma externa e depois alcançando plataforma média (Figura 30 e Figura 31). Na estação 9, a abundância relativa de *G. bulloides* alcança cerca de 25% entre 2,2 e 1,8 ka cal AP (Figura 29) a qual não foi observada nas assembleias recentes dos topos de box-cores e

tão pouco nas assembleias no testemunho CF10-01B dentro do mesmo período, apontando para fortes ocorrências de águas frias na estação 9. Dessa forma, a dominância da ressurgência norte nesse período apontada pelo modelo de biofácies pode estar ligada a uma situação não-análoga caracterizada por episódios de ressurgência da ACAS mais intensos que os episódios observados atualmente, e como a similaridade de todas as biofácies diminuiram, a manutenção da configuração "ressurgência norte" não seria adequada. Após 1,8 ka cal AP, a ressurgência sul passa a dominar na estação 9 caracterizando o estabelecimento das configurações atuais.

## 5.4. ISÓTOPOS ESTÁVEIS

O $\delta^{18}O$ de foraminíferos planctônicos reflete o $\delta^{18}O$ da água do mar ($\delta^{18}O_{água}$) onde eles calcificam, sendo o fracionamento função da temperatura da água. A variabilidade do $\delta^{18}O_{água}$ depende primariamente do volume de gelo acumulado nos polos (portanto dependente das variações do nível do mar) e da salinidade (influências de aporte fluvial ou desequilíbrios na relação precipitação – evaporação) (KATZ et al., 2010).

### 5.4.1. Diferença entre *G. ruber* e *G. bulloides*

A comparação entre as variabilidades do $\delta^{18}O$ de *G. ruber* ($\delta^{18}O_{Gr}$) e *G. bulloides* ($\delta^{18}O_{Gb}$) permite a reconstrução da história passada de diferentes massas de água devido as diferentes distribuições. *G. ruber* vive nos primeiros 30 metros e prefere águas mais quentes e transparentes devido aos seus endossimbiontes, enquanto que *G. bulloides* vive nos primeiros 100 metros e prefere águas mais frias e repletas de fitoplâncton os quais se alimenta. Baseando-se nas configurações oceanográficas distintas existentes no SRCF tais como uma termoclina rasa e variabilidade sazonal, diferentes valores de $\delta^{18}O$ e respostas antagônicas podem ser esperados para ambas as espécies dependendo de uma ou mais mudanças em uma parte ou em toda a coluna d'água. Com relação à ligação oceano – atmostera, o $\delta^{18}O_{Gr}$ é mais confiável devido à distribuição superficial. Dessa forma, o $\delta^{18}O_{Gr}$ foi usado para avaliar a influência dos sistemas atmosféricos sobre o SRCF.

Por outro lado, o $\delta^{13}C$ é um *proxy* mais complexo porque vários fatores ambientais tais como temperatura e pH e processos metabólicos do próprio foraminífero podem influenciar na variabilidade (BEMIS et al., 2000; PEETERS et al., 2002; ; HILLAIRE-MARCEL, 2007). O principal fator que determina a variabilidade do $\delta^{13}C$ é o carbono inorgânico dissolvido (CID) da coluna d'água o qual é muito variável dependendo da origem da massa de água. A atividade biológica tanto dentro dos foraminíferos (metabolismo e fotossíntese dos endossimbiontes) quanto fora (fotossíntese do fitoplâncton) perturbam o

equilíbrio do fracionamento do $\delta^{13}C_{CID}$ devido à preferência pela assimilação de $^{12}C$ (PEETERS et al., 2002). Além disso, as preferências ecológicas das diferentes espécies podem resultar em valores geralmente antagônicos de $\delta^{13}C$ os quais podem ser explicados pelos níveis de atividade biológica de seus habitats. A preferência de assimilação de $^{12}C$ pelo fitoplâncton deixa a coluna d'água mais rica em $^{13}C$, e portanto as águas oligotróficas tenderão a ser enriquecidas e as águas com altas concentrações de nutrientes tenderão a ser mais pobres. Tendo como base as preferências distintas das duas espécies em estudo, valores $\delta^{13}C$ de *G. ruber* ($\delta^{13}C_{Gr}$) tendem a ser mais enriquecidos devido a natureza oligotrófica da AT, e no caso da entrada de nutrientes, a espécie tenderia a evitar a área de maior densidade planctônica e se distribuir onda há maior transparência da água, fazendo com que o $\delta^{13}C$ impresso diminua. Já *G. bulloides* habita águas naturalmente ricas em nutrientes e, portanto, pobres em $^{13}C$ e tende a se distribuir onda há maior densidade planctônica, fazendo com que o $\delta^{13}C$ ($\delta^{13}C_{Gb}$) seja mais alto. O efeito vital também fornece variabilidades importantes, Duplessy et al. (1981) encontrou valores $\delta^{13}C_{Gr}$ entre -0,5 e 0,5 ‰ para testas com tamanho entre 150 e 250 µm e entre 0,5 e 1,5 ‰ para testas maiores que 250 µm, indicando que uma seleção de classe de tamanho é importante para um menor nível de erro. Dessa forma, a variação interespecífica do $\delta^{13}C$ pode ser usada como *proxy* para paleoprodutividade de forma direta (atividade biológica) ou indireta (assinatura da massa de água) dependendo do habitat e comportamento das espécies usadas. Nesse caso, os sinais do $\delta^{13}C_{Gr}$ e $\delta^{13}C_{Gb}$ para variações da produtividade tendem a ser opostas.

### 5.4.2. Variabilidade espacial no corpo de lama do SRCF

Valores $\delta^{18}O_{Gr}$ e $\delta^{18}O_{Gb}$ apresentaram tendência oposta com relação à distância da costa (Figura 32). O $\delta^{18}O_{Gr}$ foi mais negativo nas estações distantes da costa e menos negativos nas estações próximas à costa, enquanto que o $\delta^{18}O_{Gb}$ apresentou uma tendência oposta sendo mais negativo nos nas estações próximas à costa e menos negativo nas estações mais distantes. A variabilidade obtida do $\delta^{18}O_{Gr}$ foi similar com outros estudos em regiões próximas à nossa área de estudo (NIEBLER et al., 1999; TOLEDO et al., 2007a; CHIESSI et al., 2007), porém os valores de $\delta^{18}O_{Gb}$ foram geralmente mais negativos, apresentando valores similares com *G. bulloides* na ressurgência da Arabia (PEETERS et al., 2002).

Os valores de $\delta^{13}C_{Gr}$ e $\delta^{13}C_{Gb}$ apresentaram grandes diferenças, com valores entre 1,1 e 1,8 ‰ para *G. ruber* e entre -1,3 e -0,3 ‰ para *G. bulloides*. O comportamento dos valores de $\delta^{13}C$ geralmente seguiu uma tendência de costa - mar nas duas espécies, mas sem uma grande concordância como na variabilidade do $\delta^{18}O$. *G. ruber* apresentou maior

empobrecimento de $^{13}C$ nas estações oeste e sul (mais distantes) do corpo de lama, e maior enriquecimento nas estações próximas à costa, apesar da exceção da estação 4 (Figura 32b) que apresentou os valor mais enriquecido. Os valores $\delta^{13}C$ de *G. bulloides* foram mais enriquecidos nas estações distantes da costa, enquanto que os valores mais pobres em $^{13}C$ ocorreram nas estações proximais.

O antagonismo nos valores de $\delta^{18}O$ de ambas as espécies pode estar relacionado a respostas diferentes. *G. ruber* habita a superfície onde a AT é predominante. Como nas estações próximas à costa, TSM tende a ser mais fria que nas estações distantes da costa (Figura 12), o $\delta^{18}O_{Gr}$ tende a ser mais enriquecido nas estações proximais que nas distais. Já *G. bulloides* habita a camada de termoclina onde as variações de temperatura e produtividade são maiores. Nas estações próximas da costa, a contribuição das águas costeiras para a produtividade ($\delta^{18}O$ empobrecidas devido à interação com as descargas continentais) poderia ser também um fator importante para a ocorrência de valores fortemente negativos em *G. bulloides*, enquanto nas estações distantes da costa, a contribuição costeira seria muito menos importante, fazendo com que a espécie calcifique sob influência das águas oceânicas enriquecidas em $^{18}O$ se comparadas com as águas costeiras.

O $\delta^{13}C$ tanto de *G. ruber* quanto de *G. bulloides* podem estar refletindo o sinal de produtividade das massas de água. O $\delta^{13}C_{Gb}$ negativo indica que *G. bulloides* se distribui em águas com alta concentração de nutrientes, enquanto o $\delta^{13}C_{Gr}$ fortemente positivo aponta para baixas concentrações de nutrientes onde *G. ruber* se distribui. No entanto, a ressurgência da ACAS injeta nutrientes, mesmo dentro do habitat de *G. ruber*, cujo $\delta^{13}C$ tende a diminuir nas estações onde essas injeções são mais intensas. devido as suas preferências ecológicas (ver seção 5.4.1). E como a importância da ACAS é maior próximo a costa e ao sul do SRCF, os reflexos no $\delta^{13}C$ das duas espécies são plausíveis, com tendência de empobrecimento (*G. ruber*) e enriquecimento (*G. bulloides*) na transeção costa – mar.

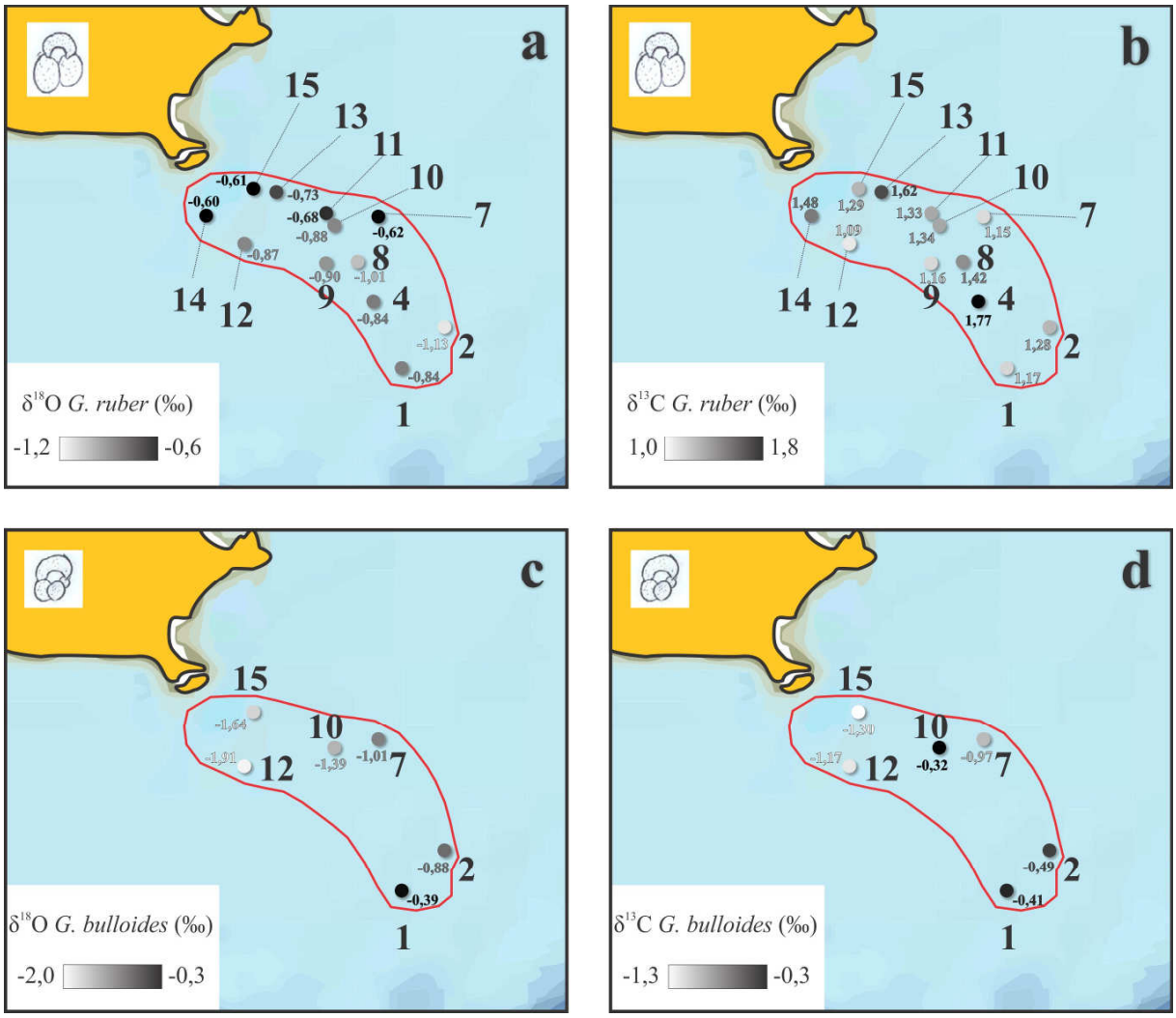


**Figura 32 –** Variação espacial dos isótopos estáveis de *G. ruber* e *G. bulloides* no banco de lama do SRCF. (a) $\delta^{18}O$ de *G. ruber*; (b) $\delta^{13}C$ de *G. ruber*; (c) $\delta^{18}O$ de *G. bulloides*; e (d) $\delta^{13}C$ de *G. bulloides*. Valores isotópicos numéricos em ‰V-PDB.

### 5.4.3. Variabilidade nos últimos 11.500 anos

Os valores $\delta^{18}O_{Gr}$ foram mais negativos e mais variáveis que os valores $\delta^{18}O_{Gb}$ na estação 1 (Figura 33). Os valores $\delta^{18}O$ de ambas as espécies foram mais positivos antes de 9,0 ka cal AP. (-0,4‰ para *G. ruber* e 0,2‰ para *G. bulloides*), sendo que os valores $\delta^{18}O_{Gr}$ tenderam a diminuir, enquanto que o valores $\delta^{18}O_{Gb}$ apresentaram uma tendência constante, exceto no final da fase quando os valores de ambas as espécies apresentaram uma diminuição (-0,3 ‰ para *G. ruber* e 0,4 ‰ para *G. bulloides*). Em seguida, os valores se tornam mais negativos em ambas as espécies, sendo que os valores de *G. ruber* diminuem para -0,8 ‰ e *G. bulloides* diminui para -0,4‰ mantendo-se essa variabilidade até o topo. O $\delta^{18}O$ de *G. ruber* sofre uma nova diminuição em cerca de 4,0 ka cal AP, alcançando cerca de -1,0 ‰, variabilidade que é mantida até o topo.

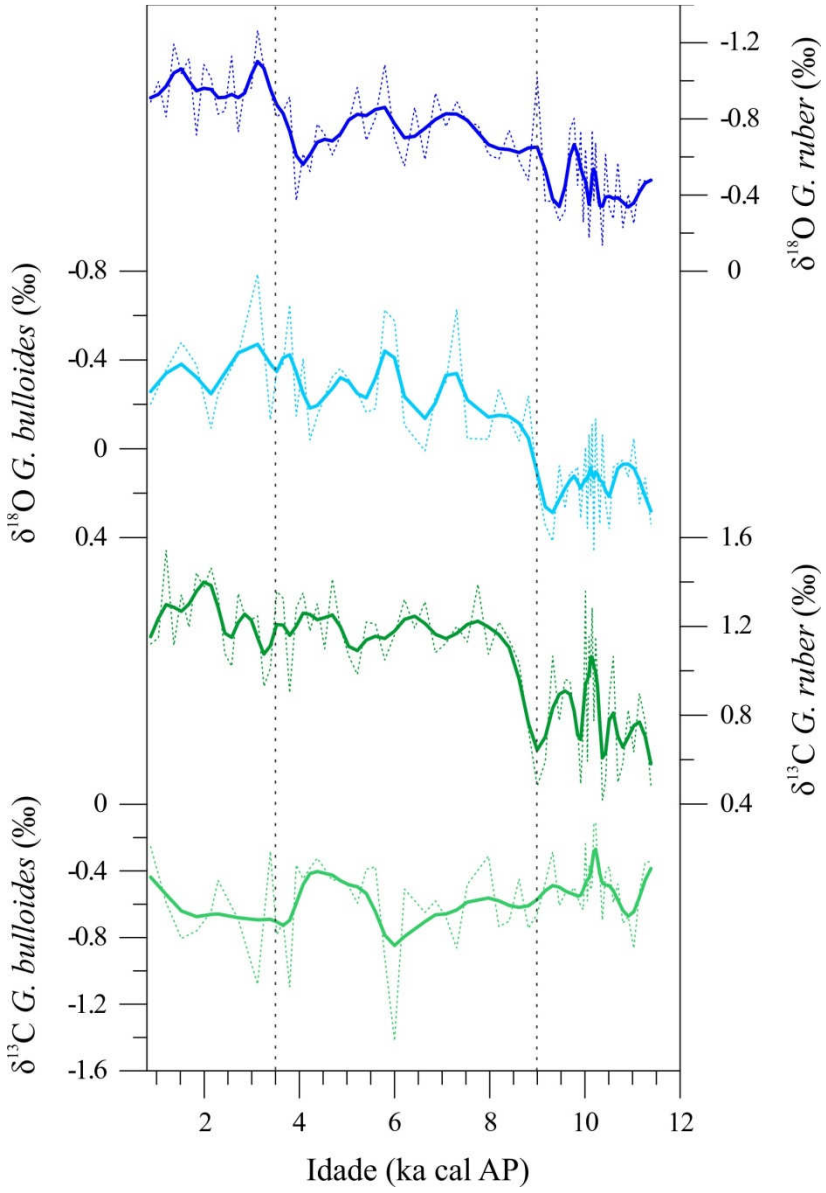


**Figura 33 –** Variação dos isótopos estáveis de *G. ruber* e *G. bulloides* ao longo do testemunho CF10-01B.

O $\delta^{13}C_{Gr}$ variou entre 0,6 e 1,9‰ e o $\delta^{13}C_{Gb}$ variou entre -1,5 e 0‰. Na estação 1 (Figura 33) o $\delta^{13}C_{Gr}$ apresentou duas principais fases: na primeira entre 11,5 e 9,0 ka cal AP, o $\delta^{13}C_{Gr}$ apresentou valores geralmente mais negativos (entre 0,7 e 0,8‰), subindo abruptamente para cerca de 1,2‰ após 9,0 ka cal AP. Já o $\delta^{13}C_{Gb}$ apresentou quatro principais fases: na primeira fase entre 11,5 e 9,5 ka cal AP, os valores são geralmente mais positivos com cerca de -0,4‰; na segunda fase entre 9,5 e 6,0 ka cal AP, os valores tenderam a diminuir para cerca de -1‰; na terceira fase entre 6,0 e 4,0 ka cal AP, os valores subiram novamente para -0,4‰; e na quarta fase de 4,0 ka cal AP ao topo, a variabilidade aumenta, mas com tendência constante em torno de -0,6‰.

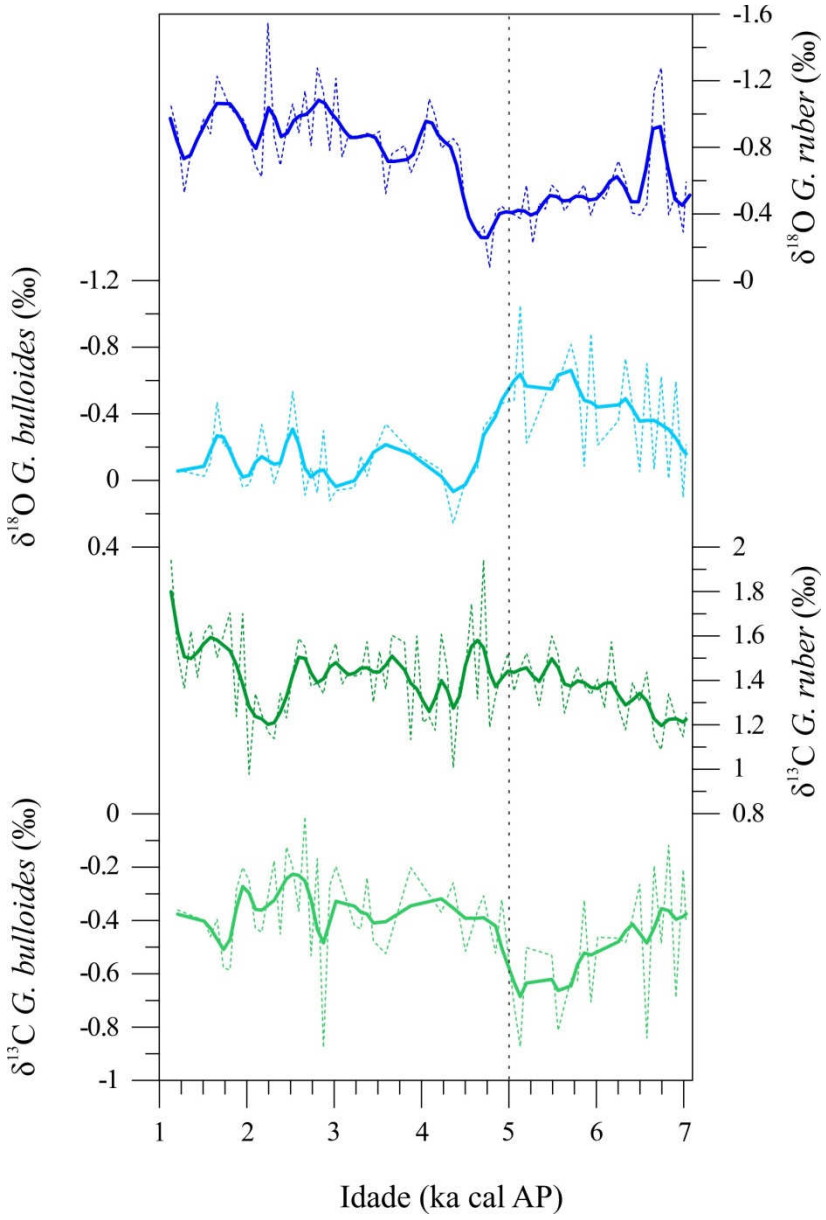


**Figura 34 –** Variação dos isótopos estáveis de *G. ruber* e *G. bulloides* ao longo do testemunho CF10-09A.

Na estação 9 é observado uma tendência diferente e antagônica dos isótopos estáveis de *G. bulloides* e *G. ruber* onde as tendências observadas em *G. ruber* aconteceram cerca de 500 anos depois das mudanças de tendência em *G. bulloides*. O $\delta^{18}O_{Gr}$ apresentou uma tendência de aumento de -0,6 ‰ para -0,2 ‰ entre 7,0 e 4,5 ka cal AP (Figura 34) e uma tendência de diminuição com alta variabilidade do $\delta^{18}O_{Gb}$ de -0,2 ‰ para -0,6 ‰ entre 7,0 e 5,0 ka cal AP. Após 5,0 ka cal AP, o $\delta^{18}O_{Gb}$ apresenta um rápido enriquecimento alcançando cerca de 0 ‰ em 4,5 ka cal AP e variando entre -0,2 e 0,0 ‰ até o topo. Em 4,5 ka cal AP, o $\delta^{18}O_{Gr}$ sofre um empobrecimento abrupto chegando a -1,0 ‰ e variando entre -0,8 e -1,0 ‰ até o topo.

O $\delta^{13}C_{Gr}$ apresentou uma leve tendência de aumento de 7,0 a 4,5 ka cal AP e o $\delta^{13}C_{Gb}$ apresentou uma tendência de diminuição entre 7,0 e 5,0 ka cal AP. Entre 5,0 e 2,5 ka cal AP, os valores $\delta^{13}C$ das duas espécies foram mais estáveis com 1,4‰ para *G. ruber* e -0,4‰ para *G. bulloides*. Após 2,5 ka cal AP, o $\delta^{13}C_{Gb}$ sofreu um pequeno aumento e em seguida uma tendência de diminuição até o topo, enquanto o $\delta^{13}C_{Gr}$ apresentou uma queda para 1,2‰ (semelhante aos valores da base) e em seguida tendeu a aumentar, chegando até cerca de 2,0‰ no topo.

## 5.5.RECONSTRUÇÃO DE PALEOTEMPERATURAS POR MG/CA PARA OS ÚLTIMOS 9.000 ANOS NO TESTEMUNHO CF10-01B.

### 5.5.1.Variabilidade do Mg/Ca pelo método de ablação à laser (LA-ICP-MS)

*Avaliação dos resultados*

Como mencionado na seção 5.5.2, análises de Al e Fe foram realizadas com o objetivo de verificar a eficiência do método de limpeza das testas na remoção de argilas aderidas na parede e nos poros das testas as quais são importantes fontes de contaminação de Mg. Para isso, perfis verticais das razões Mg/Ca, Al/Ca e Fe/Ca versus tempo de aquisição (equivalente à espessura da testa) foram plotadas em um mesmo gráfico (Figura 35) visando a identificação e remoção de integrações contaminadas.

O resultado ideal representaria um gráfico exibindo a variabilidade do Mg/Ca com as razões Al/Ca e Fe/Ca abaixo do limite de detecção ou ausentes, nestes casos pode-se considerar que a variabilidade do Mg/Ca adquirido compreende unicamente à variabilidade no carbonato da testa. A Figura 35a exibe perfis Mg/Ca, Al/Ca e Fe/Ca os quais a maior parte do intervalo foi considerada como ideal sendo integrada para determinar o valor Mg/Ca médio da cratera. Nos casos da ocorrência de razões Al/Ca acima de 1,0 mmol/mol ou variabilidade idêntica à variabilidade do Mg/Ca em uma parte do intervalo de aquisição (Figura 35b), foi integrada a parte não contaminada do intervalo, mas se a contaminação foi observada em todo o intervalo de aquisição (Figura 35c) todo o perfil foi excluído. Alguns altos valores de Fe/Ca (acima de 100 mmol/mol) foram observados em algumas crateras (Figura 35d), porém nenhum efeito foi observado sobre a variabilidade do Mg/Ca, diferente do Al/Ca cujos valores acima de 1,0 mmol/mol causaram uma elevação tanto do Mg/Ca como do Fe/Ca (Figura 35b) e razões de outros elementos observadas em testes preliminares tais como Mn, B e Na corroborando Marr et al. (2011). Dessa forma concluímos que a variabilidade da razão Al/Ca pode ser usada como indicadora de contaminação por argilas e que a ausência de

variabilidades semelhantes entre o Mg/Ca e o Fe/Ca indica a ausência de envelopes de ferro-manganês sobre as carapaças.

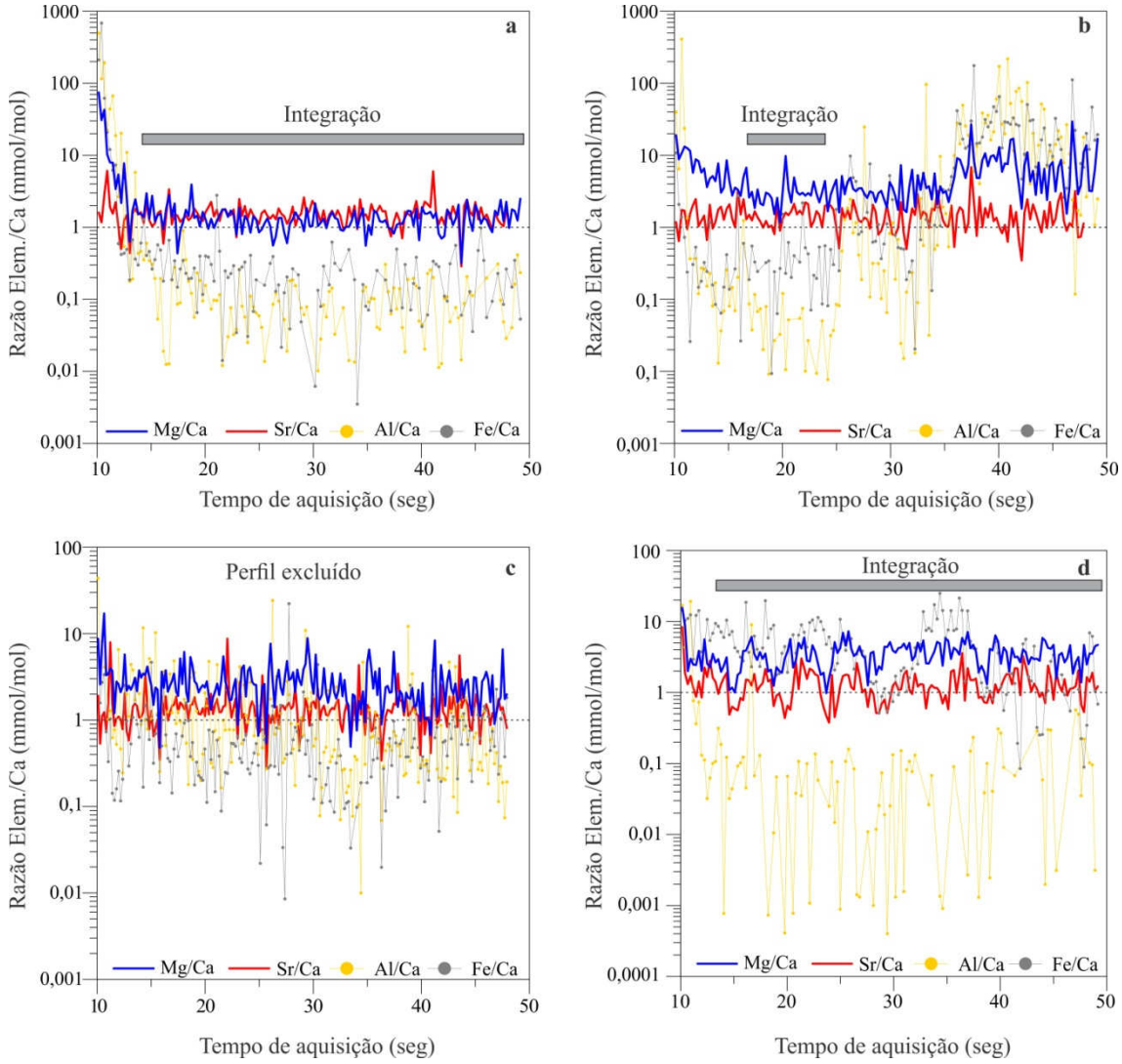


**Figura 35 –** Variação das razões elementares e do tempo de aquisição (equivalente à espessura da carapaça). (a) representa um perfil típico ideal onde quase todos os valores são integrados para o cálculo da razão elementar da cratera; (b) representa um perfil com sinais de contaminação por argilas, onde a razão Mg/Ca aumenta junto com a razão Al/Ca, e apenas uma parte do perfil foi integrada; (c) representa um perfil totalmente contaminado onde todas as razões (exceto Sr/Ca) veriam da mesma forma; e (d) representa um perfil com alta concentração de Fe, mostrando que a variabilidade do Fe/Ca não influencia a variabilidade do Mg/Ca.

Entretanto, em todos os perfis de aquisição, altas razões metais/Ca foram observadas para todos os elementos estudados nos primeiros 2-5 segundos de aquisição, os quais não foram integrados, com exceção do Sr/Ca. Estes altos valores foram primariamente considerados por Eggins et al. (2003) como uma camada pré-gametogênica de 0,2 µm de espessura que é rica em Mg sendo geralmente dissolvida quando a testa sedimenta, em seguida Sadekov et al. (2008) os relaciona à contaminação superficial. De acordo com a Figura 35, e com os resultados de Sadekov et al. (2008) e Marr et al. (2011), a possível causa

do alto enriquecimento de alguns elementos na superfície das testas poderia estar relacionado a um curto tempo de instabilidade do laser durante os primeiros tiros que pode ser relacionada ou à superfície irregular das câmaras ou a uma instabilidade de potência do laser nos primeiros disparos. Tal conclusão se aplica porque Eggins et al. (2003), Marr et al. (2011) e o presente estudo fizeram a ablação das testas da camada externa para a interna, enquanto Sadekov et al. (2008) realizaram o perfil de ablação da camada interna para a externa, e todos os estudos evidenciaram um sobre-enriquecimento de Mg e outros metais nos primeiros segundos de aquisição e quase nunca no momento que o laser alcança o final da carapaça, o que deveria acontecer frequentemente se realmente houvesse uma contaminação externa.

