



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(BIODIVERSIDADE NEOTROPICAL)

Bruna dos Santos Diniz

Diversidade dos gêneros *Gambierdiscus*, *Fukuyoa* e *Sinophysis*
(Dinophyceae) no nordeste do Brasil: Taxonomia e Distribuição

Rio de Janeiro - RJ

2015

BRUNA DOS SANTOS DINIZ

Diversidade dos gêneros *Gambierdiscus*, *Fukuyoa* e *Sinophysis*
(Dinophyceae) no nordeste do Brasil: Taxonomia e Distribuição

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro–UNIRIO, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical).

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Silvia Mattos Nascimento

Rio de Janeiro - RJ

2015

BRUNA DOS SANTOS DINIZ

Diversidade dos gêneros *Gambierdiscus*, *Fukuyoa* e *Sinophysis* (Dinophyceae)
no nordeste do Brasil: Taxonomia e Distribuição

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical) da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro–UNIRIO, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biodiversidade Neotropical).

Aprovada em _/_/._.

Banca examinadora

Prof^a. Dr^a. Silvia Mattos Nascimento – Orientadora
(Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro- UNIRIO)

Prof^a. Dr^a. Denise Rivera Tenenbaum
(Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ)

Prof^a. Dr^a. Mariângela Menezes
(Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ)

Prof^a. Dr^a. Gleyci Aparecida Oliveira Moser - Suplente
(Universidade do Estado do Rio de Janeiro- UERJ)

Conceito:_____

Março de 2015

Programa de Pós-graduação em Biodiversidade Neotropical (PPGBIO)
Tel.: (0xx21)2542-4278
<http://www.unirio.br> ppgbio.mestrado@unirio.br

*Dedico este trabalho ao meu melhor amigo e
grande companheiro, o amor da minha vida,
meu marido Augusto.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a minha orientadora Prof.^a Dr.^a Silvia Mattos Nascimento pelos ensinamentos, orientação, apoio, compreensão, paciência, dedicação, tranquilização e oportunidade. Por estar presente e me guiar nesta etapa da minha vida acadêmica me ensinando a fazer ciência.

Gostaria de agradecer a Prof.^a Dr.^a Mariângela Menezes pela concessão da bolsa de mestrado e a CAPES (Edital Protax 052/10) por fornecê-la. Ao Prof. Dr. Joel Campos de Paula, pela identificação das macroalgas do Arquipélago dos Abrolhos utilizadas neste trabalho e ao Dr. Carlos Eduardo Leite Ferreira, pela coleta das amostras do Arquipélago dos Abrolhos. Ao Prof. Dr. Fabiano Salgueiro, por me ceder espaço no seu laboratório e me proporcionar ensinamentos com paciência e dedicação. A UNIRIO e ao PPGGIO, bem como todos os professores desta instituição que contribuíram para minha formação.

Aos meus amigos de mestrado, principalmente Lidiane e Thiago, por estarem ao meu lado durante esse período. A Gabriela pela amizade e companheirismo dentro do laboratório e fora dele, por me ceder amostras de campo para meu trabalho. Aos meus companheiros de laboratório Thaís, Erick, Amanda, Manu, Miguel, Bruno e Gabrielle pelos bons momentos de descontração. Gostaria de agradecer especialmente ao Guilherme por me ensinar e estar ao meu lado em todos os momentos que precisei para realização da biologia molecular, se não fosse sua paciência e conhecimento teria sido ainda mais difícil. A Fernanda por estar comigo e sempre se mostrar disposta na realização dos PCRs e a me animar nos momentos de desânimo e desespero. Apesar de não ter obtido resultados, se não fosse por vocês dois teria sido muito mais difícil, valeu a pena pela amizade e aprendizado.

A minha família, em especial minha querida mãe por acreditar e confiar nas minhas capacidades. A minha vó, que por mais que não entenda muito bem o que eu faço me admira e confia no meu potencial. Aos meus sogros que sempre me ajudaram de diversas formas. Ao meu marido Augusto por toda a ajuda, carinho, compreensão e paciência.

A todos os meus amigos que de alguma forma estiveram comigo nesta jornada, em especial a minha grande amiga Bruna. As minhas amigas biólogas Amanda, Hanna, Tati, Jade, Shirley, Anne e Rosane.

A banca de avaliação, por avaliar a minha dissertação e fazer parte desse momento tão importante da minha formação.

*Você domina as palavras não ditas,
porém está subordinado aquelas que pronunciou.*

Chico Xavier (André Luiz)

RESUMO

Gambierdiscus e *Sinophysis* são dois gêneros que compõem a assembleia de dinoflagelados epi-bentônicos. *Fukuyoa* foi descrito em 2015 e inclui espécies globulares até recentemente incluídas no gênero *Gambierdiscus*. No presente estudo foi realizada a análise morfológica de espécies destes três gêneros presentes em cinco pontos de coleta ao longo da costa nordeste brasileira. Amostras de microalgas epífitas associadas à macroalgas foram analisadas sob microscópio óptico invertido e de fluorescência. As morfoespécies foram identificadas e sua morfologia foi caracterizada. Células de *Gambierdiscus* foram encontradas nos cinco pontos amostrados. As espécies *Gambierdiscus excentricus*, *Gambierdiscus carolinianus* e *Gambierdiscus belizeanus* foram registradas. A espécie *G. excentricus* foi registrada no Arquipélago dos Abrolhos, Placaford, Maragogi e Maracaípe e pode ser diferenciada das demais espécies por sua placa do poro apical deslocada ventralmente. *Gambierdiscus carolinianus* foi registrado no Arquipélago dos Abrolhos, Maragogi, Maracaípe e Porto de Galinhas e apresentou a placa 2'''' ampla, placa 2' em forma de machado e placa 1' triangular como em *G. carolinianus*. *Gambierdiscus belizeanus* foi observado somente em Maragogi e apresentou superfície areolada, placa 2'''' estreita e placa 3'' simétrica, assim como *G. belizeanus*. *Fukuyoa* sp. foi registrado somente no Arquipélago dos Abrolhos e as razões DV/L e C/L se assemelharam a *F. ruetzleri* mas as células eram maiores do que nesta espécie e as dimensões celulares se aproximaram de *F. yasumotoi*. A forma e o tamanho da placa 4', usada para diferenciar as espécies deste gênero, ficou entre *F. ruetzleri* e *F. paulensis*. Com relação ao gênero *Sinophysis* duas espécies foram encontradas: *S. microcephala* e *S. canaliculata*. A primeira espécie foi registrada em três localidades: Arquipélago dos Abrolhos, Maragogi e Maracaípe e exibiu células ovais e alongadas em vista lateral, com a extremidade posterior arredondada, com células mais compridas do que largas. *Sinophysis canaliculata* foi registrada no Arquipélago dos Abrolhos e em Placaford. As células eram arredondadas lateralmente, largas e de formato circular. Este é o primeiro registro do gênero *Sinophysis* no sudoeste do Oceano Atlântico.

Palavras chave: *Gambierdiscus*, *Fukuyoa*, *Sinophysis*, sudoeste do Oceano Atlântico, morfo- taxonomia

ABSTRACT

Gambierdiscus and *Sinophysis* are two genera in the assembly of epibenthic dinoflagellates. The *Fukuyoa* was described in 2015 and includes globular species until recently included in the *Gambierdiscus* genus. In the present study the morphology of species of this three genus from five collection points along the Brazilian northeast coast was performed. Epiphytic microalgae samples associated with macroalgae were analyzed under an inverted optical and fluorescence microscope. Morphospecies were identified and their morphology was characterized. *Gambierdiscus* cells were found on five collection points. The species *Gambierdiscus excentricus*, *Gambierdiscus carolinianus* and *Gambierdiscus belizeanus* were recorded. *Gambierdiscus excentricus* was recorded at the Abrolhos Archipelago, Placaford, Maragogi and Maracaípe stations and can be distinguished from other species in the genus by its apical pore plate displaced ventrally. *Gambierdiscus carolinianus* was recorded at the Abrolhos Archipelago, Maragogi, Maracaípe and Porto de Galinhas and has a wide 2'''' plate, hatchet shaped 2' and the 1' is triangular, as in *G. carolinianus*. *Gambierdiscus belizeanus* was observed only at Maragogi and has areolated surface, narrow 2'''' plate and symmetric 3'' plate such as *G. belizeanus*. *Fukuyoa* sp. was recorded only at the Abrolhos Archipelago and the D/W and L/W ratios were similar to *F. ruetzleri* but cells were bigger than this species and cellular dimensions were closer to *F. yasumotoi*. The shape and size of the plate 4', used for differentiate species of this genus, was among *F. ruetzleri* and *F. paulensis*. Two *Sinophysis* species were found, *S. microcephala* and *S. canaliculata*. The first species was recorded at Abrolhos Archipelago, Maragogi and Maracaípe stations and exhibited oval to elongated shape in lateral view, with rounded posterior end, with cells longer than wide. *Sinophysis canaliculata* was recorded at the Abrolhos Archipelago and Placaford. Cells were round in lateral view and presented wide and circular shape. This is the first record of the genus *Sinophysis* in the southwestern Atlantic Ocean.

Keywords: *Gambierdiscus*, *Fukuyoa*, *Sinophysis*, southwest Atlantic Ocean, morpho-taxonomy

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1: Diversidade e ocorrência dos gêneros *Gambierdiscus* e *Fukuyoa* (Dinophyceae) em cinco estações no sudoeste do Oceano Atlântico

Figura 1: Localização das cinco estações de amostragem situadas no sudoeste do Oceano Atlântico ao longo da costa nordeste brasileira.

Figura 2: *G. excentricus* em microscopia de fluorescência (a, b, d, e, f) e microscopia óptica (c). (a-c) Vista apical; (d-f) Vista antapical. Barra de escala: (a-d): 20 µm, (e,f): 10 µm.

Figura 3: *G. cf. caroliniaus* em microscopia de fluorescência (a-f, h-j) e microscopia óptica (g,k). (a-c) Vista apical; (d,e,i) Vista antapical; (f,g) Primeira placa apical 1^o; (h) Vista ventral; (j) Vista lateral; (k) Placa do poro apical (Po). Barra de escala (a-e, h-j): 20 µm, (f): 2 µm, (g,k): 5 µm.

Figura 4: *G. cf. belizeanus* em microscopia de fluorescência. (a,b) Vista apical; (c,f) Vista lateral; (d,e) Vista antapical. Barra de escala: 10 µm.

Figura 5: *Fukuyoa* sp. em microscopia óptica (a-f) e microscopia de fluorescência (g-i). (a-c) Vista apical; (d) vista dorsal; (e) vista ventral; (f,h) vista lateral; (g) vista antapical; (i) vista lateral/antapical. Barra de escala: 20 µm.

Capítulo 2: Distribuição e morfologia de duas espécies de *Sinophysis* (Dinophyceae) em cinco estações no sudoeste do Oceano Atlântico

Figura 1: Mapa com as cinco estações de amostragem ao longo da costa nordeste do Brasil no sudoeste do Oceano Atlântico.

Figura 2: *Sinophysis microcephala*. Fotos de microscopia de fluorescência (a-g) e de microscopia óptica (h). a- vista lateral esquerda mostrando as projeções na epiteca (seta branca grossa). b- vista lateral direita com o sulco na parte inferior da hipoteca (seta branca fina). c,d- vista lateral direita mostrando a célula densamente areolada, o sulco

(seta branca fina) e as listas na borda da placa H₄ (cabeça de seta branca). e- vista ventral mostrando a abertura do sulco (seta branca fina). f,g- vista lateral direita mostrando o sulco (seta branca fina). h- lista cingular (seta preta grossa), sulco (seta branca fina) e as duas placas da epiteca E₂ e E₃ (setas pretas finas). Barra de escala: 10 µm.

Figura 3: *Sinophysis microcephala*. Fotos de microscopia óptica. a- vista lateral esquerda. b,c- vista lateral direita. Seta branca curta: poros ovais na borda da placa H₃. Seta branca longa: lista na borda da placa H₄. Seta preta curta: grânulos transparentes a esverdeados. Seta preta longa: possíveis vacúolos alimentares. Barra de escala: 10 µm.

Figura 4: *Sinophysis canaliculata*. Fotos de microscopia de fluorescência (a-e,h) e de microscopia óptica (f-g). a- vista lateral esquerda com o corte característico da espécie na placa H₂ (seta branca grossa). b,c,d- vista lateral direita com o sulco na parte inferior da hipoteca (seta branca fina). e- vista lateral esquerda com o corte na placa H₂ (seta branca grossa). f - vista lateral direita mostrando a abertura do sulco na parte inferior da célula (seta branca fina) e aréolas na placa da epiteca (seta preta fina). g- vista lateral direita exibindo a lista cingular na borda superior das placas H₃ e H₂ (seta preta grossa), aréolas em toda a superfície da célula e as bordas da epiteca para cima. h- vista lateral direita da hipoteca com a abertura do sulco (seta branca fina). Barra de escala: 10 µm.

Figura 5: *Sinophysis canaliculata*. Fotos de microscopia óptica. a- vista lateral esquerda. b,c- vista lateral direita. Seta branca curta: poros ovais na borda da placa H₃. Seta preta curta: grânulos transparentes a esverdeados. Seta preta longa: possíveis vacúolos alimentares. Barra de escala: 10 µm.

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1: Diversidade e ocorrência dos gêneros *Gambierdiscus* e *Fukuyoa* (Dinophyceae) em cinco estações no sudoeste do Oceano Atlântico

Tabela 1: Dimensões (μm) das células de *G. excentricus*, *G. cf. carolinianus*, *G. cf. belizeanus* e *Fukuyoa* sp. Média, desvio padrão e faixa de variação dos valores de profundidade (D), largura (W), comprimento (L), razão (D/W), razão (L/W) da célula, comprimento (L), largura (W), razão L/W da placa 2''''', razão entre o comprimento das suturas entre as placas 2'/3': 2'/4' e 2'/1'': 2'/3''. n= número de células analisadas.

Capítulo 2: Distribuição e morfologia de duas espécies de *Sinophysis* (Dinophyceae) em cinco estações no sudoeste do Oceano Atlântico

Tabela 1: Estações de amostragem, data de coleta e macroalgas coletadas. n= número amostral.

Tabela 2: Dimensão (μm), desvio padrão e faixa de variação dos valores de comprimento (L), largura (W), razão L/W e comprimento (L) da epiteca de *S. microcephala*. n= número amostral.

Tabela 3: Dimensão (μm), desvio padrão e faixa de variação dos valores de comprimento (L), largura (W), razão L/W e comprimento (L) da epiteca de *S. canaliculata*. n= número amostral.

Tabela 4: Morfometria de *S. microcephala* deste estudo em comparação com espécimes de *S. microcephala* já reportadas. Comprimento (L), largura (W) e razão L/W. Células observadas neste estudo: n=49.

Tabela 5: Morfometria de *S. canaliculata* deste estudo em comparação com a de espécimes de *S. canaliculata* registradas em outras localidades. Comprimento (L), largura (W) e razão L/W. Células observadas neste estudo: n=11.

SUMÁRIO

RESUMO.....	Pág.VII
ABSTRACT.....	Pág.VIII
LISTA DE FIGURAS.....	Pág.IX
LISTA DE TABELAS.....	Pág.XI
INTRODUÇÃO GERAL.....	Pág.1
CAPÍTULO 1: Diversidade e ocorrência dos gêneros <i>Gambierdiscus</i> e <i>Fukuyoa</i> (Dinophyceae) no nordeste do Brasil.....	Pág.4
RESUMO.....	Pág.5
ABSTRACT.....	Pág.6
INTRODUÇÃO.....	Pág.7
MATERIAIS E MÉTODOS.....	Pág.9
RESULTADOS.....	Pág.11
DISCUSSÃO.....	Pág.20
REFERÊNCIAS.....	Pág.28
MATERIAL SUPLEMENTAR.....	Pág.32
CAPÍTULO 2: Distribuição e morfologia de duas espécies de <i>Sinophysis</i> (Dinophyceae) no nordeste do Brasil.....	Pág.38
RESUMO.....	Pág.39
ABSTRACT.....	Pág.40
INTRODUÇÃO.....	Pág.41
MATERIAIS E MÉTODOS.....	Pág.42
RESULTADOS.....	Pág.45
DISCUSSÃO.....	Pág.50
REFERÊNCIAS.....	Pág.54
CONCLUSÃO GERAL.....	Pág.56
REFERÊNCIAS.....	Pág.58

1. INTRODUÇÃO GERAL

1.1. Aspectos gerais

Dinoflagelados epi-bentônicos vivem associados a substratos como grãos de areia, macroalgas e recifes de coral. Geralmente são encontrados em uma comunidade que inclui espécies dos gêneros *Ostreopsis*, *Prorocentrum*, *Gambierdiscus*, *Coolia*, *Amphidinium* e *Sinophysis* (Okolodkov et al., 2007; Aligizaki e Nikolaidis, 2008; Okolodkov et al., 2014). O litoral nordeste do Brasil possui ambientes propícios para o crescimento desta comunidade por apresentar águas calmas, quentes e com substratos de corais e macroalgas disponíveis.

Espécies do gênero *Gambierdiscus* são conhecidas por produzirem ciguatoxinas e maitotoxinas que causam ciguatera, principal doença não bacteriana associada ao consumo de peixes em todo o mundo (Litaker et al., 2009). *Gambierdiscus* tem distribuição tropical e subtropical e estudos recentes tem mostrado sua ocorrência também em regiões temperadas (Aligizaki e Nikolaidis, 2008; Fraga et al., 2011; Jeong et al., 2012; Nishimura et al., 2014, Kohli et al., 2014, Rhodes et al., 2014). Com isso, a ciguatera antes restritamente associada a ambientes tropicais e subtropicais de recifes de coral também tem ocorrido em regiões temperadas como as Ilhas Canárias (Fraga et al., 2011) e Japão (Nishimura et al., 2013; Yoshimatsu et al., 2014).

Gambierdiscus tem hábito bentônico e se desenvolve em ambientes de águas quentes e rasas, de baixa energia, níveis atenuados de luz, com disponibilidade de nutrientes e substratos em que possa se fixar (Litaker et al., 2010). No entanto já foram observadas células de *Gambierdiscus* a mais de 10 metros de profundidade (Richlen & Lobel, 2011) e Parsons et al. (2011) afirmam que *Gambierdiscus* não é obrigatoriamente epífita e pode ser encontrado no plâncton.