Assim como Marr et al. (2011), uma pequena porcentagem das crateras foram excluídas devido à razão Al/Ca superior a 1,0 mmol/mol em todo o perfil, porém tais problemas podem não estar diretamente relacionados com uma contaminação comum por argilas, mas também ao fato de que a testa poderia estar sob influência de processos tafonômicos capazes de substituir a calcita por outros minerais.

Visando a identificação do nível de heterogeneidade da parede das câmaras, algumas testas foram submetidas a três aquisições na mesma câmara. Os desvios-padrões do $Mg/Ca_{Gr}$ variaram entre 0,12 e 0,55 mmol/mol (4,9 a 17,1%, sendo os valores mais baixos ocorrendo na câmara *f*) com média de 0,29 mmol/mol (8,7%), enquanto que os desvios-padrões do $Mg/Ca_{Gb}$ variaram entre 0,05 e 0,34 mmol/mol (0,8 a 10,4%) com média de 0,15 (4,3%). Baseada nestas informações, podemos concluir que as incertezas para os resultados obtidos, e assim para as reconstruções, são de 8,7% para o $Mg/Ca_{Gr}$ e 4,3% para o $Mg/Ca_{Gb}$. Aplicando nas equações de paleotemperaturas, os coeficientes de variação resultaram em uma incerteza média de 1,49°C para *G. ruber* e 0,60°C para *G. bulloides*. Sadekov et al. (2008) associou a variabilidade espacial do $Mg/Ca_{Gr}$ à ocorrência de associações verticais de camadas ricas pobres em Mg formadas durante a calcificação. Eggins et al. (2004) através de microperfilação eletrônica (*electron microprobe*,) observaram que as associações de camadas ricas e pobres em Mg de *O. universa* não são contínuas em toda a câmara, o que pode explicar os desvios-padrões intra-câmara observados no presente estudo, em especial nas câmaras *f-1* e *f-2*. Tais camadas ricas e pobres em Mg foram associadas por Eggins et al. (2004) a presença de endossimbiontes, o que pode explicar  o desvio intra-câmara mais alto em *G. ruber* do que em *G. bulloides* que não possui endossimbiontes.

*Variabilidade amostral, inter e intra- individual nos últimos 9.000 anos*

A Figura 36 apresenta a variabilidade do Mg/Ca médio nos últimos 230 cm do testemunho CF10-01B para *G. ruber* ($Mg/Ca_{Gr}$) e *G. bulloides* ($Mg/Ca_{Gb}$). O $Mg/Ca_{Gr}$ variou entre 3,0 e 5,5 mmol/mol sem apresentar grandes tendências de aumento ou diminuição, com apenas um intervalo (entre 3,5 e 2,5 ka cal AP) onde os valores foram unanimemente mais altos. Porém algumas fases puderam ser observadas: valores levemente baixos entre 9 e 7,0 ka cal AP, seguido de um pico entre 7,0 e 6,0 ka cal AP, depois alta variabilidade sem uma tendência de aumento ou diminuição entre 6,0 e 4,0 ka cal AP, seguido de uma curta diminuição entre 3,8 e 3,5 ka cal AP, seguido de altos valores (aproximadamente 4,5 mmol/mol) entre 3,5 e 2,3 ka cal AP, e finalmente uma leve queda de 2,3 ka cal AP ao topo. Já o $Mg/Ca_{Gb}$ apresentou baixos valores entre 9,0 e 7,8 ka cal AP, em seguida aumentando entre 7,8 e 6,0 ka cal AP; no intervalo entre 6,0 e 4,0 ka cal AP a razão diminui e mantém baixos valores com um curto pico positivo entre 5,0 e 4,5 ka cal AP; voltando a aumentar entre 4,0 e 2,5 ka cal AP; de 2,5 ka cal AP até o topo do perfil foi observada uma tendência de diminuição e uma interrupção em 1,7 ka cal AP.

Valores individuais de $Mg/Ca_{Gr}$ variaram entre 2,0 e 8,5 mmol/mol (Figura 36). O coeficiente de variação foi variável ao longo do testemunho com valores mais baixos (entre 12 e 18%) entre 230 e 180 cm (9,0 - 6,5 ka cal AP) e mais altos (entre 30 e 40%) entre 150 e 125 cm (5,5 - 4,5 ka cal AP) e variações entre 15 e 25% nas demais profundidades, com uma tendência de aumento nos primeiros 80 cm (3,3 – 0,8 ka cal AP). Já o $Mg/Ca_{Gb}$ individual apresentou um intervalo mais amplo que *G. ruber* variando entre 1,0 e 11,5 mmol/mol. O coeficiente de variação para *G. bulloides* também foi mais alto e as maiores variações ocorreram nos intervalos em que o coeficiente de variação de *G. ruber* era mais baixo. A variabilidade por testa de *G. bulloides* foi mais alta (entre 30 e 60%) entre 230 e 160 cm (9,0 – 5,7 ka cal AP) e mais baixa (entre 15 e 45%) no período subsequente com a ocorrência de um pico negativo de cerca de 15% entre 130 e 120 cm (4,8 – 4,5 ka cal AP).

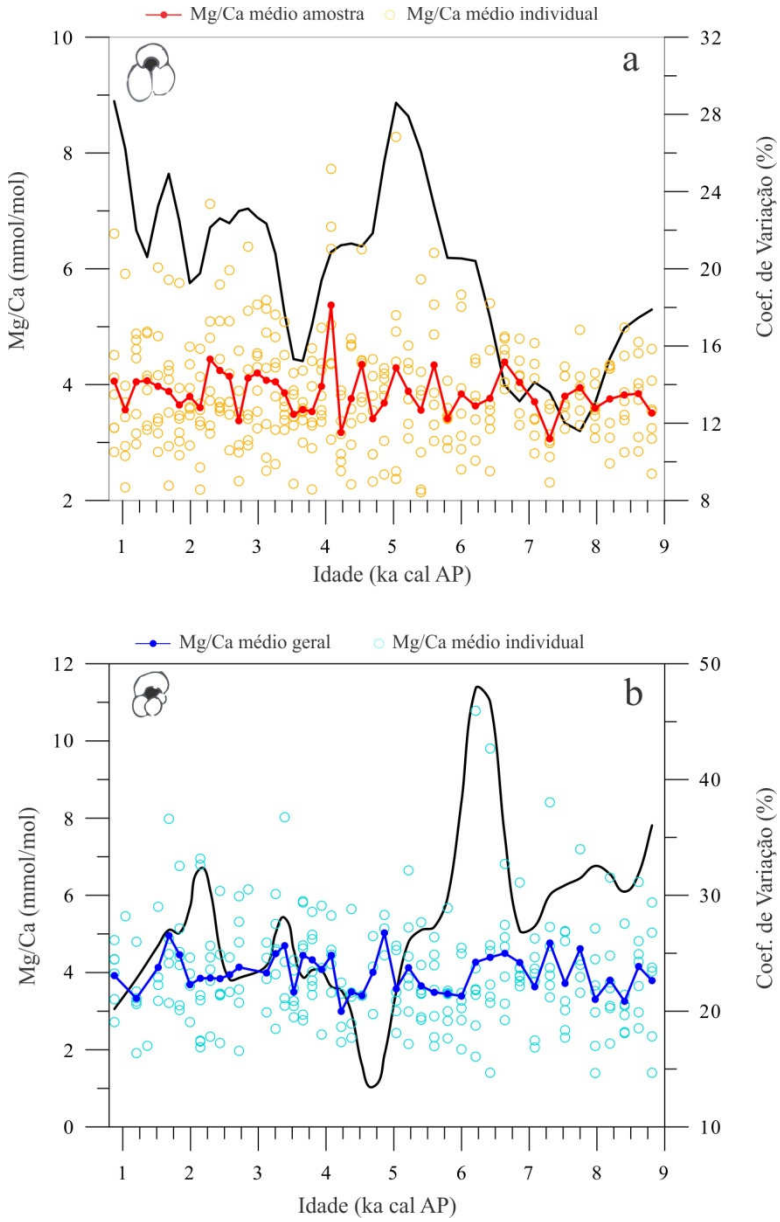


**Figura 36 –** Razão Mg/Ca média amostral de *G. ruber* (a) e *G. bulloides* (b) (linhas contínuas coloridas) ao longo dos 230 cm superiores do perfil CF10-01B apresentando também os valores médios individuais (círculos) e a respectiva variação dos coeficientes de variação (linhas contínuas pretas).

A diferença entre os valores Mg/Ca individuais dentro de uma mesma amostra variou entre 3,0 e 4,0 mmol/mol para *G. ruber* e entre 3,0 e 5,0 mmol/mol para *G. bulloides* com algumas amostras apresentando outliers (diferença de até 6,0 mmol/mol em *G. ruber* e 8,5 mmol/mol em *G. bulloides* nas amostras de maiores coeficientes de variação) foi semelhante às diferenças individuais observadas por Sadekov et al. (2008) (*G. ruber*) e Marr et al. (2011) (*G. bulloides*), os quais relacionaram tais diferenças ao efeito vital e à sazonalidade da temperatura da água do mar as quais as espécies estão sujeitas. Estas considerações indicam que uma simples análise Mg/Ca em modo tradicional (leitura de soluções em ICP-MS) agrupa de forma oculta um amplo intervalo de razões Mg/Ca o qual não pode ser considerado nas

reconstruções de paleotemperaturas. No SRCF, a grande amplitude observada deve refletir as frequentes movimentações das massas de água que fazem a termoclina migrar verticalmente várias vezes ao ano submetendo às espécies de foraminíferos planctônicos a uma ampla variabilidade ambiental, em especial à *G. bulloides* que frequentemente migra a procura de alimento, e portanto, recebe variações de maior amplitude.

Diferenças entre as amplitudes da razão Mg/Ca também foram observados entre as câmaras, sendo a razão Mg/Ca da última câmara (*f*) apresentando os valores mais baixos em ambas as espécies. Em *G. ruber*, a razão apresentou uma evidente tendência de diminuição das câmaras mais antigas para as mais novas (Figura 37a), e em *G. bulloides* foram observadas alternância entre as câmaras *f-1* e *f-2* apresentando os valores mais altos e a câmara *f* com valores não muito distantes das outras e nem sempre mais baixos (Figura 37b).

Visando a aplicação em reconstruções de temperatura, foram realizados testes estatísticos de Student (t) para comparação da razão Mg/Ca média e a estatística *F* para comparar a variabilidade nas câmaras e morfotipos com 95% de confiabilidade. Para a realização dos testes, os dados amostrais foram restritos aos primeiros 30 cm do topo do testemunho para *G. ruber* e os primeiros 50 cm para *G. bulloides*. Se necessário, os dados foram transformados usando a equação y=ln(x)+1 (para o teste t) com o objetivo de diminuir a influência da variabilidade temporal e adquirirem distribuição normal (Tabela 9). Em *G. ruber*, a razão Mg/Ca não diferiu na variação, mas diferiu na média onde o Mg/Ca médio da câmara *f* foi significativamente mais baixo que das câmaras mais antigas *f-1* e *f-2*. Em *G. bulloides*, as variâncias não diferiram, e a média da câmara *f* foi considerada mais baixa que das demais, porém sem uma grande expressividaade como em *G. ruber*. Nos diferentes morfotipos de *G. ruber* (rosa e branco) e enrolamentos de *G. bulloides* (sinistral e dextral), nenhuma diferença ou variabilidade significativa foi observada na razão Mg/Ca.

As diferenças observadas entre as câmaras *f* e as mais antigas em *G. ruber* podem estar relacionadas à migração para águas mais profundas durante a reprodução quando se forma a câmara f. Como a termoclina do SRCF frequentemente alcança o habitat da espécie devido às intrusões da ACAS, os baixos valores de Mg/Ca poderiam ser um reflexo das baixas temperaturas do fundo da zona fótica e o coeficiente de variação mais baixo indicaria água menos estratificada. Nesse caso o Mg/Ca da câmara *f* não estaria refletindo a temperatura de superfície, mas a temperatura de uma camada inferior da coluna d'água, sendo necessário tratar separadamente os resultados de Mg/Ca para essa câmara. A ausência de

diferenças entre o $Mg/Ca_{Gr}$ para os morfotipos *white* e *pink* indicam que a cor das testas não produzem desvios significativos. No entanto existem diferenças entre as razões observadas nos morfotipos *sensu stricto* e *sensu lato*, onde a razão do morfotipo *sensu lato* é significativamente mais baixa que a razão do morfotipo *sensu stricto* (SADEKOV et al., 2008).

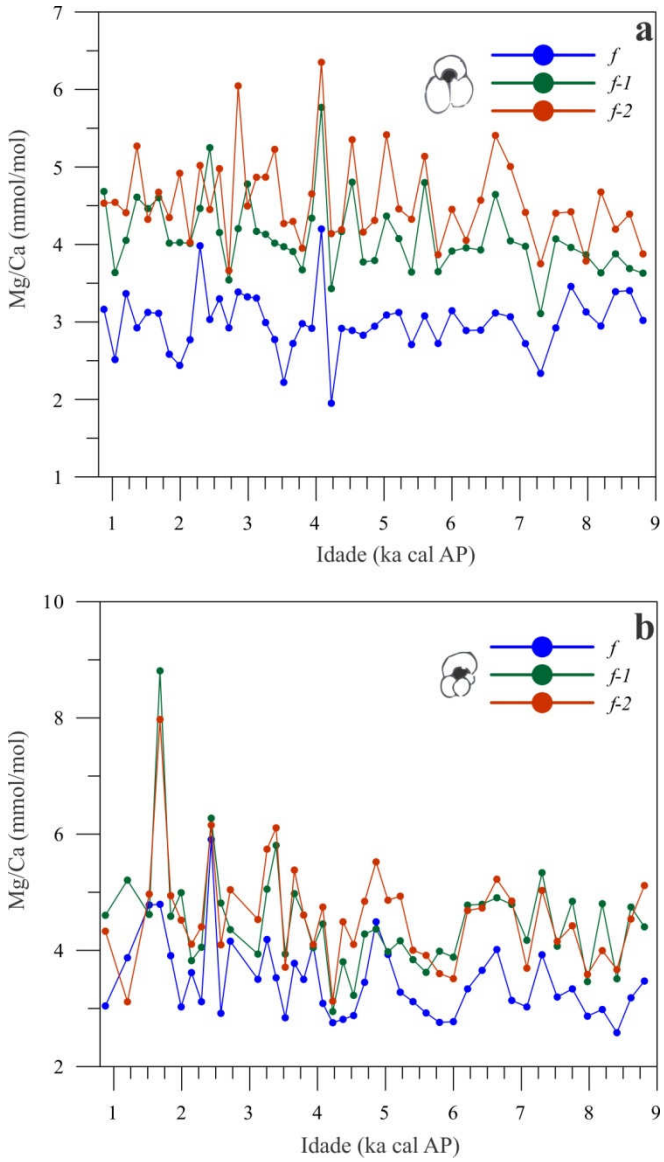


**Figura 37 –** Razão Mg/Ca média para cada câmara separada de *G. ruber* (a) e *G. bulloides* (b) ao longo dos últimos 230 cm do perfil CF10-01B.

**Tabela 9 - Resumo estatístico das comparações entre as médias e variâncias para as três câmaras e morfotipos de *G. ruber* e *G. bulloides*. Resultados em negrito representam diferenças significativas para 95% de confiança.**

| Espécie | Fator | Comparação | Grau de liberdade | t (médias) | p | F (variâncias) | p |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Globigerinoides ruber* | Câmaras | *f* x *f-1* | 58 | **-4,31** | **0,000063** | 1,16 | 0,69 |
| | | *f* x *f-2* | 58 | **-5,17** | **0,000003** | 1,29 | 0,50 |
| | | *f-1* x *f-2* | 58 | -0,79 | 0,44 | 1,11 | 0,78 |
| | morfotipo | rosa x branco | 97 | 1,12 | 0,27 | 1,70 | 0,07 |
| *Globigerina bulloides* | Câmaras | *f* x *f-1* | 71 | **-2,49** | **0,01** | 1,35 | 0,38 |
| | | *f* x *f-2* | 72 | **-2,08** | **0,04** | 1,00 | 0,99 |
| | | *f-1* x *f-2* | 67 | 0,29 | 0,77 | 1,35 | 0,40 |
| | enrolamento | sinistral x dextral | 98 | -1,32 | 0,19 | 1,41 | 0,24 |

Por fim, os valores $Mg/Ca_{Gr}$ obtidos neste estudo para as câmaras *f-1* e *f-2* foram usados como indicadores da temperatura de superfície do mar (TSM), os valores obtidos para a câmara *f* foram relacionados com temperaturas sub-superficiais, e a diferença entre as duas temperaturas foram relacionadas a níveis de estratificação da água.

Com relação a *G. bulloides*, a variação da razão Mg/Ca entre as câmaras não reflete uma clara migração vertical superfície – fundo, pois os valores de Mg/Ca mais altos variaram entre as câmaras *f-1* e *f-2* por amostra, e em média, os valores mais altos pertenceram a câmara *f-1*. As diferenças entre a câmara *f* e as outras não foram tão expressivas como em *G. ruber*, pois o teste t rejeitou por pouco a hipótese de igualdade (Tabela 9) indicando valores mais baixos. Tais distinções indicam que a variabilidade intratesta do $Mg/Ca_{Gb}$ reflete à busca por alimento, resultando em uma variabilidade não necessariamente tendenciosa no sentido das câmaras mais novas (Marr et al., 2011). Dessa forma, a combinação entre a abundância relativa de *G. bulloides* e as temperaturas reconstruídas por *G. bulloides* podem ser diretamente relacionadas à massa de água que fornece nutrientes para o ecossistema da ACAS no fornecimento de nutrientes para o ecossistema, nesse caso a razão $Mg/Ca_{Gb}$ apresenta valores mais baixos. Sendo assim, os perfis médios das três câmaras foram usados para as reconstruções de temperaturas na camada de máximo de clorofila, a qual pode ser independente do sinal de *G. ruber* se consideramos a hipótese de sucessão sazonal entre as duas espécies.

### 5.5.2. Variabilidade do Mg/Ca pelo método clássico e comparação com o método LA-ICP-MS

A razão Mg/Ca obtida pelo método clássico (solução) foi mais alta que a razão obtida no método de ablação a laser e exibiu duas fases básicas (Figura 38): entre 9,0 e 5,0 ka cal AP onde os valores Mg/Ca variam em média entre 4,5 e 5,0 mmol/mol e após 5,0 ka cal AP quando os valores variam em média entre 5,0 e 6,0 mmol/mol.

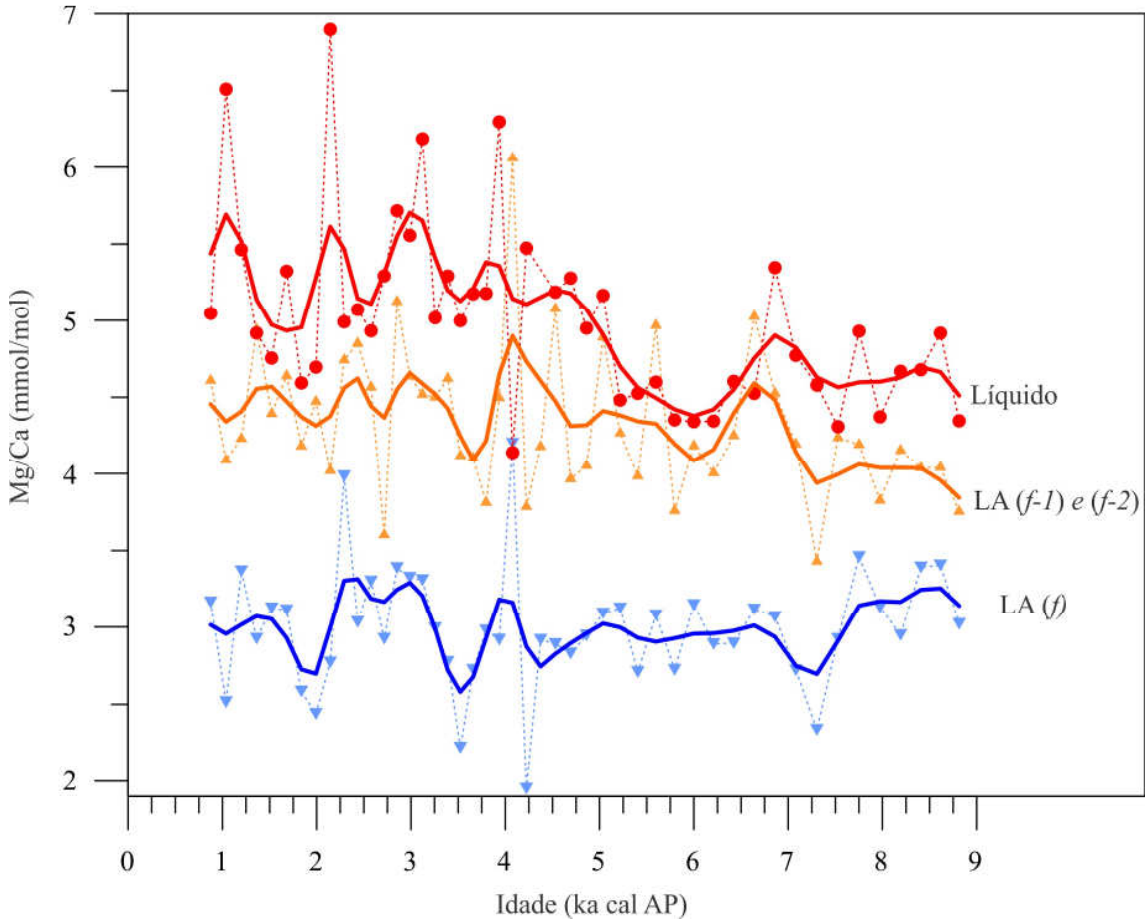


**Figura 38 –** Variação da razão Mg/Ca de *G. ruber* obtida pelo método de ablação a laser (LA) para as câmaras *f*, a média das câmaras *f-1* e *f-2* e o método líquido (amostra solubilizada em $HNO_3$) ao longo dos últimos 230 cm do perfil CF10-01B.

Fora os sinais opostos em curto prazo, as tendências de variabilidade da razão $Mg/Ca_{Gr}$ pelo método clássico foi semelhante à média da razão Mg/Ca para as câmaras *f-1* e *f-2* ao indicar baixas temperaturas antes de 5,0 ka cal AP, uma tendência de aumento entre 5,0 e 2,5 ka cal AP porém mais forte e abrupta, e uma leve tendência de diminuição após 2,5 ka cal AP. As diferenças observadas entre os dois métodos podem estar associadas aos diferentes níveis de sensibilidade, os dois diferentes protocolos de limpezas empregados, assim como a heterogeneidade individual, já que as testas usadas no método clássico não foram as mesmas do método LA-ICP-MS.

Os diferentes níveis de sensibilidade entre os métodos são importantes nas diferenças dos resultados, principalmente na variabilidade. A sensibilidade no método LA-ICP-MS costuma ser sacrificada diretamente em detrimento da busca por uma aquisição de elementos da parede de calcita com maior resolução e menor risco de agrupar em uma mesma contagem camadas contaminadas e limpas e indiretamente pela irregularidade da parede das testas. Entretanto, a baixa sensibilidade aumenta a variabilidade entre uma contagem e outra dos elementos por segundo, levando a um aumento na variação. Já no método clássico cuja sensibilidade é naturalmente maior (MARR et al., 2011), o uso de grandes massas de calcita resultam em contagens de elementos por segundo mais próximas fornecendo resultados mais robustos, além de uma maior abrangência de elementos-traços que podem ser identificados.

Com relação aos métodos de limpeza, o procedimento usado no método de ablação a laser, apesar de mais simples, limpou cerca de 70% das testas submetidas, sendo os outros 30% apresentando algumas manchas escuras em certas câmaras, mesmo após diversas repetições da limpeza. Como mencionado anteriormente, as testas para este método deveriam terminar a limpeza intactas e por isso, a limpeza não pôde ser muito rigorosa já que resultava na fragmentação das testas. Mesmo assim, algumas testas visualmente limpas apresentaram indícios de contaminação por argilas (Figura 35b e c), indicando que grãos de argila minúsculos ou processos tafonômicos podem modificar a razão Mg/Ca de uma câmara ou indivíduo. Dessa forma, a limpeza para o método clássico mesmo sendo mais rigorosa pode acumular estes índices de contaminação já que argilas podem acumular-se no interior das câmaras mais antigas as quais dificilmente são abertas durante o processo de *crushing* (é importante ressaltar que a pressão aplicada nas testas durante o *crushing* deve ser baixa, ver a seção 4.5.3), e testas com a composição mineral da parede modificadas por processos tafonômicos podem ser agrupadas resultando em razões Mg/Ca mais altas. Dessa forma, esses tipos de contaminação podem estar incluídos na razão Mg/Ca obtida pelo método clássico, e por isso é importante a medição de elementos controle como o Alumínio.

Sobre a heterogeneidade individual, a tendência de diminuição da razão Mg/Ca das câmaras mais antigas para as mais novas em *G. ruber* sugere que a razão Mg/Ca das câmaras anteriores a *f-2* tendem a ser um pouco mais alta podendo apresentar uma contribuição para a razão média dos individuos a qual é visualizada nas análises pelo método tradicional. Apesar de este método ter usado apenas indivíduos rosa, em contrapartida com o método de LA-ICP-MS que usou os dois morfotipos sendo a maioria de brancos, possíveis influências na razão Mg/Ca ligada aos endossimbiontes não foram consideradas devido à ausência de diferenças

estatísticas entre os dois morfotipos. Entretanto, diferenças entre os morfotipos *sensu stricto* (ss) e *sensu lato* (sl) existem e foram discutidas em estudos prévios (STEINKEY et al., 2005; SADEKOV et al., 2008) e também observadas em análises de teste do laser não contabilizadas ocorridas anteriormente às análises oficiais, onde a razão Mg/Ca de *G. ruber sl* foi sempre mais baixa que a razão obtida de *G. ruber ss*.

**5.5.3. Estimativas de temperatura e salinidade para os últimos 9.000 anos**

5.5.3.1. Temperaturas estimadas por Mg/Ca

As temperaturas estimadas variaram entre 24 e 26°C nos últimos 9,0 ka sendo os valores em geral mais baixos durante o *lowstand* do nível do mar (Figura 39). A TSM estimada (reconstruída do Mg/Ca médio das câmaras *f-1* e *f-2*) apresentou menor variabilidade que a temperatura na subsuperfície (reconstruída pelo Mg/Ca da câmara *f* de *G. ruber*) indicando águas mais frias (entre 22,5 e 24,5°C) durante o *lowstand* do nível do mar (9,0 – 7,0 ka cal AP) e mais quentes e variáveis (entre 23,1 e 28,2°C) após 7,0 ka cal AP.

Por outro lado, a resposta das temperaturas na subsuperfície foram mais fortes e apresentaram alguns antagonismos com a TSM em certos períodos de tempo. Águas sub-superfíciais quentes (cerca de 22°C) ocorreram entre 9,0 e 7,5 ka cal AP, em seguida mais baixas com leve tendência de resfriamento (entre 20 e 21,5°C em média) entre 7,5 e 3,5 ka cal AP, em seguida mais altas com valores próximos a 22°C entre 3,5 e 2,5 ka cal AP, e por fim um resfriamento mais marcado com valores próximos a 19°C entre 2,5 e 2,0 ka cal AP e 21,5°C até o topo do perfil.

A temperatura na camada de máximo de clorofila baseada na razão Mg/Ca de *G. bulloides* indica águas frias (entre 18 e 19,5°C) entre 9,0 e 8,0 ka cal AP, seguido de águas mais quentes (entre 19 e 20,5°C) entre 8,0 e 6,0 ka cal AP, seguido de um período mais variável, mas com uma maior ocorrência de águas frias (em torno de 18,5°C) entre 5,0 e 4,2 ka cal AP, seguido de um aquecimento (temperaturas entre 20 e 22°C) entre 4,2 e 3,0 ka cal AP, seguido de uma tendência de resfriamento até o topo do perfil com apenas uma interrupção em 1,8 ka cal AP onde temperaturas entre 21 e 22°C foram registradas.

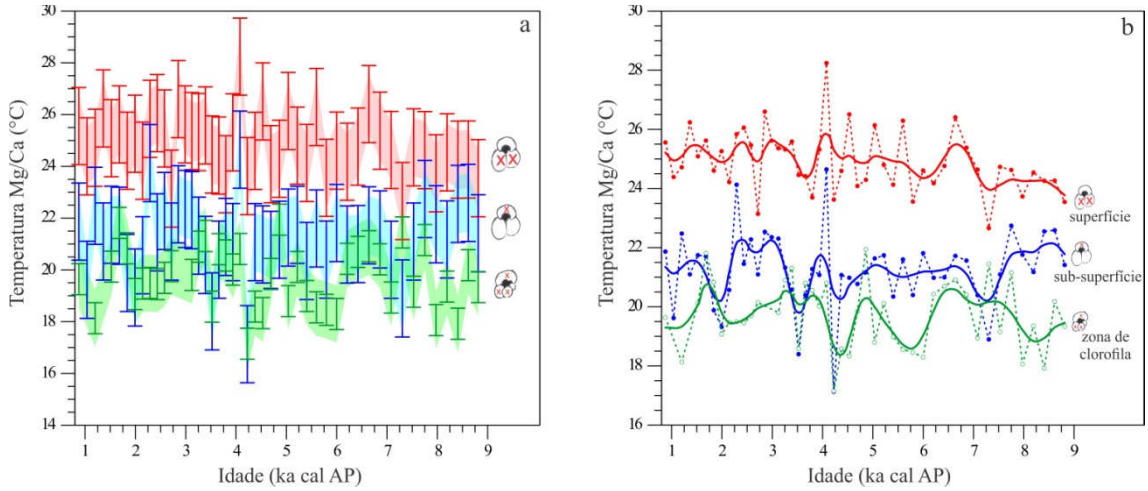


**Figura 39 –** Temperaturas estimadas através das razões Mg/Ca de *G. ruber* (câmaras *f-1* e *f-2*, vermelho; e câmara *f*, azul) e *G. bulloides* (verde) pelo método LA-ICP_MS ao longo dos primeiros 230 cm do testemunho CF10-01B. (a) exibe a variabilidade levando em consideração os erros das equações de calibração (áreas coloridas) e os desvios-padrões médios do Mg/Ca para cada espécie (barras de erro). (b) representa a variabilidade e o respectivo significado teórico baseando-se na distribuição das espécies, a linha grossa representa uma suavização de cinco pontos.

Baseado na Figura 39a, onde as incertezas relacionadas à heterogeneidade e à equação de calibração observa-se que não houve sobreposição entre as temperaturas de superfície e subsuperfície em quase todo o registro (mesmo entre as câmaras de *G. ruber* cujas margens de erro são maiores), indicando que a TSM pode não ser a melhor forma de se reconstruir a variabilidade da ressurgência na plataforma continental do SRCF no Holoceno, pois a ACAS alcança a zona fótica, mas não na superfície. Entretanto, a TSM poderia ser eficiente para períodos de tempo superiores a 10.000 anos pois a plataforma continental externa do SRCF pôde ter estado dentro da zona da ressurgência costeira durante o pós-glacial quando o nível do mar era suficientemente baixo. Além disso, alguns estudos (LOHMAN, 1992; TOLEDO et al., 2008) apontam para evidências de eventos de ressurgência generalizados durante o último glacial no Atlântico SO, mas essa região ainda carece de informações que nos possam levar a conclusões mais robustas.