Até o momento, onze espécies de *Gambierdiscus* foram descritas, são elas: *G. toxicus* (Adachi & Fukuyo, 1979), *G. belizeanus* (Faust, 1995), *G. australes* Faust & Chinain (Faust e Chinain, 1999), *G. pacificus* Chinain & Faust (Chinain e Faust, 1999), *G. polynesiensis* Chinain & Faust (Chinain e Faust, 1999), *G. caribaeus* Vandersea, Litaker, Faust, Kibler, Holland & Tester (Litaker et al., 2009), *G. carolinianus* Litaker, Vandersea, Faust, Kibler, Holland & Tester (Litaker et al., 2009), *G. carpenteri* Kibler, Litaker, Faust, Holland, Vandersea & Tester (Litaker et al., 2009), *G. excentricus* Fraga

(Fraga, 2011), *G. scabrosus* Nishimura, Sato & Adachi (Nishimura et al., 2014) e *G. silvae* Fraga & Rodríguez (Fraga e Rodríguez, 2014).

O gênero *Fukuyoa* foi recentemente descrito e tem como espécie tipo *Fukuyoa paulensis* Gómez, Qiu, Lopes & Lin (Gómez et al., 2015), a partir de material do litoral de São Paulo. O novo gênero inclui ainda duas outras espécies globulares que antes pertenciam ao gênero *Gambierdiscus*: *Fukuyoa yasumotoi* (Holmes) Gómez, Qiu, Lopes & Lin, comb. nov. (Gómez et al., 2015) e *Fukuyoa ruetzleri* (Faust, Litaker, Vandersea, Kibler, Holland & Tester) Gómez, Qiu, Lopes & Lin, comb. nov. (Gómez et al., 2015).

Sinophysis apresenta espécies heterotróficas, sem presença de cloroplastos (Mohammad-Noor et al., 2005) sendo mais encontrado em sedimentos arenosos (Hoppenrath, 2000; Selina & Hoppenrath, 2004; Chomérat & Nézan, 2009; Aligisaki & Nikolaidis, 2008). Escalera et al. (2011) relataram endossimbiose de cianobactéria com *S. canaliculata*. O mesmo foi observado em *S. microcephala* no Golfo do México (Okolovkov, 2014). Não é conhecida a produção de toxinas pelas espécies do gênero.

As espécies de *Sinophysis* tem distribuição desde os trópicos até regiões temperadas, entretanto o número de estudos em regiões temperadas é superior àqueles nos trópicos e é possível que a diversidade do gênero esteja subestimada nas regiões tropicais. Até o momento sete espécies foram descritas: *S. microcephala* Nie & Wang (1944), *S. ebriola* (Herdman) Balech (1956), *S. canaliculata* Quod et al. (1999), *S. stenosoma* Hoppenrath (2000), *S. grandis* Hoppenrath (2000), *S. minima* Selina & Hoppenrath (2004) e *S. verruculosa* Chomérat & Nézan (2009).

1.2 Morfologia dos gêneros *Gambierdiscus*, *Fukuyoa* e *Sinophysis*

Os gêneros *Gambierdiscus* e *Fukuyoa* possuem tabulação goniaulacóide (Fig.1) enquanto que as espécies do gênero *Sinophysis* têm tabulação dinophysóide (Fig.2).

As placas tecais das espécies goniaulacóides são classificadas de acordo com suas posições em apicais, antapicais, pré-cingulares e pós-cingulares. As placas que ocorrem entre as séries pré-cingular e apical e entre as séries pós-cingular e antapical são designadas, respectivamente, por placas intercalares anteriores e posteriores. As placas do cingulo constituem a série cingular e as do sulco as placas sulcais (Souza, 1999). No sistema Kofoid (1909), amplamente utilizado, as placas individuais de cada série (exceto as placas sulcais) são numeradas consecutivamente, começando pela placa

mais próxima da posição médio-ventral, contornando a célula até o flagelo transversal, em sentido anti-horário. Kofoid (1909) utilizou uma notação para referenciar cada série em conjunto, constituída pela numeração das placas em questão. São usados os seguintes símbolos: placas apicais ('), placas intercalares anteriores (a), placas pré-cingulares ("), placas cingulares (c), placas pós-cingulares (""), placas intercalares posteriores (p), placas antapicais (""") e placas sulcais (s). As abreviaturas designam placas sulcais específicas: sulcal anterior (as), sulcal acessória direita (ras), sulcal direita (rs), sulcal esquerda (ls) e sulcal posterior (ps). A epiteca das espécies da ordem Gonyaulacales contém uma placa característica: a placa do poro apical, onde se insere o poro apical.

A tabulação adotada neste trabalho foi a modificada de Kofoid (1909), de acordo com Besada et al. (1982) para os gêneros *Gambierdiscus* e *Fukuyoa* (Fig.3) (Para mais detalhes ler seção 4.1 em Fraga et al., 2011).

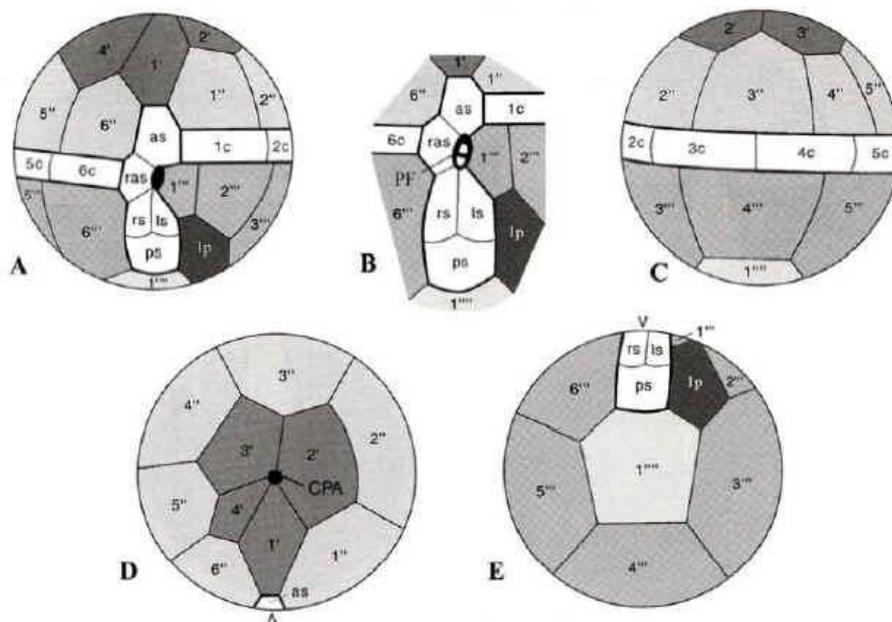


Figura 1: Tabulação dos goniaulacóides de acordo com o sistema de tabulação de Kofoid. A) Vista ventral. B) Detalhe da tabulação na posição médio-ventral dorsal. C) Vista dorsal. D) Vista apical. E) Vista antapical. CPA - complexo do poro apical, PF - poro flagelar, V e A - posição da inserção dos flagelos; cingulo e sulco em branco (modificado de Evitt, 1985 e Taylor, 1987 in Fensome et al., 1996).

As células de *Gambierdiscus* são arredondadas a elipsoides e comprimidas antero-posteriormente. Todas as espécies do gênero apresentam a placa do poro apical, localizada na epiteca, com uma fenda em forma de anzol com pequenos poros ao redor. As células são arredondas ou ovais em vista apical/antapical.

As células de *Fukuyoa* são globulares e apresentam a placa do poro apical alongada. Apresentam células estreitas e elípticas em vista apical/antapical.

Em contraste com as duas espécies anteriores, *Sinophysis* possui tabulação dinophysóide. A diferença entre este tipo e o goniaulacóide reside na teca. Esta é fundamentalmente divisível em duas metades laterais separadas por uma sutura sagital, (Souza, 1999) (Fig.2). Além disto, a epiteca é reduzida devido ao deslocamento do cingulo na direção do ápice da célula (Fig.2). A terminologia usada para designar as placas tecais neste trabalho é a presente em Fensome et al. (1993).

As células de *Sinophysis* são desde circulares e ovais até ligeiramente retangulares. A hipoteca é ampla e constitui praticamente toda a célula, com a epiteca formando apenas uma coroa (epicone). Algumas espécies possuem as placas tecais lisas com poros, enquanto outras apresentam ornamentações.

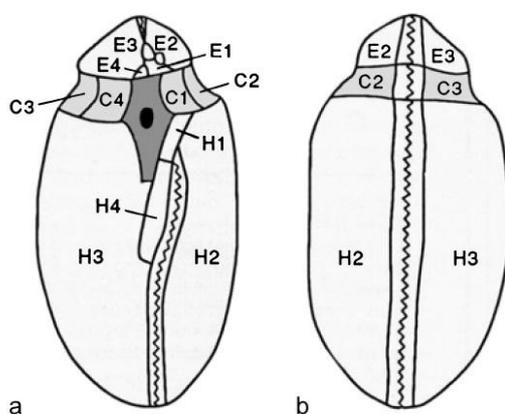


Figura 2: Tabulação dos dinophysóides. a) Vista ventral. b) Vista dorsal. (Modificado de Fensome et al. 1993 in Selina & Hoppenrath, 2004).

A disposição das placas tecais, ornamentação, forma e dimensões celulares são essenciais para identificação das espécies dos gêneros estudados. O comprimento (eixo apical-antapical, C), o diâmetro dorso ventral (profundidade, DV) e a largura (transdiâmetro, L) das células, bem como as razões DV/L e C/L são usados para diferenciação das espécies (Fig.3,4).

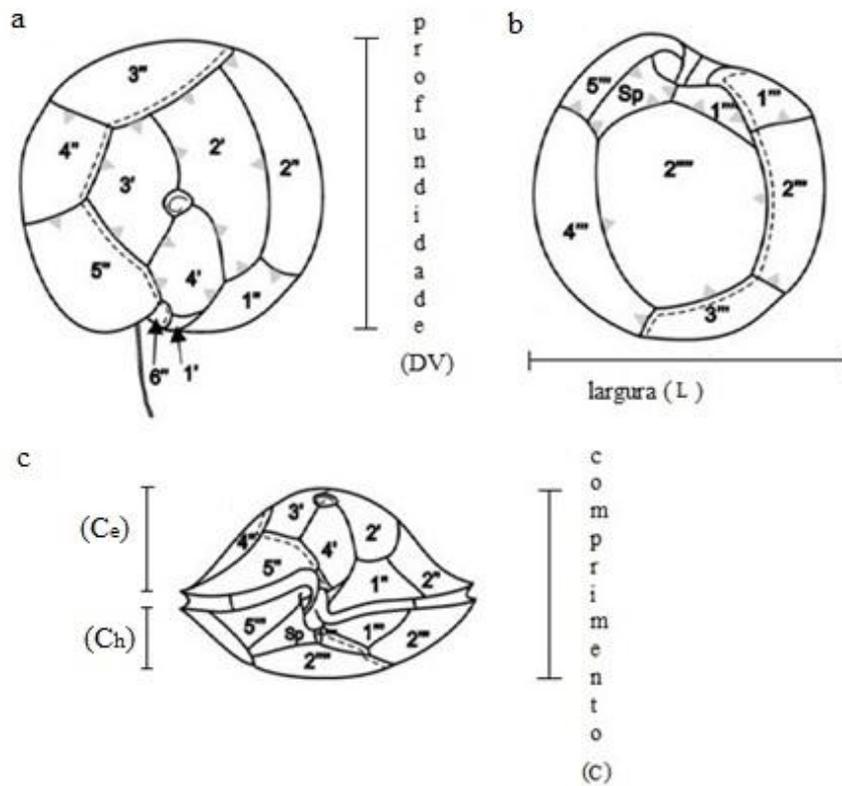


Figura 3: Dimensões celulares das espécies de *Gambierdiscus* e *Fukuyoa*. a) Vista apical: profundidade (DV). b) Vista antapical: largura (L). c) Vista ventral: comprimento da célula (C), comprimento da epiteca (Ce) e comprimento da hipoteca (Ch). Modificado de Fraga & Rodriguez (2014).

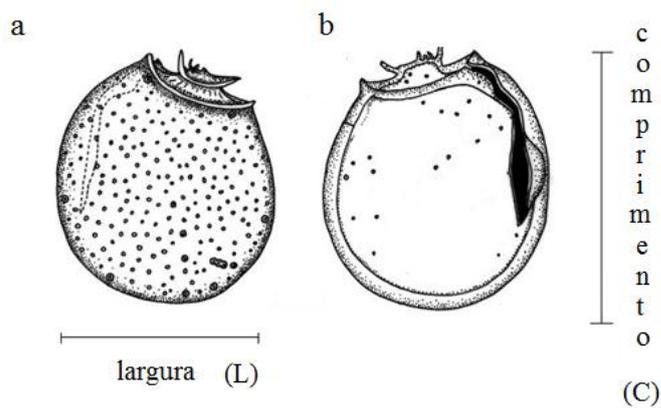


Figura 4: Dimensões celulares das espécies de *Sinophysia*. a) Vista lateral esquerda: largura (L). b) Vista lateral direita: comprimento (L). Modificado de Chomerát et al. (2009).

Em *Gambierdiscus* a razão entre o comprimento das suturas entre as placas 2'/3' e 2'/4' e entre as placas 2'/1'' e 2'/3'' são úteis para caracterização e distinção das espécies (Fig.6). Em *Fukuyoa* o comprimento da epiteca e da hipoteca e a razão entre eles auxilia na diferenciação das espécies do gênero (Fig.4), assim como o comprimento e a largura da placa 4' (Fig.6). O comprimento e a largura da placa 2'''' e a razão entre estas é uma característica útil na identificação das espécies de *Gambierdiscus* e *Fukuyoa* (Fig.6).

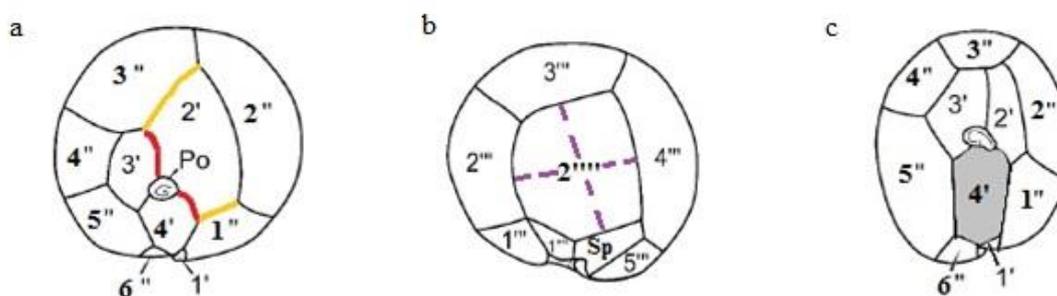


Figura 6: Desenhos de *Gambierdiscus* (a, b) e *Fukuyoa* (c). a) Vista apical de *Gambierdiscus* mostrando em amarelo as suturas entre as placas 2'/3'' e 2'/1'' e em vermelho as suturas entre as placas 2'/3' e 2'/4'. b) Vista antapical de *Gambierdiscus* mostrando em roxo o comprimento e a largura da placa 2'''' . c) Vista apical de *Fukuyoa* mostrando em cinza o tamanho da placa 4'. Modificado de Litaker et al., 2009.

O gênero *Sinophysis* ainda não foi registrado no Brasil, enquanto os gêneros *Gambierdiscus* e *Fukuyoa* foram registrados na costa brasileira apenas recentemente (Nascimento, 2006; Nascimento et al., 2012; Mendes et al., 2013; Gómez et al., 2015). Sendo assim há pouca informação sobre a distribuição geográfica das espécies destes gêneros no litoral brasileiro. Além disto, a diversidade dos dinoflagelados epibentônicos ainda é pouco conhecida ao longo do sudoeste do Oceano Atlântico e esta assembleia tende a ser mais rica em latitudes tropicais (Faust, 1995; Chinain et al., 1999).

O presente estudo tem por objetivos identificar as espécies dos gêneros *Gambierdiscus*, *Fukuyoa* e *Sinophysis* presentes em cinco pontos de amostragem ao longo da costa nordeste do Brasil, no sudoeste do Oceano Atlântico, caracterizar a morfologia dos espécimes encontrados e compará-los com aqueles de outras áreas

geográficas, além de estudar a distribuição geográfica de ambos os gêneros na área de estudo.

Este trabalho foi dividido em dois capítulos, sendo o primeiro **‘Diversidade e ocorrência dos gêneros *Gambierdiscus* e *Fukuyoa* (Dinophyceae) no nordeste do Brasil’** e o segundo **‘Distribuição e morfologia de duas espécies de *Sinophysis* (Dinophyceae) no nordeste do Brasil.** O capítulo 1 constitui um manuscrito a ser submetido à revista *Bulletin of Marine Science* enquanto o manuscrito do capítulo 2 será submetido à revista *Botanica Marina*.

**CAPÍTULO 1: Diversidade e ocorrência dos gêneros
Gambierdiscus e *Fukuyoa* (Dinophyceae) no nordeste
do Brasil**

DIVERSIDADE E OCORRÊNCIA DOS GÊNEROS *GAMBIERDISCUS* E *FUKUYOA* (DINOPHYCEAE) EM CINCO ESTAÇÕES NO NORDESTE DO BRASIL

Bruna S. Diniz ^{a*}, Mariângela Menezes ^b, Silvia M. Nascimento ^a

^a Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), DERM, Laboratório de Microalgas Marinhas, Av. Pasteur, 458, 22.290-240 Urca, RJ, Brasil.

^b Laboratório de Ficologia, Museu Nacional, UFRJ 20940-040 Rio de Janeiro, Brasil.

RESUMO

A ocorrência das espécies *Gambierdiscus excentricus*, *G. carolinianus*, *G. belizeanus* e *Fukuyoa* sp. é reportada ao longo de um gradiente latitudinal de 1.547 km na costa nordeste do Brasil no sudoeste do Oceano Atlântico. A morfologia das células foi analisada usando microscopia ótica e de fluorescência. *Gambierdiscus excentricus* foi diferenciado das demais espécies por sua placa do poro apical deslocada ventralmente e a morfologia de *G. carolinianus* está de acordo com a descrição original de *G. carolinianus* da Carolina do Norte, com a placa 2'''' ampla, placa 2' em forma de machado e placa 1' triangular. *Gambierdiscus belizeanus* apresentou a superfície areolada, placa 2'''' estreita e terceira placa 3'' simétrica, assim como *G. belizeanus*. *Fukuyoa* sp. foi registrado somente no Arquipélago dos Abrolhos e as razões DV/L e C/L se assemelharam a *F. ruetzleri* mas as células eram maiores do que nesta espécie e as dimensões celulares se aproximaram de *F. yasumotoi*. A forma e o tamanho da placa 4', usada para diferenciar as espécies deste gênero, ficou entre *F. ruetzleri* e *F. paulensis*. *Gambierdiscus excentricus* e *G. carolinianus* foram reportados em quatro pontos de coleta, enquanto *G. belizeanus* e *Fukuyoa* sp. apenas em um.