Outro aspecto apresentado na Figura 39a é a variabilidade das temperaturas reconstruídas para a câmara *f* de *G. ruber* e *G. bulloides* cujas incertezas calculadas se sobrepõem na maior parte do registro, indicando mesmas condições de temperatura para ambas as espécies. Tais sobreposições foram mais frequentes quando as temperaturas reconstruídas para *G. bulloides* foram mais altas, indicando que ambas as espécies podem habitar sob as mesmas condições de temperatura quando a ressurgência da ACAS está mais fraca, porém não se pôde assumir que ambas coexistam no mesmo intervalo de tempo.

Baseado na diferença entre as temperaturas registradas pelas câmaras anteriores e a última de *G. ruber*, os níveis de estratificação entre a superfície e a subsuperfície da coluna d'água foram reconstruídos (Figura 39a eFigura 40). O período de *lowstand* foi marcado por águas frias e homogêneas, perdurando até 7,5 ka cal AP quando a diferença entre as temperaturas em superfície e subsuperfície aumenta o suficiente para separar os valores das câmaras mesmo considerando as incertezas (Figura 39a). A baixa estratificação estimada para o *lowstand* do nível do mar, junto com as temperaturas $Mg/Ca_{Gb}$ fortalecem a hipótese da influência da ressurgência costeira sobre a estação 1. Após 7,5 ka cal AP, o nível do mar aumenta o suficiente e isola a camada superficial da coluna d'água que deixa de ser influenciada pelos pulsos de ressurgência da ACAS. Entre 3,5 e 2,5 ka cal AP a estratificação foi menor, mas agora sob influências de águas quentes indicando a descida da termoclina que pode ser associada a um menor alcance vertical da ressurgência da ACAS.

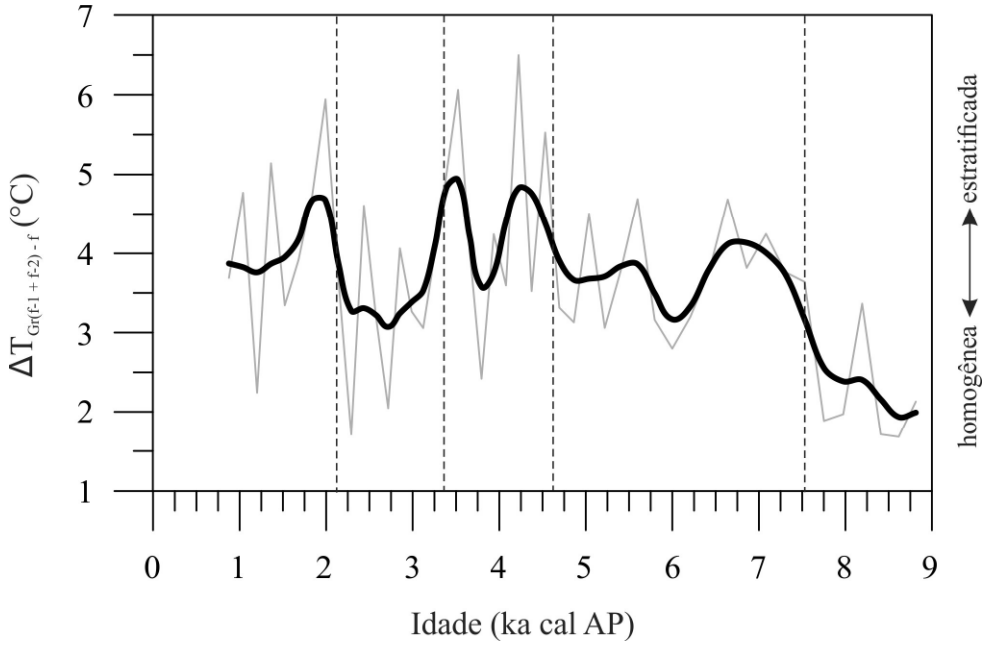


**Figura 40 –** Variabilidade da diferença entre as temperaturas reconstruídas pela média do Mg/Ca das câmaras *f-1* e *f-2* e a câmara *f* de *G. ruber*. A linha grossa representa uma suavização de cinco pontos.

5.5.3.2. Paleossalinidade estimadas por $\delta^{18}O$

A salinidade superficial do mar (SSM) reconstruída com base no $\delta^{18}O_{água}$ pela equação de Shackleton usou a média da temperatura estimada pela razão Mg/Ca das câmaras *f-1* e *f-2* de *G. ruber* visando uma maior relação com a camada superficial (Figura 41). A curva de salinidade nos últimos 9,0 ka cal indicou baixos valores entre 9,0 e 7,0 ka cal AP e após 4,0 ka cal AP e uma tendência de aumento entre 7,0 e 4,0 ka cal AP com um pico em 6,0 ka cal AP e 4,0 ka cal AP.

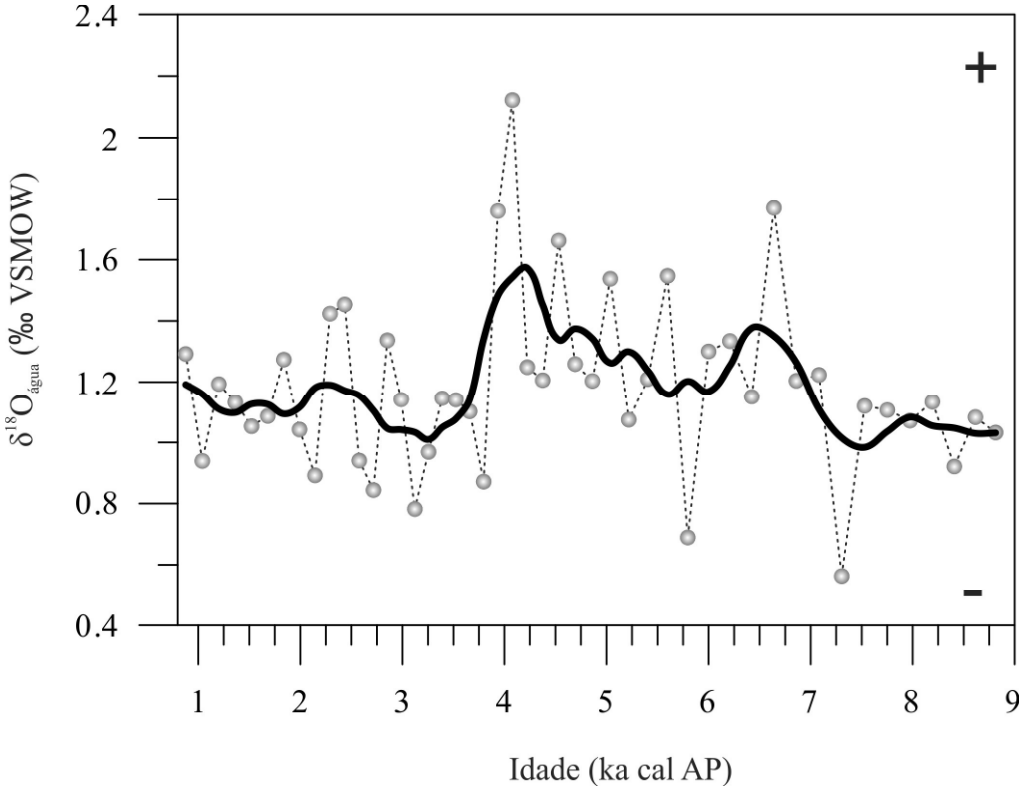


**Figura 41 –** Variabilidade da SSM estimada pelo $\delta^{18}O_{água}$ de *G. ruber* ao longo do testemunho CF10-01B. A linha grossa representa uma suavização de cinco pontos.

A variabilidade observada corrobora influência decrescente de eventos de ressurgência costeira da ACAS durante o *lowstand* do nível do mar e uma forte influência da AT entre 7,0 e 6,0 ka cal AP. Entre 6,0 e 4,0 ka cal AP a salinidade apresentou alta variabilidade, mas com uma tendência para valores um pouco mais baixos que no intervalo anterior, o que associado ao crescimento gradual da similaridade das assembleias com a biofácies B (AT + águas de plataforma) sugere intrusões de águas costeiras e produtivas sobre a AT. Após 4,0 ka cal AP, a rápida diminuição da salinidade corrobora a ofensiva de águas costeiras se misturando a AT, apontada pelo máximo da biofácies B, reflexo do clima mais úmido que se instalou em 5,0 ka cal AP influenciando primeiro a plataforma interna e depois a plataforma externa em 4,0 ka cal AP. Já para os últimos 2,5 ka, a manutenção das baixas salinidades pôde ter sido reflexo do fortalecimento da ressurgência.

## 5.6. IMPLICAÇÕES PALEOCEANOGRÁFICAS PARA O ATLÂNTICO SO

### 5.6.1. Comparação com outros estudos no SRCF

O cenário descrito de águas frias e produtivas para o período entre 11,5 e 7,0 ka cal AP complementa em parte os cenários descritos por Oliveira (2008) e Gurgel (2008) os quais atribuíram a produtividade elevada ao baixo nível do mar, e da mesma forma, o índice tenderia a diminuição a medida que a transgressão seguia e a frente da CB se aproximava do

SRCF. No entanto Oliveira (2008) observou uma tendência inversa a do presente estudo onde temperatura da água estaria tendendo à diminuição no sentido do Holoceno Inferior contrario ao sinal de aquecimento em nossos resultados enquanto Gurgel (2008) e Nagai et al. (2009) apontaram para fortes contribuições continentais, dadas por uma elevada razão C/N e foraminíferos bentônicos indicadores de aporte continental, o que não foi observado no C/N deste perfil. Tais características caracterizam um contraste entre as margens proximal e distal na plataforma continental no SRCF, onde a parte proximal estaria recebendo maior contribuição de águas costeiras mais quentes, enquanto a parte distal reberia uma influência ainda marinha e fria associada à ressurgência, possivelmente condizente com o cenário descrito por Oliveira (2008) para a parte proximal do SRCF entre 9,5 e 8,0 ka cal AP. Para o período entre 11,5 e 9,5 ka cal AP, as contradições entre Oliveira (2008) e o presente estudo poderiam também um reflexo das perturbações da deposição sedimentar provenientes da transgressão marinha, uma vez que ambos os estudos evidenciaram problemas de datação nas seções de cada testemunho correspondentes a esse período. É possível também que os foraminíferos planctônicos possam indicar cenários mais antigos que a as presentes idades datadas, uma vez que Oliveira (2008) realizou datações em conchas de seu testemunho as quais resultaram em idades geralmente mais velhas que as idades apontadas por datações em matéria orgânica.

O cenário do período entre 7,0 e 6,0 ka cal AP marcado por águas frias na parte proximal do SRCF e mais atenuada na parte distal corrobora o cenário de Gurgel (2008), mas diverge em parte de Oliveira (2008) e Nagai et al. (2009) que reconstruíram um cenário de baixa produtividade e águas quentes persistindo até 5,0 ka cal AP na parte proximal da plataforma que pode ter sido consequência do *highstand* do nível do mar do Holoceno. No entanto após 6,0 ka cal AP até 5,0 ka cal AP, os cenários da literatura e do presente estudo passam a convergir, direcionando para contribuições da frente da CB para todo o SRCF. Os resultados apresentados aqui sugerem então que a contribuição da CB teria sido mais marcante no setor distal que no setor proximal, onde o sinal da ressurgência da ACAS do período anterior teria persistido por um período de tempo um pouco mais longo.

Os cenários entre 5,0 ka cal AP e 3,0 ka cal AP foram geralmente associados a baixa produtividade, mas com um sinal de eventos de ressurgência frequentes (LASLANDES et al., 2006; GURGEL, 2008; OLIVEIRA, 2008; NAGAI et al., 2009). Os resultados deste estudo acompanham o cenário dos demais para o período entre 5,0 e 3,5 ka cal AP, detalhando para a diferença entre as temperaturas inferidas pela razão Mg/Ca das câmaras de *G. ruber* que

indicam AT na superfície e constantes ressurgências da ACAS na subsuperfície. Já entre 3,5 e 2,5 ka cal AP, a AT predomina em ambas as camadas da coluna d'água, possivelmente contribuindo com mais força no setor proximal da plataforma, dada pelo pico da biofácies A na estação 9, corroborando com Gurgel (2008), Nagai et al. (2009) e o testemunho mais proximal de Oliveira (2008), mas apontando para um final mais tardio, por volta de 2,7 - 2,5 ka cal AP.

O fortalecimento da ressurgência no período após 2,5 ka cal AP até o presente é observado em todos os estudos alvo desta comparação. No entanto, a região proximal do SRCF pareceu ser mais influenciada que a região distal, já que o perfil CF10-01B apesar de apontar condições tipo biofácies D (ressurgência sul) não evidenciou fortes registros de resfriamento da água até 1,8 ka cal AP quando a temperatura Mg/Ca de *G. bulloides* diminui e a abundância relativa de *T. quinqueloba* cresce. Já a estação 9 corrobora os demais estudos sendo marcado por forte incremento de *G. bulloides* após 2,5 ka cal AP (intensidade da ressurgência sem análogo moderno) e *T. quinqueloba* após 2,0 ka cal AP, adquirindo composição de assembleia mais similar à biofácies D.

### 5.6.2. A Mudança da circulação intermediária do último glacial para o Holoceno (Transição Y-Z) – presença e ausência do plexo *G. menardii*

Vários estudos (ERICSON; WOLLIN, 1968; VICALVI, 1999; LOHMAN, 2002; TOLEDO et al., 2007b; PORTILHO-RAMOS, 2006) evidenciaram uma mudança expressiva na composição de foraminíferos planctônicos da camada intermediária (termoclina oceânica) no Atlântico subtropical oeste onde o período glacial foi marcado por altas abundâncias das espécies de águas frias *G. inflata* e *G. truncatulinoides* e o plexo menardii que habita águas quentes estava sob a forma de traço ou ausente (chamada biozona Y), já no Holoceno, a abundância de *G. inflata* e *G. truncatulinoides* se tornam raras e o plexo menardii reaparece (biozona Z).

Em estudos de alta resolução para o final do Pleistoceno e Holoceno (DA SILVA et al., 2011; PIVEL et al., in press), a transição Y-Z foi observada entre de 9,0 – 8,0 ka cal AP nos sedimentos do talude da bacia de Campos e Santos. No testemunho CF10-01B, a transição Y-Z foi observada em 230 cm (9,0 – 8,8 ka cal AP) corroborando a estes dois últimos estudos. Lohmam (2002) discute que a mudança na composição da assembleia é reflexo da migração da termoclina permanente do Atlântico SO que é mais rasa durante os períodos glaciais e mais funda nos interglaciais. Pivel et al. (in press) relacionou a presença de menardiformes com a influência da Corrente das Agulhas na importação de calor do Oceano

Índico (onde o plexo menardii não desaparece no glacial) para o Atlântico a qual estava enfraquecida durante o último período glacial, cujos diversos vórtices quentes (em inglês *Agulhas Leakage*) formados na confluência com o Giro Subtropical (Zona de Retroflexão das Agulhas) teriam sido os principais meios em que o plexo menardii teria alcançado a margem continental E, SE e S brasileira durante os períodos interglaciais e estariam ausentes no glacial.

Dessa forma, uma possível explicação da presença de exemplares destas espécies habitantes da termoclina sobre a plataforma continental poderia ser a ressurgência que com a ocorrência da termoclina oceânica mais rasa no início do Holoceno Inferior abrangeria a camada de reprodução, em especial de *G. truncatulinoides* e as traria para a costa. Tais explicações se devem pelo fato dos espécimes de *G. truncatulinoides* identificados apresentarem sempre testas pequenas (a maioria na classe 150 – 250 µm) e lisas (estampas disponíveis em LESSA, 2009), diferentes da morfologia típica que se caracteriza por uma testa grande (> 250 µm) e pustulenta. Já com o fortalecimento da atividade de extravasamento das Agulhas, a migração da termoclina oceânica para o fundo e a constante presença da AT sobre o SRCF teriam favorecido ao crescimento da abundência relativa do plexo menardii nas áreas de maior profundidade de coluna d'água no SRCF.

### 5.6.3. A corrente costeira fria e a frequência de *Turborotalita quinqueloba* no SRCF

Como mencionado na seção 2.4.2, uma pluma constituída de águas frias originada na zona de confluência em 38°S segue pela costa empurrada pela corrente costeira em sentido contrário à CB e ocasionalmente alcança o SRCF no inverno austral durante a passagem de sistemas frontais (SILVA JR et al., 1996; MAHIQUES et al., 2004). Gyllencreutz et al. (2010) identificou maiores alcances desta corrente entre 7,0 e 5,0 ka cal AP e associou ao posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) mais ao norte durante o inverno do hemisfério sul, o qual causou um enfraquecimento dos ventos alísios tropicais favorecendo o fortalecimento do anticiclone polar e o fortalecimento consequente dos ventos de SO ligados às frentes frias que empurravam a corrente costeira fria por toda a costa S e SE brasileira.

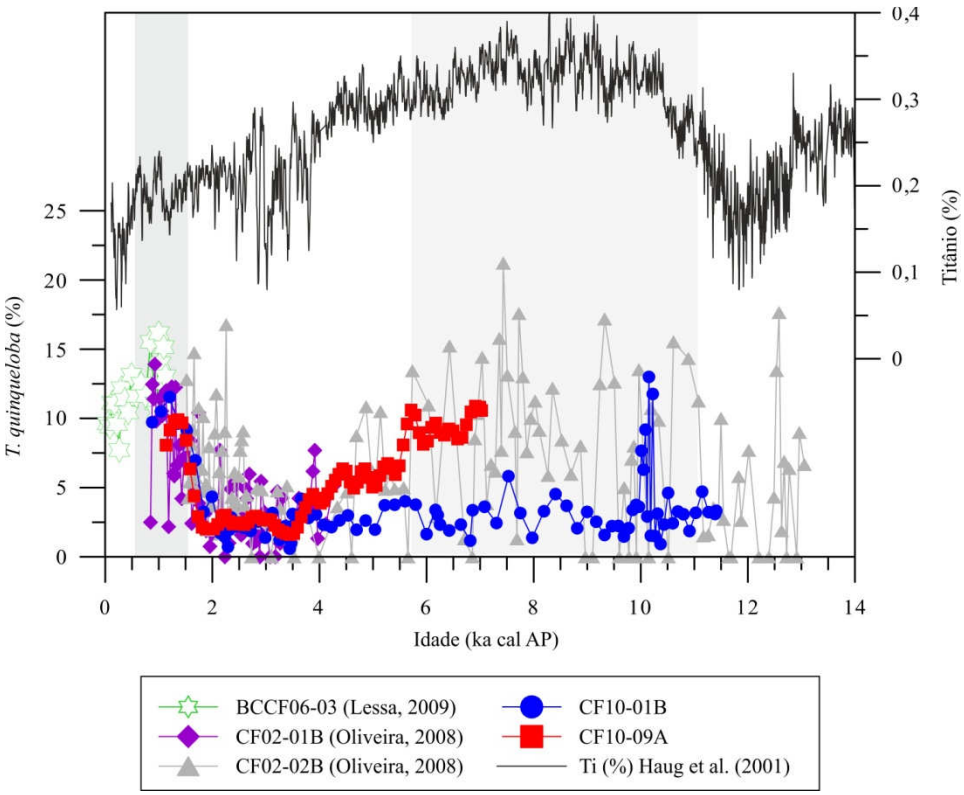


**Figura 42 –** Comparação entre a variabilidade do percentual de *T. quinqueloba* em vários testemunhos do SRCF com o percentual de titânio (*proxy* de aporte continental) na bacia de Cariaco, diretamente relacionada com as migrações da ZCIT. Maiores percentuais de titânio indicam posicionamento da ZCIT mais ao norte e baixos percentuais indicam um posicionamento mais ao sul.

Tais indicações podem ser corroboradas pela ocorrência de *T. quinqueloba* no SRCF, já que suas preferências ecológicas (ver seção 5.1.3) não a caracterizam como espécie habitante de áreas de ressurgência. Percentuais mais altos desta espécie em testemunhos próximos à costa tenderam a acompanhar as migrações da ZCIT, com maiores percentuais ocorrendo entre 11,0 e 6,0 ka cal AP (Figura 42). Entretanto, essa tendência não foi observada entre 2,0 ka cal AP até o presente onde o percentual da espécie volta a aumentar, e neste período englobando também a plataforma externa do SRCF com um pico máximo ocorrendo em 1,0 ka cal AP, o qual coincide com uma fraca quebra da tendência de migração para o sul da ZCIT, provavelmente devido a ocorrência de eventos de La Niña mais frequentes que favorecem a ocorrência de ventos SO mais intensos sobre a plataforma S e SE do Brasil, (FEDOROVA et al., 2000; GYLLENCREUTZ et al., 2010). Assim podemos considerar que apesar de uma ZCIT mais ao norte desfavorecer à ressurgência em Cabo Frio devido ao enfraquecimento dos ventos alísios, a manutenção de baixas temperaturas do SRCF poderiam ser alimentadas pela chegada da corrente costeira durante o inverno. Além disso, a ocorrência dos picos de abundâncias relativa de *T. quinqueloba* em cerca de 1,0 ka cal AP em todos os

testemunhos indica que esta espécie pode ser usada como indicadora bioestratigráfica dessa idade em testemunhos coletados nesta região.

**5.6.4.Influência dos sistemas atmosféricos continentais e oceânicos**

A migração e intensidade dos principais sistemas atmosféricos que governam o Atlântico Sul, assim como dentro do continente sul-americano tendem geralmente a acompanhar a variabilidade da insolação (HAUG et al., 2001; KIM et al., 2003; CRUZ et al., 2005). Contudo a resposta oceanográfica do SRCF não se apresentou dependente diretamente das variações da insolação, respondendo apenas a partir de uma determinada intensidade.

As abundância de foraminíferos indicaram períodos de resfriamento da água durante os extremos do posicionamento da ZCIT onde os percentuais mais altos de *G. bulloides* e *T. quinqueloba* ocorreram nos períodos em que a ZCIT estava em seu máximo norte ou sul. Tais associações indicam que águas mais frias no SRCF não são necessariamente ligadas à ACAS, mas podem vir de outras fontes de águas frias (seção 5.6.3). Durante os períodos em que a ZCIT estava mais ao sul devido a influência da insolação (de 12 a 10 ka cal AP e após 2,5 ka cal AP), o nível de similaridade entre os sitios de coleta e a biofácies D foram altos em relação às outras biofáciess, assim como as temperaturas $Mg/Ca_{Gb}$ tendem a diminuir (Figura 39) dando inferência ao fortalecimento da ressurgência da ACAS. Por outro lado fortes entradas de águas quentes foram observadas durante períodos em que a ZCIT esteve ao sul no inverno (entre 4,0 e 2,5 ka cal AP e em 1,5 ka cal AP, os quais Haug et al. (2001) relacionou à um incremento de frequência de episódios tipo El Niño (EN), o aquecimento das águas durante estes períodos não seriam um reflexo do ENOS, com uma situação em que a chegada dos ventos NE ao SRCF foram frequentemente bloqueadas pela corrente de jato (comum durante eventos EN, MARTIN et al., 2005).

Uma relação de semelhança foi observada entre a variabilidade dos alísios de SE e a variabilidade do $\delta^{18}O_{Gb}$ onde valores mais negativos e mais próximos ao $\delta^{18}O_{Gr}$ foram observados entre 9,0 e 6,0 ka cal AP (FigurasFigura 33 eFigura 34), coincidindo com o mínimo de intensidade dos ventos SE. Tal associação sugere que as massas de água intermediárias enriquecidas em $^{18}O$ tem papel importante na assinatura isotópica em subsuperfície e que possivelmente o $\delta^{18}O_{Gb}$ reflete a intensidade da influência dessas massas de água, sendo mais altas quando a CB está mais lenta (fortes ventos alísios de SE) e mais baixas quando a CB está mais rápida (fracos ventos alísios de SE).

Após 5,0 ka cal AP, uma mudança no padrão de precipitação no NE do Brasil foi observada por Cruz et al. (2009), onde o clima se tornou abruptamente mais seco devido a migração da ZCIT de verão para o norte. Os autores associaram a diminuição da precipitação no Nordeste ao afastamento da área de baixa pressão, em consequência do fortalecimento da monção sul-americana. Tais considerações sugerem um fortalecimento da ZCAS após 5,0 ka cal AP o qual teria sido responsável por um aumento de precipitação no SE brasileiro, aumentando a carga de águas costeiras para o SRCF e assim, causando uma diminuição abrupta do $\delta^{18}O_{Gr}$, assim como o aumento da similaridade das assembleias com a biofácies B.

A intensificaçao da monção sul-americana, devida ao aumento da insolação de verão do hemisfério Sul, conforme a teoria de Milankovitch é responsável pelo fortalecimento da ZCAS e por seu posicionamento mais ao sul (SILVA DIAS et al., 2009). A intensa convecçao da ZCAS fortalece os ventos de nordeste e é provavelmente responsavel pela intensificação do upwelling costeiro do SRCF.

# 6 CONCLUSÕES

- O levantamento das assembleias de foraminíferos planctônicos nas distintas feições oceanográficas da MCRJ permitiu um aprofundamento do conhecimento da distribuição das espécies com uma ênfase maior nas espécies Globoturborotalita rubescens, Globigerinella calida cujas preferências ecológicas são ainda muito pouco conhecidas e Turborotalita quinqueloba, sendo a primeira espécie característica de águas de plataforma continental, a segunda marcadora de produtividade pós-ressurgência e a terceira marcadora bioestratigráfica para a ACM (1,2 – 1,0 ka cal AP) na região do SRCF.
- O modelo de biofáciess gerou 4 grupos apresentando características oceanográficas distintas, os quais se mostraram eficientes na reconstrução de quase toda a contribuição do entorno do SRCF corroborando reconstruções de outros proxies e estudos e adicionando informações sobre o papel da ocenografia das áreas adjacente no complexo funcionamento deste sistema de ressurgência.
- O método de ablação a laser acoplado em ICP-MS (LA-ICP-MS) produziu para as amostras no SRCF estimativas de temperaturas com incertezas de 1,49°C para G. ruber e 0,6°C para G. bulloides. Os dois métodos de análise da razão Mg/Ca apresentaram variabilidades semelhantes para reconstruções de TSM, com razões um pouco mais altas no método clássico. Tais resultados podem ser aplicados para reconstruções de paleo TSM sem grandes divergências. Grandes intervalos de razões individuais foram observados no método LA gerando coeficientes de variação superiores a 50% em algumas amostras, o que caracteriza uma grande heterogeneidade individual a qual está também presente no método clássico, mas é invisível já que todas as testas são dissolvidas e homogenizadas. O método de LA permitiu a visualização de várias peculiaridades individuais, tais como diferenças intra e inter-câmaras, porém a baixa sensibilidade limitou à obtenção de outros elementos-traços, fora o Sr enquanto o método clássico apresentou um nível de sensibilidade muito mais alto, permitindo também a quantificação de elementos-traço de baixas concentrações.
- As divergências entre a variabilidade das temperaturas reconstruídas por Mg/Ca médio da última câmara de G. ruber e Mg/Ca médio de G. bulloides, mesmo apresentando valores muito próximos, apontaram para ocorrência de

sucessão sazonal das duas espécies, limitando a aplicabilidade da diferença de suas temperaturas estimadas para reconstruções de paleoestratificação da água, para a qual no presente estudo usamos o ΔT por Mg/Ca LA-ICP-MS entre as câmaras anteriores e final de G. ruber. Tal aplicação se deu pela forte evidência que a espécie afunda para águas mais frias no período de gametogênese, resultando em razões Mg/Ca da câmara final muito mais baixas.

- Os últimos 11.500 anos de oceanografia do SRCF foram marcados por sete principais episódios:
  - O Início do Holoceno Inferior (11,5 e 10,0 ka cal AP) marcado por águas frias, produtivas e homogêneas sob influência de ressurgência costeira devido ao baixo nível do mar. A diferente composição de foraminíferos planctônicos que causou uma diminuição da similaridade com as biofáciess recentes sugeriram que a origem da massa de água ressurgida poderia estar relacionada a uma ACAS de diferente composição ou uma termoclina oceânica mais branda.
  - Holoceno inferior (10,0 e 9,0 ka cal AP) marcado por águas um pouco mais quentes, mas ainda produtivas e homogêneas devido ao afastamento da área de ressurgência costeira com a transgressão marinha e aproximação e contribuições crescentes da AT.
  - Estabelecimento da estrutura oceanográfica atual no final do lowstand do nível do mar (após 9,0 ka cal AP) com águas ainda frias, produtivas e homogêneas até 7,0 ka cal AP na parte distal do SRCF, com início de estratificação da água após esta idade e forte influência da frente da Corrente do Brasil até 6,0 ka cal AP, caracterizando um período de ressurgência atenuada. Águas frias e homogêneas até 6,0 ka cal AP na porção proximal da plataforma continental.
  - O primeiro máximo de contribuição da AT entre 6,0 e 5,0 ka cal AP, onde penetrações de água tropical tornaram a ressurgência predominantemente atenuada e limitada a subsuperfície em todo o SRCF. Nesse período, um princípio de aumento de contribuições continentais no sentido da plataforma externa do SRCF começa a ser observado.
  - O primeiro máximo da ACAS entre 5,0 e 3,5 ka cal AP, marcado pelo retorno de águas frias e produtivas e alta similaridade com a ressurgência

Ekman na plataforma média. Esta fase foi mais brando na plataforma externa onde permaneceu uma forte estratificação da água onde a TSM abaixou apenas entre 4,0 e 3,5 ka cal AP. Esse período foi marcado também por uma mudança no clima que se tornou mais úmido, influenciando a parte costeira do SRCF em 5,0 ka cal AP e a parte distal em 4,0 ka cal AP, evidenciado pelo δ18OGr.

- O segundo máximo de contribuição da AT e AC entre 3,5 e 2,5 ka cal AP onde a contribuição de águas quentes e oligotróficas abrangeu tanto a superfície quanto a subsuperfície em todo o SRCF, apontando para um enfraquecimento da ressurgência. O máximo de similaridade com a biofácies B e a queda da salinidade superficial sugeriram um clima mais úmido, com uma maior influência de aporte costeiro na plataforma externa do que na plataforma média e interna cujas águas foram mais oligotróficas.
- O segundo máximo da ACAS que compreende os últimos 2,5 ka cal marcado pelo estabelecimento das condições da ressurgência Ekman, com uma intensidade maior na plataforma média do que na plataforma externa que ainda recebe maior contribuição das águas da Corrente do Brasil. Isso pode ser associado ao fortalecimento da ZCAS ligado a intensificação da monsão sulamericana no Holoceno Superior.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-SABOUNI, N.; KUCERA, M.; SCHMIDT, D. N. Vertical niche separation control of diversity and size disparity in planktonic foraminifera. **Marine Micropaleontology**, v. 63, n. 1-2, p. 75-90, 2007.

ALVES, E. C.; PONZI, V. R. A. Características morfológico-sedimentares da plataforma continental e talude superior da margem continental sudeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 1984. p. 1629-1642.

ALBUQUERQUE, M. A. **Estabilidade em análise de agrupamento (cluster analysis)**. Recife, 2005. 64 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife 2005.

ANAND, P.; ELDERFIELD, H.; CONTE, M. H. Calibration of Mg/Ca thermometry in planktonic foraminifera from a sediment trap time series. **Paleoceanography**, v. 18, n. 2, p. 28-1 - 28- 15, 2003.

ANDRADE, K.; CAVALCANTI, I. F. A. Climatologia dos sistemas frontais e padrões de comportamento para o verão na América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 13., 2004, Fortaleza. **Anais...** Ceará, 2004.

ANDERSON, O. R.; BÉ, A. W. H. A cytochemical fine structure study of phagotrophy in a planktonic foraminifer, *Hastigerina pelagica* (d'Orbigny). **The Biological Bulletin,** v. 151, n. 3, p. 437-449, 1976.