Palavras chave: *Gambierdiscus*, *Fukuyoa*, morfo- taxonomia

* Endereço para correspondência: UNIRIO, Av. Pasteur, 458, 22290-240 Rio de Janeiro, Brazil. Tel.: +55 21 22445483; fax: +55 21 22756059.

E-mail: brunabiologarj@gmail.com (B.S. Diniz), silvia.nascimento@gmail.com (S.M. Nascimento), menezes.mariangela@gmail.com (M. Menezes).

ABSTRACT

The occurrence of the species *Gambierdiscus excentricus*, *G. carolinianus*, *G. belizeanus* and *Fukuyoa* sp. is reported along a latitudinal gradient of 1.547 km at the northeast coast of Brazil at the southwestern Atlantic Ocean. Cell morphology was analyzed using light and fluorescence microscopy. *Gambierdiscus excentricus* was distinguished from the other *Gambierdiscus* species by its apical pore plate displaced ventrally and the morphology of *G. carolinianus* is in accordance to the original description of *G. carolinianus* from North Carolina, with a broad 2'''' plate, hatchet 2' plate and triangular shaped 1' plate. *Gambierdiscus belizeanus* presented areolated surface, narrow 2'''' plate and symmetric shaped 3'' plate, like *G. belizeanus*. The globular species *Fukuyoa* sp. presented D/W and L/W ratios similar to *F. ruetzleri* but cells were bigger than this species and cellular dimensions were closer to *F. yasumotoi*. The shape and size of the plate 4', used for differentiate species of this genus, was among *F. ruetzleri* and *F. paulensis*. *Gambierdiscus excentricus* and *G. carolinianus* were recorded at four collection points, while *G. belizeanus* and *Fukuyoa* sp. only at one.

Keywords: *Gambierdiscus*, *Fukuyoa*, morfo- taxonomy

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Gambierdiscus* foi considerado por muitos anos como monoespecífico, sendo *Gambierdiscus toxicus* Adachi & Fukuyo (Adachi & Fukuyo, 1979) a espécie tipo. A segunda espécie descrita, *G. belizeanus* Faust (Faust, 1995) possui dimensões inferiores a *G. toxicus* e apresenta a superfície das placas tecais densamente areolada. *Gambierdiscus australes* Faust e Chinain (Faust e Chinain, 1999), *G. pacificus* Chinain e Faust (Chinain e Faust, 1999) e *G. polynesiensis* Chinain e Faust (Chinain e Faust, 1999) foram registrados na Polinésia Francesa, sendo as primeiras espécies caracterizadas geneticamente. Desde então todas as espécies descritas foram identificadas com base na morfologia e com uma sequência genética associada.

Uma década depois da descrição dessas espécies, Litaker et al. (2009) fizeram uma revisão taxonômica do gênero, redescreveram *G. toxicus* e reportaram novas espécies de *Gambierdiscus*, *G. caribaeus* Vandersea, Litaker, Faust, Kibler, Holland & Tester, *G. carolinianus* Litaker, Vandersea, Faust, Kibler, Holland & Tester e *G. carpenteri* Kibler, Litaker, Faust, Holland, Vandersea & Tester. Em 2011 *G. excentricus* Fraga (Fraga et al., 2011) foi descrito nas Ilhas Canárias e pode ser diferenciado das demais espécies por possuir a placa do poro apical deslocada ventralmente. *Gambierdiscus scabrosus* Nishimura, Sato & Adachi (Nishimura et al., 2014) foi descrito recentemente e é similar a *G. belizeanus* em sua morfologia. A última espécie descrita, *G. silvae* Fraga & Rodríguez (Fraga & Rodríguez, 2014) tem a segunda placa antapical (2''''') ampla e a segunda placa apical (2') em forma de machado. Além das 11 espécies descritas atualmente, existem 1 ribotipo (Litaker et al., 2010) e 5 filotipos (Kuno et al., 2011; Nishimura et al., 2013; Xu et al., 2014) conhecidos.

As espécies de *Gambierdiscus* são de difícil identificação por apresentarem morfologia muito similar e alguns dos caracteres morfo-taxonômicos utilizados atualmente tem se mostrado variáveis. No entanto a morfometria da placa 2'''' é uma característica útil para distinção entre as espécies e suas dimensões estão entre as medidas mais informativas (Litaker et al., 2009). Litaker et al. (2009) e Fraga et al. (2011) mostraram que as características da epiteca, principalmente da placa 2' e suas suturas, quando bem avaliadas, podem ser de grande valor taxonômico. A razão entre o comprimento das suturas entre as placas 2'/1'' e 2'/3'' é particularmente útil para separar algumas espécies de *Gambierdiscus* (Litaker et al., 2009).

A distribuição do gênero *Gambierdiscus* foi considerada como majoritariamente tropical por muito tempo, contudo espécies de *Gambierdiscus* têm sido encontradas em ambientes temperados como no Mar Mediterrâneo, Ilhas Canárias, Coreia, Japão, Austrália e Nova Zelândia (Aligizaki e Nikolaidis, 2008; Fraga et al., 2011; Jeong et al., 2012; Nishimura et al., 2013; Nishimura et al., 2014, Kohli et al., 2014, Rhodes et al., 2014). No Brasil existem poucos estudos sobre o gênero *Gambierdiscus*, que foi registrado em 2006 no litoral de Pernambuco (Nascimento, 2006) e em 2007 *G. excentricus* foi identificado em Armação dos Búzios, no Rio de Janeiro (Nascimento et al., 2012) e em Salvador, na Bahia em 2012 (Mendes et al., 2013).

Espécies de *Gambierdiscus* produzem ciguatoxinas e maitotoxinas que causam envenenamento por ciguatera, mal que assola de 50.000 a 500.000 pessoas a cada ano, sendo a doença por toxina marinha mais frequentemente reportada em todo o mundo (Fleming et al., 1998). A ciguatera é causada pelo consumo de peixes carnívoros e herbívoros contaminados com as toxinas de *Gambierdiscus* e é caracterizada por sintomas gastrointestinais, cardíacos e neurológicos (Clark et al., 1999; Lewis, 2001). A ciguatera constitui um importante problema de saúde em regiões tropicais (Tester, 1994; Tester et al., 2010) e recentemente também foi relatada nas Ilhas Canárias (Fraga et al., 2011) e no Japão (Yoshimatsu et al., 2014).

Até o momento nenhum caso de ciguatera foi registrado no Brasil. Contudo, com a falta de precisão em se detectar a doença e definições clínicas inadequadas, é possível que casos de envenenamento pelas toxinas de *Gambierdiscus* já tenham ocorrido sem terem sido corretamente diagnosticados. Begossi (1992) cita que uma variedade de peixes é evitada pelos residentes na Ilha dos Búzios, no litoral de São Paulo (23°47'S; 45°10'W), provavelmente por causar intoxicação em outras regiões. Lewis (1984) sugere que esses peixes não são valorizados como itens alimentícios em um dado local por estarem possivelmente contaminados com ciguatoxinas.

Originalmente descritos como *Gambierdiscus yasumotoi* Holmes (Holmes, 1998) e *Gambierdiscus ruetzleri* Faust, Litaker, Vandersea, Kibler, Holland & Tester (Litaker et al., 2009), estas duas espécies de forma globular atualmente pertencem ao gênero *Fukuyoa* Gómez, Qiu, Lopes & Li (Gómez et al., 2015). Sustentado por análises filogenéticas e diferenças morfológicas, o novo gênero *Fukuyoa* foi descrito com base na espécie tipo *Fukuyoa paulensis* Gómez, Qiu, Lopes & Lin (Gómez et al., 2015). Análises moleculares amparam a separação das espécies globulares e lenticulares, antes reunidas no gênero *Gambierdiscus*, em dois gêneros distintos. Com base na forma da

célula, arranjo das placas e distância evolutiva das sequências de SSU e LSU rDNA, os dois gêneros formam dois clados diferentes (Gómez et al., 2015).

Fukuyoa conta com espécies que carecem de características morfológicas diagnósticas bem definidas. As três espécies que compõem este novo gênero apresentam dimensões (comprimento, largura e profundidade) que se sobrepõem, o que indica a necessidade de utilizar outras características morfológicas como diagnósticas (Gómez et al., 2015). As características morfológicas da série apical, principalmente da placa 4', são as melhores para caracterizar as espécies deste gênero atualmente (Gómez et al., 2015).

Fukuyoa está distribuído nos Oceanos Atlântico, Índico e Pacífico (Holmes, 1998; Hernández-Becerril & Almazán, 2004; Litaker et al., 2010; GEOHAB, 2012; Saburova et al., 2013; Murray et al., 2014, Rhodes et al., 2014; Gómez et al., 2015). No Brasil Gómez et al. (2015) descreveram *F. paulensis* em Ubatuba, São Paulo.

Este trabalho tem por objetivo identificar e caracterizar morfológicamente as espécies de *Gambierdiscus* e *Fukuyoa* em cinco pontos ao longo da costa nordeste brasileira.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 AMOSTRAGEM

Macroalgas foram coletadas por mergulho livre em cinco pontos de coleta situadas na costa nordeste brasileira: Arquipélago dos Abrolhos, Bahia (17°25'S; 38°33'W), Placaford, Bahia (12°55'S; 38°31'W), Maracaípe, Pernambuco (08°23'S; 35°03'W), Porto de Galinhas, Pernambuco (08°30'S; 35°00'W) e Maragogi, Alagoas (09°00'S; 35°13'W) (Fig. 1).

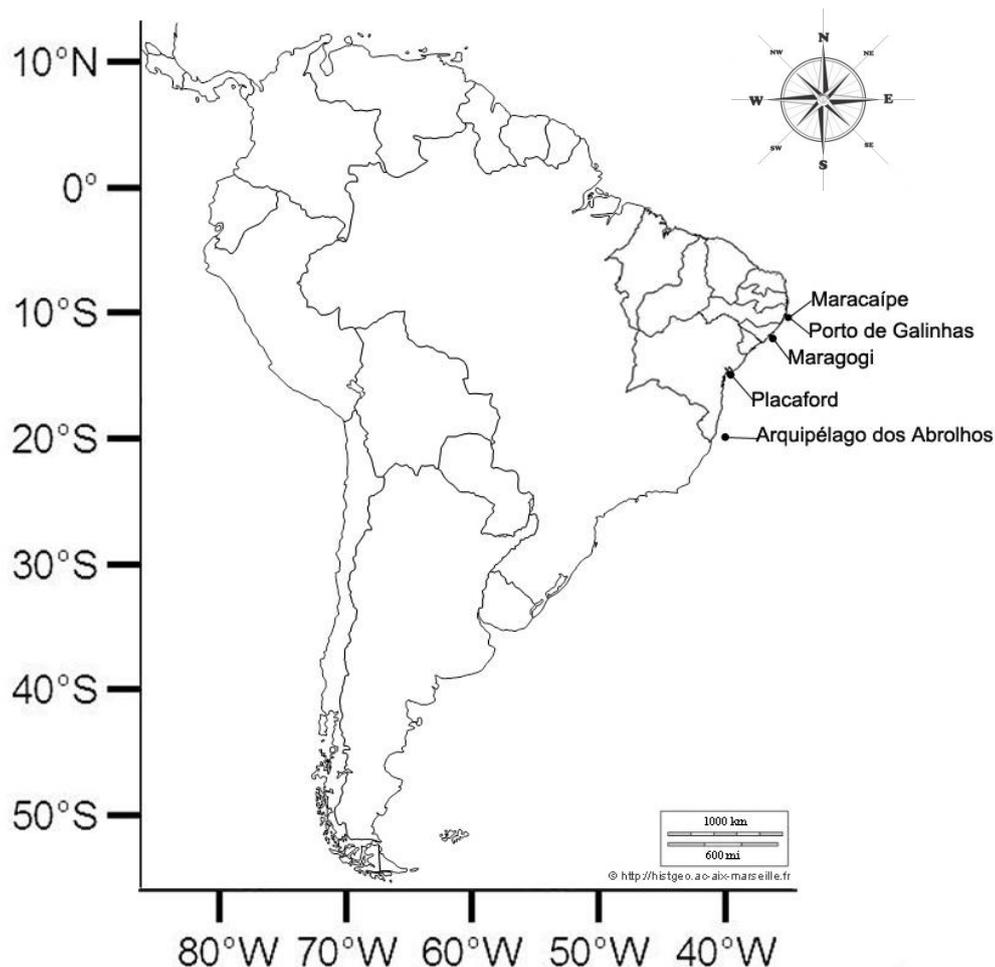


Figura 1: Localização dos cinco pontos de coleta situados no sudoeste do Oceano Atlântico ao longo da costa nordeste brasileira.

Os pontos de coleta são caracterizados por apresentarem praias protegidas, de águas calmas e com baixa energia, em áreas de recifes de arenito com algas e corais. A temperatura média anual na área de estudo é de 27 °C (<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA09F/woa09f.pl>; NOAA) e a salinidade média é de 36 (<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA09F/woa09f.pl>; NOAA).

As macroalgas (Tab. 1) foram coletadas em ambientes rasos com máximo de 5 m de profundidade e colocadas em sacos plásticos tipo zip com a água do mar ao seu redor e agitadas manualmente por 2 minutos para separação dos organismos epífitos. A solução de epífitos foi fixada com lugol neutro a 1%.

Tabela 1: Pontos de coleta com temperatura (T) e salinidade (S), data de coleta e macroalgas coletadas. n= número amostral.

Ponto de coleta	Data de coleta	Macroalga
Arquipélago dos Abrolhos (17°25'S; 38°33'W) (T=26°C; S=36)	Maio 2010	<i>Dictyopteris</i> sp.(n=10)
Placaford (12°55'S; 38°31'W) (T=24°C; S=35)	Julho 2012	<i>Padina gymnospora</i> (n=1) <i>Lobophora variegata</i> (n=1)
Maracaípe (08°23'S; 35°03'W) (T=25°C; S=35)	Março 2006	<i>Tricleocarpa cylindrica</i> (n=1) <i>Ulva lactuca</i> (n=1) <i>Caulerpa sertularioides</i> (n=1)
	Fevereiro 2007	<i>Sargassum vulgare</i> (n=1)
Maragogi (09°00'S; 35°13'W) (T=27°C; S=36)	Janeiro 2011	<i>Sargassum</i> sp. (n=2) <i>Amphiroa</i> sp. (n=1) <i>Halimeda</i> sp. (n=1) <i>Spyridia</i> sp. (n=1)
Porto de Galinhas (08°30'S; 35°00'W) (T=27°C; S=37)	Janeiro 2013	<i>Dictyota</i> sp. (n=1)

2.2 MICROSCOPIA ÓTICA E DE FLUORESCÊNCIA

Células do gênero *Gambierdiscus* e *Fukuyoa* foram identificadas, medidas e registradas sob microscópio ótico invertido (Primovert, Zeiss) e microscópio de fluorescência (Imager.A2, Zeiss) com lâmpada UV, com sistema de captura de imagens e programa Axiovision (Zeiss) em aumento de 40x. O fluorocromo calcofluor (Fluorescent brightener 28, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) a 10% foi utilizado para visualização das placas tecais, de acordo com Fritz & Triemer (1985).

A disposição das placas tecais, ornamentação, forma e dimensões celulares foram observadas e usadas na identificação das espécies. O tamanho celular foi descrito como segue: comprimento (eixo apical-antapical, C), diâmetro dorso ventral ou profundidade (distância ventral a dorsal, DV) e largura (transdiâmetro, L). As dimensões celulares foram medidas e as razões DV/L e C/L foram calculadas. A razão

entre o comprimento das seguintes suturas foram determinadas: entre as placas 2'/3' e 2'/4' e entre as placas 2'/1'' e 2'/3''. Em algumas células de *Fukuyoa* o comprimento da epiteca e da hipoteca foram mensurados e a razão entre eles foi calculada. O comprimento e a largura da placa 2'''' também foram medidos e a razão C/L calculada a fim de auxiliar na identificação das espécies de *Gambierdiscus* e *Fukuyoa*.

2.3 NOMENCLATURA DAS PLACAS TECAIS

A nomenclatura da tabulação adotada no presente estudo foi a modificada de Kofoid (Kofoid, 1909) de acordo com Besada et al. (1982).

3. RESULTADOS

Células de *Gambierdiscus* foram registradas em todos os pontos de coleta enquanto *Fukuyoa* foi encontrada em amostras de um único ponto de coleta, ocorrendo em macroalgas junto a espécies de *Gambierdiscus*. As células das espécies de *Gambierdiscus* eram achatadas antero-posteriormente, lenticulares, circulares a ovais em vista apical/antapical e exibiram a típica fenda em forma de anzol na placa do poro apical. As células de *Fukuyoa* se apresentaram globulares, estreitas em vista apical/antapical, com a fenda e a placa do poro apical alongada. De acordo com as características diagnósticas do gênero *Gambierdiscus*, como tamanho e forma das células, superfície das placas tecais, dimensões, disposição e forma das placas diagnósticas 2' e 2''''', as células de *Gambierdiscus* encontradas foram identificadas como *G. excentricus*, *G. carolinianus* e *G. belizeanus*. A espécie do gênero *Fukuyoa* não pode ser identificada sem ambiguidade e por isso ficou registrada como *Fukuyoa* sp.

Domínio Eucariota

Reino Chromista

Filo Dinophyta

Classe Dinophyceae

Ordem Gonyaulacales

Família Goniodomataceae

Gênero *Gambierdiscus*

Gambierdiscus excentricus Fraga (2011)

As células exibiram forma lenticular, comprimidas antero-posteriormente e arredondadas a ovais em vista apical/antapical (Fig. 2), com profundidade de $96,7 \pm 9,4$ μm , largura de $92,9 \pm 10,9$ μm , comprimento de $50,0$ μm , razão DV/L de $1,0 \pm 0,07$ e razão C/L de $0,5$ (Tab. 2). Formula das placas tecais: Po, 4', 0a, 6'', 6c, ?s, 5''', 0p, 2'''''. A superfície das placas apresentou-se lisa com poros arredondados distribuídos uniformemente (Fig. 2). A placa do poro apical encontrava-se deslocada ventralmente (Fig. 2a). A placa 2', a maior placa da epiteca, tinha formato retangular (Fig. 2a). O sulco era abaulado e não foi possível observar as placas sulcais. A placa S.p. estava fora do sulco, na hipoteca (Fig. 2b). A placa 2''''' era estreita e pentagonal (Fig. 2b), com comprimento de $48,4 \pm 3,8$ μm , largura de $34,1 \pm 2,5$ μm e razão C/L de $1,4 \pm 0,1$ (Tab. 2).