ANGULO, R. J.; SOUZA, M. C. D.; REIMER, P.; SASAOCA, S. K. Reservoir effect of the southern and southeastern Brazilian coast. **Radiocarbon**, v. 47, n. 1-7, 2005.

ARZ, H. W.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. Climatic changes during the last deglaciation recorded in sediment cores from the northeastern Brazilian Continental Margin. **Geo-Marine Letters** v. 19, p. 209-218, 1999.

BARD, E.; ARNOLD, M.; HAMELIN, B.; TISNERAT-LABORDE, N.; CABIOCH, G. Radiocarbon calibration by means of mass spectrometric 230Th/234U and 14C ages of corals. An updated data base including samples from Barbados, Mururoa and Tahiti. **Radiocarbon,** v. 40, p. 1085-1092, 1998.

BARKER, S.; GREAVES, M.; ELDERFIELD, H. A study of Cleaning procedures used for foraminiferal Mg/Ca paleothermometry. **Geochemistry Geophysics Geosystems**, v. 4, n. 9, 2003.

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

BÉ, A. W. H.; HAMLIN, W. H. Ecology of Recent Planktonic Foraminifera: Part 3: Distribution in the North Atlantic duringthe Summer of 1962. **Micropaleontology**, v. 13, n. 1, 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. (Eds.). **The micropaleontology of the oceans**. London: Cambridge Universit Press, 1971. p. 105-149.

BÉ, A. W. H. Ecology of Recent Planktonic Foraminifera: Part 2: Bathymetric and Seasonal Distributions inthe Sargasso Sea off Bermuda. **Micropaleontology**, v. 6, n. 4, p. 373-392, 1960.

BÉ, A. W. H. An Ecological, Zoogeographic and Taxonomic Rewiew of Recent Planktonic Foraminifera. In: RAMSAY, A. T. S. (Ed.). **Oceanic micropaleontology**. London: Academic Press, 1977, v. 1, p. 1-100.

BELÉM, A. L.; CASTELÃO, R. M.; ALBUQUERQUE, A. L. S. Controls of subsurface temperature variability in a western boundary upwelling system. **Geophysical Research Letters,** v. 40, p. 1 – 5, 2013.

BERGE, C. T.; COIMBRA, J. C.; CRONIN, T. M. Cytherellid species (Ostracoda) and their significance to the Late Quaternary events in the Santos Basin, Brazil. **Senckenbergiana maritime,** v. 37, n. 1, p. 5-12, 2007.

BEMIS, B. E.; SPERO, H. J.; LEA, D. W.; BIJMA, J. Temperature influence on the carbon isotopic composition of *Globigerina bulloides* and *Orbulina universa* (planktonic foraminifera). **Marine Micropaleontology**, v. 38, p. 213–228, 2000.

BLAAUW, M. Methods and code for ‘classical’ age-modelling of radiocarbon sequences. **Quaternary Geochronology,** v. 5, p. 512-518, 2010.

BOLTOVSKOY, E. Planktonic Foraminifera as Indicators of Different Water Masses in the South Atlantic. **Micropaleontology**, v. 8, n. 3, p. 403-408, 1962.

BOLTOVSKOY, E. **Los foraminíferos recientes**. Buenos Aires: Editora Universitaria, 1965, 510 p.

BOLTOVSKOY, E. Daily vertical migration and absolute abundance of living planktonic foraminífera. **Journal of Foraminiferal Research,** v. 3, n. 2, p. 89-94, 1973.

BOLTOVSKOY, E.; BOLTOVSKOY, D.; CORREA, N.; BRANDINI, F. Planktic foraminifera from the southwestern Atlantic (30 °-60 °S): species-specific patterns in the upper 50 m. **Marine Micropaleontology**, v .28, n. 1, p. 53-72, 1996.

BURNS, S. J.; MASLIN, M. A. Composition and circulation of botton water in the western Atlantic Ocean during the last glacial, based on pore-water analyses from the Amazon Fan. **Geology**, v. 27, n. 11, p. 1011-1014, 1999.

CALADO, L. **Dinâmica da interação da atividade de mesoescala da Corrente do Brasil com o fenômeno da ressurgência costeira ao largo de Cabo Frio e Cabo de São Tomé (RJ)**. São Paulo, 2006. 184 f. Tese (Doutorado) - Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CALADO, L.; SILVEIRA, I. C. A.; GANGOPADHYAY, A.; DE CASTRO, B. M. Eddy-induced upwelling off Cape São Tomé (22°S, Brazil). **Continental Shelf Research,** v. 30, p. 1181–1188, 2010.

CALSON, A. E.; OPPO, D. W.;  CAME, R. E.; LeGRANDE, A. N.; KEIGVIN, L. N.; CURRY, W. B. Subtropical Atlantic salinity variability and Atlantic meridional circulation during the last deglaciation. **Geology,** v. 36, p. 991-994, 2008.

CAMPOS, E. J. D.; VELHOTE, D.; SILVEIM, I. C. A. D. Shelf break upwelling driven by Brazil Current cyclonic meanders. **Geophysical Research Letters**, v. 27, n. 6, p. 751- 754, 2000.

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 inteannual activity and extreme rainfall. **Journal of climate**, v. 17, n. 1, p. 88-108, 2004.

CASTRO, B. M.; MIRANDA, L. B. Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S. In: ROBINSON, A. R.; BRINK, K. H. (Eds.). **The sea**, Hoboken, N. J: John Wiley, 1998. v. 11, p. 209–251.

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.

CHIESSI, C. M.; ULRICH, S.; MULITZA, S.; PATZOLD, J.; WEFER, G. Signature of the Brazil-Malvinas Confluence (Argentine Basin) in the isotopic composition of 121 planktonic foraminifera from surface sediments. **Marine Micropaleontology**, v. 64, p. 52-66, 2007.

CHUNG, J. C. Correlations between the tropical atlantic trade winds and precipitation in Northeastern Brazil. **Journal of Climatology**, v. 2, p. 35-46, 1982.

CLARKE, K. R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. **Australian Journal of Ecology,** v. 18, p. 117–143, 1993.

CORREA, I. C. S. Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l'exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul-Bésill. **Marine Geology**, v. 130, p. 163-178, 1996.

CRUZ, F. W.; BURNS, S. J.; KARMANN, I.; SHARP, W. D.; VUILLE, D.; CARDOSO, A. O.; FERRARI, J. A.; DIAS, P. L. S.; VIANNA JR., O. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. **Nature,** v. 434, p. 63-66, 2005.

CRUZ, F. W.; VUILLE, M.; BURNS, S. J.; WANG, X.; CHENG, H.; WERNER, M.; EDWARDS, R. L.; KARMANN, I.; AULER, A. S.; NGUYEN, H. Orbitally driven east–west antiphasing of South American precipitation. **Nature Geoscience,** p. 1-5, 2009, DOI: 10.1038/NGEO444.

CURRY, W. B. Late Quaternary deep circulation in the Western Equatorial Atlantic. In: BERGER, W. G.; WEBB, S. G. (Eds.). **The South Atlantic**: present and past circulation. Berlin: Springer-Verlag, 1996. p. 577-598.

CURRY, W. B.; OPPO, D. W. Glacial water mass geometry and the distribution o $\delta^{13}C$ of $\Sigma CO_2$ in the western Atlantic Ocean. **Paleoceanography**, v. 20, PA1017 p. 1-12, 2005.

DA SILVA, A. G. V.; PORTILHO-RAMOS, R. C.; TOLEDO, M. B. Bioestratigrafia do testemunho GL74 (bacia de Campos) com base em foraminíferos planctônicos: resultados preliminares. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO ABEQUA, 13., 2011, Armação dos Buzios-RJ. **Anais...** Rio de Janeiro, 2011.

DA SILVA, A. R. **Distribuição espacial de foraminíferos planctônicos em sedimentos superficiais associados a parâmetros oceanográficos na interface das bacias de campos e de santos**. Niterói, 2011. 82 f. Dissertação (Mestrado), Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2011.

DEMENOCAL, P.; ORTIZ, J.; GUILDERSON, T.; ADKINS, J.; SARNTHEIN, M.; BAKER, L.; YARUSINSKY, M. Abrupt onset and termination of the African humid period: Rapid climate response to gradual insolation forcing. **Quaternary Science Reviews,** v. 19, p. 347–361, 2000.

DING, X.; BASSINOT, F.; GUICHARD, F.; LI, Q. Y.; FANG, N. Q.; LABEYRIE, L.; XIN, R. C.; ADISAPUTRA, M. K.; HARDJAWIDJAKSANA, K. Distribution and ecology of planktonic foraminifera from the seas around the Indonesian Archipelago. **Marine Micropaleontology**, v. 58, n. 2, p. 114-134, 2006.

DUPLESSY, J. C.; BÉ, A. W. H.; BLANC, P. L. Oxygen and carbon isotopic composition and biogeographic distribution of planktonic foraminifera in the indian ocean. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 33, p. 9-46, 1981.

EGGINS, E.; DEKKER, P. D.; 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.

EGGINS, E.; SADEKOV, A.; DEKKER, P. D. Modulation and daily banding of Mg/Ca in Orbulina universa tests by symbiont photosynthesis and respiration: a complication for seawater thermometry?. **Earth and Planetary Science Letters,** v. 225, p. 411– 419, 2004.

ELDERFIELD, H.; GANSSEN, G. Past temperature and d18O of surface ocean waters inferred from foraminiferalMg/Ca ratios. **Nature,** v. 405, p. 442 – 445, 2000.

EREZ, J. Vital effect on stable-isotope composition seen in foraminifera and coral skeletons. **Nature** v. 273, p. 199-202 , 1978.

EREZ, J.; LUZ, B. Experimental paleotemperature equation for planktonic foraminifera. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 47, n. 6, p. 1025-1031, 1983.

ERICSON, D. B.; WOLLIN, G. Pleistocene climates and chronology in deep-sea sediments. **Science**, v. 162, p. 1227-1234, 1968.

EGUCHI, N. O.; KAVAHATA, H.; TAIRA, A. Seasonal Response of Planktonic Foraminifera to Surface Ocean Condition: Sediment Trap Results from the Central North Pacific Ocean. **Journal of Oceanography**, v. 55, p. 681-691, 1999.

FAIRBANKS, R. G.; WHIERE, P. H.; BÉ, A. W. H. Vertical distribution and isotopic composition of living planktonic foraminífera in the Western North Atlantic. **Science,** v. 207, n. 4426, p. 61-63, 1980.

FEDOROVA, N.; CARVALHO, M. H.; SILVA, R. S. Processos sinóticos em anos de La niña e de El niño. Parte 11: zonas frontais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 15, n. 2, p. 57-72, 2000.

FRANZESE, A. M.; HEMMING, S. R.; GOLDSTEIN, S. L.; ANDERSON, R. F. Reduced Agulhas Leakage during the Last Glacial Maximum inferred from an integrated provenance and flux study. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 250, n. 1–2, p. 72–88, 2006.

GONZALEZ-SILVEIRA, A.; SANTAMARIA-DEL-ANGEL, E.; MILLAN-NÚÑEZ, R. Spatial and temporal variability of the Brazil-Malvinas Confluence and the La Plata Plume as seen by SeaWiFS and AVHRR imagery. **Journal of geophysical research**, v. 111, C06010, p. 1-17, 2006.

GURGEL, M. H. C. **La sédimentation organique associée à deux systèmes d'upwelling en Amérique du Sud tropicale:** implications paléocéanographiques et paléoclimatiques au

cours de l'Holocène. Orléans, 2008. 332 f. Thèse (Doctorat) - École Doctorale Sciences et Technologies, Université d'Orléans, Orléans, 2008.

GYLLENCREUTZ, R.; MAHIQUES, M. M.; ALVES, D.V.P.; WAINER, I. K. C. Mid- to late-Holocene paleoceanographic changes on the southeastern Brazilian shelf based on grain size records. **The Holocene,** v. 20, n. 6, p. 863–875, 2010.

HAUG, G. H.; HUGHEN, K. A.; SIGMAN, D. M.; PETERSON, L. C.; RÖHL, U. Southward Migration of the Intertropical Convergence Zone Through the Holocene. **Science**, v. 293, p. 1304-1308, 2001.

HENLEBEN, C.; SPINDLER, M.; EERSON, O. R. **Modern planktonic foraminifera**. New York: Berlin Heidelberg, 1989. 363 p.

HILBRECHT, H.; THIERSTEIN, H. R. Benthic behavior of planktic foraminifera. **Geology**, v. 24, n. 3, p. 200-202, 1996.

HILBRECHT, H. Morphologic gradation and ecology in< i> *Neogloboquadrina pachyderma*</i> and< i> *N. dutertrei*</i>(planktic foraminifera) from core top sediments. **Marine Micropaleontology**, v. 31, n.1, p. 31- 43, 1997.

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. G. A new micropaleontological method for quantitative paleoclimatology: Application to a late Pleistocene Caribbean core. In: TUREKIAN, K. K. (Ed.). **The late cenozoic glacial ages**, New Haven Conn: Yale Univ. Press, 1971, p. 71 – 181.

JOHNSEN, S. J.; JENSEN, D. D.; GUNDESTRUP, N.; STEFFENSEN, J. P.; CLAUSEN, H. P,; MILLER, H.; MASSON-DELMOTTE, V.; SVEINBJÖRNSDOTTIR, A. E.; WHITE, J. Oxygen isotope and palaeotemperature records from six Greenland ice-core stations: Camp Century, Dye-3, GRIP, GISP2, Renland and NorthGRIP. **Journal of Quaternary Science**, v. 16, n. 4, p. 299-307, 2001.

KATZ, M. E.; CRAMER, B. S.; FRANZESE, A.; HÖNICH, B.; MILLER, K. G.; ROSENTHAL, Y.; WRIGHT, J. D. Traditional and emerging geochemical proxies in foraminífera. **Journal of Foraminiferal Research,** v. 40, n. 2, p. 165–192, 2010.

KENNETH, J. P.; SRINAVASAM, M. S. **Neogene planktonic foraminifera:** a philogenetic atlas. Stroudsburg: Hutchinson Ross Publishing Company, 1983. 273 p.

KIM, J. H.; SCHNEIDER, R. R.; MULITZA, S.; MÜLLER, P. J. Reconstruction of SE trade-wind intensity based on sea-surface temperature gradients in the Southeast Atlantic over the last 25 kyr. **Geophysical Research Letters**, v. 30, n. 22 OCE1-1 – 1-4, 2003.

KIM, S. T.; O'NEIL, J. R. Equilibrium and nonequilibrium oxygen isotope effects in synthetic carbonates. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 61, n. 16, p. 3461- 3475, 1997.

KUCERA, M.; WEINELT, M.; KIEFER, T.; PFLAUMANN, U.; HAYERS, A.; WEINELT, M.; CHEN, M. 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.

KUCERA, M. Planktonic Foraminifera as Tracer of Past Oceanic Environments. In: HILLAIRE-MARCEL, C.; VERNAL, A. D. (Eds.). **Proxies in late cenozoic paleoceanography**. Tokyo: Elsevier, 2007. v. 1, p.213 – 255.

KUROYANAGI, A.; KAWAHATA, H. Vertical distribution of living planktonic foraminífera in the seas around Japan. **Marine Micropaleontology**, v. 53, p. 173– 196, 2004.

KUROYANAGI, A.; KAWAHATA, H.; NARITA, H.; OHKUSHI, K. I.; ARAMAKI, T. Reconstruction of paleoenvironmental changes based on the planktonic foraminiferal assemblages off Shimokita (Japan) in the northwestern North Pacific. **Global and Planetary Change**, v. 53, n. 1-2, p. 92-107, 2006.

LASLANDES, B.; SYLVESTRE, F.; SIFEDDINE, A.; TURCQ, B.; ALBUQUERQUE, A. L. S.; ABRÃO, J. Enregistrement de la variabilité hydroclimatique au cours des 6500 dernières années sur le littoral de Cabo Frio (Rio de Janeiro, Brésil). **Comptes Rendus Geoscience**, v. 338, p. 667–675, 2006.

LEA, D. W.; MASHIOTTA, T. A.; SPERO, H. J. Controls on magnesium and strontium uptake in planktonic foraminifera determined by live culturing. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 63, n. 16, p. 2369-2379, 1999.

LEE, J. J.; FABER, W. W.; ANDERSON, O. R.; PAWLOWSKI, J. Life-cycles of foraminifera. In LEE, J. J.; ANDERSON, O. R. (Eds). **Biology of foraminifera**. London: Academic Press, 1991. p. 285-334.

LeGRANDE, A. N.; SCHMIDT, G. A. Global gridded data set of the oxygen Isotopic composition in seawater. **Geophysical Research Letters**, v. 33, L12604, 2006.

LESSA, D. V. O. **Variabilidade da ressurgência na região de Cabo Frio (RJ) durante os últimos 1000 anos com base na associação de foraminíferos planctônicos**. Niterói, 2009. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2009.

LESSA, D. V. O.; OLIVEIRA, A. C. C. ; ALBUQUERQUE, A. L. S. ; SOUTO, D. D. ; TURCQ, B. J. ; SIFEDDINE, A. Contribuição da Corrente das Malvinas na ressurgência de Cabo Frio (RJ) durante o ótimo climático medieval evidenciada por foraminífero planctônico sub-polar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 4**.,** 2010, Rio Grande – RS. **Anais …** Rio Grande do Sul, 2010.

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. 1988. **Foraminiferal genera and their classification**. New York: Van Nostrand Heinhold, 1988. 2115 p.

LOHMAN, G. P. Increasing seasonal upwelling in the subtropical South Atlantic over the past 700,000 yrs: Evidence from deep-living planktonic foraminifera. **Marine Micropaleontology**, v. 19, p. 1-12, 1992.

LOMBARD, F.; DA ROCHA, R. E.; BIJMA, J.; GATTUSO, J. P. Effect of carbonate ion concentration and irradiance on calcification in planktonic foraminífera. **Biogeosciences**, v. 7, p. 247–255, 2010.

MACARIO, K. D.; ANJOS, R. M.; GOMES, P. R. S.; FIGUEIREDO JR., A. G.; SOUZA, C. L.; BARBOSA, C. F.; COIMBRA, M. M.; ELMORE, D."AMS radiocarbon dating on Campos Basin, Southeast Brazilian Continental Slope. **Nuclear Instruments and Methods**

**in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms**, v. 223, p. 535-539, 2004.

MAHIQUES, M. M.; BICEGO, M. C.; SILVEIRA, I. C. A.; SOUZA, S. H. M.; LOURENÇO, R. A.; FUKUMOTO, M. M. Modern sedimentation in the Cabo Frio upwelling system, Southeastern Brazilian shelf. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 77, n. 3, p. 535-548, 2005.

MAHIQUES, M. M.; TESSLER, M. G.; CIOTTI, A. M.; SILVEIRA, I. C. A.; SOUSA, S. H. M.; FIGUEIRA, R. C. L.; TASSINARI, C. C. G.; FURTADO, V. V.; PASSOS, R. F. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off Southeast Brazil. **Continental Shelf Research**, v. 24, p. 1685-1697, 2004.

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, , p. 1–11, 2001.

MALMGREN, B. A.; NORDLUND, U. Application of artificial neural networks to paleoceanographic data, **Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology**, v. 136, p. 359– 373, 1997.

MACHAIN-CASTILLO, M. L.; MONREAL-GÓMEZ, M. A.; ARELLANO-TORRES, E.; MERINO-IBARRA, M.; GONZÁLEZ-CHÁVEZ, G. Recent planktonic foraminiferal distribution patterns and their relation to hydrographic conditions of the Gulf of Tehuantepec, Mexican Pacific. **Marine Micropaleontology**, v. 66, n. 2, p. 103- 119, 2008.

MARCHANT, M.; HEBBELN, D.; GIGLIO, S.; COLOMA, C.; GONZÁLEZ, H. E. Seasonal and interannual variability in the flux of planktic foraminifera in the Humboldt Current System off central Chile (30°S). **Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, v. 51, n. 20-21, p. 2441-2455, 2004.

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**, v. 161, n. 2-4, p. 115-128, 1999.

MARR, J. P.; BECKER, J. A.; CARTER, L.; ALLAM, A. S. R.; DUNBAR, G. B.; BOSTOCK, H. Ecological and temperature controls on Mg/Ca ratios of Globigerina bulloides from the southwest Pacific Ocean. **Paleoceanography**, v. 26, PA2209, p. 1-15, 2011.

MARTIN, L., FLEXOR, J., SUGUIO, K. Variación de La dinâmica costera durante los últimos 5000 años a lo largo de La costa Brasileña como indicador de condiciones de tipo El Niño. In ARGOLLO J., MOURGUIART P. (Eds.). **Climas Cuaternarios em America del Sur**. La Paz: Orston , 2005, p 95-109.

MASHIOTTA, T. A.; LEA, D. W.; SPERO, H. J. Glacial–interglacial changes in Subantarctic sea surface temperature and d18O-water using foraminiferal Mg. **Earth and Planetary Science Letters** v. 170, p. 417–432, 1999.

McCONNELL, M. C.; THUNELL, R. C. Calibration of the planktonic foraminiferal Mg/Ca paleothermometer: Sediment trap results from the Guaymas Basin, Gulf of California. **Paleoceanography**, v. 20, PA2016, p. 1-18, 2005.

MOY, A. D; HOWARD, W.; BRAY, S. G.; TRULL, T. Reduced calcification in modern Southern Ocean planktonic foraminifera. **Nature Geoscience**, v. 2, p. 276-280, 2009.

MULITZA, S.; BOLTOVSKOY, D.; DONNER, B.; MEGGERS, H.; PAUL, A.; WEFER, G. Temperature: δ18O relationships of planktonic foraminifera collected from surfasse waters. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 202, n. 15, p. 143-152, 2003.

MULITZA, S.; DONNER, B.; FICHER, G.; WEFER, G. The south Atlantic oxygen isotope record of planktonic foraminifera. In: WEFER, G.; MULITZA, S.; RATMEYER, V. **The south Atlantic in the late Quaternary**: reconstruction of material budget and current systems. Berlin: Springer, 2004.

MULITZA, S.; WOLFF, T.; PÄTZOLD, J.; HALE, W.;WEFER, G. Temperature sensitivity of planktic foraminifera and its influence on the oxygen isotope record. **Marine micropaleontology**, v. 33, n.3, p. 223-240, 1998.

NAGAI, R. H.; SOUSA, S. H. M.; BURONE, L.; MAHIQUES, M. M. Paleoproductivity changes during the Holocene in the inner shelf of Cabo Frio, southeastern Brazilian continental margin: Benthic foraminífera and sedimentological proxies. **Quaternary International**, v. 206, n. 2009. p. 62–71, 2009.

NIEBLER, H. S.; GERSONDE, R. A planktonic foraminiferal transfer function for the southern South Atlantic Ocean. **Marine Micropaleontology**, v. 34, n. 3-4, p. 213-234, 1998.

NIEBLER, H. S.; HUBBERTEN, H. W.; GERSONDE, R. Oxigen Isotope Values of Planktic Foraminifera: A Tool for the Reconstruction of Surface Water Stratification. In: FISHER, G.; WEFER, G. (Eds.). **Use of proxies in paleoceanography:** examples from the South Atlantic. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1999, p. 165-189.

OLIVEIRA, A. C. C. **Registro de paleotemperaturas na Plataforma Continental de Cabo Frio, Rio de Janeiro, ao longo dos últimos 13.000 anos.** Niterói, 2008. 185 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2008.

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

PEETERS, F. J. C.; ACHESON, R.; BRUMMER, G. J. A.; DE RUIJTER, W. P. M.; SCHNEIDER, R. R.; GANSEN, G. M.; UFKES, E.; KROON, D. Vigorous exchange between the Indian and Atlantic oceans at the end of the past five glacial periods. **Nature**, v. 430, p. 661-665, 2004.

PEETERS, F. J. C.; BRUMMER; G. J. A.; GANSSEN; 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**, v. 34, p. 269–291, 2002.

PETERSON, L. C.; HAUG, G. H. Variability in the mean latitude of the Atlantic Intertropical Convergence Zone as recorded by riverine input of sediments to the Cariaco Basin (Venezuela). **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 234, n. 1, p. 97-113, 2006.

PETERSON, R. G.; STRAMMA, L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. **Progress in Oceanography**, v. 26, p. 1-73, 1991.

PFLAUMANN, U.; DUPRAT, J.; PUJOL, C.; LABEYRIE, L. D. SIMMAX: A modern analog technique to deduce Atlantic sea surface temperatures from planktonic foraminifera in deep-sea sediments. **Paleoceanography**, v. 11, n. 1, p. 15-35, 1996.

PIVEL, M. A. G.; SANTAROSA, A. C. A.; TOLEDO, F. A. L.; COSTA, K. B. The Holocene onset in the southwestern South Atlantic. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 374, p. 164 – 172, 2013.

PORTILHO-RAMOS, R. C. **Caracterização paleoceanográfica do testemunho JPC- 95, margem continental sul brasileira, com base em foraminíferos planctônicos e isótopos estáveis de oxigênio**. Niterói, 2006. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006.

RAVELO, A. C.; HILLAIRE-MARCEL, C. The use of oxygen and carbon isotopes of foraminifera in paleoceanography. In HILLAIRE-MARCEL, C.; VERNAL, A. D. (Eds.). **Proxies in Late Cenozoic paleoceanography**. Tokyo: Elsevier, 2007. v. 1, p 735-761.

REGENBERG, M.; NÜRNBERG, D.; STEPH, S.; GROENEVELD, J.; GARBE-SCHÖNBERG, D.; TIEDEMANN, R.; DULLO, W. C. Assessing the effect of dissolution on planktonic foraminiferal Mg/Ca ratios: Evidence from Caribbean core tops. **Geochemistry, Geophysics, Geosystems**, v. 7, n. 7, p. 1-23, 2006.

REIMER, P. J., et al. IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. **Radiocarbon**, v. 51, n. 4, p. 1111-1150, 2009.

SADEKOV, A.; EGGINS, S. M.; DECKKER, P. D.; KROON, D. Uncertainties in seawater thermometry deriving from intratest and intertest Mg/Ca variability in *Globigerinoides ruber*. **Paleoceanography**, v. 23, PA1215, p. 1-12, 2008.

SADEKOV, A. Y.; EGGINS, S. M.; KLINKHAMMER, G. P.; ROSENTHAL, Y. Effects of seafloor and laboratory dissolution on the Mg/Ca composition of *Globigerinoides sacculifer* and *Orbulina universa* tests — A laser ablation ICPMS microanalysis perspective. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 292, p. 312–324, 2010.

SCHMUKER, B.; SCHIEBEL, R. Planktic foraminifers and hydrography of the eastern and northern Caribbean Sea. **Marine Micropaleontology**, v. 46, n. 3-4, p. 387-403, 2002.

SENGUPTA, B. K. S. **Modern foraminifera**. London: Kluwer Academic Publishers, 1994. 371 p.

SHACKLETON, N. J. Attainment of isotopic equilibrium between ocean water and the benthonic foraminifera genus Uvigerina: Isotopic changes in the ocean during the last glacial.

**Colloques Internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique (France)**, v. 219, p. 203-209, 1974.

SILVA DIAS, P. L.; TURCQ, B.; SILVA DIAS, M. A. F.; BRACONNOT, P.; JORGETTI, T. Evaluation of Model Simulation of 6ka BP and Present Climate in Tropical South America. In: VIMEUX, F. et al. (Eds.) **Past climate variability from the Last Glacial Maximum to the Holocene in South America an Surrounding regions. Developments in Paleoenvironmental Research Series (DPER) vol 14**, Springer Verlag, p. 259-281, 2009.

SILVA-JR., C. L.; CAMPEL, M.; ARAUJO, 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 BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais...** Brasil**:** INPE, 1996. p. 787-793.

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, p. 171-183, 2000.

SOARES-GOMES, A.; FIGUEIREDO, A. G. O Ambiente Marinho. In: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. (Eds.). **Biologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2002. p. 1 - 33

SOUTO, D. D.; LESSA, D. V. O.; ALBUQUERQUE, A. L. S.; SIFEDDINE, A., TURCQ, B.; BARBOSA, C. F. Marine sediments from southeastern Brazilian continental shelf: A 1200 year record of upwelling productivity. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 299, p. 49–55, 2011.

SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. **Quaternário do Brasil**. São Paulo: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 2005. 379 p.

STEIG, E. J.; HART, C. P.; WHITE, J. W. C.; CUNNINGHAM, W. L.; DAVIS, M. D.; SALTZMAN, E. S. Changes in climate, ocean and ice sheet conditions in the Ross Embayment, Antarctica, at 6 ka. **Annals of Glaciology**, v. 27**,** p. 305–310, 1998.

STEINKE, S.; H.-Y. CHIU, P.-S; YU, C.-C; SHEN, L. LO.; WEMARK, H.-S. MII; M.-T. CHEN. Mg/Ca ratios of two *Globigerinoides ruber* (white) morphotypes: Implications for reconstructing past tropical/subtropical surface water conditions. **Geochem. Geophys. Geosyst**, v. 6, Q11005, 2005.

STRAMMA, L.; ENGLAND, M. On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. **Journal of Geophysical Research**, v. 104, C9, p. 20863–20883, 1999.

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

TELFORD, R. J.; LI, C.; KUCERA, M. Mismatch between the depth habitat of planktonic foraminifera and the calibration depth of SST transfer functions may bias reconstructions. **Climate of the Past**, v. 9, n. 2, p. 859-870, 2013.

THOMPSON, P. R.; BÉ, A. W. H.; DUPLESSY, J. C.; SHACKLETON, N. J. Disappearance of pink-pigmented *Globigerinoides ruber* at 120,000 yr BP in the Indian and Pacific Oceans. **Nature**, v. 280, p. 554 – 558, 1979.

TOLDERLUND, D. S.; BÉ, A. W. H. Seasonal Distribution of Planktonic Foraminifera in the Western North Atlantic. **Micropaleontology**, v. 17, n. 3, p. 297-329, 1971.

TOLEDO, F. A. L., CACHÃO M., COSTA, K. B., PIVEL, M. A. G. Planktonic foraminifera, calcareous nannoplankton and ascidian variations during the last 25 kyr in the Southwestern Atlantic: A paleoproductivity signature? **Marine Micropaleontology**, v. 64, p. 67-79, 2007a.

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, p. 383–395, 2007b.

TOLEDO, F. A. L.; COSTA, K. B.; PIVEL, M. A. G.; CAMPOS, E. J. D. Tracing past circulation changes in the western south atlantic based on planktonic foraminifera. **Revista Brasileira de Paleontologia**, v. 11, n. 3, p. 169-178, 2008.

VALENTIN, J. L. Analyse des paramètres hydrobiologiques dans la remontée de Cabo Frio (Brésil). **Marine Biology**, v. 82, n. 3, p. 259-276, 1984.

VICALVI, M. A. **Zoneamento bioestratigráfico e paleoclimático do Quaternário Superior do talude da Bacia de Campos e Platô de São Paulo Adjacente, com base em foraminíferos planctônicos**. Rio de Janeiro, 1999. 184 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.

WAELBROECK, 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, p. 272-283, 1998.

WANG, C.; XIE, S.-P.; CARTON, J. A. A global survey of ocean-atmosphere interaction and climate variability. In*:* WANG, C. et al (Eds.). **Earth's Climate The Ocean-Atmosphere Interaction**. Washington: AGU, 2004. p. 1-19.

# 8 ANEXOS

**Anexo 1:** Dados de contagem micropaleontológica de foraminíferos planctônicos dos topos de *box-core* do projeto Ressurgência.

Abreviações:

UNI – *Orbulina universa*; CON – *Globigerinoides conglobatus*; RUBP – *Globigerinoides ruber pink*; RUBW – *Globigerinoides ruber white* ; TEN – *Globoturborotalita tennela*; SAC – *Globigerinoides sacculifer*; SPH – Globigerinella siphonifera; CAL – Globigerinella calida; BUL – Globigerina bulloides; FAL – Globigerina falconensis; RBS – Globoturborotalita rubescens; HUM – Turborotalita humilis; QUI – Turborotalita quinqueloba; DUT – Neogloboquadrina dutertrei; PUL – Pulleniatina obliquiloculata; INF – Globorotalia inflata; TRUS – *Globorotalia truncatulinoides* sinistral; TRUD – *Globorotalia truncatulinoides* dextral; CRA – Globorotalia crassaformis; HIR – Globorotalia hirsuta; SCI – Globorotalia scitula; ANF – Dentagloborotalia anfracta – MEN – Globorotalia menardii ( inclui as sub-espécies *Globorotalia menardii menardii*, *Globorotalia menardii fimbriata* e *Globorotalia menardii cultrata*); TUM – Globorotalia tumida; UNG – Globorotalia ungulata; ATL - Globigerina atlantisae; GLU – *Globigerinita glutinata* (inclui as variações conhecidas como *Tenuitella iota* e *Tenuitella ambitacrena*); UVU – Globigerinita uvula.

| Classe de tamanho | *Box-core* | Volume lavado (cm³) | Fração da amostra (1/x) | UNI | CON | RUBP | RUBW | TEN | SAC | SPH | CAL | BUL | FAL | RBS | HUM | QUI | DUT | PUL | INF | TRUS | TRUD | CRA | HIR | SCI | ANF | MEN | TUM | UNG | ATL | GLU | UVU | PEL | Outras | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 125 - 150 µm | BCCF10-15A1 | 10 | 1 | 0 | 0 | 13 | 33 | 1 | 5 | 0 | 7 | 18 | 0 | 32 | 0 | 12 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 145 |
| | BCCF10-14B1 | 9 | 1 | 0 | 0 | 23 | 56 | 3 | 5 | 0 | 9 | 36 | 3 | 59 | 0 | 35 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 70 | 0 | 1 | 2 | 306 |
| | BCCF10-13A2 | 10 | 1 | 0 | 0 | 15 | 31 | 0 | 1 | 0 | 16 | 14 | 2 | 52 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 23 | 0 | 0 | 3 | 180 |
| | BCCF10-12B3 | 10 | 8 | 0 | 0 | 26 | 61 | 4 | 5 | 0 | 14 | 27 | 1 | 81 | 0 | 49 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 88 | 0 | 0 | 0 | 364 |
| | BCCF10-11B3 | 10 | 2 | 0 | 0 | 17 | 31 | 3 | 0 | 0 | 9 | 12 | 1 | 18 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 134 |
| | BCCF10-10A2 | 10 | 2 | 0 | 0 | 9 | 9 | 2 | 3 | 0 | 6 | 10 | 1 | 32 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| | BCCF10-09B2 | 7 | 2 | 0 | 0 | 12 | 26 | 2 | 2 | 0 | 7 | 15 | 0 | 30 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 54 | 0 | 0 | 1 | 176 |
| | BCCF10-08A1 | 10 | 2 | 0 | 1 | 13 | 30 | 0 | 2 | 0 | 12 | 12 | 1 | 27 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 32 | 0 | 0 | 0 | 149 |
| | BCCF10-16B2 | 10,5 | 1 | 0 | 0 | 8 | 24 | 0 | 2 | 0 | 7 | 24 | 0 | 16 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 103 |
| | BCCF10-07A3 | 10 | 4 | 0 | 1 | 12 | 29 | 1 | 2 | 0 | 14 | 25 | 1 | 31 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 147 |
| | BCCF10-04A2 | 6 | 2 | 0 | 0 | 15 | 26 | 2 | 1 | 0 | 14 | 21 | 0 | 30 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41 | 0 | 0 | 0 | 177 |
| | BCCF10-02B3 | 10 | 16 | 0 | 0 | 9 | 49 | 2 | 1 | 0 | 3 | 13 | 0 | 37 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 147 |
| | BCCF10-01B1 | 10 | 16 | 0 | 0 | 8 | 55 | 10 | 2 | 0 | 14 | 16 | 1 | 69 | 0 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 34 | 0 | 0 | 1 | 257 |

| Classe de tamanho | *Box-core* | Volume lavado (cm³) | Fração da amostra (1/x) | UNI | CON | RUBP | RUBW | TEN | SAC | SPH | CAL | BUL | FAL | RBS | HUM | QUI | DUT | PUL | INF | TRUS | TRUD | CRA | HIR | SCI | ANF | MEN | TUM | UNG | ATL | GLU | UVU | PEL | Outras | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 150 - 250 µm | BCCF10-15A1 | 10 | 1 | 0 | 0 | 30 | 47 | 4 | 4 | 1 | 7 | 19 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 125 |
| | BCCF10-14B1 | 9 | 1 | 0 | 0 | 26 | 43 | 3 | 2 | 1 | 5 | 48 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 145 |
| | BCCF10-13A2 | 10 | 1 | 0 | 0 | 20 | 32 | 2 | 2 | 0 | 5 | 21 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 91 |
| | BCCF10-12B3 | 10 | 8 | 0 | 0 | 16 | 32 | 4 | 0 | 0 | 14 | 29 | 0 | 14 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 123 |
| | BCCF10-11B3 | 10 | 2 | 0 | 1 | 28 | 42 | 2 | 3 | 1 | 5 | 23 | 0 | 3 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 119 |
| | BCCF10-10A2 | 10 | 2 | 0 | 0 | 16 | 42 | 3 | 2 | 1 | 4 | 30 | 1 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 112 |
| | BCCF10-09B2 | 7 | 2 | 0 | 0 | 7 | 22 | 1 | 1 | 2 | 2 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 58 |
| | BCCF10-08A1 | 10 | 2 | 0 | 0 | 13 | 21 | 1 | 1 | 1 | 3 | 22 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 69 |
| | BCCF10-16B2 | 10,5 | 1 | 0 | 0 | 22 | 48 | 1 | 2 | 0 | 9 | 24 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 114 |
| | BCCF10-07A3 | 10 | 4 | 0 | 0 | 21 | 44 | 3 | 2 | 0 | 2 | 34 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 112 |
| | BCCF10-04A2 | 6 | 2 | 0 | 1 | 15 | 28 | 3 | 1 | 1 | 8 | 13 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 79 |
| | BCCF10-02B3 | 10 | 16 | 0 | 0 | 32 | 82 | 6 | 7 | 1 | 7 | 37 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 187 |
| | BCCF10-01B1 | 10 | 16 | 0 | 0 | 21 | 36 | 3 | 0 | 1 | 14 | 27 | 0 | 22 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 155 |

| Classe de tamanho | *Box-core* | Volume lavado (cm³) | Fração da amostra (1/x) | UNI | CON | RUBP | RUBW | TEN | SAC | SPH | CAL | BUL | FAL | RBS | HUM | QUI | DUT | PUL | INF | TRUS | TRUD | CRA | HIR | SCI | ANF | MEN | TUM | UNG | ATL | GLU | UVU | PEL | Outras | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| > 250 µm | BCCF10-15A1 | 10 | 1 | 2 | 0 | 37 | 19 | 0 | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 66 |
| | BCCF10-14B1 | 9 | 1 | 4 | 1 | 26 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 |
| | BCCF10-13A2 | 10 | 1 | 3 | 0 | 38 | 12 | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 |
| | BCCF10-12B3 | 10 | 8 | 2 | 2 | 16 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| | BCCF10-11B3 | 10 | 2 | 1 | 2 | 16 | 14 | 0 | 2 | 1 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 |
| | BCCF10-10A2 | 10 | 2 | 1 | 1 | 25 | 14 | 0 | 4 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 |
| | BCCF10-09B2 | 7 | 2 | 3 | 1 | 15 | 6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 |
| | BCCF10-08A1 | 10 | 2 | 2 | 2 | 23 | 17 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| | BCCF10-16B2 | 10,5 | 1 | 3 | 0 | 52 | 29 | 0 | 3 | 4 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96 |
| | BCCF10-07A3 | 10 | 4 | 1 | 0 | 31 | 15 | 0 | 5 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59 |
| | BCCF10-04A2 | 6 | 2 | 1 | 0 | 10 | 19 | 0 | 4 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41 |
| | BCCF10-02B3 | 10 | 16 | 2 | 2 | 43 | 27 | 0 | 4 | 4 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| | BCCF10-01B1 | 10 | 16 | 0 | 0 | 17 | 15 | 0 | 4 | 2 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 |

**Anexo 2:** Dados de contagem de foraminíferos planctônicos do testemunho CF10-01B.

UNI – *Orbulina universa*; CON – *Globigerinoides conglobatus*; RUBP – *Globigerinoides ruber pink*; RUBW – *Globigerinoides ruber white* ; TEN – *Globoturborotalita tennela*; SAC – *Globigerinoides sacculifer*; SPH – *Globigerinella siphonifera*; CAL – *Globigerinella calida*; BUL – *Globigerina bulloides*; FAL – *Globigerina falconensis*; RBS – *Globoturborotalita rubescens*; HUM – *Turborotalita humilis*; QUI – *Turborotalita quinqueloba*; DUT – *Neogloboquadrina dutertrei*; PUL – *Pulleniatina obliquiloculata*; INF – *Globorotalia inflata*; TRUS – *Globorotalia truncatulinoides* sinistral; TRUD – *Globorotalia truncatulinoides* dextral; CRA – *Globorotalia crassaformis*; HIR – *Globorotalia hirsuta*; SCI – *Globorotalia scitula*; ANF – *Dentagloborotalia anfracta* – MEN – *Globorotalia menardii* ( inclui as sub-espécies *Globorotalia menardii menardii*, *Globorotalia menardii fimbriata* e *Globorotalia menardii cultrata*); TUM – *Globorotalia tumida*; UNG – *Globorotalia ungulata*; ATL - *Globigerina atlantisae*; GLU – *Globigerinita glutinata* (inclui as variações conhecidas como *Tenuitella iota* e *Tenuitella ambitacrena*); UVU – *Globigerinita uvula*.

Fração da amostra (1/x) – representa o denominador da fração de quarteamento da amostra cuja assembleia foi quantificada.

Volume lavado – volume de sedimento lavado para as análises micropaleontológicas.

Outras – espécies que não puderam ser identificadas.

Anexo 2.1: Dados de contagem de foraminíferos planctônicos do testemunho CF10-01B na classe de tamanho 125 – 150 µm.

| Prof. (cm) | Idade (ka AP) | Fração da amostra (1/x) | Volume lavado (cm³) | UNI | CON | RUBP | RUBW | TEN | SAC | SPH | CAL | BUL | FAL | RBS | HUM | QUI | DUT | PUL | INF | TRUS | TRUD | CRA | HIR | SCI | ANF | MEN | TUM | UNG | ATL | GLU | UVU | PEL | Outras | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,88 | 8 | 8 | 0 | 0 | 14 | 42 | 3 | 2 | 1 | 20 | 18 | 9 | 61 | 0 | 40 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 1 | 47 | 0 | 0 | 0 | 265 |
| 5 | 1,04 | 8 | 8 | 0 | 0 | 8 | 52 | 2 | 1 | 0 | 10 | 26 | 2 | 72 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 61 | 0 | 0 | 0 | 287 |
| 10 | 1,20 | 8 | 8 | 0 | 0 | 19 | 72 | 0 | 4 | 0 | 18 | 29 | 4 | 84 | 0 | 62 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 59 | 1 | 0 | 2 | 358 |
| 15 | 1,36 | 16 | 8 | 0 | 0 | 15 | 32 | 0 | 3 | 0 | 4 | 14 | 1 | 34 | 0 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 22 | 0 | 0 | 1 | 154 |
| 20 | 1,52 | 16 | 8 | 0 | 1 | 6 | 29 | 0 | 1 | 0 | 2 | 7 | 4 | 32 | 1 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 28 | 1 | 0 | 0 | 140 |
| 25 | 1,68 | 8 | 8 | 0 | 0 | 20 | 31 | 5 | 1 | 0 | 15 | 23 | 0 | 79 | 0 | 39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 55 | 0 | 0 | 0 | 270 |
| 30 | 1,84 | 8 | 8 | 0 | 1 | 7 | 40 | 2 | 1 | 0 | 10 | 28 | 6 | 56 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 | 0 | 0 | 1 | 209 |
| 35 | 1,99 | 8 | 8 | 0 | 0 | 10 | 37 | 3 | 2 | 0 | 7 | 14 | 1 | 33 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 45 | 0 | 0 | 0 | 168 |
| 40 | 2,14 | 8 | 8 | 0 | 0 | 21 | 57 | 0 | 0 | 1 | 12 | 17 | 5 | 60 | 0 | 7 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 58 | 0 | 0 | 2 | 243 |
| 42 | 2,20 | 8 | 8 | 0 | 0 | 7 | 32 | 2 | 1 | 0 | 10 | 17 | 4 | 49 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 51 | 0 | 0 | 0 | 183 |
| 43 | 2,23 | 8 | 8 | 0 | 0 | 18 | 44 | 4 | 2 | 0 | 10 | 20 | 2 | 72 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 38 | 1 | 0 | 1 | 223 |
| 45 | 2,29 | 8 | 8 | 0 | 0 | 21 | 49 | 6 | 1 | 0 | 14 | 25 | 2 | 60 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 45 | 0 | 0 | 0 | 229 |
| 46 | 2,32 | 8 | 8 | 0 | 0 | 17 | 45 | 2 | 0 | 0 | 7 | 18 | 2 | 49 | 0 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 0 | 2 | 0 | 54 | 0 | 0 | 0 | 211 |
| 47 | 2,35 | 8 | 9 | 0 | 0 | 15 | 27 | 0 | 2 | 0 | 7 | 7 | 1 | 51 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 44 | 0 | 0 | 0 | 165 |
| 50 | 2,44 | 8 | 8 | 0 | 0 | 8 | 73 | 4 | 1 | 1 | 9 | 22 | 2 | 90 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 45 | 0 | 0 | 1 | 269 |
| 55 | 2,58 | 8 | 8 | 0 | 0 | 10 | 38 | 4 | 0 | 0 | 3 | 11 | 3 | 53 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 0 | 0 | 156 |
| 60 | 2,72 | 16 | 8 | 0 | 0 | 4 | 36 | 2 | 1 | 0 | 0 | 9 | 2 | 36 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 20 | 0 | 0 | 0 | 116 |
| 65 | 2,85 | 8 | 8 | 0 | 0 | 8 | 49 | 0 | 0 | 0 | 8 | 8 | 2 | 53 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 47 | 0 | 0 | 0 | 187 |
| 70 | 2,99 | 8 | 8 | 0 | 0 | 12 | 57 | 1 | 3 | 0 | 4 | 11 | 1 | 63 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 37 | 0 | 0 | 1 | 198 |
| 75 | 3,12 | 8 | 8 | 0 | 0 | 10 | 47 | 5 | 2 | 0 | 8 | 7 | 3 | 71 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 42 | 0 | 0 | 0 | 210 |
| 80 | 3,26 | 16 | 8 | 0 | 0 | 11 | 41 | 2 | 4 | 0 | 5 | 8 | 2 | 54 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 18 | 0 | 0 | 0 | 153 |
| 84 | 3,36 | 8 | 8 | 0 | 0 | 10 | 51 | 4 | 0 | 0 | 9 | 17 | 0 | 79 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 1 | 45 | 1 | 0 | 0 | 232 |
| 85 | 3,39 | 8 | 8 | 0 | 0 | 17 | 61 | 5 | 1 | 0 | 12 | 21 | 6 | 79 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 51 | 0 | 0 | 0 | 268 |
| 86 | 3,42 | 8 | 8 | 0 | 0 | 23 | 83 | 5 | 2 | 0 | 13 | 19 | 1 | 121 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 0 | 332 |
| 87 | 3,44 | 16 | 8 | 0 | 0 | 9 | 26 | 3 | 2 | 0 | 4 | 14 | 2 | 54 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 35 | 0 | 0 | 0 | 155 |
| 88 | 3,47 | 16 | 8 | 0 | 1 | 6 | 26 | 3 | 0 | 0 | 6 | 11 | 4 | 52 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 1 | 132 |
| 89 | 3,50 | 16 | 8 | 0 | 0 | 9 | 24 | 0 | 3 | 1 | 5 | 16 | 0 | 53 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 3 | 34 | 0 | 0 | 0 | 159 |
| 90 | 3,52 | 8 | 8 | 0 | 0 | 10 | 25 | 5 | 2 | 1 | 6 | 12 | 1 | 68 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 30 | 1 | 0 | 1 | 172 |
| 95 | 3,66 | 8 | 8 | 0 | 0 | 17 | 54 | 3 | 2 | 1 | 7 | 28 | 3 | 98 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 2 | 2 | 43 | 0 | 0 | 0 | 285 |
| 100 | 3,80 | 8 | 8 | 0 | 0 | 16 | 37 | 5 | 0 | 1 | 5 | 23 | 0 | 71 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 31 | 0 | 0 | 0 | 202 |
| 105 | 3,94 | 16 | 8 | 0 | 0 | 11 | 22 | 1 | 0 | 0 | 5 | 8 | 2 | 53 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 2 | 27 | 0 | 0 | 0 | 143 |
| 110 | 4,08 | 8 | 8 | 0 | 0 | 15 | 29 | 2 | 3 | 0 | 7 | 11 | 1 | 47 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 30 | 0 | 0 | 0 | 158 |
| 115 | 4,22 | 8 | 8 | 0 | 0 | 19 | 31 | 5 | 2 | 3 | 3 | 6 | 2 | 35 | 0 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 140 |
| 120 | 4,38 | 8 | 8 | 0 | 0 | 15 | 34 | 2 | 1 | 1 | 4 | 17 | 2 | 58 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 22 | 0 | 0 | 0 | 171 |
| 125 | 4,53 | 8 | 8 | 0 | 0 | 22 | 39 | 9 | 2 | 0 | 11 | 17 | 2 | 52 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 27 | 0 | 0 | 0 | 195 |
| 130 | 4,69 | 8 | 8 | 0 | 0 | 14 | 26 | 3 | 0 | 0 | 6 | 11 | 4 | 50 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 37 | 1 | 0 | 0 | 163 |
| 135 | 4,86 | 8 | 8 | 0 | 0 | 19 | 41 | 5 | 1 | 0 | 7 | 20 | 0 | 59 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 193 |
| 140 | 5,04 | 8 | 8 | 0 | 0 | 20 | 41 | 2 | 1 | 0 | 7 | 20 | 0 | 69 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 36 | 0 | 0 | 0 | 209 |
| 145 | 5,22 | 16 | 8 | 0 | 0 | 13 | 36 | 8 | 3 | 0 | 5 | 8 | 0 | 25 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 24 | 0 | 0 | 0 | 139 |
| 150 | 5,41 | 16 | 8 | 0 | 1 | 7 | 36 | 1 | 0 | 0 | 9 | 8 | 1 | 36 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 16 | 0 | 0 | 0 | 131 |
| 155 | 5,60 | 16 | 8 | 0 | 0 | 12 | 31 | 4 | 2 | 0 | 5 | 10 | 1 | 31 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 20 | 0 | 0 | 0 | 131 |
| 160 | 5,80 | 16 | 8 | 0 | 0 | 10 | 37 | 3 | 2 | 0 | 5 | 13 | 0 | 32 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 123 |
| 165 | 6,00 | 16 | 8 | 0 | 0 | 8 | 40 | 11 | 0 | 0 | 2 | 10 | 1 | 40 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 134 |
| 169 | 6,17 | 32 | 8 | 0 | 0 | 4 | 27 | 4 | 0 | 0 | 5 | 14 | 0 | 15 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 87 |

| Prof. (cm) | Idade (ka AP) | Fração da amostra (1/x) | Volume lavado (cm³) | UNI | CON | RUBP | RUBW | TEN | SAC | SPH | CAL | BUL | FAL | RBS | HUM | QUI | DUT | PUL | INF | TRUS | TRUD | CRA | HIR | SCI | ANF | MEN | TUM | UNG | ATL | GLU | UVU | PEL | Outras | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 170 | 6,21 | 16 | 8 | 0 | 0 | 5 | 56 | 0 | 2 | 3 | 4 | 17 | 0 | 27 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 16 | 0 | 0 | 0 | 148 |
| 171 | 6,25 | 32 | 8 | 0 | 1 | 12 | 32 | 6 | 2 | 0 | 4 | 5 | 0 | 20 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 13 | 0 | 0 | 0 | 106 |
| 175 | 6,42 | 16 | 8 | 0 | 0 | 9 | 46 | 7 | 2 | 0 | 2 | 22 | 1 | 29 | 0 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 142 |
| 180 | 6,64 | 16 | 8 | 0 | 0 | 3 | 33 | 0 | 1 | 0 | 3 | 19 | 0 | 51 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 1 | 142 |
| 184 | 6,82 | 32 | 8 | 0 | 0 | 6 | 32 | 1 | 4 | 0 | 0 | 12 | 0 | 22 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 91 |
| 185 | 6,86 | 16 | 8 | 0 | 0 | 14 | 66 | 4 | 2 | 0 | 4 | 22 | 3 | 40 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 12 | 0 | 0 | 0 | 185 |
| 190 | 7,08 | 16 | 8 | 0 | 1 | 5 | 35 | 1 | 2 | 0 | 3 | 9 | 0 | 36 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 25 | 1 | 0 | 0 | 132 |
| 195 | 7,31 | 16 | 8 | 0 | 0 | 10 | 48 | 4 | 1 | 0 | 3 | 8 | 0 | 64 | 0 | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 172 |
| 200 | 7,53 | 16 | 8 | 0 | 0 | 11 | 23 | 2 | 3 | 0 | 3 | 4 | 1 | 42 | 0 | 17 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 125 |
| 205 | 7,75 | 16 | 8 | 0 | 0 | 8 | 43 | 6 | 1 | 0 | 7 | 9 | 5 | 49 | 0 | 12 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 175 |
| 210 | 7,97 | 16 | 8 | 0 | 0 | 5 | 25 | 0 | 2 | 0 | 2 | 9 | 0 | 37 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 96 |
| 215 | 8,19 | 16 | 8 | 0 | 0 | 6 | 25 | 2 | 3 | 0 | 4 | 5 | 1 | 38 | 0 | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 23 | 0 | 0 | 0 | 122 |
| 220 | 8,41 | 16 | 8 | 0 | 1 | 4 | 35 | 2 | 1 | 0 | 6 | 7 | 0 | 45 | 1 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 131 |
| 225 | 8,62 | 8 | 8 | 0 | 1 | 9 | 62 | 8 | 4 | 0 | 11 | 17 | 4 | 77 | 0 | 24 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 26 | 0 | 0 | 0 | 249 |
| 230 | 8,81 | 4 | 8 | 0 | 0 | 4 | 23 | 3 | 3 | 0 | 0 | 9 | 0 | 46 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 23 | 1 | 0 | 0 | 119 |
| 235 | 9,00 | 4 | 8 | 0 | 0 | 2 | 19 | 2 | 2 | 0 | 2 | 5 | 0 | 49 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 101 |
| 240 | 9,17 | 4 | 8 | 0 | 0 | 4 | 33 | 0 | 0 | 0 | 4 | 8 | 0 | 63 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 145 |
| 245 | 9,32 | 4 | 8 | 0 | 0 | 4 | 29 | 0 | 2 | 0 | 1 | 8 | 4 | 54 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 19 | 0 | 0 | 1 | 127 |
| 250 | 9,46 | 4 | 8 | 0 | 0 | 3 | 17 | 0 | 7 | 0 | 4 | 7 | 0 | 45 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 117 |
| 255 | 9,58 | 4 | 8 | 0 | 2 | 5 | 32 | 2 | 0 | 0 | 6 | 5 | 3 | 54 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 129 |
| 260 | 9,69 | 4 | 8 | 0 | 0 | 4 | 19 | 1 | 6 | 0 | 2 | 5 | 2 | 35 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 95 |
| 265 | 9,77 | 4 | 8 | 0 | 0 | 10 | 26 | 4 | 5 | 0 | 9 | 10 | 1 | 53 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 21 | 0 | 0 | 1 | 155 |
| 270 | 9,85 | 4 | 8 | 0 | 0 | 3 | 22 | 1 | 3 | 0 | 4 | 5 | 1 | 36 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 1 | 0 | 0 | 105 |
| 275 | 9,91 | 4 | 8 | 0 | 0 | 5 | 24 | 1 | 4 | 0 | 3 | 8 | 2 | 50 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 136 |
| 280 | 9,97 | 4 | 8 | 0 | 0 | 6 | 19 | 1 | 3 | 0 | 1 | 4 | 0 | 68 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 9 | 0 | 0 | 1 | 126 |
| 285 | 10,01 | 4 | 8 | 0 | 0 | 14 | 24 | 0 | 4 | 0 | 6 | 9 | 1 | 26 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 127 |
| 290 | 10,05 | 4 | 8 | 0 | 0 | 3 | 23 | 0 | 6 | 0 | 2 | 3 | 0 | 30 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 102 |
| 295 | 10,09 | 2 | 8 | 0 | 0 | 23 | 44 | 4 | 0 | 0 | 15 | 17 | 4 | 39 | 1 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 31 | 1 | 0 | 0 | 223 |
| 300 | 10,12 | 4 | 8 | 0 | 0 | 6 | 18 | 3 | 4 | 0 | 6 | 10 | 1 | 51 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 125 |
| 305 | 10,15 | 4 | 8 | 0 | 0 | 5 | 24 | 1 | 1 | 0 | 2 | 4 | 2 | 17 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 310 | 10,19 | 4 | 8 | 0 | 0 | 5 | 27 | 2 | 5 | 0 | 2 | 4 | 0 | 33 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 315 | 10,22 | 4 | 8 | 0 | 0 | 11 | 24 | 2 | 4 | 1 | 6 | 9 | 1 | 19 | 0 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 20 | 1 | 0 | 0 | 134 |
| 320 | 10,27 | 4 | 8 | 0 | 0 | 4 | 16 | 1 | 3 | 0 | 4 | 6 | 0 | 51 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 108 |
| 325 | 10,31 | 4 | 8 | 0 | 0 | 9 | 28 | 1 | 2 | 0 | 2 | 13 | 1 | 51 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 18 | 0 | 0 | 0 | 136 |
| 330 | 10,37 | 4 | 8 | 0 | 0 | 6 | 12 | 2 | 4 | 0 | 0 | 6 | 0 | 38 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 78 |
| 335 | 10,43 | 4 | 8 | 0 | 1 | 5 | 18 | 2 | 2 | 0 | 1 | 5 | 2 | 41 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 106 |
| 340 | 10,51 | 4 | 8 | 0 | 0 | 4 | 31 | 0 | 6 | 0 | 2 | 8 | 2 | 43 | 0 | 14 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 137 |
| 345 | 10,60 | 4 | 8 | 0 | 0 | 7 | 19 | 1 | 3 | 0 | 3 | 13 | 4 | 26 | 0 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 97 |
| 350 | 10,69 | 4 | 8 | 0 | 0 | 6 | 39 | 1 | 1 | 0 | 3 | 8 | 0 | 60 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 24 | 0 | 0 | 1 | 157 |
| 355 | 10,80 | 4 | 8 | 0 | 1 | 4 | 21 | 1 | 2 | 0 | 3 | 7 | 1 | 40 | 0 | 9 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 16 | 0 | 0 | 0 | 108 |
| 360 | 10,91 | 4 | 8 | 0 | 0 | 6 | 24 | 0 | 2 | 0 | 4 | 3 | 1 | 56 | 0 | 6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 130 |
| 365 | 11,03 | 4 | 8 | 0 | 0 | 5 | 18 | 2 | 3 | 0 | 2 | 12 | 2 | 53 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 118 |
| 370 | 11,15 | 4 | 8 | 0 | 0 | 10 | 31 | 0 | 6 | 0 | 3 | 4 | 0 | 39 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 27 | 1 | 0 | 1 | 138 |
| 375 | 11,27 | 4 | 8 | 0 | 0 | 2 | 20 | 2 | 4 | 0 | 1 | 8 | 1 | 45 | 0 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 103 |
| 380 | 11,39 | 4 | 8 | 0 | 0 | 11 | 28 | 1 | 4 | 0 | 3 | 6 | 0 | 35 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 126 |
| 381 | 11,41 | 2 | 8 | 0 | 1 | 13 | 34 | 3 | 2 | 0 | 3 | 15 | 1 | 57 | 0 | 15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 43 | 1 | 0 | 0 | 193 |

Anexo 2.2: Dados de contagem de foraminíferos planctônicos do testemunho CF10-01B na classe de tamanho 150 - 250µm.