Forma de vida: bentônico, autotrófico, potencialmente tóxico.

Macroalga onde foi encontrada: *Dictyopteris* sp., *Padina gymnospora*, *Lobophora variegata*, *Amphiroa* sp., *Sargassum* sp.

Ocorrência: Arquipélago dos Abrolhos, Placaford, Maragogi e Maracaípe.

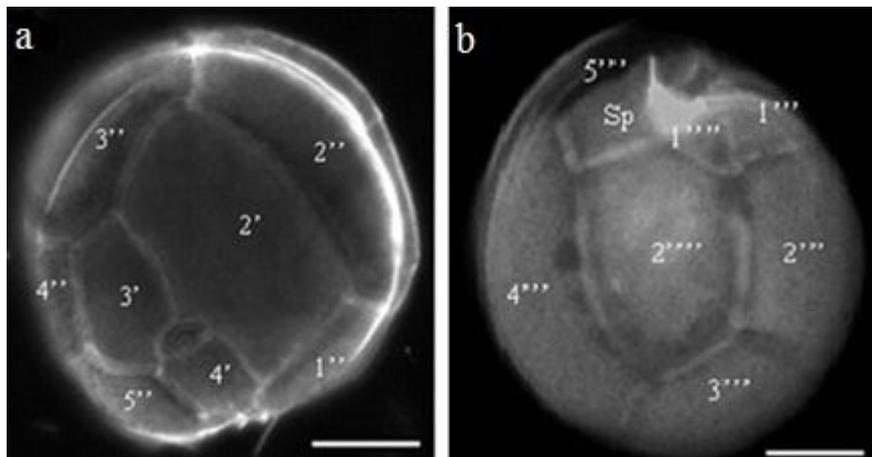


Figura 2: *G. excentricus* em microscopia de fluorescência. a) Vista apical; b) Vista antapical. Barra de escala: 20 μm .

Tabela 2: Dimensões (μm) das células de *G. excentricus*. Média, desvio padrão e faixa de variação dos valores de profundidade (DV), largura (L), comprimento (C), razão (DV/L), razão

(C/L) da célula, comprimento (C) e largura (L) da placa 2''''', razão C/L da placa 2'''' e razão entre o comprimento das suturas entre as placas 2'/3':2'/4' e 2'/1'':2'/3''. n= número de células analisadas.

	Arquipélago dos Abrolhos	Placafor	Maragogi	Maracaípe	Média geral
DV	99,8 ± 8,2 (82 – 116) (n=31)	88,7 ± 3,5 (85 – 94) (n=7)	90,7 ± 13,8 (81 – 100) (n=2)	81,4 ± 0,9 (80 – 82) (n=2)	90,1 (n=42)
L	97,0 ± 8,4 (75 – 110) (n=31)	78,0 ± 6,5 (70 – 80) (n=7)	94,6 ± 10,2 (87 – 101) (n=2)	80,8 ± 5,4 (77 – 84) (n=2)	87,6 (n=42)
C	50 (n=1)	-	-	-	50 (n=1)
DV/L	1,0 ± 0,06 (n=31)	1,1 ± 0,07 (n=7)	0,9 ± 0,04 (n=2)	1,0 ± 0,05 (n=2)	1,02 (n=42)
C/L	0,5 (n=1)	-	-	-	0,5 (n=1)
C (2''''')	51,5 ± 0,9 (n=5)	45,4 ± 0,8 (n=4)	49,7 ± 7,9 (n=2)	45,0 ± 0,08 (n=2)	47,9 (n=13)
L (2''''')	34,3 ± 3,7 (n=5)	34,6 ± 2,1 (n=4)	32,7 ± 2,1 (n=2)	33,9 ± 0,4 (n=2)	33,8 (n=13)
C/L (2''''')	1,5 ± 0,1 (n=5)	1,3 ± 0,08 (n=4)	1,3 ± 0,01 (n=2)	1,5 ± 0,1 (n=2)	1,4 (n=13)
2'/3':2'/4'	2,1 ± 0,3 (n=4)	2,5 ± 0,2 (n=4)	2,2 (n=1)	-	2,2 (n=9)
2'/1'':2'/3''	0,9 ± 0,4 (n=2)	0,7 ± 0,2 (n=3)	-	-	0,8 (n=5)

Domínio Eucariota
Reino Chromista
Filo Dinophyta
Classe Dinophyceae

Ordem Gonyaulacales
Família Goniomataceae
Gênero *Gambierdiscus*

***Gambierdiscus carolinianus* Litaker et al. (2009)**

Células de forma lenticular, antero-posteriormente comprimidas (Fig. 3c) e arredondas em vista apical/antapical (Fig. 3a,b), com profundidade de $74,1 \pm 5,6 \mu\text{m}$, largura de $71,2 \pm 6,4 \mu\text{m}$, comprimento de $53,3 \pm 7,5 \mu\text{m}$, razão DV/L de $1,0 \pm 0,05$ e razão C/L de $0,7 \pm 0,04$ (Tab. 3). Fórmula das placas tecais: Po, 4', 0a, 6'', 6c, ?s, 5''', 0p, 2'''''. A superfície das placas exibiu numerosos poros arredondados (Fig. 3f). A placa do poro apical em forma de gota com a típica fenda em forma de anzol estava localizada no centro da epiteca (Fig. 3a,f). A placa 1' era pequena, pentagonal e se assemelhava a um triângulo escaleno (Fig. 3d,e). A placa 2' tinha forma de machado e era a maior da série apical (Fig. 3a). O sulco apresentou-se abaulado e não foi possível visualizar as placas sulcais, com exceção da placa S.p. que estava localizada fora da área do sulco (Fig. 3b). A placa 2'''' era a maior placa da hipoteca (Fig. 3b) sendo ampla e pentagonal, com $44,1 \pm 3,8 \mu\text{m}$ de comprimento, $35,0 \pm 2,6 \mu\text{m}$ de largura e $1,2 \pm 0,1$ de razão C/L (Tab. 3).

Forma de vida: bentônico, autotrófico, potencialmente tóxico.

Macroalga onde foi encontrada: *Dictyopteris* sp., *Tricleocarpa cylindrica*, *Ulva lactuca*, *Caulerpa sertularioides*, *Sargassum vulgare*, *Amphiroa* sp., *Sargassum* sp., *Dictyota* sp.

Ocorrência: Arquipélago dos Abrolhos, Maragogi, Porto de Galinhas e Maracaípe.

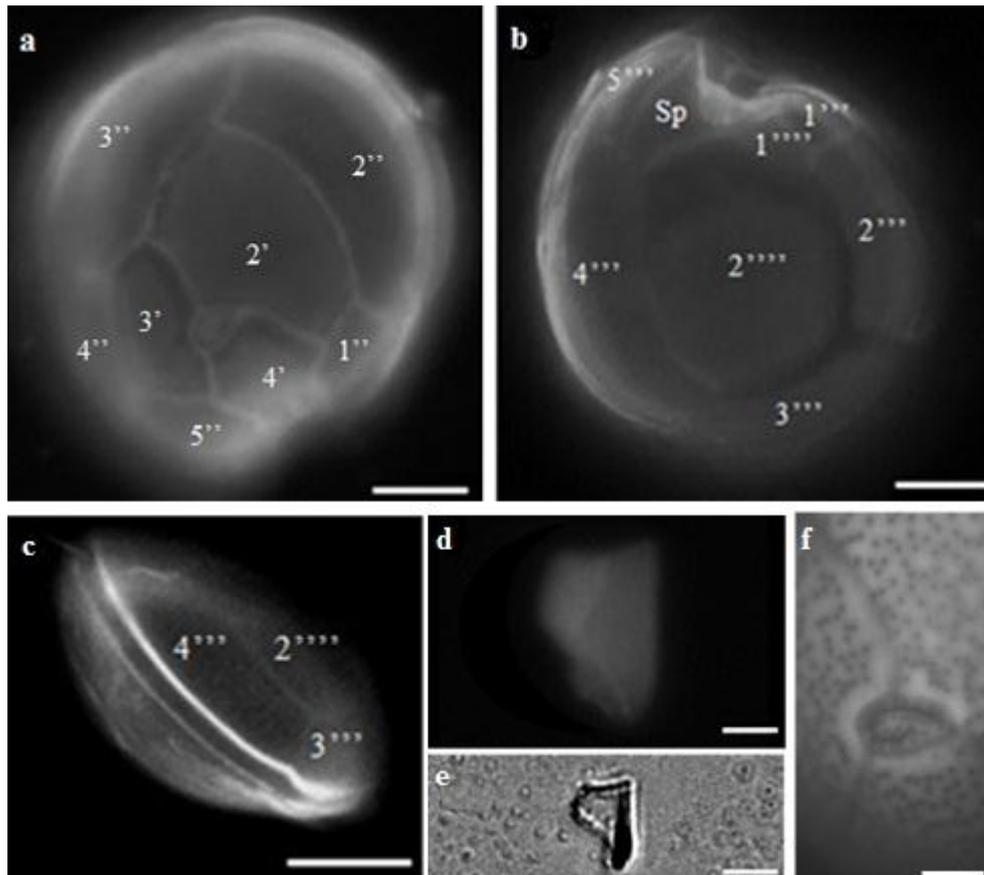


Figura 3: *G. caroliniaus* em microscopia de fluorescência (a-d) e microscopia ótica (e,f). a) Vista apical; b) Vista antapical; c) Vista lateral; (d,e) Primeira placa apical 1'; f) Placa do poro apical (Po). Barra de escala (a,b,c): 20 μm, (d): 2 μm, (e,f): 5 μm.

Tabela 3: Dimensões (μm) das células de *G. carolinianus*. Média, desvio padrão e faixa de variação dos valores de profundidade (DV), largura (L), comprimento (C), razão (DV/L), razão (C/L) da célula, comprimento (C) e largura (L) da placa 2''''', razão C/L da placa 2'''' e razão entre o comprimento das suturas entre as placas 2'/1'':2'/3''. n= número de células analisadas.

	Arquipélago dos Abrolhos	Porto de Galinhas	Maragogi	Maracaípe	Média geral
DV	73,8 \pm 5,7 (64 – 86) (n=35)	72,9 \pm 5,3 (62 – 86) (n=80)	78,8 \pm 5,3 (71 – 86) (n=16)	74,7 \pm 5,7 (62 – 85) (n=36)	75,0 (n=167)
L	72,0 \pm 5,0 (60 – 83) (n=35)	69,7 \pm 6,7 (54 – 83) (n=80)	75,9 \pm 6,7 (67 – 88) (n=16)	72,0 \pm 6,1 (56 – 84) (n=36)	72,4 (n=167)
C	50,8 \pm 3,0 (n=3)	45,4 (n=1)	-	57,0 \pm 9,0 (n=4)	51,0 (n=8)
DV/L	1,0 \pm 1,0 (n=35)	1,0 \pm 0,05 (n=80)	1,0 \pm 0,06 (n=16)	1,0 \pm 0,04 (n=36)	1,0 (n=167)
C/L	0,7 \pm 0,07 (n=3)	0,7 (n=1)	-	0,7 \pm 0,02 (n=4)	0,7 (n=8)
C (2''''')	41,7 \pm 2,4 (n=7)	44,2 \pm 3,8 (n=35)	46,1 \pm 4,2 (n=7)	44,1 \pm 4,0 (n=15)	44,0 (n=64)
L (2''''')	34,3 \pm 2,4 (n=7)	35,8 \pm 2,2 (n=35)	37,2 \pm 1,2 (n=7)	32,6 \pm 2,6 (n=15)	34,9 (n=64)
C/L (2''''')	1,2 \pm 0,07 (n=7)	1,2 \pm 0,09 (n=35)	1,2 \pm 0,08 (n=7)	1,3 \pm 0,1 (n=15)	1,2 (n=64)
2'/1'':2'/3''	0,5 \pm 0,1 (n=7)	0,4 \pm 0,05 (n=33)	0,6 \pm 0,09 (n=7)	0,6 \pm 0,1 (n=17)	0,5 (n=64)

Domínio Eucariota
Reino Chromista
Filo Dinophyta
Classe Dinophyceae
Ordem Gonyaulacales

Família Goniodomataceae
Gênero *Gambierdiscus*
***Gambierdiscus belizeanus* Faust (1995)**

Célula com forma lenticular, comprimida antero-posteriormente (Fig. 4c) e circular em vista apical/antapical, superfície das placas tecais densamente areolada (Fig. 4a,b). Profundidade de 64,0 μm , largura de 59,5 μm , comprimento de 34,9 μm , razão DV/L de 1,0 e razão C/L de 0,5 (Tab. 4). Fórmula das placas tecais: Po, 4', 0a, 6'', 6c, ?s, 5''', 0p, 2'''''. A placa do poro apical com a fenda em forma de anzol e poros arredondados ao seu redor pôde ser observada e localizava-se no centro da epiteca (Fig. 4a). A placa 2' era a maior da série apical e tinha forma de machado, enquanto a placa 3'' era simétrica (Fig. 4a). O sulco era abaulado e não foi possível visualizar as placas sulcais, exceto a placa S.p. que estava localizada fora da área do sulco (Fig. 4b). A placa 2'''' era curta e estreita com 28,4 μm de comprimento, 13,9 μm de largura e 2,0 de razão C/L (Tab. 4), pentagonal e mais ampla ventralmente (Fig. 4b).

Forma de vida: bentônico, autotrófico, potencialmente tóxico.

Macroalga onde foi encontrada: *Sargassum* sp.

Ocorrência: Maragogi.

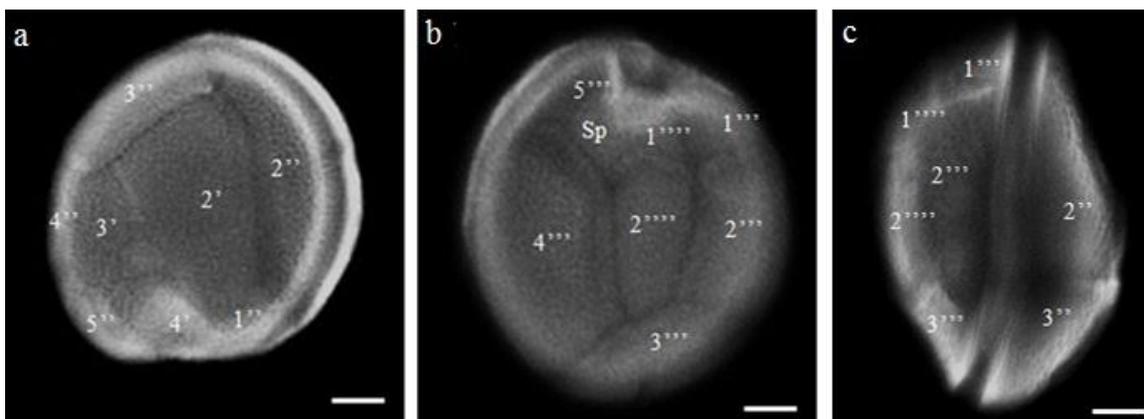


Figura 4: *G. belizeanus* em microscopia de fluorescência. a) Vista apical; b) Vista antapical; c) Vista lateral. Barra de escala: 10 μm .

Tabela 4: Dimensões (μm) da célula de *G. belizeanus*. Valores de profundidade (DV), largura (L), comprimento (C), razão (DV/L), razão (C/L) da célula, comprimento (C) e largura (L) da placa 2''', razão C/L da placa 2''' e razão entre o comprimento das suturas entre as placas 2'/1'':2'/3''. n= 1.

	DV	L	C	DV/ L	L/W	C (2''')	L (2''')	C/L (2''')	2'/1'':2'/3''
Maragogi	64	59,5	34,9	1,07	0,5	28,4	13,9	2,0	0,48

Domínio Eucariota
Reino Chromista
Filo Dinophyta
Classe Dinophyceae
Ordem Gonyaulacales
Família Goniodomataceae
Gênero *Fukuyoa*
***Fukuyoa* sp.**

Células de formato globular (Fig. 5c,d), estreitas em vista apical/antapical (Fig. 5a,b), com profundidade de $56,8 \pm 4,6 \mu\text{m}$, largura de $46,0 \pm 5,2 \mu\text{m}$, comprimento de $61,1 \pm 4,2 \mu\text{m}$, razão DV/L de $1,2 \pm 0,1$ e razão C/L de $1,3 \pm 0,07$ (Tab. 5). Fórmula das placas tecais: Po, 4', 0a, 6'', 6c, ?s, 5''', 0p, 2'''''. A superfície das placas se apresentou lisa com poros arredondados e de mesmo tamanho. A placa do poro apical era centralizada, alongada e com uma fenda em forma de anzol com poros ao seu redor (Fig. 5a). A placa 2' era longa e estreita e a placa 4' era a maior da série apical (Fig. 5a). A placa 2'' era retangular e alongada (Fig. 5a). Na hipoteca a placa 2'''' era estreita e pentagonal (Fig. 5b), com comprimento de $25,2 \mu\text{m}$, largura de $18,8 \mu\text{m}$ e razão C/L de 1,3 (Tab. 5). A hipoteca era mais comprida do que a epiteca (Fig. 5c,d). O sulco era fundo e cortava boa parte da hipoteca (Fig. 5d).

Forma de vida: bentônico, autotrófico, potencialmente tóxico.

Macroalga onde foi encontrada: *Dictyopteris* sp.

Ocorrência: Arquipélago dos Abrolhos.

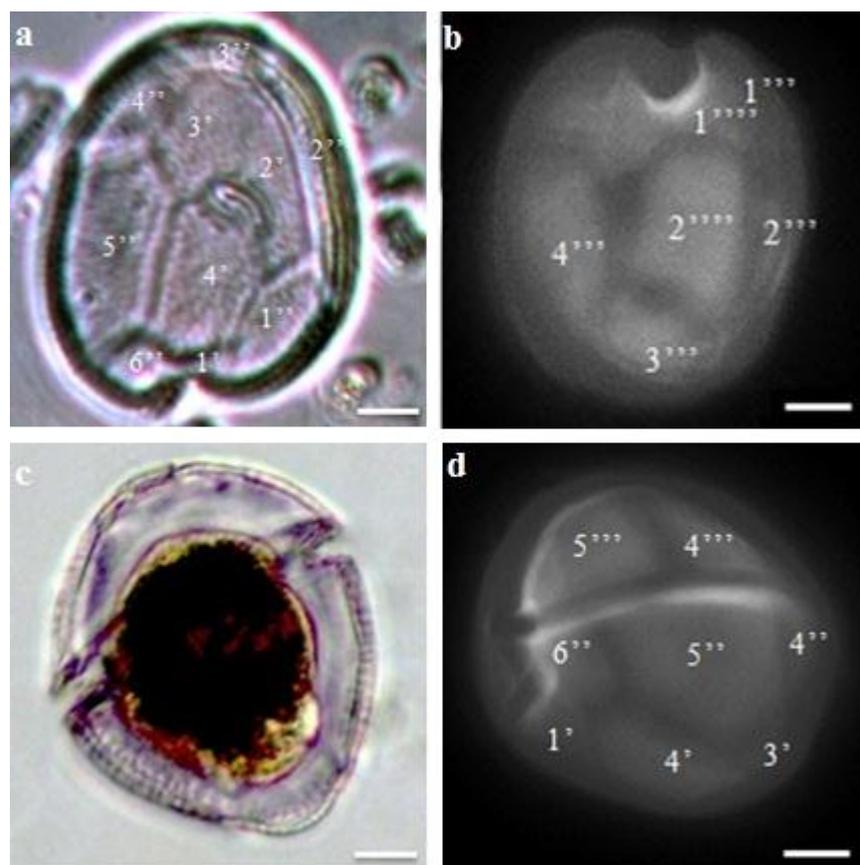


Figura 5: *Fukuyoa* sp. em microscopia ótica (a,c) e microscopia de fluorescência (b,d). a) Vista apical; b) vista antapical; c) vista dorsal; d) vista lateral/ventral. Barra de escala: 20 μ m.

Tabela 5: Dimensões (μm) das células de *Fukuyoa* sp. Média, desvio padrão e faixa de variação dos valores de profundidade (DV), largura (L), comprimento (C), razão (DV/L), razão (C/L) da célula, comprimento (C) e largura (L) da placa 2''''', razão C/L da placa 2''''', comprimento (C) e largura (L) da placa 4' e comprimento da hipoteca (H) e epiteca (E). n= número de células analisadas.

	DV	L	C	DV/L	C/L	C (2''''')	L (2''''')	C/L (2''''')	C (4')	L(4')	C (H)	C (E)
Arquipélago dos Abrolhos	56,8 \pm 4,6 (52,2 – 61,5) (n=6)	46 \pm 5,2 (41,7 – 51,9) (n=6)	61,1 \pm 4,2 (56,5 – 68,1) (n=6)	1,2 \pm 0,1 (1,1 – 1,3) (n=6)	1,3 \pm 0,07 (1,3 – 1,4) (n=3)	25,2 (n=1)	18,8 (n=1)	1,3 (n=1)	22-24 (n=5)	14-16 (n=5)	40,4 (n=2)	16,8 (n=2)

4. DISCUSSÃO

4.1 Distribuição geográfica

O sudoeste do Oceano Atlântico na porção nordeste do Brasil possui ambientes propícios para o crescimento das espécies de *Gambierdiscus* e *Fukuyoa* por apresentar águas calmas, quentes e com substratos de corais e macroalgas disponíveis. Na área de estudo a temperatura da água do mar varia entre 24 e 29 °C (<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA09F/woa09f.pl>; NOAA), faixa considerada favorável à ocorrência desses gêneros. Segundo Litaker et al. (2010) ambientes que apresentam temperatura acima dos 24 °C, abundância de macroalgas ou outros substratos em que a célula possa se fixar e baixa a moderada turbulência são ideais para o crescimento das espécies de *Gambierdiscus* e *Fukuyoa* (como *G. ruetzleri* e *G. yasumotoi*). Todos esses parâmetros favoráveis ocorrem na costa nordeste brasileira.

A espécie *G. excentricus* foi encontrada em todas as estações de amostragem, com exceção de Porto de Galinhas. Até o momento *G. excentricus* possui distribuição restrita ao Oceano Atlântico, tendo sido reportado nas Ilhas Canárias (Fraga et al., 2011), na costa do Marrocos (Ennaffah & Chaira, 2015), no Rio de Janeiro, RJ, Brasil (Nascimento et al., 2012) e em Salvador, BA, Brasil (Mendes et al., 2013).

Gambierdiscus carolinianus foi registrado em todas as estações de amostragem, com exceção de Placaford. Também foi a espécie de *Gambierdiscus* mais frequentemente encontrada em todos os locais onde ocorreu. *Gambierdiscus carolinianus* até pouco tempo tinha sua distribuição restrita ao Caribe e Golfo do México (Litaker et al., 2010) mas recentemente foi encontrado em Creta, na Grécia (GEOHAB, 2012; Holland et al., 2013) e no Oceano Pacífico (GEOHAB, 2012).

No presente estudo *G. belizeanus* foi encontrado na estação Maragogi e apenas uma célula foi observada. *Gambierdiscus belizeanus* já foi registrado no Caribe e Golfo do México (Litaker et al., 2010), em Sabah, Borneo, na Malásia (Leaw et al., 2011), no Paquistão (Munir et al., 2011) e em Marakei, no Oceano Pacífico (Xu et al., 2014). *Gambierdiscus* cf. *belizeanus* também foi reportado no Oceano Índico no Golfo de Aqaba, na Jordânia e no Golfo da Arábia, no Kuwait (Saburova et al., 2013).

Fukuyoa sp. foi encontrado unicamente no Arquipélago dos Abrolhos e foi um componente raro, se comparado a *G. excentricus* e *G. cf. carolinianus*, duas outras

espécies que também ocorreram nesta estação. *Fukuyoa yasumotoi* (como *G. yasumotoi*) já foi encontrado em Singapura (Holmes, 1998; Litaker et al., 2010) e foi registrado no Golfo de Aqaba, na Jordânia e no Golfo da Arábia, no Kuwait (Saburova et al., 2013). *Fukuyoa ruetzleri* (como *G. ruetzleri*) só foi encontrado em Belize e na Carolina do Norte (Litaker et al., 2010; GEOHAB, 2012). *Fukuyoa paulensis* foi descrito a partir de material de Ubatuba, São Paulo, Brasil (Gómez et al., 2015). Segundo Gómez et al. (2015) *Gambierdiscus* cf. *yasumotoi* sensu Rhodes et al. (2014) encontrado na Nova Zelândia e *Gambierdiscus yasumotoi* sensu Murray et al. (2014) registrado em material da Austrália são, na verdade, sinônimos de *F. paulensis*.

4.2 Morfologia

A forma e o tamanho da placa 2'''' é uma característica importante para distinguir as espécies de *Gambierdiscus*, sendo o gênero dividido entre espécies com placa 2'''' ampla e espécies com placa 2'''' estreita para fins de identificação (Litaker et al., 2009, Fraga et al., 2011, Nishimura et al., 2014, Fraga e Rodríguez, 2014). A razão C/L da placa 2'''' determina se as espécies possuem placa ampla (~2,1) ou estreita (~1,4). *Gambierdiscus excentricus* está entre as espécies com placa 2'''' estreita, entretanto a maioria das células analisadas apresentou placa 2'''' ampla (Tab. 6). Em cepas de *G. excentricus* isoladas do Rio de Janeiro e identificadas por biologia molecular a placa 2'''' também se apresentou ampla (dados não publicados), assim como as células de *G. excentricus* encontradas neste trabalho.

Apesar da diferença na largura da placa 2'''' , a placa do poro apical deslocada ventralmente confirma a identidade taxonômica da espécie. A razão entre as suturas das placas 2'/3' e 2'/4' é usada para calcular o deslocamento da placa do poro apical (Po) em direção à região ventral da célula (Tab. 6). Valores médios de 2,3 representam placa do poro apical deslocada ventralmente, enquanto espécies com placa apical centralizada apresentam valores entre 1,0 e 1,6 (Fraga et al., 2011). *Gambierdiscus excentricus* é a única espécie no gênero com a Po deslocada ventralmente (Fraga et al., 2011).

Tanto as células de *G. excentricus* deste estudo como as células descritas por Fraga et al. (2011) apresentaram a placa 2' retangular. A razão das suturas entre as placas 2'/1'' e 2'/3'' é usada para indicar a simetria da placa 2'. Segundo Nishimura et al. (2014) valores médios de 0,85 caracterizam placa 2' retangular, enquanto valores

médios de 0,54 indicam placa 2' em forma de machado. Neste estudo *G. excentricus* apresentou valores que caracterizam placa 2' retangular (Tab. 6).

Tabela 6: Morfometria de *G. excentricus* deste estudo em comparação com *G. excentricus* das Ilhas Canárias (Fraga et al., 2011). Média e/ou faixa de variação dos valores de profundidade (DV), largura (L), comprimento (C), razão (DV/L), razão (C/L) da célula, razão C/L da placa 2'''' e razão entre o comprimento das suturas entre as placas 2'/1'':2'/3'' e 2'/3' : 2'/4'. Células observadas neste estudo: n=42.

	<i>G. excentricus</i> (Fraga et al., 2011)	<i>G. excentricus</i> (este estudo)
DV	84-115	80-116
L	69-110	70-110
C	34-41	50
C/L (2'''')^a	-	1,4
2'/1'':2'/3''^b	-	0,84
2'/3' : 2'/4'	2,3	2,2

^a Fraga et al. (2011) não apresentaram medidas de razão C/L dizendo apenas que o comprimento era o dobro da largura nesta placa.

^b Fraga et al. (2011) não apresentaram valores de razão de sutura entre as placas 2'/1'' e 2'/3''.

Gambierdiscus excentricus apresentou menores dimensões em Placaford e Maracaípe (Tab. 2), quando comparadas às células das Ilhas Canárias (DV= 97 ± 8 µm e L= 83 ± 10 µm, Fraga et al., 2011). No Arquipélago dos Abrolhos células com dimensões maiores (Tab. 2) que as das Ilhas Canárias foram observadas.

Gambierdiscus carolinianus está entre as espécies com placa 2'''' ampla e pode ser diferenciado das demais espécies com esta característica por sua placa 2' em forma de machado, placa 2'''' oblíqua na parte dorsal e placa 1' triangular (Litaker et al., 2009). *Gambierdiscus carolinianus* apresentou profundidade na mesma faixa que a reportada por Litaker et al. (2009) em *G. carolinianus* da Carolina do Norte (Tab. 7). A largura das células de *G. carolinianus* foi menor que a reportada por Litaker et al. (2009), com isso as células deste estudo não são mais largas do que profundas como as descritas na Carolina do Norte, sendo circulares em vista apical/antapical. O comprimento médio de *G. carolinianus* deste estudo está na faixa reportada por Litaker et al. (2009) para *G. carolinianus*.

Tabela 7: Morfometria de *G. carolinianus* deste estudo em comparação com espécimes de *G. carolinianus* já reportadas. Média e/ou faixa de variação dos valores de profundidade (DV), largura (L), comprimento (C), razão (DV/L), razão (C/L) da célula, razão C/L da placa 2'''' e razão entre o comprimento das suturas entre as placas 2'/1'':2'/3''. Células observadas neste estudo: n=167.

	<i>G. carolinianus</i> (Litaker et al., 2009)	<i>G. carolinianus</i> (este estudo)
DV	72 -87	62 -86
L	75 -103	54 -88
C	42 -61	45 -77
DV/L	0,9	1,0
C/L	0,59	0,7
C/L (2''''')	1,65	1,26
2':1'':2':3''	0,63	0,57

A razão entre as suturas das placas 2'/1'':2'/3'' de *G. cf. carolinianus* deste estudo foi próximo ao reportado por Litaker et al. (2009) em *G. carolinianus* (Tab. 7). Ambos os valores indicam placa 2' em forma de machado (Nishimura et al., 2014). A razão C/L da placa 2'''' apresentou valor esperado para espécies com placa 2'''' ampla (Tab.7) que apresentam faixa C/L de 1.26 a 1.65 (Nishimura et al., 2014).

Gambierdiscus carolinianus tem morfologia similar à espécie *G. polynesiensis*. As duas espécies podem ser diferenciadas por *G. polynesiensis* apresentar um afundamento nas placas 4', 1' e 1'' e pela forma da placa 1', que é alongada em *G. polynesiensis* e pequena e com formato triangular em *G. carolinianus* (Litaker et al., 2009). Além disto, *G. carolinianus* apresenta dimensões celulares maiores do que *G. polynesiensis* (Litaker et al., 2009).

Uma célula de *Gambierdiscus* com superfície areolada foi encontrada em Maragogi e identificada como *G. belizeanus* por apresentar superfície areolada, placa 2' em forma de machado, placa 2'''' estreita e placa 3'' simétrica, similar àquela de *G. belizeanus*. Não foi possível medir a razão entre as suturas 3''/2'':3''/4'' como sugerido por Nishimura et al. (2014) para caracterizar a forma da placa 3'', que é uma característica usada para distinguir *G. belizeanus* e *G. scabrosus*, que são morfologicamente muito similares. *Gambierdiscus belizeanus* se diferencia de *G.*

scabrosus por apresentar a placa 3'' simétrica, com razão das sutura das placas 3''/2'': 3''/4'' de 1,01 (Litaker et al., 2009, Nishimura et al., 2014) enquanto em *G. scabrosus* este valor é de 0,70 (Nishimura et al., 2014). Apesar desta razão não ter sido calculada, a placa 3'' de *G. belizeanus* deste estudo exibe formato simétrico (Fig. 4a).

Outra característica que diferencia as duas espécies é a forma da placa 2' que em *G. scabrosus* é retangular e em *G. belizeanus* é em forma de machado (Nishimura et al., 2014). A razão entre as suturas das placas 2'/1'':2'/3'' de *G. cf. belizeanus* deste estudo é próxima ao valor encontrado por Saburova et al. (2013) para *G. cf. belizeanus* do Oceano Índico (Tab. 8). Litaker et al. (2009), Leaw et al. (2011) e Nishimura et al. (2014) reportam valores maiores em *G. belizeanus* (Tab. 8), porém dentro da faixa que caracteriza a placa 2' em forma de machado (média de 0,54 segundo Nishimura et al., 2014).

As dimensões de profundidade e largura de *G. belizeanus* de Maragogi estão de acordo com os valores encontrados por Faust (1995), Litaker et al. (2009), Leaw et al. (2011) e Nishimura et al. (2014) em *G. belizeanus* (Tab.8). Quanto a razão DV/L da célula, esta foi igual ao valor médio encontrado em duas cepas de *G. belizeanus* (CCMP399 e CCMP401) por Nishimura et al. (2014), e semelhante à de *G. belizeanus* da Malásia (Leaw et al., 2011) (Tab. 8). Litaker et al. (2009) e Saburova et al. (2013) reportam valores de razão DV/L um pouco menores (Tab. 8).

O comprimento de *G. belizeanus* de Maragogi foi semelhante ao encontrado por Nishimura et al. (2014) e menor do que os valores registrados em *G. belizeanus* da Flórida e Caribe (Litaker et al., 2009) e do Oceano Índico (Saburova et al., 2013) (Tab. 8). A razão C/L de *G. belizeanus* deste estudo também foi semelhante à encontrada por Nishimura et al. (2014) e menor do que a encontrada por Litaker et al. (2009) (Tab. 8).

A razão C/L da placa 2'''' de *G. belizeanus* está na faixa esperada para as espécies com placa 2'''' estreita. Litaker et al. (2009) e Nishimura et al. (2014) reportam valores de razão C/L da placa 2'''' dentro do esperado para espécies de placa estreita (1,83 a 2,57, média de 2,15 segundo Nishimura et al., 2014), enquanto que Leaw et al. (2011) e Saburova et al. (2013) apresentam valores inferiores (Tab. 8).

Tabela 8: Morfometria de *G. belizeanus* de Maragogi em comparação com espécimes de *G. belizeanus* e *G. cf. belizeanus* já reportadas. Média e/ou faixa de variação dos valores de profundidade (DV), largura (L), comprimento (C), razão (DV/L), razão (C/L) da célula, razão

C/L da placa 2'''' e razão entre o comprimento das suturas entre as placas 2'/1'':2'/3''. Células observadas neste estudo: n=1.

	<i>G. belizeanus</i> (Faust, 1995)	<i>G. belizeanus</i> (Litaker et al., 2009)	<i>G. belizeanus</i> (Leaw et al., 2011)	<i>G. belizeanus</i> (Munir et al., 2011)	<i>G. cf. belizeanus</i> (Saburova et al., 2013)	<i>G. belizeanus</i> (Nishimura et al., 2014)	<i>G. cf. belizeanus</i> (este estudo)
DV	53-67	63	61	53,6-74,7	66,3	61	64
L	54-63	58	56	65,1-68,9	65,8	57,2	59,5
C	-	48,1	-	-	47-51	38,7	34,9
DV/L	-	1,03	1,08	-	1,01	1,07	1,07
C/L	-	0,8	-	-	-	0,68	0,5
C/L (2''''')	-	1,83	1,71	-	1,76	1,88	2,0
2':1'':2':3''	-	0,64	0,65	-	0,56	0,66	0,48

Recentemente Gómez et al. (2015) propuseram o novo gênero *Fukuyoa* para as espécies globulares de *Gambierdiscus* e descreveram *Fukuyoa paulensis*, espécie globular encontrada em Ubatuba, litoral de São Paulo, Brasil. Análises filogenéticas baseadas no gene LSU rDNA incluindo novas sequências da espécie planctônica *Goniodoma polyedricum* agruparam *Goniodoma* e as espécies globulares em um clado, e as espécies lenticulares de *Gambierdiscus* em outro, sendo *Fukuyoa* e *Goniodoma* um subclado que ramifica como grupo irmão de *Gambierdiscus* (Gómez et al., 2015). Estes resultados confirmam as diferenças morfológicas observadas entre as espécies globulares e lenticulares de *Gambierdiscus* (Gómez et al., 2015).

Fukuyoa paulensis se diferencia de *F. yasumotoi* e *F. ruetzleri* por apresentar a placa 4' mais ampla, ocupando boa parte da epiteca, placa 2'''' mais ampla que em *F. yasumotoi* e *F. ruetzleri* e células mais redondas em vista apical/antapical.

Fukuyoa ruetzleri se diferencia de *F. yasumotoi* pelo tamanho menor das células e maiores razões DV/L e C/L, sendo mais estreito que *F. yasumotoi* (Litaker et al., 2009). Além disso, a placa 2'''' de *F. ruetzleri* é menor e mais estreita do que em *F. yasumotoi* (Litaker et al., 2009). As placas 1'', 2'' e 3'' são maiores em *F. yasumotoi*, assim como a placa 2''' (Litaker et al., 2009). O cingulo de *F. ruetzleri* aparenta ser deslocado para o ápice da célula quando comparado a *F. yasumotoi*, com isso o

comprimento médio da epiteca de *F. ruetzleri* é menor do que em *F. yasumotoi* (Litaker et al., 2009).