| Prof. (cm) | Idade (ka AP) | Fração da amostra (1/x) | Volume lavado (cm³) | UNI | CON | RUBP | RUBW | TEN | SAC | SPH | CAL | BUL | FAL | RBS | HUM | QUI | DUT | PUL | INF | TRUS | TRUD | CRA | HIR | SCI | ANF | MEN | TUM | UNG | ATL | GLU | UVU | PEL | Outras | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,88 | 8 | 8 | 0 | 0 | 13 | 42 | 1 | 1 | 2 | 10 | 29 | 1 | 10 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 127 |
| 5 | 1,04 | 8 | 8 | 0 | 0 | 17 | 52 | 4 | 2 | 0 | 8 | 23 | 1 | 11 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 134 |
| 10 | 1,20 | 8 | 8 | 0 | 0 | 16 | 58 | 1 | 2 | 3 | 20 | 29 | 3 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 151 |
| 15 | 1,36 | 16 | 8 | 0 | 0 | 8 | 27 | 2 | 1 | 1 | 12 | 15 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 82 |
| 20 | 1,52 | 16 | 8 | 0 | 0 | 14 | 41 | 2 | 0 | 1 | 8 | 16 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 97 |
| 25 | 1,68 | 8 | 8 | 0 | 1 | 20 | 82 | 8 | 0 | 3 | 21 | 22 | 0 | 16 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 201 |
| 30 | 1,84 | 8 | 8 | 0 | 0 | 14 | 40 | 1 | 1 | 0 | 3 | 23 | 0 | 11 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 100 |
| 35 | 1,99 | 8 | 8 | 0 | 0 | 6 | 32 | 3 | 3 | 0 | 7 | 13 | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 92 |
| 40 | 2,14 | 8 | 8 | 0 | 0 | 18 | 51 | 3 | 4 | 0 | 17 | 16 | 0 | 12 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 21 | 0 | 0 | 1 | 147 |
| 42 | 2,20 | 8 | 8 | 0 | 0 | 9 | 51 | 3 | 2 | 0 | 11 | 22 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 129 |
| 43 | 2,23 | 8 | 8 | 0 | 0 | 22 | 53 | 5 | 0 | 2 | 9 | 21 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 135 |
| 45 | 2,29 | 8 | 8 | 0 | 0 | 27 | 49 | 4 | 3 | 3 | 10 | 23 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 147 |
| 46 | 2,32 | 8 | 8 | 0 | 0 | 22 | 52 | 5 | 1 | 0 | 21 | 22 | 0 | 11 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 156 |
| 47 | 2,35 | 8 | 9 | 0 | 0 | 8 | 35 | 3 | 1 | 1 | 17 | 17 | 0 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 107 |
| 50 | 2,44 | 8 | 8 | 0 | 0 | 25 | 84 | 3 | 2 | 5 | 20 | 25 | 4 | 17 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 28 | 0 | 0 | 0 | 217 |
| 55 | 2,58 | 8 | 8 | 0 | 0 | 25 | 67 | 2 | 3 | 0 | 19 | 19 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 161 |
| 60 | 2,72 | 16 | 8 | 0 | 0 | 7 | 54 | 3 | 2 | 4 | 7 | 9 | 0 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 112 |
| 65 | 2,85 | 8 | 8 | 0 | 0 | 17 | 60 | 7 | 2 | 0 | 12 | 14 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 136 |
| 70 | 2,99 | 8 | 8 | 0 | 0 | 19 | 46 | 4 | 0 | 1 | 13 | 16 | 1 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 129 |
| 75 | 3,12 | 8 | 8 | 0 | 0 | 15 | 55 | 8 | 2 | 1 | 8 | 21 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 144 |
| 80 | 3,26 | 16 | 8 | 0 | 0 | 29 | 52 | 2 | 1 | 2 | 9 | 20 | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 138 |
| 84 | 3,36 | 8 | 8 | 0 | 0 | 24 | 76 | 4 | 3 | 0 | 14 | 24 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 1 | 0 | 1 | 178 |
| 85 | 3,39 | 8 | 8 | 0 | 0 | 29 | 79 | 1 | 2 | 2 | 10 | 18 | 1 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 1 | 181 |
| 86 | 3,42 | 8 | 8 | 0 | 0 | 32 | 141 | 13 | 3 | 0 | 20 | 50 | 2 | 35 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 322 |
| 87 | 3,44 | 16 | 8 | 0 | 0 | 25 | 39 | 3 | 2 | 3 | 11 | 21 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 127 |
| 88 | 3,47 | 16 | 8 | 0 | 0 | 21 | 35 | 1 | 1 | 1 | 8 | 15 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 107 |
| 89 | 3,50 | 16 | 8 | 0 | 0 | 11 | 27 | 3 | 2 | 0 | 6 | 18 | 0 | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 88 |
| 90 | 3,52 | 8 | 8 | 0 | 0 | 26 | 41 | 4 | 0 | 0 | 7 | 24 | 1 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 1 | 140 |
| 95 | 3,66 | 8 | 8 | 0 | 0 | 25 | 50 | 10 | 0 | 2 | 15 | 29 | 2 | 18 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 179 |
| 100 | 3,80 | 8 | 8 | 0 | 0 | 14 | 39 | 4 | 2 | 1 | 8 | 23 | 1 | 11 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 118 |
| 105 | 3,94 | 16 | 8 | 0 | 0 | 13 | 24 | 2 | 1 | 1 | 7 | 11 | 1 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 89 |
| 110 | 4,08 | 8 | 8 | 0 | 0 | 18 | 33 | 3 | 0 | 2 | 10 | 15 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 114 |
| 115 | 4,22 | 8 | 8 | 0 | 0 | 28 | 62 | 7 | 3 | 4 | 4 | 24 | 2 | 20 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 183 |
| 120 | 4,38 | 8 | 8 | 0 | 0 | 19 | 51 | 7 | 1 | 2 | 9 | 15 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 1 | 142 |
| 125 | 4,53 | 8 | 8 | 1 | 0 | 26 | 51 | 10 | 1 | 2 | 13 | 19 | 1 | 15 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 164 |
| 130 | 4,69 | 8 | 8 | 0 | 0 | 22 | 62 | 5 | 3 | 1 | 10 | 17 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 1 | 160 |
| 135 | 4,86 | 8 | 8 | 0 | 0 | 29 | 52 | 8 | 0 | 2 | 15 | 14 | 0 | 13 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 150 |
| 140 | 5,04 | 8 | 8 | 0 | 0 | 33 | 62 | 6 | 0 | 1 | 6 | 23 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 177 |
| 145 | 5,22 | 16 | 8 | 0 | 0 | 17 | 56 | 14 | 3 | 1 | 15 | 22 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 151 |
| 150 | 5,41 | 16 | 8 | 0 | 2 | 21 | 58 | 8 | 3 | 3 | 6 | 19 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 142 |
| 155 | 5,60 | 16 | 8 | 0 | 0 | 16 | 58 | 5 | 1 | 1 | 10 | 21 | 1 | 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 133 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 160 | 5,80 | 16 | 8 | 1 | 0 | 22 | 50 | 11 | 5 | 0 | 4 | 15 | 0 | 15 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 137 |
| 165 | 6,00 | 16 | 8 | 0 | 0 | 15 | 69 | 12 | 4 | 0 | 5 | 31 | 1 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 164 |
| 169 | 6,17 | 32 | 8 | 0 | 0 | 16 | 50 | 6 | 1 | 2 | 5 | 22 | 3 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 122 |
| 170 | 6,21 | 16 | 8 | 1 | 0 | 35 | 85 | 12 | 3 | 5 | 11 | 56 | 1 | 13 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 1 | 241 |
| 171 | 6,25 | 32 | 8 | 0 | 0 | 13 | 52 | 7 | 3 | 1 | 5 | 19 | 3 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 114 |
| 175 | 6,42 | 16 | 8 | 0 | 0 | 23 | 95 | 9 | 5 | 1 | 6 | 40 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 209 |
| 180 | 6,64 | 16 | 8 | 0 | 0 | 18 | 58 | 18 | 3 | 0 | 8 | 31 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 1 | 163 |
| 184 | 6,82 | 32 | 8 | 0 | 0 | 9 | 51 | 13 | 3 | 0 | 7 | 28 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 134 |
| 185 | 6,86 | 16 | 8 | 0 | 0 | 24 | 115 | 9 | 3 | 2 | 6 | 43 | 0 | 20 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 242 |
| 190 | 7,08 | 16 | 8 | 0 | 0 | 14 | 67 | 4 | 3 | 2 | 7 | 27 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 148 |
| 195 | 7,31 | 16 | 8 | 0 | 0 | 19 | 120 | 11 | 4 | 2 | 13 | 60 | 0 | 18 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 1 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 278 |
| 200 | 7,53 | 16 | 8 | 0 | 0 | 11 | 59 | 3 | 2 | 1 | 3 | 21 | 0 | 20 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 133 |
| 205 | 7,75 | 16 | 8 | 0 | 0 | 17 | 78 | 9 | 6 | 2 | 7 | 47 | 1 | 15 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 193 |
| 210 | 7,97 | 16 | 8 | 0 | 0 | 21 | 47 | 7 | 1 | 5 | 8 | 24 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 144 |
| 215 | 8,19 | 16 | 8 | 0 | 0 | 13 | 57 | 6 | 5 | 1 | 10 | 40 | 0 | 16 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 166 |
| 220 | 8,41 | 16 | 8 | 0 | 0 | 27 | 57 | 7 | 2 | 3 | 7 | 26 | 0 | 25 | 0 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 176 |
| 225 | 8,62 | 8 | 8 | 0 | 0 | 37 | 118 | 12 | 4 | 3 | 12 | 65 | 2 | 32 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 1 | 325 |
| 230 | 8,81 | 4 | 8 | 0 | 1 | 24 | 76 | 6 | 3 | 4 | 5 | 27 | 0 | 34 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 203 |
| 235 | 9,00 | 4 | 8 | 0 | 0 | 19 | 55 | 7 | 4 | 0 | 4 | 23 | 2 | 35 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 176 |
| 240 | 9,17 | 4 | 8 | 0 | 0 | 24 | 57 | 3 | 6 | 0 | 2 | 26 | 1 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 153 |
| 245 | 9,32 | 4 | 8 | 0 | 0 | 19 | 65 | 3 | 3 | 0 | 4 | 23 | 1 | 17 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 12 | 0 | 0 | 0 | 150 |
| 250 | 9,46 | 4 | 8 | 0 | 0 | 20 | 63 | 4 | 5 | 3 | 1 | 15 | 0 | 18 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 149 |
| 255 | 9,58 | 4 | 8 | 0 | 0 | 31 | 74 | 4 | 3 | 5 | 7 | 24 | 1 | 29 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 206 |
| 260 | 9,69 | 4 | 8 | 0 | 0 | 12 | 66 | 10 | 5 | 3 | 5 | 29 | 2 | 39 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 196 |
| 265 | 9,77 | 4 | 8 | 0 | 1 | 31 | 85 | 8 | 11 | 0 | 2 | 35 | 3 | 29 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 227 |
| 270 | 9,85 | 4 | 8 | 0 | 0 | 12 | 49 | 7 | 4 | 0 | 2 | 21 | 1 | 11 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 1 | 120 |
| 275 | 9,91 | 4 | 8 | 0 | 0 | 18 | 63 | 1 | 7 | 0 | 5 | 21 | 2 | 20 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 154 |
| 280 | 9,97 | 4 | 8 | 0 | 0 | 24 | 62 | 6 | 6 | 0 | 1 | 30 | 1 | 21 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 14 | 0 | 0 | 2 | 169 |
| 285 | 10,01 | 4 | 8 | 0 | 0 | 15 | 26 | 4 | 4 | 0 | 2 | 18 | 2 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 78 |
| 290 | 10,05 | 4 | 8 | 0 | 0 | 15 | 54 | 3 | 5 | 0 | 2 | 23 | 0 | 16 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 140 |
| 295 | 10,09 | 2 | 8 | 0 | 0 | 32 | 55 | 4 | 5 | 2 | 8 | 39 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 1 | 160 |
| 300 | 10,12 | 4 | 8 | 0 | 0 | 25 | 56 | 3 | 6 | 0 | 1 | 25 | 1 | 16 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 146 |
| 305 | 10,15 | 4 | 8 | 0 | 0 | 8 | 29 | 5 | 4 | 0 | 4 | 19 | 1 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 85 |
| 310 | 10,19 | 4 | 8 | 0 | 0 | 15 | 39 | 7 | 4 | 2 | 3 | 20 | 0 | 17 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 122 |
| 315 | 10,22 | 4 | 8 | 0 | 0 | 18 | 43 | 3 | 3 | 1 | 3 | 16 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 92 |
| 320 | 10,27 | 4 | 8 | 0 | 0 | 19 | 46 | 11 | 3 | 1 | 3 | 9 | 2 | 20 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 122 |
| 325 | 10,31 | 4 | 8 | 0 | 0 | 16 | 39 | 7 | 5 | 0 | 3 | 26 | 1 | 17 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 1 | 137 |
| 330 | 10,37 | 4 | 8 | 0 | 0 | 20 | 47 | 4 | 6 | 1 | 0 | 43 | 0 | 28 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 1 | 172 |
| 335 | 10,43 | 4 | 8 | 0 | 0 | 17 | 52 | 5 | 6 | 0 | 6 | 23 | 0 | 20 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 146 |
| 340 | 10,51 | 4 | 8 | 0 | 0 | 14 | 58 | 5 | 4 | 1 | 1 | 30 | 0 | 20 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 154 |
| 345 | 10,60 | 4 | 8 | 0 | 0 | 21 | 47 | 6 | 7 | 0 | 1 | 15 | 2 | 25 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 152 |
| 350 | 10,69 | 4 | 8 | 0 | 0 | 16 | 50 | 4 | 6 | 2 | 5 | 24 | 0 | 14 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 149 |
| 355 | 10,80 | 4 | 8 | 0 | 0 | 15 | 53 | 8 | 5 | 1 | 2 | 24 | 2 | 15 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 139 |
| 360 | 10,91 | 4 | 8 | 0 | 0 | 15 | 65 | 5 | 3 | 1 | 4 | 16 | 0 | 21 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 147 |
| 365 | 11,03 | 4 | 8 | 0 | 0 | 11 | 51 | 8 | 6 | 0 | 5 | 12 | 1 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 117 |
| 370 | 11,15 | 4 | 8 | 0 | 0 | 23 | 52 | 3 | 3 | 0 | 2 | 31 | 0 | 20 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 144 |
| 375 | 11,27 | 4 | 8 | 0 | 1 | 15 | 42 | 6 | 2 | 0 | 2 | 26 | 1 | 18 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 128 |
| 380 | 11,39 | 4 | 8 | 0 | 0 | 7 | 56 | 4 | 2 | 1 | 4 | 23 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 134 |
| 381 | 11,41 | 2 | 8 | 0 | 0 | 26 | 75 | 6 | 12 | 1 | 6 | 39 | 2 | 27 | 0 | 1 | 5 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 234 |

Anexo 2.3: Dados de contagem de foraminíferos planctônicos do testemunho CF10-01B na classe de tamanho > 250µm.

| Prof. (cm) | Idade (ka AP) | Fração da amostra (1/x) | Volume lavado (cm³) | UNI | CON | RUBP | RUBW | TEN | SAC | SPH | CAL | BUL | FAL | RBS | HUM | QUI | DUT | PUL | INF | TRUS | TRUD | CRA | HIR | SCI | ANF | MEN | TUM | UNG | ATL | GLU | UVU | PEL | Outras | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,88 | 8 | 8 | 1 | 1 | 18 | 16 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| 5 | 1,04 | 8 | 8 | 0 | 0 | 37 | 16 | 0 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 65 |
| 10 | 1,20 | 8 | 8 | 1 | 0 | 19 | 25 | 0 | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 54 |
| 15 | 1,36 | 16 | 8 | 2 | 1 | 14 | 12 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 |
| 20 | 1,52 | 16 | 8 | 0 | 0 | 19 | 16 | 0 | 8 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 25 | 1,68 | 8 | 8 | 4 | 2 | 56 | 30 | 0 | 12 | 4 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 117 |
| 30 | 1,84 | 8 | 8 | 2 | 1 | 13 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 35 | 1,99 | 8 | 8 | 0 | 0 | 25 | 11 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| 40 | 2,14 | 8 | 8 | 0 | 0 | 6 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 18 |
| 42 | 2,20 | 8 | 8 | 0 | 0 | 22 | 9 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 |
| 43 | 2,23 | 8 | 8 | 2 | 1 | 30 | 14 | 0 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59 |
| 45 | 2,29 | 8 | 8 | 0 | 0 | 18 | 15 | 0 | 4 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 |
| 46 | 2,32 | 8 | 8 | 0 | 1 | 19 | 10 | 0 | 3 | 1 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 |
| 47 | 2,35 | 8 | 9 | 4 | 0 | 23 | 13 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 44 |
| 50 | 2,44 | 8 | 8 | 1 | 0 | 26 | 24 | 0 | 1 | 3 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 55 | 2,58 | 8 | 8 | 0 | 1 | 27 | 23 | 0 | 5 | 5 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 |
| 60 | 2,72 | 16 | 8 | 0 | 0 | 9 | 20 | 0 | 3 | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| 65 | 2,85 | 8 | 8 | 1 | 0 | 14 | 8 | 0 | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 29 |
| 70 | 2,99 | 8 | 8 | 0 | 0 | 12 | 11 | 0 | 5 | 1 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 |
| 75 | 3,12 | 8 | 8 | 0 | 0 | 27 | 23 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 |
| 80 | 3,26 | 16 | 8 | 1 | 0 | 12 | 17 | 0 | 0 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 |
| 84 | 3,36 | 8 | 8 | 0 | 1 | 22 | 12 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 |
| 85 | 3,39 | 8 | 8 | 2 | 0 | 19 | 20 | 0 | 3 | 3 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 54 |
| 86 | 3,42 | 8 | 8 | 3 | 4 | 77 | 78 | 1 | 7 | 4 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 189 |
| 87 | 3,44 | 16 | 8 | 4 | 0 | 24 | 24 | 0 | 4 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58 |
| 88 | 3,47 | 16 | 8 | 1 | 1 | 25 | 29 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 61 |
| 89 | 3,50 | 16 | 8 | 0 | 0 | 17 | 18 | 0 | 2 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 |
| 90 | 3,52 | 8 | 8 | 1 | 0 | 13 | 17 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 |
| 95 | 3,66 | 8 | 8 | 4 | 0 | 25 | 18 | 1 | 3 | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 |
| 100 | 3,80 | 8 | 8 | 3 | 0 | 14 | 10 | 0 | 5 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 |
| 105 | 3,94 | 16 | 8 | 4 | 0 | 13 | 8 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 |
| 110 | 4,08 | 8 | 8 | 0 | 0 | 18 | 7 | 0 | 1 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 |
| 115 | 4,22 | 8 | 8 | 1 | 0 | 34 | 11 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| 120 | 4,38 | 8 | 8 | 2 | 0 | 14 | 7 | 0 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 29 |
| 125 | 4,53 | 8 | 8 | 5 | 0 | 15 | 12 | 1 | 2 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 42 |
| 130 | 4,69 | 8 | 8 | 2 | 0 | 16 | 13 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| 135 | 4,86 | 8 | 8 | 2 | 0 | 17 | 12 | 0 | 1 | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 |
| 140 | 5,04 | 8 | 8 | 0 | 0 | 32 | 27 | 1 | 3 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 |
| 145 | 5,22 | 16 | 8 | 2 | 1 | 14 | 11 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 |
| 150 | 5,41 | 16 | 8 | 3 | 0 | 21 | 13 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 46 |
| 155 | 5,60 | 16 | 8 | 0 | 0 | 10 | 17 | 0 | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 160 | 5,80 | 16 | 8 | 1 | 2 | 8 | 13 | 0 | 2 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 32 |
| 165 | 6,00 | 16 | 8 | 2 | 1 | 27 | 26 | 1 | 4 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 68 |
| 169 | 6,17 | 32 | 8 | 2 | 0 | 17 | 23 | 1 | 4 | 0 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 |
| 170 | 6,21 | 16 | 8 | 6 | 1 | 22 | 47 | 0 | 16 | 0 | 4 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 109 |
| 171 | 6,25 | 32 | 8 | 3 | 1 | 8 | 15 | 0 | 5 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 |
| 175 | 6,42 | 16 | 8 | 1 | 1 | 20 | 28 | 0 | 11 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| 180 | 6,64 | 16 | 8 | 6 | 0 | 26 | 30 | 1 | 5 | 2 | 3 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 82 |
| 184 | 6,82 | 32 | 8 | 2 | 0 | 8 | 14 | 0 | 4 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 33 |
| 185 | 6,86 | 16 | 8 | 1 | 0 | 24 | 35 | 0 | 8 | 2 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 78 |
| 190 | 7,08 | 16 | 8 | 4 | 0 | 23 | 17 | 0 | 2 | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 |
| 195 | 7,31 | 16 | 8 | 3 | 1 | 24 | 36 | 0 | 6 | 4 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 83 |
| 200 | 7,53 | 16 | 8 | 5 | 2 | 15 | 17 | 0 | 6 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 |
| 205 | 7,75 | 16 | 8 | 1 | 1 | 21 | 34 | 0 | 4 | 1 | 2 | 7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 75 |
| 210 | 7,97 | 16 | 8 | 2 | 0 | 17 | 15 | 0 | 9 | 0 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 |
| 215 | 8,19 | 16 | 8 | 1 | 0 | 15 | 15 | 0 | 7 | 1 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 |
| 220 | 8,41 | 16 | 8 | 1 | 0 | 11 | 15 | 1 | 6 | 2 | 1 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 |
| 225 | 8,62 | 8 | 8 | 3 | 1 | 21 | 32 | 0 | 8 | 3 | 2 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 77 |
| 230 | 8,81 | 4 | 8 | 2 | 1 | 19 | 22 | 0 | 6 | 1 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 66 |
| 235 | 9,00 | 4 | 8 | 1 | 0 | 15 | 28 | 0 | 2 | 4 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 62 |
| 240 | 9,17 | 4 | 8 | 2 | 1 | 17 | 19 | 0 | 5 | 3 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 57 |
| 245 | 9,32 | 4 | 8 | 1 | 0 | 10 | 18 | 0 | 1 | 2 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| 250 | 9,46 | 4 | 8 | 0 | 0 | 17 | 15 | 0 | 4 | 2 | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 |
| 255 | 9,58 | 4 | 8 | 1 | 0 | 10 | 31 | 0 | 6 | 4 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 68 |
| 260 | 9,69 | 4 | 8 | 0 | 0 | 16 | 19 | 0 | 2 | 6 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 51 |
| 265 | 9,77 | 4 | 8 | 1 | 1 | 15 | 16 | 0 | 8 | 0 | 0 | 9 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 |
| 270 | 9,85 | 4 | 8 | 0 | 1 | 18 | 25 | 1 | 6 | 3 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 70 |
| 275 | 9,91 | 4 | 8 | 1 | 1 | 11 | 19 | 0 | 8 | 2 | 0 | 13 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 |
| 280 | 9,97 | 4 | 8 | 2 | 0 | 10 | 16 | 0 | 4 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 |
| 285 | 10,01 | 4 | 8 | 2 | 0 | 18 | 21 | 0 | 4 | 2 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 56 |
| 290 | 10,05 | 4 | 8 | 0 | 0 | 7 | 13 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 |
| 295 | 10,09 | 2 | 8 | 6 | 1 | 35 | 33 | 0 | 7 | 2 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 96 |
| 300 | 10,12 | 4 | 8 | 2 | 0 | 10 | 11 | 0 | 2 | 4 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 38 |
| 305 | 10,15 | 4 | 8 | 3 | 0 | 36 | 23 | 1 | 16 | 2 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 |
| 310 | 10,19 | 4 | 8 | 0 | 0 | 8 | 15 | 0 | 3 | 2 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 40 |
| 315 | 10,22 | 4 | 8 | 5 | 0 | 24 | 15 | 0 | 8 | 3 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 63 |
| 320 | 10,27 | 4 | 8 | 1 | 1 | 10 | 11 | 0 | 3 | 3 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 37 |
| 325 | 10,31 | 4 | 8 | 1 | 0 | 13 | 17 | 0 | 4 | 2 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 330 | 10,37 | 4 | 8 | 0 | 1 | 25 | 14 | 0 | 14 | 3 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 |
| 335 | 10,43 | 4 | 8 | 0 | 0 | 16 | 17 | 0 | 4 | 2 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 340 | 10,51 | 4 | 8 | 1 | 0 | 5 | 10 | 0 | 7 | 2 | 0 | 6 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 |
| 345 | 10,60 | 4 | 8 | 0 | 0 | 11 | 10 | 0 | 10 | 3 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| 350 | 10,69 | 4 | 8 | 0 | 0 | 6 | 10 | 0 | 4 | 3 | 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 |
| 355 | 10,80 | 4 | 8 | 0 | 1 | 13 | 17 | 0 | 3 | 2 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 |
| 360 | 10,91 | 4 | 8 | 0 | 0 | 12 | 7 | 0 | 7 | 3 | 1 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 |
| 365 | 11,03 | 4 | 8 | 0 | 0 | 8 | 24 | 1 | 2 | 4 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 48 |
| 370 | 11,15 | 4 | 8 | 1 | 0 | 16 | 5 | 0 | 3 | 3 | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 |
| 375 | 11,27 | 4 | 8 | 0 | 0 | 10 | 16 | 0 | 3 | 3 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 380 | 11,39 | 4 | 8 | 0 | 0 | 12 | 9 | 0 | 1 | 3 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 31 |
| 381 | 11,41 | 2 | 8 | 2 | 0 | 16 | 17 | 0 | 4 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 54 |

**Anexo 3:** Dados de contagem de foraminíferos planctônicos do testemunho CF10-09A.

UNI – *Orbulina universa*; CON – *Globigerinoides conglobatus*; RUBP – *Globigerinoides ruber pink*; RUBW – *Globigerinoides ruber white* ; TEN – *Globoturborotalita tennela*; SAC – *Globigerinoides sacculifer*; SPH – *Globigerinella siphonifera*; CAL – *Globigerinella calida*; BUL – *Globigerina bulloides*; FAL – *Globigerina falconensis*; RBS – *Globoturborotalita rubescens*; HUM – *Turborotalita humilis*; QUI – *Turborotalita quinqueloba*; DUT – *Neogloboquadrina dutertrei*; PUL – *Pulleniatina obliquiloculata*; INF – *Globorotalia inflata*; TRUS – *Globorotalia truncatulinoides* sinistral; TRUD – *Globorotalia truncatulinoides* dextral; CRA – *Globorotalia crassaformis*; HIR – *Globorotalia hirsuta*; SCI – *Globorotalia scitula*; ANF – *Dentagloborotalia anfracta* – MEN – *Globorotalia menardii* ( inclui as sub-espécies *Globorotalia menardii menardii*, *Globorotalia menardii fimbriata* e *Globorotalia menardii cultrata*); TUM – *Globorotalia tumida*; UNG – *Globorotalia ungulata*; ATL - *Globigerina atlantisae*; GLU – *Globigerinita glutinata* (inclui as variações conhecidas como *Tenuitella iota* e *Tenuitella ambitacrena*); UVU – *Globigerinita úvula;* CAN – *Candeina nitida*.

Fração da amostra (1/x) – representa o denominador da fração de quarteamento da amostra cuja assembleia foi quantificada.

Volume lavado – volume de sedimento lavado para as análises micropaleontológicas.

Outras – espécies que não puderam ser identificadas.

Anexo 3.1: Dados de contagem de foraminíferos planctônicos do testemunho CF10-09A na classe de tamanho 125 – 150 µm.