As células de *Fukuyoa* sp. apresentaram valores de profundidade mais próximos de *F. yasumotoi* (como *G. yasumotoi*) (Litaker et al., 2009) e de *F. paulensis* (como *G. yasumotoi*) (Murray et al., 2014; Rhodes et al., 2014) do que de *F. ruetzleri* (como *G. ruetzleri*) (Litaker et al., 2009) (Tab. 9). A largura também se aproximou de *F. yasumotoi* (como *G. yasumotoi*) reportado por Holmes (1998) e de *F. paulensis* por Murray et al. (2014), Rhodes et al. (2014) e Gómez et al. (2015) (Tab. 9). O comprimento se assemelhou ao de *F. yasumotoi* segundo Litaker et al. (2009) e Saburova et al. (2013) e de *F. paulensis* de acordo com Rhodes et al. (2014) (Tab. 9). As razões DV/L e C/L, entretanto, apresentaram o mesmo valor de *F. ruetzleri* reportado por Litaker et al. (2009) (Tab. 9).

O comprimento da epiteca de *Fukuyoa* sp. é similar ao valor encontrado em *F. ruetzleri*, enquanto que em *F. yasumotoi* este valor é maior (Tab. 9). O comprimento da hipoteca de *F. ruetzleri* e de *F. yasumotoi* são próximos (Tab. 9). Em *Fukuyoa* sp. o comprimento da hipoteca é o dobro da epiteca, enquanto em *F. paulensis* o comprimento da hipoteca é apenas ligeiramente maior que o da epiteca (Gómez et al., 2015). As células de *Fukuyoa* sp. são estreitas em vista apical/antapical enquanto as de *F. paulensis* são ovais (Gómez et al., 2015).

Gómez et al. (2015) chama a atenção para o fato de que a série apical é particularmente útil para diferenciar as espécies de *Fukuyoa*. *Fukuyoa* sp. deste estudo apresenta placa 4' similar a de *F. ruetzleri* e *F. paulensis*. O comprimento da placa 4' de *Fukuyoa* sp. está dentro da faixa encontrada em *F. paulensis*, no entanto sua largura é menor, sendo mais estreita do que *F. paulensis*.

A placa 2' de *Fukuyoa* sp. é retangular e alongada, semelhante a das espécies *F. ruetzleri* e *F. paulensis*, contudo ela é mais alongada do que nestas espécies. Em *F. paulensis* a sutura entre as placas 2'/2'' pode ser reta, curva ou dentada (Gómez et al., 2015), enquanto em *Fukuyoa* sp. é reta. Quanto a placa 3' em *Fukuyoa* sp. ela é similar em forma a de *F. ruetzleri*. A forma da placa 1'' de *Fukuyoa* sp. é diferente de *F. paulensis*, em *Fukuyoa* sp. ela é alongada e em *F. paulensis* é ampla.

Na hipoteca, a placa 2'''' de *Fukuyoa* sp. apresentou formato estreito, enquanto em *F. paulensis* esta placa é mais ampla (Tab. 9). A forma da placa 2'''' das células deste estudo foi similar a de *F. ruetzleri*, sendo pequena e estreita. Também

apresentaram comprimento similar à de *F. ruetzleri* registrado por Litaker et al. (2009), no entanto foram mais largas (Tab. 9).

A forma das placas apicais, pré-cingulares e da placa 2'''' de *Fukuyoa* sp. se parecem mais com as de *F. ruetzleri*. No entanto, as células são maiores e suas dimensões se aproximaram mais aos valores de *F. yasumotoi*.

Tabela 9: Morfometria de *Fukuyoa* sp. do Arquipélago dos Abrolhos em comparação com espécies de *F. yasumotoi*, *F. ruetzleri* e *F. paulensis*. Média, desvio padrão e faixa de variação dos valores de profundidade (DV), largura (L), comprimento (C), razão (DV/L), razão (C/L) da célula, comprimento (C) e largura (L) da placa 2''''', razão C/L da placa 2''''', comprimento (C) e largura (L) da placa 4' e comprimento da hipoteca (H) e epiteca (E). Células observadas neste estudo: n=6.

	<i>F. yasumotoi</i> (Holmes, 1998)	<i>F. yasumotoi</i> (Litaker et al., 2009)	<i>F. yasumotoi</i> ^a (Saburova et al., 2013)	<i>F. yasumotoi</i> ^b (Saburova et al., 2013)	<i>F. paulensis</i> ^c (Murray et al., 2014)	<i>F. paulensis</i> (Rhodes et al., 2014)	<i>F. paulensis</i> (Gómez et al., 2015)	<i>F. ruetzleri</i> (Litaker et al., 2009)	<i>Fukuyoa</i> sp. (este estudo)
DV	50	56,8	62,9	62,6	57,2	54,8	50	45,5	56,8
L	44	51,7	54,1	54,7	48	42,5	45	35,7	46,0
C	53	62,4	61,7	62,9	56	59,8	56	51,6	62,2
DV/L	1,13	1,10	1,28	1,14	1,18	1,29	1,2	1,35	1,35
C/L	1,20	1,21	1,14	1,15	1,16	1,41	-	1,45	1,45
C (2''''')	-	-	-	35,6-42,5	-	-	33-39	24	25,2
L (2''''')	-	-	-	20,8-22	-	-	19-23	11	18,8
C/L (2''''')	-	-	-	1,72	-	-	-	2,18	1,3
C (4')	-	-	-	-	-	-	20-28	-	22-24
L (4')	-	-	-	-	-	-	17-18	-	14-16
C (H)	-	33,5	-	-	-	-	-	35,3	40,4
C (E)	-	23,2	-	-	-	-	-	16,9	16,8

^a Células do Kuwait; ^b Células da Jordânia; ^c Células de campo da Austrália.

Murray et al. (2014) também encontraram variabilidade morfológica e morfométrica em *F. paulensis* (como *G. yasumotoi*) da Austrália. Tanto as células de cultivo como as de campo apresentaram as razões C/L e DV/L mais similares a *F. yasumotoi* (Murray et al., 2014). No entanto a razão entre a epiteca e a hipoteca apresentou diferenças entre o material de cultivo e o de campo (Murray et al., 2014). Com relação à forma da placa 2''''', as células de campo observadas por Murray et al. (2014) também apresentaram variações. Esta placa era mais similar a *F. yasumotoi* em algumas células enquanto em outras esta placa era mais semelhante a *F. ruetzleri*.

A identificação morfológica das espécies do gênero *Gambierdiscus* e recentemente também do gênero *Fukuyoa*, é especialmente problemática, pois as diferenças morfológicas entre as espécies são sutis e os caracteres quantitativos se sobrepõem entre as diferentes espécies (Litaker et al., 2009; Nishimura et al., 2014). As limitações no uso de características morfológicas para definir e identificar espécies representa um desafio na sistemática de dinoflagelados, levantando a discussão sobre o conceito de espécie, e como critérios moleculares, fisiológicos e morfológicos devem ser usados para delinear os limites entre as espécies (Richlen et al., 2008).

A dificuldade na identificação das espécies destes gêneros se torna um problema ainda maior no que concerne a toxicidade. Cada espécie possui um perfil único de toxina (Kohli et al., 2014), sendo algumas espécies mais tóxicas do que outras (Chinain et al., 2010; Holland et al., 2013). A variação na toxicidade ocorre inclusive entre diferentes cepas de uma mesma espécie (Holland et al., 2013). *Gambierdiscus excentricus* é produtor de compostos equivalentes a maitotoxina (MTX) e ciguatoxinas (CTX) (Fraga et al., 2011). *Gambierdiscus belizeanus* produz CTX e MTX (Chinain et al., 2010; Kohli et al., 2013), enquanto que em *G. carolinianus* baixos níveis de MTX já foram reportados (Holland et al., 2013). Extratos metanólicos de *F. yasumotoi* produziram efeitos similares a MTX e foram letais para camundongos (Holmes, 1998). Holland et al. (2013) reportaram atividade hemolítica em *F. ruetzleri*.

A ocorrência de espécies potencialmente tóxicas em águas brasileiras traz novas preocupações. Além de ser um problema sério de saúde pública, em longo prazo os efeitos da ciguatera poderão ter grande impacto econômico com custos de monitoramento das espécies nocivas, baixa no turismo, perda de fonte de alimento para população, custos de saúde pública e problemas culturais e sociais para as populações que vivem exclusivamente dos recursos marinhos nas áreas onde estas espécies estão presentes.

São poucos os trabalhos sobre dinoflagelados epi-bentônicos na América do Sul. Por ser produtor de toxinas e um gênero pouco estudado no Brasil, trabalhos sobre o conhecimento das espécies de *Gambierdiscus*, e atualmente também *Fukuyoa*, são de fundamental relevância.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Ferreira Leite pelas amostras coletadas no Arquipélago dos Abrolhos e a bióloga Gabriela De Carli pelas amostras coletadas em Placaford e Porto de Galinhas. A CAPES pela concessão da bolsa (Edital Protax 052/10).

5. REFERÊNCIAS

Adachi, R. & Fukuyo, Y. 1979. The thecal structure of a marine toxic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* new-genus new-species collected in a ciguatera endemic area. *Nippon Suisan Gakkaishi* 45: 67–72.

Aligizaki, K. & Nikolaidis, G. 2008. Morphological identification of two tropical dinoflagellates of the genera *Gambierdiscus* and *Sinophysia* in the Mediterranean Sea. *Journal of Biological Research-Thessaloniki* 9: 75–82.

Begossi, A. 1992. Food taboos at Buzios Island (Brazil): Their significance and relation to folk medicine. *Journal of Ethnobiology* 12 (1): 117–139.

Besada, E.G., Loeblich, L.A., Loeblich III, A.R., 1982. Observations on tropical, benthic dinoflagellates from ciguatera-endemic areas: *Coolia*, *Gambierdiscus*, and *Ostreopsis*. *Bulletin of Marine Science* 32 (3): 723–735.

Chinain, M., Faust, M.A., Pauillac, S. 1999. Morphology and molecular analyses of three species of *Gambierdiscus* (Dinophyceae): *G. pacificus* sp. nov., *G. australes* sp. nov. and *G. polynesiensis* sp. nov. *Journal of Phycology* 35: 1282–1296.

Clark, R.F., Williams, S.R., Nordt, S.P., Manoguerra, A.S. 1999. A review of selected seafood poisonings. *Undersea & Hyperbaric Medicine* 26 (3): 175–84.

Ennafah, B. & Chaira, K. 2015. First report of *Gambierdiscus* in Moroccan Atlantic Waters. *Harmful Algae News* 50: 20.

Faust, M.A. 1995. Observation of sand-dwelling toxic dinoflagellates (Dinophyceae) from widely differing sites, including two new species. *Journal of Phycology* 31: 996–1003.

Fleming, L.E., Baden, D.G., Bean, J.A., Weisman, R., Blythe, D.G. 1998. Seafood toxin diseases: issues in epidemiology and community outreach. In: Reguera, B., Blanco, J., Fernandez, M.L., Wyatt, T. (Eds.). *Harmful Algae*. Xunta de Galicia and Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 245–248.

Fraga, S., Rodríguez, F., Caillaud, A., Diogene, J., Raho, N., Zapata, M. 2011. *Gambierdiscus excentricus* sp. nov. (Dinophyceae), a benthic toxic dinoflagellate from the Canary Islands (NE Atlantic Ocean). *Harmful Algae* 11: 10–22.

Fraga, S. & Rodríguez, F. 2014. Genus *Gambierdiscus* in the Canary Islands (NE Atlantic Ocean) with Description of *Gambierdiscus silvae* sp. nov., a New Potentially Toxic Epiphytic Benthic Dinoflagellate. *Protist* 165 (6): 839–853.

Fritz, L. & Triemer, R.E., 1985. A rapid simple technique utilizing calcofluor white M2R783 for the visualization of dinoflagellate thecal plates. *Journal of Phycology* 21: 662–664.

GEOHAB, 2012. Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms, GEOHAB Core Research Project: HABs in Benthic Systems. Berdalet, E., Tester, P., Zingone, A. (Eds.) IOC of UNESCO and SCOR, Paris and Newark, 64 pp.

Gómez, F., Qiu, D., Lopes, R.M., Lin, S. 2015. *Fukuyoa paulensis* gen. et sp. nov., a new genus for the globular species of the dinoflagellate *Gambierdiscus* (Dinophyceae). *PLoS ONE*, DOI 10.1371/journal.pone.0119676.

Holland, W.C., Litaker, R.W., Tomas, C.R., Kibler, S.R., Place, A.R., Davenport, E.D., Tester, P.A. 2013. Differences in the toxicity of six *Gambierdiscus* (Dinophyceae) species measured using an in vitro human erythrocyte lysis assay. *Toxicon* 65: 15–33.

Holmes, M.J. 1998. *Gambierdiscus yasumotoi* sp. nov. (Dinophyceae), a toxic benthic dinoflagellate from southeastern Asia. *Journal of Phycology* 34: 661–668.

Jeong, H.J., Lim, A.S., Jang, S.H., Yih, W.H., Kang, N.S., Lee, S.Y., Yoo, Y.D., Kim, H.S. 2012. First Report of the Epiphytic Dinoflagellate *Gambierdiscus caribaeus* in the Temperate Waters off Jeju Island, Korea: Morphology and Molecular Characterization. *The Journal of Eukaryotic Microbiology* 59 (6): 637–650.

Kohli, G.S., Murray, S.A., Neilan, B.A., Rhodes, L.L., Harwood, D.T., Smith, K.F., Meyer, L., Capper, A., Brett, S., Hallegraeff, G. M. 2014. High abundance of the potentially maitotoxic dinoflagellate *Gambierdiscus carpenteri* in temperate waters of New South Wales, Australia. *Harmful Algae* 39: 134–145.

Kuno, S., Kamikawa, R., Yoshimatsu, S., Sagara, T., Nishio, S., Sako, Y. 2014. Genetic diversity of *Gambierdiscus* spp. (Gonyaulacales, Dinophyceae) in Japanese coastal areas. *Phycological Research* 58: 44–52.

Leaw, C.P., Lim, P.T., Tan, T.H., Tuan-Halim, T.N., Cheng, K.W., Boon-Koon, N., Usup, G. 2011. First report of the benthic dinoflagellate, *Gambierdiscus belizeanus* (Gonyaulacales: Dinophyceae) for the east coast of Sabah, Malaysian Borneo. *Phycological Research* 59: 143–146.

Lewis, N.D. 1984. Ciguatera in the Pacific: incidence and implications for marine resource development. *Seafood toxins* 289–306.

Lewis, R.J. 2001. The changing face of ciguatera. *Toxicon* 39 (1): 97–106.

Litaker, R.W., Vandersea, M.W., Faust, M.A., Kibler, S.R., Chinain, M., Holmes, M.J., Holland, W.C., Tester, P.A. 2009. Taxonomy of *Gambierdiscus* including four new species, *Gambierdiscus caribaeus* sp. nov., *Gambierdiscus carolinianus* sp. nov., *Gambierdiscus carpenteri* sp. nov. and *Gambierdiscus ruetzleri* sp. nov. (Gonyaulacales, Dinophyceae). *Phycologia* 48 (5): 344–390.

Litaker, R.W., Vandersea, M.W., Faust, M.A., Kibler, S.R., Nau, A.W., Holland, W.C., Chinain, M., Holmes, M.J., Tester, P.A. 2010. Global distribution of ciguatera causing dinoflagellates in the genus *Gambierdiscus*. *Toxicon* 56 (5): 711–730.

Loeblich III, A.R. & Indelicato, S.R., 1986. Thecal Analysis of the Tropical Benthic Dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus*. *Marine Fisheries Review* 48 (4): 38–43.

Mendes, M.C.Q., Affe, H.M.J., Santos, L.P.N., Menezes, M., Nunes, J.M.C. 2013. Ocorrência de *Gambierdiscus*, *Ostreopsis* e *Prorocentrum* em Salvador-Bahia, Brasil. *Reunião Latino Americana sobre Algas Nocivas*: 35–36.

Munir, S., Siddiqui, P.J.A., Morton S.L. 2011. The occurrence of ciguatera fish poisoning producing dinoflagellate genus *Gambierdiscus* in Pakistan waters. *Algae* 26: 314–325.

Murray, S., Momigliano, P., Heimann, K., Blair, D. 2014. Molecular phylogenetics and morphology of *Gambierdiscus yasumotoi* from tropical eastern Australia. *Harmful Algae* 39: 242–252.

Nascimento, S.M. 2006. *12th International Conference on Harmful Algae*, Copenhagen, 248.

Nascimento, S.M., Diniz, B.S., Alencar, A.G., Meneguelli-Souza, A.C., Menezes, M. 2012. First record of the ciguatera causing genus *Gambierdiscus* in Brazil. *Harmful Algae News* 45: 8–9.

Nishimura, T., Sato, S., Tawong, W., Sakanari, H., Uehara, K., Shah, M.M.R., Suda, S., Yasumoto, T., Taira, Y., Yamaguchi, H., Adachi, M. 2013. Genetic Diversity and Distribution of the Ciguatera-Causing Dinoflagellate *Gambierdiscus* spp. (Dinophyceae) in Coastal Areas of Japan. *Plos One* 8 (4): e60882.

Nishimura, T., Sato, S., Tawong, W., Sakanari, H., Yamaguchi, H., Adachi, M. 2014. Morphology of *Gambierdiscus scabrosus* sp. nov. (Gonyaulacales): a new epiphytic toxic dinoflagellate from coastal areas of Japan. *Journal of Phycology* 50: 506–514.

NOAA- National Oceanic and Atmospheric Administration [acesso em 10 de novembro de 2014]. Disponível em: <http://www.noaa.gov>.

Rhodes, L., Papiol, G.G., Smith, K., Harwood, T. 2014. *Gambierdiscus* cf. *yasumotoi* (Dinophyceae) isolated from New Zealand's sub-tropical northern coastal waters. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 48 (2): 303–310.

Richlen, M.L., Morton, S.L., Barber, P.H., Lobel, P.S. 2008. Phylogeography, morphological variation and taxonomy of the toxic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* (Dinophyceae). *Harmful Algae* 7 (5): 614–629.

Saburova, M., Polikarpov, I., Al-Yamani, F. 2013. New records of the genus *Gambierdiscus* in marginal seas of the Indian Ocean. *Marine Biodiversity Records* 6: 1–11.

Tester, P.A. 1994. Harmful marine phytoplankton and shellfish toxicity. In: Disease in evolution: global changes and emergence of infectious diseases (Ed. by M.E. Wilson, R. Levins & A. Spielman). *New York Academy of Science*, New York: 69–76.

Tester, P.A., Feldman, R.L., Nau, A.W., Kibler, S.R., Litaker, R.W. 2010. Ciguatera fish poisoning and sea surface temperatures in the Caribbean Sea and the West Indies. *Toxicon* 56 (5): 698–710.