| Prof. (cm) | Idade (ka AP) | Fração da amostra (1/x) | Volume lavado (cm³) | UNI | CON | RUBP | RUBW | TEN | SAC | SPH | CAL | BUL | FAL | RBS | HUM | QUI | DUT | PUL | INF | TRUS | TRUD | CRA | HIR | SCI | ANF | MEN | TUM | UNG | ATL | GLU | UVU | PEL | Outras | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,13 | 4 | 10 | 0 | 1 | 10 | 19 | 2 | 1 | 0 | 13 | 14 | 0 | 38 | 1 | 19 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 35 | 0 | 0 | 0 | 157 |
| 5 | 1,21 | 2 | 10 | 0 | 0 | 15 | 32 | 2 | 1 | 1 | 4 | 19 | 0 | 41 | 0 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 53 | 0 | 0 | 0 | 208 |
| 10 | 1,29 | 2 | 10 | 0 | 0 | 14 | 28 | 2 | 2 | 0 | 12 | 17 | 1 | 45 | 0 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 36 | 0 | 0 | 1 | 198 |
| 15 | 1,36 | 1 | 10 | 0 | 0 | 16 | 53 | 4 | 3 | 1 | 15 | 20 | 0 | 45 | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 41 | 1 | 0 | 1 | 244 |
| 20 | 1,44 | 2 | 10 | 0 | 0 | 5 | 22 | 1 | 3 | 0 | 8 | 6 | 0 | 30 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 129 |
| 25 | 1,51 | 1 | 10 | 0 | 0 | 13 | 45 | 0 | 4 | 0 | 25 | 32 | 2 | 45 | 0 | 41 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 | 1 | 0 | 0 | 259 |
| 30 | 1,59 | 1 | 10 | 0 | 0 | 23 | 76 | 2 | 2 | 2 | 21 | 46 | 2 | 68 | 0 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 52 | 0 | 0 | 1 | 329 |
| 35 | 1,66 | 2 | 10 | 0 | 0 | 9 | 29 | 3 | 8 | 0 | 11 | 24 | 1 | 26 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 25 | 0 | 0 | 1 | 161 |
| 40 | 1,73 | 2 | 10 | 0 | 0 | 16 | 37 | 2 | 3 | 1 | 13 | 43 | 1 | 66 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 43 | 0 | 0 | 0 | 234 |
| 45 | 1,81 | 1 | 8 | 0 | 0 | 7 | 15 | 1 | 3 | 0 | 4 | 15 | 0 | 22 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 11 | 0 | 0 | 0 | 84 |
| 50 | 1,88 | 1 | 10 | 0 | 0 | 3 | 17 | 0 | 2 | 0 | 4 | 13 | 2 | 16 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 79 |
| 55 | 1,95 | 1 | 10 | 0 | 0 | 8 | 22 | 2 | 2 | 0 | 10 | 20 | 0 | 15 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 114 |
| 60 | 2,03 | 1 | 10 | 0 | 0 | 17 | 26 | 2 | 0 | 0 | 11 | 16 | 0 | 23 | 0 | 8 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 134 |
| 65 | 2,10 | 2 | 10 | 0 | 0 | 11 | 22 | 2 | 4 | 0 | 6 | 12 | 2 | 18 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 0 | 0 | 0 | 109 |
| 70 | 2,17 | 2 | 10 | 0 | 0 | 11 | 26 | 3 | 2 | 0 | 14 | 17 | 0 | 42 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 41 | 0 | 0 | 0 | 168 |
| 75 | 2,24 | 1 | 10 | 0 | 0 | 15 | 50 | 8 | 2 | 0 | 19 | 11 | 1 | 43 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 68 | 0 | 0 | 0 | 238 |
| 80 | 2,31 | 2 | 10 | 0 | 0 | 9 | 25 | 2 | 1 | 0 | 11 | 17 | 0 | 21 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 26 | 0 | 0 | 0 | 116 |
| 85 | 2,38 | 2 | 10 | 0 | 0 | 13 | 24 | 1 | 0 | 0 | 8 | 17 | 1 | 22 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 23 | 0 | 0 | 0 | 119 |
| 90 | 2,45 | 1 | 10 | 0 | 0 | 14 | 39 | 2 | 1 | 0 | 9 | 14 | 0 | 32 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 41 | 0 | 0 | 0 | 161 |
| 95 | 2,53 | 1 | 10 | 0 | 0 | 20 | 50 | 1 | 1 | 0 | 21 | 13 | 0 | 52 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 54 | 0 | 0 | 0 | 233 |
| 100 | 2,60 | 2 | 10 | 0 | 0 | 11 | 36 | 4 | 0 | 0 | 8 | 7 | 0 | 26 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 116 |
| 105 | 2,67 | 1 | 10 | 0 | 0 | 14 | 59 | 1 | 2 | 0 | 25 | 21 | 1 | 50 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 2 | 49 | 0 | 0 | 0 | 244 |
| 110 | 2,74 | 1 | 10 | 0 | 1 | 20 | 67 | 9 | 2 | 0 | 24 | 16 | 0 | 57 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 48 | 0 | 0 | 0 | 262 |
| 115 | 2,81 | 1 | 10 | 0 | 0 | 14 | 61 | 2 | 3 | 0 | 13 | 18 | 0 | 35 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 42 | 0 | 0 | 0 | 204 |
| 120 | 2,88 | 2 | 10 | 0 | 0 | 6 | 58 | 3 | 5 | 0 | 21 | 14 | 0 | 40 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47 | 0 | 0 | 0 | 207 |
| 125 | 2,95 | 2 | 10 | 0 | 0 | 12 | 50 | 3 | 1 | 2 | 17 | 12 | 0 | 33 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 38 | 0 | 0 | 0 | 177 |
| 130 | 3,02 | 1 | 10 | 0 | 1 | 22 | 66 | 1 | 3 | 0 | 9 | 17 | 2 | 41 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 52 | 0 | 0 | 0 | 230 |
| 135 | 3,09 | 1 | 10 | 0 | 1 | 22 | 58 | 8 | 0 | 0 | 16 | 6 | 2 | 37 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 5 | 31 | 0 | 0 | 0 | 203 |
| 140 | 3,16 | 2 | 10 | 0 | 1 | 11 | 35 | 2 | 2 | 0 | 10 | 13 | 0 | 23 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 28 | 0 | 0 | 0 | 130 |
| 145 | 3,23 | 2 | 10 | 0 | 0 | 18 | 58 | 4 | 2 | 1 | 10 | 9 | 2 | 45 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 33 | 0 | 0 | 0 | 193 |
| 150 | 3,31 | 1 | 10 | 0 | 0 | 3 | 59 | 5 | 2 | 0 | 19 | 35 | 2 | 62 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 50 | 0 | 0 | 0 | 249 |
| 155 | 3,38 | 2 | 10 | 0 | 0 | 11 | 24 | 1 | 1 | 0 | 11 | 14 | 0 | 32 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 25 | 1 | 0 | 0 | 126 |
| 160 | 3,45 | 1 | 10 | 0 | 0 | 13 | 24 | 2 | 0 | 0 | 10 | 9 | 0 | 38 | 0 | 5 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 28 | 0 | 0 | 0 | 130 |
| 165 | 3,52 | 1 | 10 | 0 | 0 | 22 | 26 | 3 | 1 | 0 | 15 | 18 | 0 | 64 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 48 | 0 | 0 | 1 | 207 |
| 170 | 3,59 | 2 | 10 | 0 | 0 | 6 | 14 | 2 | 0 | 0 | 10 | 23 | 1 | 51 | 0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 145 |
| 175 | 3,66 | 2 | 10 | 0 | 0 | 20 | 31 | 10 | 1 | 0 | 13 | 25 | 0 | 65 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 35 | 0 | 0 | 0 | 218 |
| 180 | 3,73 | 1 | 10 | 0 | 0 | 16 | 18 | 2 | 2 | 0 | 9 | 13 | 1 | 31 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 22 | 0 | 0 | 0 | 132 |
| 185 | 3,81 | 1 | 10 | 0 | 0 | 19 | 33 | 5 | 3 | 0 | 13 | 26 | 0 | 70 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | 53 | 0 | 0 | 0 | 241 |
| 190 | 3,88 | 1 | 10 | 0 | 0 | 15 | 35 | 0 | 1 | 0 | 12 | 15 | 0 | 48 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 40 | 0 | 0 | 0 | 186 |
| 195 | 3,95 | 1 | 10 | 0 | 0 | 19 | 36 | 5 | 4 | 0 | 19 | 17 | 0 | 59 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 45 | 0 | 0 | 0 | 229 |
| 200 | 4,02 | 2 | 10 | 0 | 0 | 19 | 34 | 3 | 2 | 0 | 19 | 17 | 0 | 56 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 30 | 0 | 0 | 0 | 194 |
| 205 | 4,09 | 2 | 10 | 0 | 0 | 24 | 35 | 4 | 2 | 0 | 9 | 18 | 0 | 58 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 47 | 0 | 0 | 0 | 218 |
| 210 | 4,16 | 1 | 10 | 0 | 0 | 10 | 32 | 1 | 3 | 1 | 16 | 19 | 1 | 78 | 0 | 17 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 34 | 0 | 0 | 0 | 217 |
| 215 | 4,23 | 2 | 10 | 0 | 0 | 12 | 27 | 0 | 1 | 0 | 8 | 14 | 0 | 38 | 1 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 145 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 220 | 4,30 | 2 | 10 | 0 | 1 | 23 | 34 | 0 | 3 | 0 | 8 | 25 | 2 | 69 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 26 | 0 | 0 | 1 | 216 |
| 225 | 4,36 | 2 | 10 | 0 | 0 | 14 | 27 | 5 | 1 | 0 | 4 | 18 | 0 | 50 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 29 | 0 | 0 | 0 | 175 |
| 230 | 4,43 | 1 | 10 | 0 | 0 | 27 | 40 | 2 | 3 | 0 | 15 | 25 | 0 | 71 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 35 | 0 | 0 | 1 | 257 |
| 235 | 4,50 | 2 | 10 | 0 | 0 | 14 | 19 | 1 | 2 | 0 | 13 | 7 | 0 | 36 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 21 | 0 | 0 | 0 | 132 |
| 240 | 4,57 | 1 | 10 | 0 | 0 | 27 | 47 | 2 | 1 | 0 | 16 | 13 | 2 | 77 | 1 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 49 | 0 | 0 | 0 | 264 |
| 245 | 4,64 | 2 | 10 | 0 | 1 | 18 | 17 | 3 | 5 | 0 | 13 | 12 | 0 | 47 | 0 | 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 | 35 | 0 | 0 | 0 | 169 |
| 250 | 4,71 | 2 | 10 | 0 | 0 | 16 | 34 | 2 | 4 | 1 | 15 | 16 | 0 | 55 | 0 | 22 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 50 | 0 | 0 | 2 | 219 |
| 255 | 4,78 | 2 | 10 | 0 | 0 | 21 | 42 | 7 | 4 | 1 | 13 | 16 | 0 | 50 | 0 | 27 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 63 | 0 | 0 | 0 | 251 |
| 260 | 4,85 | 2 | 10 | 0 | 0 | 17 | 38 | 2 | 3 | 0 | 14 | 19 | 0 | 61 | 0 | 32 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 3 | 50 | 0 | 0 | 0 | 244 |
| 265 | 4,92 | 4 | 10 | 0 | 0 | 18 | 26 | 4 | 1 | 0 | 10 | 18 | 0 | 43 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 42 | 0 | 0 | 0 | 181 |
| 270 | 4,99 | 4 | 10 | 0 | 0 | 20 | 50 | 3 | 0 | 0 | 15 | 15 | 0 | 26 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 | 41 | 0 | 0 | 0 | 191 |
| 275 | 5,06 | 2 | 10 | 0 | 0 | 11 | 32 | 3 | 1 | 0 | 11 | 8 | 0 | 36 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 29 | 0 | 0 | 0 | 149 |
| 280 | 5,13 | 2 | 10 | 0 | 1 | 18 | 49 | 1 | 2 | 0 | 13 | 21 | 0 | 48 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 32 | 0 | 0 | 1 | 215 |
| 285 | 5,20 | 4 | 10 | 0 | 0 | 21 | 31 | 3 | 5 | 0 | 9 | 3 | 0 | 24 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 36 | 0 | 0 | 0 | 152 |
| 290 | 5,27 | 4 | 10 | 0 | 0 | 7 | 27 | 4 | 3 | 0 | 7 | 9 | 0 | 33 | 1 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 33 | 0 | 0 | 0 | 144 |
| 295 | 5,35 | 2 | 10 | 0 | 0 | 18 | 45 | 3 | 4 | 0 | 17 | 15 | 0 | 24 | 0 | 31 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 2 | 41 | 0 | 0 | 0 | 205 |
| 300 | 5,42 | 4 | 10 | 0 | 0 | 17 | 36 | 0 | 4 | 0 | 6 | 11 | 0 | 19 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 | 18 | 0 | 0 | 0 | 128 |
| 305 | 5,49 | 4 | 10 | 0 | 0 | 13 | 25 | 1 | 0 | 0 | 8 | 8 | 0 | 25 | 0 | 15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 4 | 21 | 0 | 0 | 0 | 123 |
| 310 | 5,56 | 2 | 10 | 0 | 0 | 19 | 44 | 2 | 1 | 1 | 11 | 20 | 3 | 29 | 0 | 33 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 29 | 0 | 0 | 0 | 197 |
| 315 | 5,64 | 2 | 10 | 0 | 0 | 17 | 38 | 0 | 0 | 0 | 9 | 16 | 2 | 21 | 0 | 23 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 1 | 3 | 37 | 0 | 0 | 0 | 172 |
| 320 | 5,71 | 4 | 10 | 0 | 1 | 11 | 33 | 0 | 0 | 0 | 6 | 18 | 0 | 29 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 14 | 0 | 0 | 0 | 150 |
| 325 | 5,79 | 4 | 10 | 0 | 0 | 2 | 23 | 2 | 1 | 0 | 10 | 8 | 0 | 14 | 0 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 12 | 0 | 0 | 0 | 101 |
| 330 | 5,86 | 2 | 10 | 0 | 1 | 7 | 43 | 2 | 0 | 0 | 5 | 9 | 0 | 34 | 0 | 23 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 29 | 0 | 0 | 0 | 157 |
| 335 | 5,94 | 2 | 10 | 0 | 0 | 15 | 53 | 3 | 2 | 0 | 9 | 16 | 0 | 53 | 0 | 43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 1 | 3 | 30 | 0 | 0 | 0 | 232 |
| 340 | 6,02 | 2 | 10 | 0 | 0 | 5 | 42 | 6 | 0 | 1 | 14 | 9 | 1 | 28 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 36 | 0 | 0 | 0 | 163 |
| 345 | 6,09 | 2 | 10 | 0 | 0 | 13 | 62 | 4 | 4 | 0 | 16 | 18 | 0 | 31 | 0 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 43 | 0 | 0 | 1 | 242 |
| 350 | 6,17 | 4 | 10 | 0 | 0 | 10 | 37 | 5 | 2 | 0 | 6 | 15 | 1 | 22 | 0 | 41 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 36 | 0 | 0 | 0 | 181 |
| 355 | 6,25 | 4 | 10 | 0 | 0 | 9 | 67 | 4 | 5 | 1 | 12 | 21 | 0 | 40 | 0 | 32 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 46 | 0 | 0 | 0 | 240 |
| 360 | 6,33 | 8 | 10 | 0 | 0 | 15 | 36 | 1 | 2 | 0 | 8 | 14 | 2 | 37 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 26 | 0 | 0 | 0 | 169 |
| 365 | 6,42 | 8 | 10 | 0 | 0 | 5 | 31 | 4 | 2 | 0 | 8 | 20 | 0 | 25 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 153 |
| 370 | 6,50 | 8 | 10 | 0 | 0 | 8 | 26 | 4 | 1 | 0 | 4 | 14 | 0 | 25 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 23 | 0 | 0 | 0 | 133 |
| 375 | 6,58 | 8 | 10 | 0 | 0 | 7 | 25 | 2 | 1 | 0 | 5 | 15 | 0 | 22 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 1 | 105 |
| 380 | 6,66 | 16 | 10 | 0 | 1 | 8 | 20 | 0 | 0 | 0 | 4 | 13 | 0 | 25 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 21 | 0 | 0 | 1 | 115 |
| 385 | 6,74 | 8 | 10 | 0 | 0 | 13 | 35 | 2 | 4 | 1 | 6 | 22 | 0 | 35 | 0 | 44 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 188 |
| 390 | 6,83 | 16 | 10 | 0 | 0 | 11 | 17 | 1 | 2 | 0 | 9 | 8 | 0 | 20 | 0 | 27 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 15 | 0 | 0 | 0 | 113 |
| 395 | 6,91 | 16 | 10 | 0 | 0 | 5 | 20 | 1 | 2 | 0 | 8 | 14 | 0 | 24 | 0 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 17 | 0 | 0 | 0 | 120 |
| 400 | 6,99 | 16 | 10 | 0 | 0 | 6 | 22 | 3 | 3 | 0 | 11 | 12 | 0 | 26 | 0 | 30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 19 | 0 | 0 | 0 | 133 |
| 402 | 7,03 | 8 | 8 | 0 | 1 | 14 | 38 | 0 | 5 | 0 | 9 | 18 | 0 | 43 | 0 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 29 | 0 | 0 | 0 | 205 |

Anexo 3.2: Dados de contagem de foraminíferos planctônicos do testemunho CF10-09A na classe de tamanho 150 – 250 µm.

| Prof. (cm) | Idade (ka AP) | Fração da amostra (1/x) | Volume lavado (cm³) | UNI | CON | RUBP | RUBW | TEN | SAC | SPH | CAL | BUL | FAL | RBS | HUM | QUI | DUT | PUL | INF | TRUS | TRUD | CRA | HIR | SCI | ANF | MEN | TUM | UNG | ATL | GLU | UVU | PEL | Outras | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,13 | 4 | 10 | 0 | 0 | 17 | 20 | 1 | 1 | 0 | 4 | 15 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 63 |
| 5 | 1,21 | 2 | 10 | 0 | 0 | 14 | 36 | 5 | 4 | 2 | 9 | 22 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 114 |
| 10 | 1,29 | 2 | 10 | 0 | 0 | 16 | 39 | 1 | 1 | 1 | 7 | 26 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 1 | 0 | 108 |
| 15 | 1,36 | 1 | 10 | 0 | 0 | 22 | 73 | 0 | 3 | 3 | 17 | 33 | 1 | 3 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 167 |
| 20 | 1,44 | 2 | 10 | 0 | 0 | 7 | 34 | 0 | 1 | 0 | 9 | 15 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 76 |
| 25 | 1,51 | 1 | 10 | 0 | 0 | 18 | 34 | 0 | 2 | 1 | 20 | 27 | 1 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 116 |
| 30 | 1,59 | 1 | 10 | 0 | 0 | 26 | 59 | 3 | 2 | 2 | 26 | 51 | 1 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 190 |
| 35 | 1,66 | 2 | 10 | 0 | 0 | 20 | 29 | 3 | 2 | 4 | 18 | 33 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 117 |
| 40 | 1,73 | 2 | 10 | 0 | 0 | 28 | 48 | 3 | 3 | 1 | 12 | 58 | 0 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 170 |
| 45 | 1,81 | 1 | 8 | 0 | 0 | 19 | 29 | 2 | 2 | 1 | 7 | 37 | 1 | 10 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 117 |
| 50 | 1,88 | 1 | 10 | 0 | 0 | 18 | 24 | 1 | 1 | 2 | 7 | 51 | 1 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 122 |
| 55 | 1,95 | 1 | 10 | 0 | 0 | 25 | 17 | 2 | 3 | 0 | 10 | 44 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 113 |
| 60 | 2,03 | 1 | 10 | 0 | 0 | 31 | 36 | 4 | 2 | 0 | 4 | 33 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 130 |
| 65 | 2,10 | 2 | 10 | 0 | 0 | 15 | 34 | 0 | 1 | 0 | 7 | 30 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 102 |
| 70 | 2,17 | 2 | 10 | 0 | 0 | 16 | 31 | 5 | 1 | 1 | 6 | 10 | 0 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 82 |
| 75 | 2,24 | 1 | 10 | 0 | 0 | 27 | 66 | 5 | 2 | 1 | 18 | 22 | 0 | 9 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 165 |
| 80 | 2,31 | 2 | 10 | 0 | 0 | 21 | 41 | 3 | 2 | 0 | 10 | 21 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 107 |
| 85 | 2,38 | 2 | 10 | 0 | 0 | 17 | 24 | 1 | 0 | 0 | 12 | 15 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 82 |
| 90 | 2,45 | 1 | 10 | 0 | 0 | 21 | 23 | 2 | 4 | 1 | 16 | 12 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 91 |
| 95 | 2,53 | 1 | 10 | 0 | 0 | 24 | 65 | 2 | 1 | 1 | 15 | 25 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 152 |
| 100 | 2,60 | 2 | 10 | 0 | 0 | 17 | 41 | 0 | 0 | 2 | 11 | 9 | 1 | 3 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 98 |
| 105 | 2,67 | 1 | 10 | 0 | 0 | 26 | 68 | 1 | 2 | 0 | 18 | 14 | 0 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 148 |
| 110 | 2,74 | 1 | 10 | 0 | 0 | 16 | 95 | 5 | 4 | 1 | 20 | 18 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 2 | 184 |
| 115 | 2,81 | 1 | 10 | 0 | 0 | 21 | 58 | 4 | 1 | 0 | 18 | 27 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 149 |
| 120 | 2,88 | 2 | 10 | 0 | 0 | 20 | 68 | 6 | 4 | 1 | 15 | 21 | 0 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 153 |
| 125 | 2,95 | 2 | 10 | 0 | 0 | 14 | 38 | 1 | 1 | 1 | 9 | 15 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 90 |
| 130 | 3,02 | 1 | 10 | 0 | 0 | 26 | 85 | 5 | 3 | 1 | 15 | 17 | 0 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 1 | 176 |
| 135 | 3,09 | 1 | 10 | 0 | 0 | 25 | 75 | 3 | 0 | 1 | 12 | 21 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 150 |
| 140 | 3,16 | 2 | 10 | 0 | 0 | 7 | 43 | 2 | 0 | 1 | 4 | 9 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 71 |
| 145 | 3,23 | 2 | 10 | 0 | 0 | 10 | 59 | 1 | 3 | 1 | 14 | 22 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 118 |
| 150 | 3,31 | 1 | 10 | 0 | 0 | 23 | 93 | 5 | 6 | 1 | 12 | 36 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 186 |
| 155 | 3,38 | 2 | 10 | 0 | 0 | 9 | 41 | 4 | 3 | 0 | 5 | 16 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 98 |
| 160 | 3,45 | 1 | 10 | 0 | 0 | 26 | 54 | 2 | 2 | 2 | 10 | 24 | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 144 |
| 165 | 3,52 | 1 | 10 | 0 | 0 | 24 | 37 | 6 | 2 | 1 | 24 | 21 | 0 | 8 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 136 |
| 170 | 3,59 | 2 | 10 | 0 | 0 | 17 | 37 | 5 | 1 | 2 | 10 | 24 | 0 | 13 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 118 |
| 175 | 3,66 | 2 | 10 | 0 | 0 | 17 | 61 | 5 | 1 | 1 | 19 | 24 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 145 |
| 180 | 3,73 | 1 | 10 | 0 | 0 | 21 | 28 | 1 | 2 | 0 | 5 | 24 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 94 |
| 185 | 3,81 | 1 | 10 | 0 | 0 | 28 | 39 | 9 | 2 | 2 | 15 | 38 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 1 | 153 |
| 190 | 3,88 | 1 | 10 | 0 | 0 | 16 | 31 | 1 | 1 | 1 | 6 | 31 | 0 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 98 |
| 195 | 3,95 | 1 | 10 | 0 | 0 | 42 | 52 | 10 | 2 | 0 | 24 | 42 | 0 | 11 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 197 |
| 200 | 4,02 | 2 | 10 | 0 | 0 | 19 | 42 | 1 | 1 | 1 | 10 | 36 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 134 |
| 205 | 4,09 | 2 | 10 | 0 | 0 | 21 | 29 | 2 | 3 | 2 | 14 | 33 | 0 | 16 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 137 |
| 210 | 4,16 | 1 | 10 | 1 | 0 | 44 | 47 | 9 | 6 | 2 | 17 | 35 | 0 | 25 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 208 |
| 215 | 4,23 | 2 | 10 | 0 | 0 | 22 | 38 | 2 | 3 | 1 | 17 | 26 | 0 | 12 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 136 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 220 | 4,30 | 2 | 10 | 0 | 0 | 16 | 38 | 6 | 0 | 0 | 10 | 28 | 0 | 24 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 17 | 0 | 0 | 0 | 142 |
| 225 | 4,36 | 2 | 10 | 0 | 0 | 21 | 40 | 5 | 1 | 2 | 15 | 35 | 0 | 18 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 147 |
| 230 | 4,43 | 1 | 10 | 0 | 0 | 24 | 48 | 3 | 3 | 2 | 15 | 30 | 0 | 13 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 152 |
| 235 | 4,50 | 2 | 10 | 0 | 0 | 13 | 20 | 2 | 0 | 0 | 15 | 17 | 0 | 5 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| 240 | 4,57 | 1 | 10 | 0 | 0 | 25 | 34 | 4 | 3 | 1 | 12 | 18 | 0 | 18 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 | 0 | 0 | 0 | 138 |
| 245 | 4,64 | 2 | 10 | 0 | 0 | 24 | 25 | 7 | 0 | 0 | 17 | 21 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | 0 | 0 | 122 |
| 250 | 4,71 | 2 | 10 | 0 | 0 | 20 | 33 | 1 | 1 | 0 | 14 | 17 | 0 | 11 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 19 | 0 | 0 | 0 | 120 |
| 255 | 4,78 | 2 | 10 | 0 | 0 | 52 | 49 | 5 | 3 | 1 | 14 | 24 | 0 | 16 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 25 | 0 | 1 | 1 | 196 |
| 260 | 4,85 | 2 | 10 | 0 | 0 | 28 | 40 | 2 | 0 | 0 | 8 | 21 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 15 | 0 | 0 | 0 | 125 |
| 265 | 4,92 | 4 | 10 | 0 | 0 | 7 | 29 | 3 | 0 | 0 | 9 | 23 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 105 |
| 270 | 4,99 | 4 | 10 | 0 | 0 | 10 | 22 | 2 | 0 | 0 | 9 | 19 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 74 |
| 275 | 5,06 | 2 | 10 | 0 | 1 | 13 | 40 | 3 | 2 | 2 | 9 | 23 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 12 | 0 | 0 | 0 | 113 |
| 280 | 5,13 | 2 | 10 | 0 | 0 | 34 | 49 | 8 | 1 | 1 | 8 | 15 | 0 | 7 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 138 |
| 285 | 5,20 | 4 | 10 | 0 | 0 | 24 | 14 | 2 | 2 | 1 | 7 | 11 | 0 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 74 |
| 290 | 5,27 | 4 | 10 | 0 | 0 | 23 | 25 | 0 | 1 | 0 | 5 | 12 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| 295 | 5,35 | 2 | 10 | 0 | 1 | 33 | 38 | 5 | 3 | 2 | 11 | 18 | 0 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 134 |
| 300 | 5,42 | 4 | 10 | 0 | 0 | 20 | 35 | 4 | 2 | 1 | 7 | 13 | 0 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 92 |
| 305 | 5,49 | 4 | 10 | 0 | 0 | 24 | 41 | 5 | 4 | 2 | 6 | 14 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 1 | 111 |
| 310 | 5,56 | 2 | 10 | 1 | 0 | 23 | 43 | 5 | 7 | 0 | 11 | 26 | 0 | 5 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 140 |
| 315 | 5,64 | 2 | 10 | 0 | 0 | 34 | 55 | 11 | 3 | 4 | 9 | 35 | 0 | 10 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 179 |
| 320 | 5,71 | 4 | 10 | 0 | 0 | 20 | 37 | 5 | 1 | 0 | 6 | 26 | 0 | 12 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 8 | 0 | 0 | 0 | 127 |
| 325 | 5,79 | 4 | 10 | 0 | 0 | 13 | 42 | 4 | 3 | 0 | 5 | 23 | 0 | 3 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 103 |
| 330 | 5,86 | 2 | 10 | 0 | 0 | 3 | 59 | 8 | 6 | 1 | 12 | 20 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 118 |
| 335 | 5,94 | 2 | 10 | 0 | 0 | 17 | 76 | 7 | 7 | 2 | 23 | 22 | 0 | 9 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 180 |
| 340 | 6,02 | 2 | 10 | 0 | 0 | 23 | 67 | 5 | 2 | 3 | 15 | 33 | 0 | 9 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | 180 |
| 345 | 6,09 | 2 | 10 | 0 | 0 | 17 | 57 | 2 | 5 | 3 | 20 | 28 | 0 | 8 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 2 | 157 |
| 350 | 6,17 | 4 | 10 | 0 | 0 | 9 | 61 | 3 | 7 | 0 | 7 | 34 | 0 | 8 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 140 |
| 355 | 6,25 | 4 | 10 | 0 | 0 | 12 | 52 | 3 | 3 | 4 | 9 | 38 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 132 |
| 360 | 6,33 | 8 | 10 | 0 | 0 | 12 | 31 | 3 | 3 | 0 | 6 | 24 | 0 | 8 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 94 |
| 365 | 6,42 | 8 | 10 | 0 | 0 | 10 | 39 | 2 | 4 | 1 | 13 | 29 | 0 | 7 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 121 |
| 370 | 6,50 | 8 | 10 | 0 | 0 | 12 | 36 | 1 | 2 | 2 | 4 | 18 | 0 | 5 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 88 |
| 375 | 6,58 | 8 | 10 | 0 | 0 | 6 | 47 | 3 | 3 | 1 | 11 | 35 | 0 | 9 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 128 |
| 380 | 6,66 | 16 | 10 | 0 | 0 | 7 | 28 | 3 | 2 | 1 | 4 | 30 | 0 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 89 |
| 385 | 6,74 | 8 | 10 | 0 | 0 | 27 | 71 | 3 | 5 | 1 | 6 | 50 | 0 | 11 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 187 |
| 390 | 6,83 | 16 | 10 | 0 | 0 | 15 | 29 | 4 | 4 | 1 | 7 | 33 | 3 | 5 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 105 |
| 395 | 6,91 | 16 | 10 | 0 | 0 | 14 | 44 | 3 | 2 | 3 | 10 | 26 | 0 | 1 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 118 |
| 400 | 6,99 | 16 | 10 | 0 | 0 | 20 | 39 | 2 | 6 | 0 | 10 | 29 | 1 | 6 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 125 |
| 402 | 7,03 | 8 | 8 | 0 | 0 | 20 | 63 | 5 | 4 | 0 | 8 | 43 | 0 | 9 | 0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 165 |

Anexo 3.3: Dados de contagem de foraminíferos planctônicos do testemunho CF10-09A na classe de tamanho > 250 µm.

| Prof. (cm) | Idade (ka AP) | Fração da amostra (1/x) | Volume lavado (cm³) | UNI | CON | RUBP | RUBW | TEN | SAC | SPH | CAL | BUL | FAL | RBS | HUM | QUI | DUT | PUL | INF | TRUS | TRUD | CRA | HIR | SCI | ANF | MEN | TUM | UNG | ATL | GLU | UVU | PEL | CAN | Outras | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,13 | 4 | 10 | 1 | 3 | 18 | 10 | 0 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 |
| 5 | 1,21 | 2 | 10 | 1 | 0 | 26 | 17 | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 52 |
| 10 | 1,29 | 2 | 10 | 2 | 1 | 27 | 18 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 |
| 15 | 1,36 | 1 | 10 | 6 | 0 | 39 | 20 | 0 | 8 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 87 |
| 20 | 1,44 | 2 | 10 | 5 | 1 | 20 | 14 | 0 | 4 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47 |
| 25 | 1,51 | 1 | 10 | 4 | 2 | 35 | 21 | 0 | 7 | 4 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| 30 | 1,59 | 1 | 10 | 1 | 0 | 54 | 31 | 0 | 7 | 4 | 7 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 113 |
| 35 | 1,66 | 2 | 10 | 1 | 0 | 44 | 19 | 0 | 8 | 4 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 83 |
| 40 | 1,73 | 2 | 10 | 5 | 2 | 58 | 20 | 0 | 9 | 4 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 107 |
| 45 | 1,81 | 1 | 8 | 9 | 1 | 47 | 20 | 0 | 7 | 3 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98 |
| 50 | 1,88 | 1 | 10 | 5 | 0 | 42 | 17 | 0 | 3 | 4 | 1 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 |
| 55 | 1,95 | 1 | 10 | 6 | 0 | 40 | 20 | 0 | 2 | 6 | 2 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 85 |
| 60 | 2,03 | 1 | 10 | 9 | 0 | 55 | 18 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 89 |
| 65 | 2,10 | 2 | 10 | 7 | 1 | 50 | 18 | 0 | 5 | 5 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 |
| 70 | 2,17 | 2 | 10 | 1 | 0 | 31 | 11 | 0 | 7 | 2 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58 |
| 75 | 2,24 | 1 | 10 | 4 | 0 | 68 | 25 | 0 | 12 | 4 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 119 |
| 80 | 2,31 | 2 | 10 | 4 | 0 | 29 | 12 | 0 | 4 | 4 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 85 | 2,38 | 2 | 10 | 4 | 2 | 32 | 10 | 0 | 3 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59 |
| 90 | 2,45 | 1 | 10 | 2 | 1 | 39 | 18 | 0 | 1 | 4 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 72 |
| 95 | 2,53 | 1 | 10 | 5 | 1 | 72 | 34 | 0 | 5 | 5 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 130 |
| 100 | 2,60 | 2 | 10 | 8 | 1 | 33 | 19 | 0 | 5 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 71 |
| 105 | 2,67 | 1 | 10 | 5 | 1 | 36 | 35 | 0 | 7 | 4 | 2 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 98 |
| 110 | 2,74 | 1 | 10 | 4 | 0 | 59 | 34 | 0 | 9 | 6 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 123 |
| 115 | 2,81 | 1 | 10 | 2 | 2 | 33 | 43 | 1 | 13 | 7 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 110 |
| 120 | 2,88 | 2 | 10 | 5 | 0 | 43 | 47 | 0 | 6 | 6 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 112 |
| 125 | 2,95 | 2 | 10 | 6 | 1 | 35 | 22 | 0 | 4 | 3 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 79 |
| 130 | 3,02 | 1 | 10 | 7 | 1 | 33 | 61 | 0 | 12 | 4 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 126 |
| 135 | 3,09 | 1 | 10 | 2 | 1 | 32 | 37 | 0 | 10 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 88 |
| 140 | 3,16 | 2 | 10 | 1 | 0 | 19 | 16 | 0 | 5 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 44 |
| 145 | 3,23 | 2 | 10 | 3 | 1 | 13 | 42 | 0 | 3 | 1 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 69 |
| 150 | 3,31 | 1 | 10 | 4 | 0 | 26 | 43 | 0 | 11 | 5 | 2 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 155 | 3,38 | 2 | 10 | 6 | 0 | 15 | 21 | 0 | 4 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 54 |
| 160 | 3,45 | 1 | 10 | 1 | 0 | 29 | 28 | 0 | 4 | 9 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 78 |
| 165 | 3,52 | 1 | 10 | 8 | 2 | 60 | 38 | 0 | 4 | 5 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 |
| 170 | 3,59 | 2 | 10 | 9 | 2 | 32 | 14 | 1 | 6 | 5 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 76 |
| 175 | 3,66 | 2 | 10 | 2 | 1 | 36 | 16 | 0 | 5 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 |
| 180 | 3,73 | 1 | 10 | 8 | 1 | 37 | 21 | 0 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 |
| 185 | 3,81 | 1 | 10 | 3 | 0 | 42 | 19 | 0 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 74 |
| 190 | 3,88 | 1 | 10 | 2 | 0 | 12 | 16 | 0 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 |
| 195 | 3,95 | 1 | 10 | 5 | 0 | 27 | 20 | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 200 | 4,02 | 2 | 10 | 8 | 3 | 33 | 16 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 205 | 4,09 | 2 | 10 | 4 | 0 | 31 | 12 | 0 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 |
| 210 | 4,16 | 1 | 10 | 19 | 1 | 50 | 20 | 0 | 4 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| 215 | 4,23 | 2 | 10 | 1 | 0 | 21 | 9 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 33 |
| 220 | 4,30 | 2 | 10 | 2 | 0 | 29 | 14 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 53 |
| 225 | 4,36 | 2 | 10 | 9 | 0 | 17 | 11 | 0 | 1 | 5 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 50 |
| 230 | 4,43 | 1 | 10 | 12 | 1 | 24 | 8 | 0 | 4 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 58 |
| 235 | 4,50 | 2 | 10 | 0 | 0 | 12 | 9 | 0 | 9 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 |
| 240 | 4,57 | 1 | 10 | 2 | 1 | 36 | 25 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 73 |
| 245 | 4,64 | 2 | 10 | 0 | 0 | 24 | 17 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47 |
| 250 | 4,71 | 2 | 10 | 0 | 0 | 16 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 21 |
| 255 | 4,78 | 2 | 10 | 4 | 0 | 60 | 18 | 0 | 1 | 3 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 91 |
| 260 | 4,85 | 2 | 10 | 9 | 0 | 27 | 13 | 0 | 4 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 56 |
| 265 | 4,92 | 4 | 10 | 4 | 2 | 17 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 |
| 270 | 4,99 | 4 | 10 | 2 | 0 | 14 | 10 | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 |
| 275 | 5,06 | 2 | 10 | 1 | 0 | 19 | 6 | 0 | 1 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 37 |
| 280 | 5,13 | 2 | 10 | 4 | 0 | 26 | 15 | 0 | 1 | 0 | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 |
| 285 | 5,20 | 4 | 10 | 0 | 1 | 22 | 8 | 0 | 4 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 |
| 290 | 5,27 | 4 | 10 | 2 | 1 | 26 | 10 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 |
| 295 | 5,35 | 2 | 10 | 1 | 0 | 37 | 22 | 0 | 6 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 75 |
| 300 | 5,42 | 4 | 10 | 2 | 0 | 26 | 10 | 0 | 2 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 48 |
| 305 | 5,49 | 4 | 10 | 2 | 0 | 11 | 20 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 39 |
| 310 | 5,56 | 2 | 10 | 8 | 0 | 26 | 27 | 0 | 6 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 76 |
| 315 | 5,64 | 2 | 10 | 6 | 0 | 15 | 31 | 1 | 3 | 4 | 1 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 77 |
| 320 | 5,71 | 4 | 10 | 1 | 1 | 20 | 23 | 1 | 2 | 1 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 |
| 325 | 5,79 | 4 | 10 | 1 | 0 | 15 | 18 | 0 | 5 | 5 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 51 |
| 330 | 5,86 | 2 | 10 | 3 | 0 | 12 | 15 | 0 | 11 | 2 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 53 |
| 335 | 5,94 | 2 | 10 | 2 | 0 | 9 | 29 | 0 | 9 | 4 | 4 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 61 |
| 340 | 6,02 | 2 | 10 | 9 | 0 | 18 | 34 | 0 | 5 | 5 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 86 |
| 345 | 6,09 | 2 | 10 | 3 | 2 | 11 | 22 | 0 | 5 | 4 | 3 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 57 |
| 350 | 6,17 | 4 | 10 | 1 | 1 | 11 | 28 | 0 | 12 | 5 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 |
| 355 | 6,25 | 4 | 10 | 4 | 2 | 12 | 35 | 0 | 5 | 3 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 67 |
| 360 | 6,33 | 8 | 10 | 1 | 0 | 6 | 18 | 0 | 5 | 1 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 |
| 365 | 6,42 | 8 | 10 | 3 | 0 | 10 | 21 | 0 | 5 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 |
| 370 | 6,50 | 8 | 10 | 7 | 1 | 12 | 17 | 0 | 1 | 1 | 0 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 49 |
| 375 | 6,58 | 8 | 10 | 2 | 0 | 15 | 29 | 0 | 5 | 2 | 1 | 5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 380 | 6,66 | 16 | 10 | 2 | 2 | 16 | 20 | 0 | 10 | 1 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 59 |
| 385 | 6,74 | 8 | 10 | 4 | 0 | 25 | 41 | 0 | 11 | 6 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 105 |
| 390 | 6,83 | 16 | 10 | 5 | 1 | 9 | 16 | 0 | 5 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 40 |
| 395 | 6,91 | 16 | 10 | 2 | 0 | 17 | 22 | 0 | 10 | 2 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57 |
| 400 | 6,99 | 16 | 10 | 1 | 0 | 16 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| 402 | 7,03 | 8 | 8 | 6 | 1 | 32 | 29 | 0 | 7 | 6 | 1 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 92 |