Xu, Y., Richlen, M.L., Morton, S.L., Makd, Y.L., Chan, L.L., Tekiau, A., Anderson, D.M. 2014. Distribution, abundance and diversity of *Gambierdiscus* spp. from a ciguatera-endemic area in Marakei, Republic of Kiribati. *Harmful Algae* 34: 56–68.

CAPÍTULO 2: Distribuição e morfologia de duas espécies de *Sinophysis* (Dinophyceae) em cinco estações no sudoeste do Oceano Atlântico

DISTRIBUIÇÃO E MORFOLOGIA DE DUAS ESPÉCIES DE *SINOPHYSIS* (DINOPHYCEAE) EM CINCO ESTAÇÕES NO SUDOESTE DO OCEANO ATLÂNTICO

Bruna S. Diniz ^{a*}, Mariângela Menezes ^b, Silvia M. Nascimento ^a

^a Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO), DERM, Laboratório de Microalgas Marinhas, Av. Pasteur, 458, 22.290-240 Urca, RJ, Brasil.

^b Laboratório de Ficologia, Museu Nacional, UFRJ 20940-040 Rio de Janeiro, Brasil.

RESUMO

Espécies do dinoflagelado marinho bentônico do gênero *Sinophysis* foram observadas associadas à macroalgas em cinco pontos de coleta ao longo do sudoeste do Oceano Atlântico. A morfologia das espécies foi analisada por microscopia óptica e de fluorescência e duas espécies do gênero foram encontradas: *S. microcephala* e *S. canaliculata*. *Sinophysis microcephala* foi encontrada em três localidades: Arquipélago dos Abrolhos, Maragogi e Maracaípe e exibiu células ovais e alongadas em vista lateral, com a extremidade posterior arredondada, com células mais compridas do que largas. *Sinophysis canaliculata* foi registrada no Arquipélago dos Abrolhos e em Placaford e apresentou células arredondadas lateralmente, largas e de formato circular. Este estudo apresenta o primeiro registro do gênero *Sinophysis* no Oceano Atlântico Sul.

Palavras chave: *Sinophysis*, sudoeste do Oceano Atlântico, morfologia

* Endereço para correspondência: UNIRIO, Av. Pasteur, 458, 22290-240 Rio de Janeiro, Brazil. Tel.: +55 21 22445483; fax: +55 21 22756059.

E-mail: brunabiologarj@gmail.com (B.S. Diniz), silvia.nascimento@gmail.com (S.M. Nascimento), menezes.mariangela@gmail.com (M. Menezes).

ABSTRACT

Species of marine benthic dinoflagellate of the genera *Sinophysis* were observed associated with macroalgae in five sampling points along the southwestern Atlantic Ocean. The morphology of the species was analyzed by optical and fluorescence microscopy and two species of the genus were found: *S. microcephala* and *S. canaliculata*. *Sinophysis microcephala* was found in three locations: Abrolhos Archipelago, Maragogi and Maracaípe and exhibited elongated and oval cells in lateral view, with a rounded posterior end, with cells longer than they are wide. *Sinophysis canaliculata* was recorded in the Abrolhos Archipelago and Placaford and had rounded cells laterally, wide and circular format. This study presents the first record of genera *Sinophysis* in the South Atlantic Ocean.

Keywords: *Sinophysis*, south-west Atlantic Ocean, morphology

1. INTRODUÇÃO

Dinoflagelados bentônicos têm sido historicamente pouco estudados em comparação a dinoflagelados planctônicos (Gómez & Artigas, 2014). A maioria dos trabalhos sobre a taxonomia de dinoflagelados bentônicos é focada nas espécies que produzem toxinas e epifitam corais e macroalgas.

Sinophysis é um gênero de hábito bentônico que é mais encontrado em sedimento arenoso (Selina & Hoppenrath, 2004; Hoppenrath et al., 2013; Gómez & Artigas, 2014). Dinoflagelados tecados que vivem em substratos de areia tendem a mostrar morfologia achatada, geralmente com células arredondadas ou ovais e sem espinhos e protuberâncias (Gómez & Artigas, 2014). A ordem Dinophysiales, a qual o gênero *Sinophysis* esta inserido, é morfologicamente bem distinguida por sua sutura sagital circundado toda a célula (Hoppenrath et al., 2013; Okolodkov, 2014). O gênero *Sinophysis* apresenta células que são desde circulares e ovais até ligeiramente retangulares, com hipoteca ampla que constitui praticamente toda a célula, com a epiteca formando apenas uma coroa (epicone). Algumas espécies possuem as placas tecais lisas com poros, enquanto outras apresentam ornamentações (Chomérat et al., 2009; Hoppenrath et al., 2013).

A primeira espécie descrita no gênero foi *S. microcephala* Nie & Wang (1944) no Mar da China, que apresenta células ovais e superfície areolada. Registrada em seguida, *S. ebriola* (Herdman) Balech (1956) foi originalmente descrita por Herdman (1924) como *Phalacroma ebriola* Herdman, sendo posteriormente transferida para *Sinophysis* por Balech (1956). *Sinophysis canaliculata* Quod et al. (1999) foi a terceira espécie descrita e se assemelha a *S. microcephala* por apresentar ornamentações em suas placas tecais, mas se diferencia desta por ser maior e mais larga. Uma característica distintiva da espécie é um longo e estreito corte localizado do lado esquerdo da hipoteca. *Sinophysis stenosoma* Hoppenrath (2000) e *S. grandis* Hoppenrath (2000) foram descritas um ano depois em uma planície de maré no Mar de Wadden, Alemanha. *Sinophysis minima* Selina & Hoppenrath (2004) foi encontrada em fundos arenosos no Mar do Japão e apresenta células pequenas e retangulares, com extremidades arredondadas. *S. verruculosa* Chomérat & Nézan (2009), última espécie descrita, foi encontrada na França e apresenta superfície verrucosa.

As espécies *S. microcephala* e *S. canaliculata* são encontradas em regiões tropicais, enquanto as demais espécies são encontradas tipicamente em ambientes

temperados (Chomérat et al., 2009). Apesar de o gênero ter distribuição tropical e temperada, o número de estudos em regiões temperadas é superior àqueles nos trópicos e é possível que a diversidade do gênero esteja subestimada nas regiões tropicais. Além disto, não há trabalhos sobre o gênero na América do Sul.

As espécies de *Sinophysis* são heterotróficas (Aligizaki & Nikolaidis, 2008; Chomérat et al., 2009; Hoppenrath, 2000; Al-Yamani & Saburova, 2010; Hoppenrath et al., 2013) e Escalera et al. (2011) relataram endossimbiose de cianobactéria com *S. canaliculata*. O mesmo foi observado em *S. microcephala* no Golfo do México (Okolodkov, 2014). Não é conhecida a produção de toxinas pelas espécies do gênero (Okolodkov et al., 2007; Aligizaki et al., 2009; Rodriguez et al., 2010; Okolodkov et al., 2014; Mancera-Pineda et al., 2014).

O objetivo do presente trabalho foi identificar e caracterizar morfologicamente as espécies do gênero *Sinophysis* em cinco pontos de coleta distribuídos ao longo da costa nordeste do Brasil no sudoeste do Oceano Atlântico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Cinco pontos de coleta ao longo do sudoeste do Oceano Atlântico no litoral nordeste brasileiro foram amostrados (Fig. 1) entre 2006 e 2013. Os quatro pontos costeiros de estudo (Maracaípe, Porto de Galinhas, Maragogi e Placaford) apresentam recifes de arenito ao longo da costa, com elevada diversidade de algas e corais. São praias protegidas e de águas calmas, com baixa energia. O quinto ponto de coleta, Arquipélago dos Abrolhos, é formado por um complexo recifal constituído por cinco ilhas, localizado no sul do estado da Bahia e abriga as maiores e mais ricas formações de recifes de coral no Oceano Atlântico Sul (Leão & Ginsburg 1997). A temperatura média anual na área de estudo varia entre 24 °C a 29 °C (<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA09F/woa09f.pl>; NOAA) e a salinidade média é de 36 (<http://www.nodc.noaa.gov/cgi-bin/OC5/WOA09F/woa09f.pl>; NOAA).

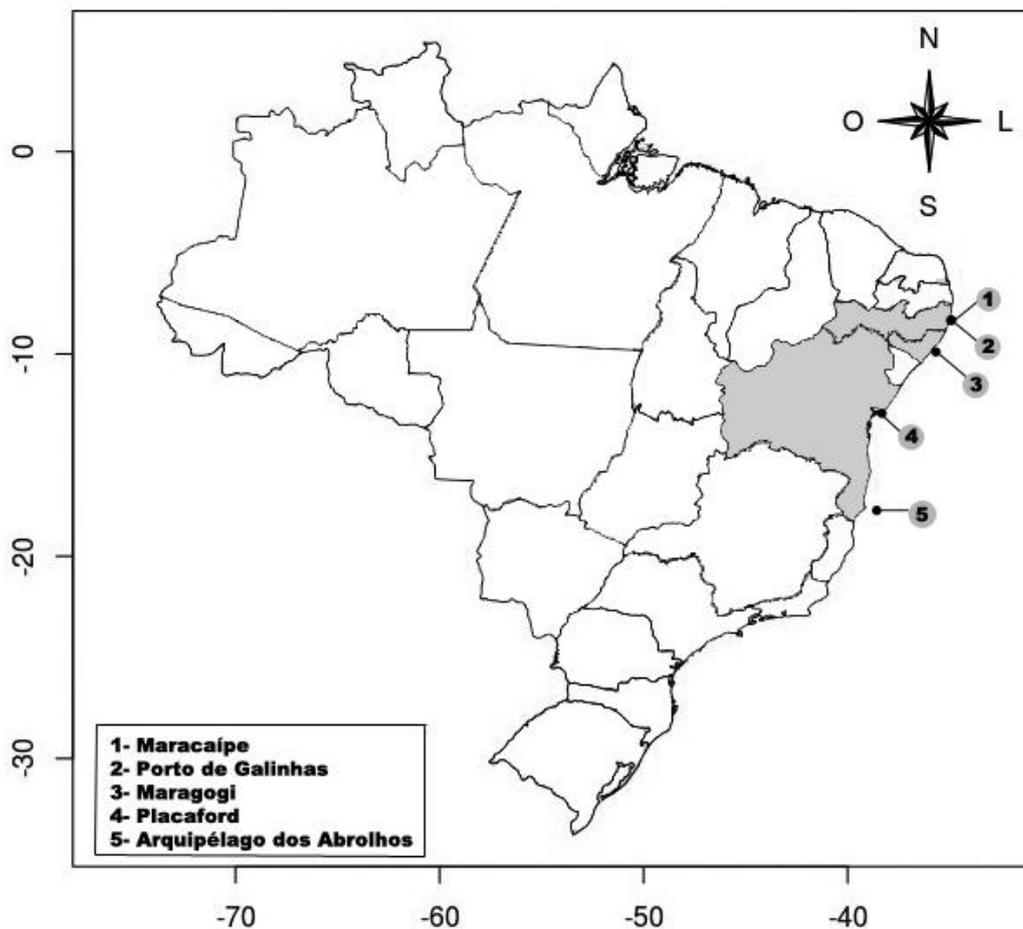


Figura 1: Mapa com as cinco estações de amostragem ao longo da costa nordeste do Brasil no sudoeste do Oceano Atlântico.

2.2 AMOSTRAGEM

Macroalgas foram coletadas por mergulho livre e colocadas em sacos plásticos tipo zip com a água do mar ao seu redor. Cada macroalga foi agitada manualmente por 2 minutos para separação dos organismos epífitos. A solução de epífitos foi fixada com lugol neutro a 1%. As amostras de macroalgas foram coletadas em profundidades de 1 a 5 metros. A tabela 1 apresenta as macroalgas coletadas com suas respectivas localidades e datas de coleta.

Tabela 1: Pontos de coleta com temperatura (T) e salinidade (S), data de coleta e macroalgas coletadas. n= número amostral.

Ponto de coleta	Data de coleta	Macroalga
Arquipélago dos Abrolhos (17°25'S; 38°33'W) (T=26°C; S=36)	Maio 2010	<i>Dictyopteris</i> sp.(n=10)
Placaford (12°55'S; 38°31'W) (T=24°C; S=35)	Julho 2012	<i>Padina gymnospora</i> (n=1) <i>Lobophora variegata</i> (n=1)
Maracaípe (08°23'S; 35°03'W) (T=25°C; S=35)	Março 2006	<i>Tricleocarpa cylindrica</i> (n=1) <i>Ulva lactuca</i> (n=1) <i>Caulerpa sertularioides</i> (n=1)
	Fevereiro 2007	<i>Sargassum vulgare</i> (n=1)
Maragogi (09°00'S; 35°13'W) (T=27°C; S=36)	Janeiro 2011	<i>Sargassum</i> sp. (n=2) <i>Amphiroa</i> sp. (n=1) <i>Halimeda</i> sp. (n=1) <i>Spyridia</i> sp. (n=1)
Porto de Galinhas (08°30'S; 35°00'W) (T=27°C; S=37)	Janeiro 2013	<i>Dictyota</i> sp. (n=1)

2.3 MORFOLOGIA

Células do gênero *Sinophysis* foram identificadas, medidas e registradas sob microscópio óptico invertido (Primovert, Zeiss) e microscópio de fluorescência (Imager.A2, Zeiss), com sistema de captura de imagens e programa Axiovison para processamento das mesmas. As dimensões celulares foram medidas em microscópio óptico invertido (Primovert, Zeiss) em aumento de 40x. As células foram registradas usando câmeras AxioCam ICc1 no microscópio óptico invertido e AxioCam MRC no microscópio de fluorescência.

As espécies de *Sinophysis* foram identificadas com base na forma das células, nas dimensões de comprimento (C), largura (L) e razão (C/L), forma e dimensões da epiteca e ornamentação da superfície das placas tecais.

A terminologia usada para designar as placas tecais neste trabalho é a presente em Fensome et al. (1993), Balech (1980), Hoppenrath (2000), Selina & Hoppenrath (2004) e Mohammad-Noor et al. (2007).

3. RESULTADOS

3.1 Distribuição

Duas espécies de *Sinophysis* foram encontradas associadas a substratos de macroalgas: *S. microcephala* e *S. canaliculata*. A primeira espécie foi encontrada em três localidades: Arquipélago dos Abrolhos, Maragogi e Maracaípe, enquanto a segunda foi registrada no Arquipélago dos Abrolhos e em Placaford. Trata-se do primeiro registro do gênero *Sinophysis* no sudoeste do Oceano Atlântico.

3.2 Morfologia

Sinophysis microcephala Nie & Wang 1944

Células ovais em vista lateral, alongadas e com a extremidade posterior arredondada (Fig. 2). Células achatadas lateralmente e mais compridas do que largas (Fig. 2). Apresentaram comprimento (C) médio de 42 μm e largura (L) média de 34 μm , com razão C/L média de 1,2 (Tab. 2). A superfície das placas tecais era densamente areolada (Fig. 2 e 3), com aréolas redondas a ovais, sendo ovais a poligonais ao longo da margem das placas (Fig. 3b). A célula possuía vários grânulos incolores e esverdeados e possíveis vacúolos alimentares (Fig. 3). Não foi detectada a presença de plastídios. Das quatro placas que compõem a hipoteca, três foram vistas, sendo H₂, H₃ e H₄ (Fig. 2a,b). A placa H₁ era pequena e de difícil visualização e por isso não foi observada. A placa ventral direita H₄ apresentou listas em sua borda (Fig. 2d e 3c) e estava conectada a placa lateral esquerda H₂. O cingulo apresentou listas que eram extensões das placas H₂ e H₃ da hipoteca (Fig. 2a,h). As placas H₂ e H₃ formavam duas valvas que compunham praticamente toda a célula e estavam unidas por uma sutura sagital. A placa H₃ era côncava em vista ventral, enquanto a placa H₂ era convexa (Fig. 2e). Na placa lateral direita H₃ emergia o sulco, que ocupava boa parte da extensão da

célula e era estreito (Fig. 2b-h). Ele possuía uma abertura em sua parte posterior da onde emergia o flagelo longitudinal (Fig. 2b).

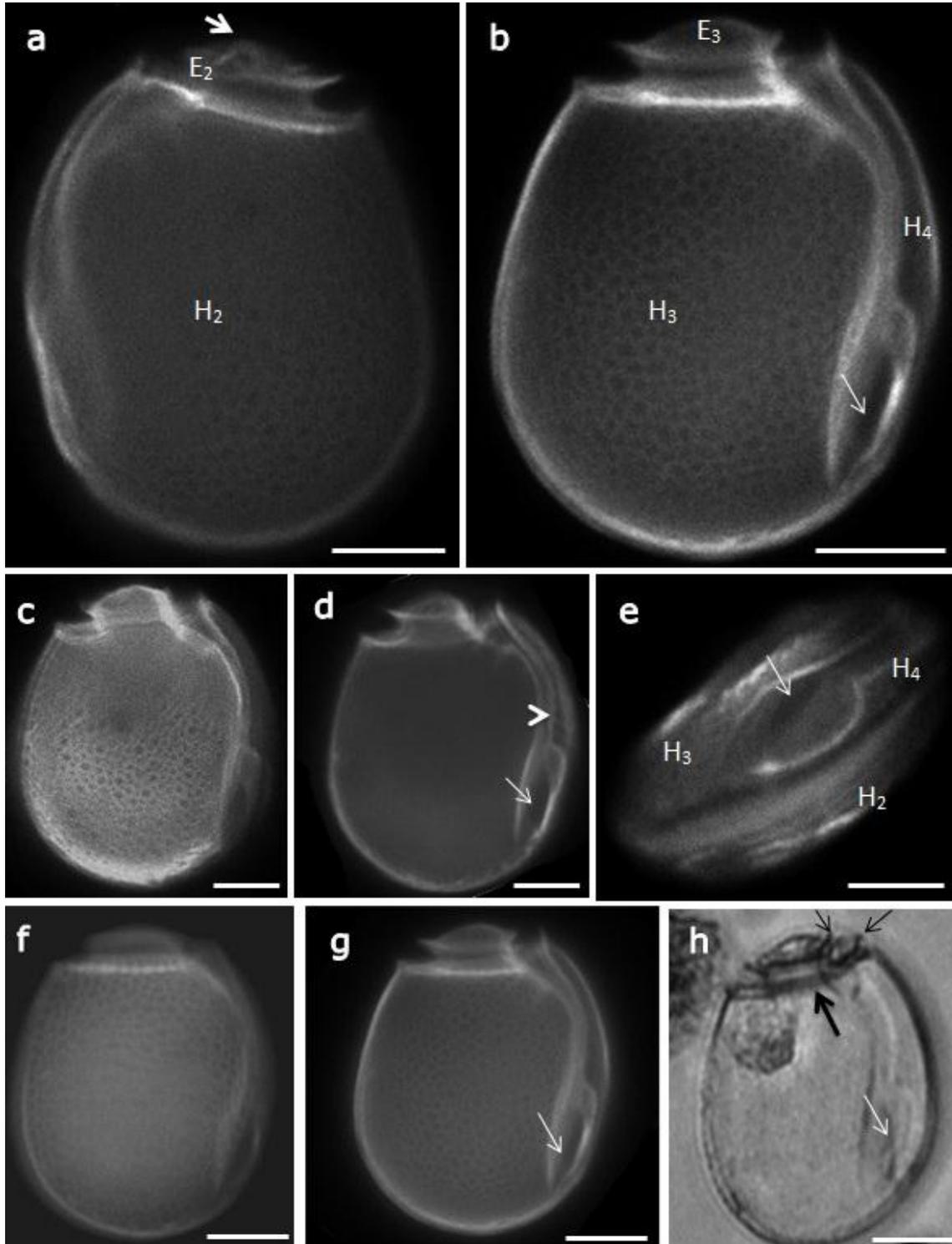


Figura 2: *Sinophysis microcephala*. Fotos de microscopia de fluorescência (a-g) e de microscopia óptica (h). a- vista lateral esquerda mostrando as projeções na epiteca (seta branca

grossa). b- vista lateral direita com o sulco na parte inferior da hipoteca (seta branca fina). c,d- vista lateral direita mostrando a célula densamente areolada, o sulco (seta branca fina) e as listas na borda da placa H₄ (cabeça de seta branca). e- vista ventral mostrando a abertura do sulco (seta branca fina). f,g- vista lateral direita mostrando o sulco (seta branca fina). h- lista cingular (seta preta grossa), sulco (seta branca fina) e as duas placas da epiteca E₂ e E₃ (setas pretas finas). Barra de escala: 10 μm.