**Anexo 4:** Isótopos estáveis de *Globigerinoides ruber white* e *Globigerina bulloides* nos topos de *box-cores* do projeto Ressurgência (dados em ‰ V-PDB)

| *Box-core* | $\delta^{13}C$ *G. ruber* | $\delta^{18}O$ *G. ruber* | $\delta^{13}C$ *G. bulloides* | $\delta^{18}O$ *G. bulloides* |
|---|---|---|---|---|
| BCCF10-15A1 | 1,288 | -0,612 | -1,304 | -1,637 |
| BCCF10-14B1 | 1,482 | -0,600 | | |
| BCCF10-13A2 | 1,620 | -0,728 | | |
| BCCF10-12B3 | 1,090 | -0,867 | -1,177 | -1,909 |
| BCCF10-11B3 | 1,330 | -0,677 | | |
| BCCF10-10A2 | 1,336 | -0,875 | -0,320 | -1,390 |
| BCCF10-09B2 | 1,158 | -0,900 | | |
| BCCF10-08A1 | 1,419 | -1,012 | | |
| BCCF10-07A3 | 1,144 | -0,622 | -0,965 | -1,014 |
| BCCF10-04A2 | 1,768 | -0,841 | | |
| BCCF10-02B3 | 1,275 | -1,126 | -0,485 | -0,882 |
| BCCF10-01B1 | 1,165 | -0,842 | -0,411 | -0,387 |

**Anexo 5:** Isótopos estáveis de *Globigerinoides ruber white* e *Globigerina bulloides* nos testemunhos longos

Anexo 5.1

Isótopos estáveis de *Globigerinoides ruber white* e *Globigerina bulloides* no testemunho CF10-01B

| Prof. (cm) | Idade (ka cal AP) | $\delta^{18}O$ *G. ruber* (‰ V-PDB | $\delta^{13}C$ *G. ruber* (‰ V-PDB) | $\delta^{18}O$ *G. bulloides* (‰ V-PDB) | $\delta^{13}C$ *G. bulloides* (‰ V-PDB) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,88 | -0,890 | 1,121 | -0,202 | -0,255 |
| 5 | 1,04 | -0,995 | 1,148 | | |
| 10 | 1,20 | -0,811 | 1,543 | -0,357 | -0,590 |
| 15 | 1,36 | -1,192 | 1,115 | | |
| 20 | 1,52 | -1,038 | 1,343 | -0,478 | -0,806 |
| 25 | 1,68 | -1,117 | 1,196 | | |
| 30 | 1,84 | -0,715 | 1,442 | -0,378 | -0,760 |
| 35 | 1,99 | -1,086 | 1,373 | | |
| 40 | 2,14 | -1,014 | 1,464 | -0,093 | -0,645 |
| 45 | 2,29 | -0,825 | 1,338 | -0,249 | -0,457 |
| 50 | 2,44 | -0,841 | 1,078 | | |
| 55 | 2,58 | -1,129 | 1,020 | | |
| 60 | 2,72 | -0,731 | 1,348 | -0,424 | -0,691 |
| 65 | 2,85 | -0,970 | 1,251 | | |
| 70 | 2,99 | -0,961 | 1,231 | | |
| 75 | 3,12 | -1,265 | 1,247 | -0,786 | -1,081 |
| 80 | 3,26 | -1,070 | 0,930 | | |
| 85 | 3,39 | -0,949 | 1,013 | -0,131 | -0,282 |
| 90 | 3,52 | -0,809 | 1,358 | -0,346 | -0,784 |
| 95 | 3,66 | -0,839 | 1,327 | -0,383 | -0,709 |
| 100 | 3,80 | -0,915 | 0,901 | -0,648 | -1,096 |
| 105 | 3,94 | -0,371 | 1,285 | -0,148 | -0,364 |
| 110 | 4,08 | -0,616 | 1,350 | -0,406 | -0,448 |
| 115 | 4,22 | -0,524 | 1,179 | -0,040 | -0,383 |
| 120 | 4,38 | -0,773 | 1,301 | -0,149 | -0,323 |
| 125 | 4,53 | -0,718 | 1,099 | | |
| 130 | 4,69 | -0,611 | 1,413 | -0,324 | -0,456 |
| 135 | 4,86 | -0,711 | 1,195 | -0,362 | -0,450 |
| 140 | 5,04 | -0,783 | 1,069 | -0,312 | -0,492 |
| 145 | 5,22 | -0,965 | 0,984 | -0,256 | -0,593 |
| 150 | 5,41 | -0,687 | 1,220 | -0,163 | -0,390 |
| 155 | 5,60 | -0,805 | 1,211 | -0,181 | -0,375 |
| 160 | 5,80 | -1,085 | 1,049 | -0,625 | -0,918 |
| 165 | 6,00 | -0,698 | 1,162 | -0,575 | -1,420 |
| 170 | 6,21 | -0,552 | 1,321 | -0,107 | -0,509 |
| 175 | 6,42 | -0,859 | 1,193 | | |
| 180 | 6,64 | -0,586 | 1,311 | 0,009 | -0,650 |
| 185 | 6,86 | -0,936 | 1,082 | -0,235 | -0,580 |
| 190 | 7,08 | -0,759 | 1,125 | -0,301 | -0,678 |
| 195 | 7,31 | -0,891 | 1,200 | -0,627 | -0,862 |
| 200 | 7,53 | -0,778 | 1,130 | -0,046 | -0,481 |
| 205 | 7,75 | -0,769 | 1,390 | | |
| 210 | 7,97 | -0,614 | 1,075 | -0,043 | -0,311 |
| 215 | 8,19 | -0,589 | 1,220 | -0,266 | -0,735 |
| 220 | 8,41 | -0,741 | 1,140 | -0,142 | -0,702 |
| 225 | 8,62 | -0,581 | 1,037 | -0,035 | -0,448 |
| 230 | 8,81 | -0,477 | 0,736 | -0,238 | -0,745 |
| 235 | 9,00 | -1,018 | 0,481 | 0,152 | -0,660 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 240 | 9,17 | -0,366 | 0,591 | 0,344 | -0,469 |
| 245 | 9,32 | -0,369 | 1,066 | 0,416 | -0,286 |
| 250 | 9,46 | -0,263 | 0,776 | 0,077 | -0,607 |
| 255 | 9,58 | -0,317 | 0,962 | 0,270 | -0,537 |
| 260 | 9,69 | -0,743 | 0,952 | 0,106 | -0,535 |
| 265 | 9,77 | -0,802 | 0,809 | 0,105 | -0,500 |
| 270 | 9,85 | -0,451 | 0,748 | 0,081 | -0,557 |
| 275 | 9,91 | -0,737 | 0,491 | 0,313 | -0,610 |
| 280 | 9,97 | -0,256 | 0,737 | 0,135 | -0,632 |
| 285 | 10,01 | -0,641 | 1,358 | -0,007 | -0,237 |
| 290 | 10,05 | -0,454 | 0,593 | 0,358 | -0,579 |
| 295 | 10,09 | -0,174 | 1,154 | -0,066 | -0,368 |
| 300 | 10,12 | -0,345 | 0,972 | 0,210 | -0,513 |
| 305 | 10,15 | -0,740 | 1,284 | -0,110 | -0,469 |
| 310 | 10,19 | -0,372 | 0,774 | 0,463 | -0,121 |
| 315 | 10,22 | -0,675 | 1,153 | -0,134 | -0,109 |
| 320 | 10,27 | -0,362 | 0,952 | 0,096 | -0,347 |
| 325 | 10,31 | -0,373 | 0,844 | 0,340 | -0,412 |
| 330 | 10,37 | -0,135 | 0,418 | -0,062 | -0,695 |
| 335 | 10,43 | -0,613 | 0,504 | 0,236 | -0,410 |
| 340 | 10,51 | -0,339 | 0,875 | 0,359 | -0,373 |
| 345 | 10,60 | -0,274 | 1,064 | 0,083 | -0,590 |
| 350 | 10,69 | -0,570 | 0,498 | 0,066 | -0,478 |
| 355 | 10,80 | -0,229 | 0,585 | 0,050 | -0,714 |
| 360 | 10,91 | -0,404 | 0,824 | 0,128 | -0,674 |
| 365 | 11,03 | -0,250 | 0,634 | -0,046 | -0,865 |
| 370 | 11,15 | -0,480 | 0,898 | 0,247 | -0,529 |
| 375 | 11,27 | -0,473 | 0,770 | 0,131 | -0,350 |
| 380 | 11,39 | -0,480 | 0,484 | 0,338 | -0,342 |

Anexo 5.2

Isótopos estáveis de *Globigerinoides ruber white* e *Globigerina bulloides* no testemunho CF10-09A.

| **Prof. (cm)** | **Idade (ka cal AP)** | **$\delta^{18}O$ *G. ruber* (‰ V-PDB)** | **$\delta^{13}C$ *G. ruber* (‰ V-PDB)** | **$\delta^{18}O$ *G. bulloides* (‰ V-PDB)** | **$\delta^{13}C$ *G. bulloides* (‰ V-PDB)** |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1,134 | -1,046 | 1,940 | | |
| 5 | 1,209 | -0,883 | 1,520 | -0,063 | -0,360 |
| 10 | 1,285 | -0,529 | 1,364 | | |
| 15 | 1,36 | -0,776 | 1,620 | | |
| 20 | 1,435 | -0,853 | 1,414 | | |
| 25 | 1,51 | -0,976 | 1,610 | -0,025 | -0,400 |
| 30 | 1,585 | -0,882 | 1,654 | -0,108 | -0,461 |
| 35 | 1,659 | -1,226 | 1,503 | -0,468 | -0,395 |
| 40 | 1,733 | | | -0,207 | -0,578 |
| 45 | 1,807 | -1,040 | 1,704 | -0,208 | -0,585 |
| 50 | 1,881 | -0,995 | 1,237 | -0,091 | -0,284 |
| 55 | 1,954 | -0,973 | 1,700 | 0,040 | -0,200 |
| 60 | 2,026 | -0,882 | 0,978 | 0,025 | -0,251 |
| 65 | 2,099 | -0,692 | 1,340 | -0,092 | -0,429 |
| 70 | 2,171 | -0,623 | 1,246 | -0,336 | -0,443 |
| 75 | 2,242 | -1,546 | 1,169 | | |
| 80 | 2,313 | -0,864 | 1,138 | 0,017 | -0,176 |
| 85 | 2,384 | -0,691 | 1,341 | -2,270 | -0,451 |
| 90 | 2,454 | -0,906 | 1,232 | -0,220 | -0,124 |
| 95 | 2,525 | -1,060 | 1,433 | -0,534 | -0,200 |
| 100 | 2,595 | -0,887 | 1,589 | -0,236 | -0,366 |
| 105 | 2,666 | -1,138 | 1,550 | 0,088 | -0,010 |
| 110 | 2,736 | -0,811 | 1,373 | -0,076 | -0,532 |
| 115 | 2,807 | -1,276 | 1,389 | 0,074 | -0,169 |
| 120 | 2,878 | -1,128 | 1,340 | -0,298 | -0,877 |
| 125 | 2,949 | -0,782 | 1,494 | 0,122 | -0,269 |
| 130 | 3,02 | -1,214 | 1,566 | 0,061 | -0,197 |
| 135 | 3,091 | -0,742 | 1,383 | | |
| 140 | 3,162 | -0,872 | 1,434 | | |
| 145 | 3,233 | -0,869 | 1,419 | 0,043 | -0,420 |
| 150 | 3,305 | -0,854 | 1,428 | -0,147 | -0,432 |
| 155 | 3,376 | -0,884 | 1,574 | -0,025 | -0,240 |
| 160 | 3,448 | -0,871 | 1,302 | -0,154 | -0,476 |
| 165 | 3,52 | -0,896 | 1,531 | | |
| 170 | 3,591 | -0,523 | 1,360 | -0,339 | -0,524 |
| 175 | 3,662 | -0,762 | 1,603 | | |
| 180 | 3,734 | -0,728 | 1,498 | | |
| 185 | 3,805 | -0,810 | 1,571 | | |
| 190 | 3,876 | -0,647 | 1,134 | | |
| 195 | 3,946 | -0,730 | 1,600 | | |
| 200 | 4,017 | -0,817 | 1,210 | -0,177 | -0,202 |
| 205 | 4,087 | -1,091 | 1,235 | | |
| 210 | 4,156 | -0,991 | 1,176 | | |
| 215 | 4,226 | -0,794 | 1,607 | -0,063 | -0,369 |
| 220 | 4,295 | -0,827 | 1,449 | | |
| 225 | 4,364 | -0,852 | 1,007 | 0,257 | -0,259 |
| 230 | 4,433 | -0,802 | 1,377 | | |
| 235 | 4,502 | -0,424 | 1,444 | 0,008 | -0,515 |
| 240 | 4,571 | -0,357 | 1,745 | | |
| 245 | 4,64 | -0,276 | 1,318 | -0,072 | -0,365 |
| 250 | 4,709 | -0,326 | 1,943 | -0,320 | -0,307 |
| 255 | 4,779 | -0,077 | 1,188 | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 260 | 4,848 | -0,409 | 1,332 | -0,418 | -0,522 |
| 265 | 4,919 | -0,446 | 1,435 | -0,463 | -0,322 |
| 270 | 4,989 | -0,409 | 1,522 | | |
| 275 | 5,059 | -0,397 | 1,352 | -0,481 | -0,715 |
| 280 | 5,13 | -0,373 | 1,454 | -1,051 | -0,874 |
| 285 | 5,201 | -0,572 | 1,522 | -0,225 | -0,502 |
| 290 | 5,273 | -0,224 | 1,430 | | |
| 295 | 5,345 | -0,463 | 1,287 | | |
| 300 | 5,417 | -0,430 | 1,440 | -1,872 | -1,108 |
| 305 | 5,49 | -0,572 | 1,599 | -0,610 | -0,531 |
| 310 | 5,563 | -0,534 | 1,516 | -0,588 | -0,813 |
| 315 | 5,637 | -0,418 | 1,252 | | |
| 320 | 5,711 | -0,478 | 1,373 | -0,816 | -0,619 |
| 325 | 5,786 | -0,515 | 1,462 | -0,657 | -0,625 |
| 330 | 5,862 | -0,574 | 1,377 | -0,087 | -0,324 |
| 335 | 5,938 | -0,391 | 1,335 | -0,881 | -0,705 |
| 340 | 6,016 | -0,524 | 1,405 | -0,213 | -0,463 |
| 345 | 6,094 | -0,490 | 1,276 | | |
| 350 | 6,173 | -0,598 | 1,573 | -1,991 | -1,203 |
| 355 | 6,253 | -0,718 | 1,280 | -0,359 | -0,467 |
| 360 | 6,334 | -0,597 | 1,178 | -0,731 | -0,483 |
| 365 | 6,415 | -0,406 | 1,390 | -0,443 | -0,387 |
| 370 | 6,497 | -0,393 | 1,305 | -0,052 | -0,265 |
| 375 | 6,579 | -0,461 | 1,437 | -0,702 | -0,841 |
| 380 | 6,662 | -1,140 | 1,149 | -0,068 | -0,194 |
| 385 | 6,744 | -1,277 | 1,087 | -0,624 | -0,485 |
| 390 | 6,828 | -0,395 | 1,338 | -0,011 | -0,118 |
| 395 | 6,911 | -0,529 | 1,227 | -0,595 | -0,689 |
| 400 | 6,994 | -0,291 | 1,147 | 0,101 | -0,208 |
| 402 | 7,028 | -0,592 | 1,252 | -0,215 | -0,407 |

## Anexo 6

Anexo 6.1 - Razão Mg/Ca de *G. ruber* obtidas pelo método de LA-ICP-MS para o testemunho CF10-01B. Os valores representam a média para cada câmara (exceto os furos em fragmentos) e o valor médio para a amostra total (incluindo os valores dos furos em fragmentos):

**Mg/Ca *f*** – razão Mg/Ca média da câmara final; **Mg/Ca *f-1*** – razão Mg/Ca média da penúltima câmara; **Mg/Ca *f-2*** – razão Mg/Ca média da antepenúltima câmara; **Mg/Ca total** – razão Mg/Ca média da amostra.

| Prof (cm) | Idade (ka cal AP) | Mg/Ca *f* (mmol/mol) | Mg/Ca *f-1* (mmol/mol) | Mg/Ca *f-2* (mmol/mol) | Mg/Ca total (mmol/mol) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,88 | 3,163 | 4,684 | 4,533 | 4,059 |
| 5 | 1,04 | 2,515 | 3,638 | 4,544 | 3,565 |
| 10 | 1,20 | 3,366 | 4,053 | 4,409 | 4,048 |
| 15 | 1,36 | 2,924 | 4,611 | 5,270 | 4,067 |
| 20 | 1,52 | 3,124 | 4,463 | 4,324 | 3,970 |
| 25 | 1,68 | 3,112 | 4,603 | 4,674 | 3,883 |
| 30 | 1,84 | 2,583 | 4,017 | 4,347 | 3,649 |
| 35 | 1,99 | 2,439 | 4,026 | 4,919 | 3,794 |
| 40 | 2,14 | 2,770 | 4,013 | 4,026 | 3,603 |
| 45 | 2,29 | 3,983 | 4,465 | 5,019 | 4,439 |
| 50 | 2,44 | 3,032 | 5,249 | 4,451 | 4,244 |
| 55 | 2,58 | 3,299 | 4,154 | 4,978 | 4,143 |
| 60 | 2,72 | 2,924 | 3,542 | 3,663 | 3,376 |
| 65 | 2,85 | 3,386 | 4,204 | 6,047 | 4,113 |
| 70 | 2,99 | 3,324 | 4,780 | 4,496 | 4,200 |
| 75 | 3,12 | 3,308 | 4,169 | 4,867 | 4,074 |
| 80 | 3,26 | 2,992 | 4,132 | 4,869 | 4,049 |
| 85 | 3,39 | 2,773 | 4,017 | 5,227 | 3,859 |
| 90 | 3,52 | 2,220 | 3,971 | 4,269 | 3,487 |
| 95 | 3,66 | 2,722 | 3,909 | 4,297 | 3,569 |
| 100 | 3,80 | 2,978 | 3,672 | 3,952 | 3,534 |
| 105 | 3,94 | 2,918 | 4,340 | 4,653 | 3,970 |
| 110 | 4,08 | 4,200 | 5,769 | 6,351 | 5,372 |
| 115 | 4,22 | 1,951 | 3,430 | 4,140 | 3,173 |
| 120 | 4,38 | 2,917 | 4,167 | 4,190 | 3,758 |
| 125 | 4,53 | 2,890 | 4,804 | 5,352 | 4,349 |
| 130 | 4,69 | 2,829 | 3,774 | 4,159 | 3,409 |
| 135 | 4,86 | 2,945 | 3,793 | 4,311 | 3,683 |
| 140 | 5,04 | 3,089 | 4,366 | 5,415 | 4,290 |
| 145 | 5,22 | 3,123 | 4,075 | 4,459 | 3,885 |
| 150 | 5,41 | 2,708 | 3,643 | 4,326 | 3,559 |
| 155 | 5,60 | 3,079 | 4,798 | 5,137 | 4,338 |
| 160 | 5,80 | 2,722 | 3,649 | 3,868 | 3,413 |
| 165 | 6,00 | 3,145 | 3,915 | 4,453 | 3,838 |
| 170 | 6,21 | 2,890 | 3,957 | 4,052 | 3,633 |
| 175 | 6,42 | 2,895 | 3,930 | 4,571 | 3,763 |
| 180 | 6,64 | 3,116 | 4,645 | 5,407 | 4,389 |
| 185 | 6,86 | 3,067 | 4,046 | 5,006 | 4,039 |
| 190 | 7,08 | 2,721 | 3,976 | 4,414 | 3,704 |
| 195 | 7,31 | 2,337 | 3,108 | 3,751 | 3,065 |
| 200 | 7,53 | 2,924 | 4,071 | 4,403 | 3,799 |
| 205 | 7,75 | 3,458 | 3,962 | 4,421 | 3,947 |
| 210 | 7,97 | 3,129 | 3,866 | 3,786 | 3,594 |
| 215 | 8,19 | 2,948 | 3,634 | 4,676 | 3,753 |
| 220 | 8,41 | 3,391 | 3,878 | 4,197 | 3,822 |
| 225 | 8,62 | 3,405 | 3,689 | 4,392 | 3,844 |
| 230 | 8,81 | 3,020 | 3,630 | 3,878 | 3,509 |

Anexo 6.2 - Razão Mg/Ca de *G. bulloides* obtidas pelo método de LA-ICP-MS para o testemunho CF10-01B. Os valores representam a média para cada câmara (exceto os furos em fragmentos) e o valor médio para a amostra total (incluindo os valores dos furos em fragmentos):

**Mg/Ca *f*** – razão Mg/Ca média da câmara final; **Mg/Ca *f-1*** – razão Mg/Ca média da penúltima câmara; **Mg/Ca *f-2*** – razão Mg/Ca média da antepenúltima câmara; **Mg/Ca total** – razão Mg/Ca média da amostra.

| Prof (cm) | Idade (ka cal AP) | Mg/Ca *f* (mmol/mol) | Mg/Ca *f-1* (mmol/mol) | Mg/Ca *f-2* (mmol/mol) | Mg/Ca total (mmol/mol) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0,88 | 3,045 | 4,604 | 4,330 | 3,921 |
| 10 | 1,20 | 3,873 | 5,209 | 3,115 | 3,331 |
| 20 | 1,52 | 4,782 | 4,618 | 4,968 | 4,131 |
| 25 | 1,68 | 4,793 | 8,810 | 7,973 | 4,958 |
| 30 | 1,84 | 3,909 | 4,586 | 4,942 | 4,460 |
| 35 | 1,99 | 3,028 | 4,993 | 4,521 | 3,685 |
| 40 | 2,14 | 3,618 | 3,823 | 4,108 | 3,850 |
| 45 | 2,29 | 3,117 | 4,054 | 4,405 | 3,859 |
| 50 | 2,44 | 5,908 | 6,274 | 6,156 | 3,842 |
| 55 | 2,58 | 2,918 | 4,814 | 4,096 | 3,942 |
| 60 | 2,72 | 4,158 | 4,357 | 5,043 | 4,139 |
| 75 | 3,12 | 3,503 | 3,937 | 4,530 | 3,990 |
| 80 | 3,26 | 4,188 | 5,054 | 5,741 | 4,489 |
| 85 | 3,39 | 3,529 | 5,807 | 6,109 | 4,695 |
| 90 | 3,52 | 2,842 | 3,937 | 3,711 | 3,496 |
| 95 | 3,66 | 3,778 | 4,976 | 5,382 | 4,444 |
| 100 | 3,80 | 3,501 | 4,609 | 4,607 | 4,329 |
| 105 | 3,94 | 4,097 | 4,047 | 4,100 | 4,082 |
| 110 | 4,08 | 3,088 | 4,456 | 4,746 | 4,446 |
| 115 | 4,22 | 2,756 | 2,949 | 3,127 | 2,995 |
| 120 | 4,38 | 2,813 | 3,803 | 4,492 | 3,497 |
| 125 | 4,53 | 2,879 | 3,227 | 4,103 | 3,403 |
| 130 | 4,69 | 3,451 | 4,281 | 4,844 | 4,007 |
| 135 | 4,86 | 4,492 | 4,367 | 5,523 | 5,026 |
| 140 | 5,04 | 3,930 | 3,975 | 4,863 | 3,578 |
| 145 | 5,22 | 3,280 | 4,164 | 4,933 | 4,126 |
| 150 | 5,41 | 3,119 | 3,841 | 4,003 | 3,654 |
| 155 | 5,60 | 2,924 | 3,622 | 3,914 | 3,487 |
| 160 | 5,80 | 2,762 | 3,985 | 3,600 | 3,449 |
| 165 | 6,00 | 2,774 | 3,884 | 3,513 | 3,391 |
| 170 | 6,21 | 3,337 | 4,778 | 4,687 | 4,267 |
| 175 | 6,42 | 3,657 | 4,794 | 4,729 | 4,393 |
| 180 | 6,64 | 4,015 | 4,906 | 5,224 | 4,498 |
| 185 | 6,86 | 3,139 | 4,791 | 4,848 | 4,259 |
| 190 | 7,08 | 3,028 | 4,174 | 3,694 | 3,632 |
| 195 | 7,31 | 3,925 | 5,337 | 5,032 | 4,764 |
| 200 | 7,53 | 3,198 | 4,072 | 4,154 | 3,721 |
| 205 | 7,75 | 3,338 | 4,845 | 4,423 | 4,615 |
| 210 | 7,97 | 2,868 | 3,463 | 3,586 | 3,306 |
| 215 | 8,19 | 2,983 | 4,803 | 3,996 | 3,802 |
| 220 | 8,41 | 2,584 | 3,512 | 3,670 | 3,255 |
| 225 | 8,62 | 3,184 | 4,745 | 4,540 | 4,156 |
| 230 | 8,81 | 3,472 | 4,404 | 5,116 | 3,793 |

**Anexo 7**

Anexo 7.1 - Razão Mg/Ca de *G. ruber* obtidas pelo método de solução em ICP-MS (método clássico) para o testemunho CF10-01B.

| Prof. (cm) | Idade (ka AP) Gr | Mg/Ca (mmol/mol) |
|---|---|---|
| 0 | 0,88 | 5,046 |
| 5 | 1,04 | 6,510 |
| 10 | 1,20 | 5,463 |
| 15 | 1,36 | 4,918 |
| 20 | 1,52 | 4,754 |
| 25 | 1,68 | 5,323 |
| 30 | 1,84 | 4,593 |
| 35 | 1,99 | 4,695 |
| 40 | 2,14 | 6,898 |
| 45 | 2,29 | 4,990 |
| 50 | 2,44 | 5,071 |
| 55 | 2,58 | 4,932 |
| 60 | 2,72 | 5,292 |
| 65 | 2,85 | 5,716 |
| 70 | 2,99 | 5,555 |
| 75 | 3,12 | 6,187 |
| 80 | 3,26 | 5,017 |
| 85 | 3,39 | 5,291 |
| 90 | 3,52 | 4,998 |
| 95 | 3,66 | 5,175 |
| 100 | 3,80 | 5,178 |
| 105 | 3,94 | 6,298 |
| 110 | 4,08 | 4,140 |
| 115 | 4,22 | 5,473 |
| 125 | 4,53 | 5,186 |
| 130 | 4,69 | 5,277 |
| 135 | 4,86 | 4,949 |
| 140 | 5,04 | 5,165 |
| 145 | 5,22 | 4,482 |
| 150 | 5,41 | 4,525 |
| 155 | 5,60 | 4,598 |
| 160 | 5,80 | 4,353 |
| 165 | 6,00 | 4,341 |
| 170 | 6,21 | 4,345 |
| 175 | 6,42 | 4,603 |
| 180 | 6,64 | 4,525 |
| 185 | 6,86 | 5,346 |
| 190 | 7,08 | 4,772 |
| 195 | 7,31 | 4,579 |
| 200 | 7,53 | 4,309 |
| 205 | 7,75 | 4,929 |
| 210 | 7,97 | 4,372 |
| 215 | 8,19 | 4,668 |
| 220 | 8,41 | 4,679 |
| 225 | 8,62 | 4,917 |
| 230 | 8,81 | 4,347 |

Douglas VILLELA DE OLIVEIRA LESSA

# PALEOCEANOGRAPHIE DU SYSTEME D'UPWELLING DE CABO FRIO (RIO DE JANEIRO) DURANT LES 12.000 DERNIERES ANNEES DEDUITE DE LA GEOCHIMIE ET DES ASSEMBLAGES DE FORAMINIFERES PLANCTONIQUES.


## Résumé

L'analyse discriminante des assemblages de foraminifères planctoniques de la marge continentale de Rio de Janeiro a montré la présence de quatre biofaciès principaux spatialement bien séparés: A, talus continental du bassin de Campos ; B, plateforme continentale du bassin de Santos ; C. correspond au secteur nord du Système d'Upwelling de Cabo Frio; D. secteur sud du même système. Le $\delta^{18}O$ de *G. ruber* a été plus variable que le $\delta^{18}O$ de *G. bulloides* présentant deux périodes de déclin après 9,0 ka cal AP et après 4,0 ka cal BP. Les rapports Mg/Ca de *G. ruber* reconstruits par LA-ICP-MS ont également permis d'utiliser la différence entre les valeurs de la loge finale et des loges précédentes comme indicateur de paléo-stratification.

La période de variation du niveau de la mer (de 11,5 à 6,0 ka cal BP) a été marquée par la présence d'eaux froides, productives et homogènes associées à l'upwelling côtier. Cette contribution a diminué à mesure de la transgression qui a rapproché le front du courant du Brésil des sites de carottages. L'upwelling s'est intensifié entre 5,5 et 3,5 ka cal BP et après 2,5 ka cal BP.


Mots clefs : Foraminifères planctoniques, Upwelling côtier, Brésil, Holocène, Mg/Ca. $\delta^{18}O$


## Résumé en anglais

The group analysis of the assemblages of planktonic foraminifers on the Rio de Janeiro Continental Margin indicated the presence of four major biofacies spatially well separated: A - Campos Basin continental slope; B - Santos basin shelf; C - northern sector of Cabo Frio Upwelling System; D - southern sector of this system. $\delta^{18}O$ was more variable for *G. ruber* than for *G. bulloides* with two decreases after 9.0 ka cal AP and after 4.0 ka cal BP. Mg/Ca ratios obtained by laser ablation on final and previous chamber of *G. ruber* were used for paleo-stratification reconstructions.

The sea level rise (from 11.5 to 6.0 ka cal BP) was marked by the presence of cold productive and homogeneous waters, possibly associated with coastal upwelling whose contribution gradually decreased during the course of the transgression, followed by the penetration of Brazilian Current front on the shelf. The upwelling intensified between 5.5 and 3.5 ka cal BP, and after 2.5 ka cal BP.


Key words: Planktonic foraminifers, Coastal Upwelling, Brazil, Holocene, Mg/Ca. $\delta^{18}O$