Tabela 2: Dimensão (μm), desvio padrão e faixa de variação dos valores de comprimento (C), largura (L), razão C/L e comprimento (C) da epiteca de *S. microcephala*. n= número amostral.

	Arquipélago dos Abrolhos (n=17)	Maragogi (n=25)	Maracaípe (n=7)
Comprimento	42,1 ± 1,7 (40,5 – 45,7)	42,8 ± 0,9 (40,8 – 44,5)	42,8 ± 1,0 (41,0 – 44,0)
Largura	34,3 ± 1,7 (31,2 – 37,6)	33,8 ± 1,4 (31,1 – 36,1)	34,3 ± 1,6 (31,1 – 35,9)
Razão L/W	1,2 ± 0,04 (1,1 – 1,3)	1,2 ± 0,2 (1,1 – 1,4)	1,2 ± 0,04 (1,2 – 1,3)
Comprimento da epiteca	9,1 ± 0,9 (7,9 – 11,3)	9,3 ± 0,9 (7,6 – 11,8)	9,5 ± 0,5 (8,6 – 10,3)

O cingulo era deslocado anteriormente. A epiteca era pequena, moderadamente convexa e mais alta em seu apex (Fig. 2b,d), relativamente simétrica em seu eixo sagital. Apresentou comprimento de 9,3 μm nas células analisadas neste estudo (Tab. 2). Foi possível notar que ela exibia projeções (Fig. 2a) e que ao menos duas placas, a lateral dorsal esquerda E₂ e a lateral dorsal direita E₃, estavam presentes (Fig. 2h).

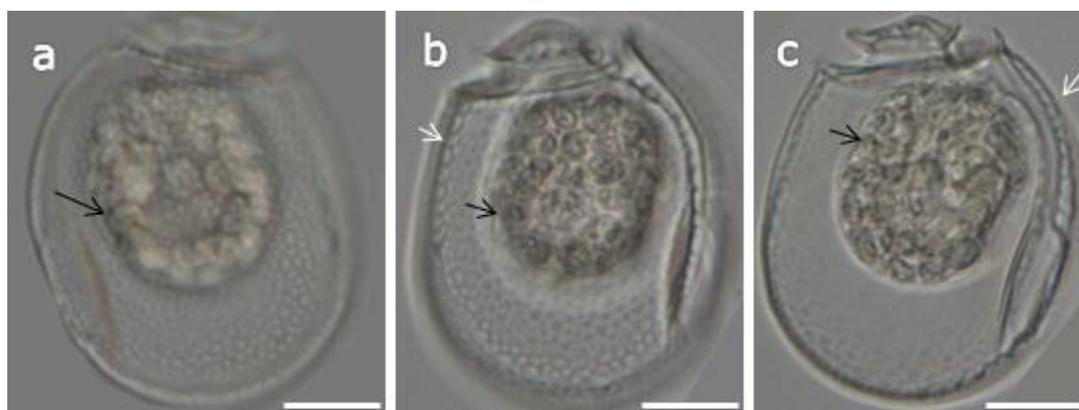


Figura 3: *Sinophysis microcephala*. Fotos de microscopia óptica. a- vista lateral esquerda. b,c- vista lateral direita. Seta branca curta: poros ovais na borda da placa H₃. Seta branca longa: lista na borda da placa H₄. Seta preta curta: grânulos transparentes a esverdeados. Seta preta longa: possíveis vacúolos alimentares. Barra de escala: 10 µm.

Sinophysis canaliculata Quod et al., 1999

Células arredondadas lateralmente, largas e de formato circular. Achatadas lateralmente e com comprimento (C) médio de 49 µm e largura (L) média de 44 µm, com razão C/L média igual a 1,0 (Tab. 3). A superfície das placas tecais era densamente areolada (Fig. 4 e 5), com aréolas redondas a ovais, sendo ovais a poligonais ao longo da margem das placas (Fig. 5c). A célula continha grânulos incolores a esverdeados e possíveis vacúolos alimentares. Não foi detectada a presença de plastídios. Das quatro placas que compõem a hipoteca, H₂, H₃ e H₄ puderam ser analisadas (Fig. 4a,b). A placa H₁ é pequena e de difícil visualização e por isso não foi observada. As placas H₂ e H₃ estavam conectadas por uma sutura sagital. A placa lateral esquerda H₂ apresentou um corte longo e estreito na parte superior da célula (Fig. 4a,e). Na placa lateral direita H₃ emergia o sulco, que era estreito e ocupava praticamente 2/3 da célula (Fig. 4c,d,h). A placa ventral direita H₄ estava conectada a placa H₂ (Fig. 4a,e). O cingulo apresentou listas que eram extensões marginais das placas H₂ e H₃ (Fig. 4g, 5b). Ele era deslocado anteriormente e não foi possível visualizar suas placas. A epiteca era pequena, ornamentada, convexa e com as margens viradas para cima. Foi possível distinguir duas placas, a lateral dorsal esquerda E₂ e a lateral dorsal direita E₃ (Fig. 4a,b), no entanto não foi possível determinar o número exato de placas presentes. A epiteca exibiu aréolas na superfície de suas placas (Fig. 4c,f) e apresentou comprimento médio de 9,8 µm.

Tabela 3: Dimensão (µm), desvio padrão e faixa de variação dos valores de comprimento (C), largura (L), razão C/L e comprimento (C) da epiteca de *S. canaliculata*. n= número amostral.

	Arquipélago dos Abrolhos (n=10)	Placaford (n=1)
Comprimento	49,3 ± 1,4 (47,0 – 51,3)	48,1
Largura	44,6 ± 1,8 (42,0 – 46,8)	44,0

Razão L/W	1,1 ± 0,02 (1,0 – 1,1)	1,0
Comprimento da epiteca	10,0 ± 1,3 (8,5 – 12,4)	8,1

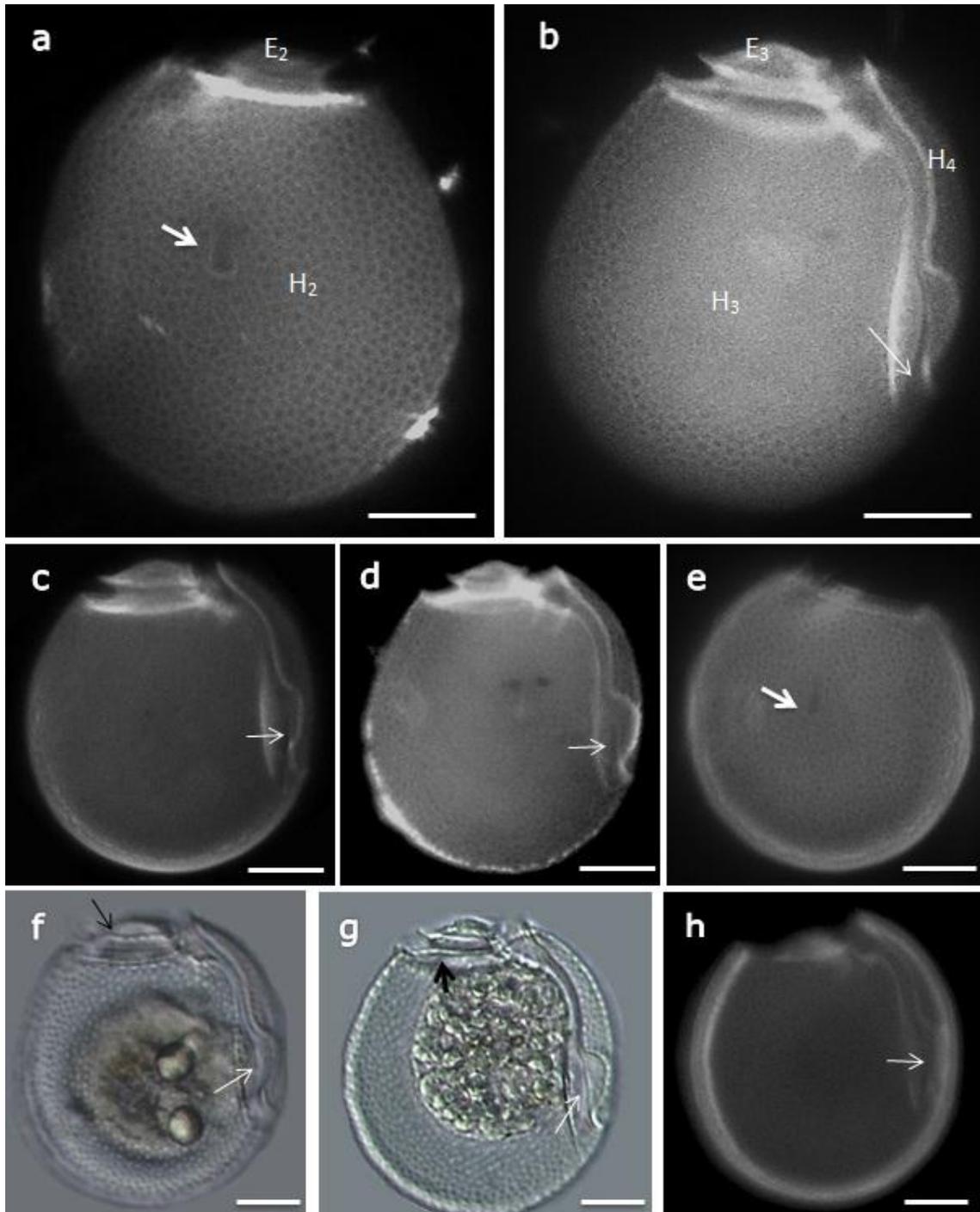


Figura 4: *Sinophysis canaliculata*. Fotos de microscopia de fluorescência (a-e,h) e de microscopia óptica (f-g). a- vista lateral esquerda com o corte característico da espécie na placa H₂ (seta branca grossa). b,c,d- vista lateral direita com o sulco na parte inferior da hipoteca (seta branca fina). e- vista lateral esquerda com o corte na placa H₂ (seta branca grossa). f - vista

lateral direita mostrando a abertura do sulco na parte inferior da célula (seta branca fina) e aréolas na placa da epiteca (seta preta fina). g- vista lateral direita exibindo a lista cingular na borda superior das placas H₃ e H₂ (seta preta grossa), aréolas em toda a superfície da célula e as bordas da epiteca para cima. h- vista lateral direita da hipoteca com a abertura do sulco (seta branca fina). Barra de escala: 10 µm.

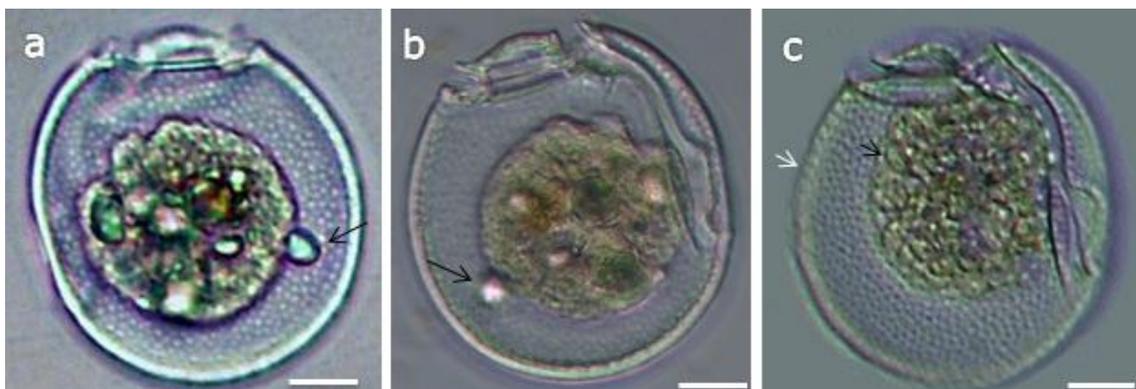


Figura 5: *Sinophysis canaliculata*. Fotos de microscopia óptica. a- vista lateral esquerda. b,c- vista lateral direita. Seta branca curta: poros ovais na borda da placa H₃. Seta preta curta: grânulos transparentes a esverdeados. Seta preta longa: possíveis vacúolos alimentares. Barra de escala: 10 µm.

4. DISCUSSÃO

As células de *S. microcephala* encontradas no litoral nordeste do Brasil se encaixam na descrição original da espécie por Nie & Wang (1944) com células ovais e alongadas em vista lateral, com a extremidade posterior arredondada e com células mais compridas do que largas. *Sinophysis microcephala* deste estudo apresenta dimensões similares as das células de Belize (Faust, 1993) e do Golfo do México (Okolodkov, 2014) e são ligeiramente maiores que as da Malásia (Mohammad-Noor et al., 2007) e do Kuwait (Al-Yamani & Saburova, 2010) (Tab. 4).

Tabela 4: Morfometria de *S. microcephala* deste estudo em comparação com espécimes de *S. microcephala* já reportadas. Comprimento (C), largura (L) e razão C/L. Células observadas neste estudo: n=49.

Faust, 1993	Mohammad- Noor et al.,	Okolodkov, 2014	Al-Yamani & Saburova,	Este estudo
----------------	---------------------------	--------------------	--------------------------	-------------

	2007			2010	
Comprimento (µm)	42-44	36-38	42	37-41	40-45
Largura (µm)	33-35	29-32	33	29-33	31-37
Razão C/L	1,2	-	-	-	1,2

A morfologia das células de *Sinophysis canaliculata* deste estudo está de acordo com a descrição original da espécie por Quod et al. (2009). Apresentaram forma circular em vista lateral, com a superfície das placas tecais areolada e o corte característico da espécie na placa lateral esquerda (Fig. 3a,e), além da epiteca com sua margem bem desenvolvida e voltada para cima. *Sinophysis canaliculata* deste estudo apresentou dimensões celulares similares aos reportados por Quod et al. (1999), Mohammed-Noor et al. (2007) e Aligizaki & Nikolaidis (2008) (Tab. 5).

Tabela 5: Morfometria de *S. canaliculata* deste estudo em comparação com a de espécimes de *S. canaliculata* registradas em outras localidades. Comprimento (C), largura (L) e razão C/L. Células observadas neste estudo: n=11.

	Quod et al., 1999	Mohammad- Noor et al., 2007	Aligizaki & Nikolaidis, 2008	Este estudo
Comprimento (µm)	45-57	47-49	47-50	47-51
Largura (µm)	37-51	42-46	42-46	42-46
Razão C/L	1,1	-	-	1,0

Não foi possível ver a placa H₁ no presente estudo, tanto em *S. microcephala* quanto em *S. canaliculata*. Nie & Wang (1944) na descrição original da espécie *S. microcephala* reportaram 4 placas na hipoteca, assim como Faust (1993) para as células de Belize. Quod et al. (1999) também visualizaram 4 placas na hipoteca em *S. canaliculata*. Em relação ao número de placas na epiteca, foi possível distinguir duas placas, a lateral dorsal esquerda E₂ e a lateral dorsal direita E₃ em ambas as espécies. Nie & Wang (1944) relataram 4 placas em *S. microcephala*, no entanto só ilustraram 2

placas, enquanto Faust (1993) relatou 2 placas sem observar as outras duas menores descritas previamente. Quod et al. (1999) relataram 2 placas na epiteca em *S. canaliculata*. Não foi possível analisar as placas cingulares e sulcais em ambas as espécies registradas neste trabalho. Quod et al. (1999) não relatam o número de placas sulcais e cingulares em *S. canaliculata*. Nie & Wang (1944) observaram 4 placas sulcais e 4 placas cingulares em *S. microcephala*, enquanto Faust (1993) observou apenas 2 placas sulcais e 2 cingulares nesta espécie.

As duas espécies encontradas são as únicas do gênero a apresentarem a superfície das placas densamente areoladas (Chomérat et al., 2009; Hoppenrath et al., 2013). As aréolas eram ovais ao longo da margem da célula. Mohammad-Noor et al. (2007) também relataram aréolas ovais a poligonais ao longo da margem das células de *S. microcephala* e *S. canaliculata*, enquanto Faust (1993) também observou esta característica nas células de *S. microcephala* de Belize.

O corte das células de *S. canaliculata* do presente estudo é mais amplo e curto quando comparado aos reportados para esta espécie por outros autores. As células descritas por Quod et al. (1999) exibem um corte longo e estreito, ampliando-se na parte posterior. O mesmo foi observado nas células da Malásia (Mohammad-Noor et al., 2007). No entanto, em espécimes de *S. canaliculata* da Grécia o corte é menor, menos escavado e mais amplo posteriormente (veja Fig. 3c em Aligizaki & Nikolaidis, 2008). Apesar das pequenas diferenças na forma do corte, ele só foi observado na parte superior da placa lateral esquerda, mesmo local da descrição original por Quod et al. (1999), sendo esta uma boa característica morfológica para distinção da espécie, além de suas placas tecais densamente areoladas e seu formato arredondado.

As duas espécies encontradas no litoral brasileiro, *S. microcephala* e *S. canaliculata* apresentam distribuição tropical (Fig. 6).

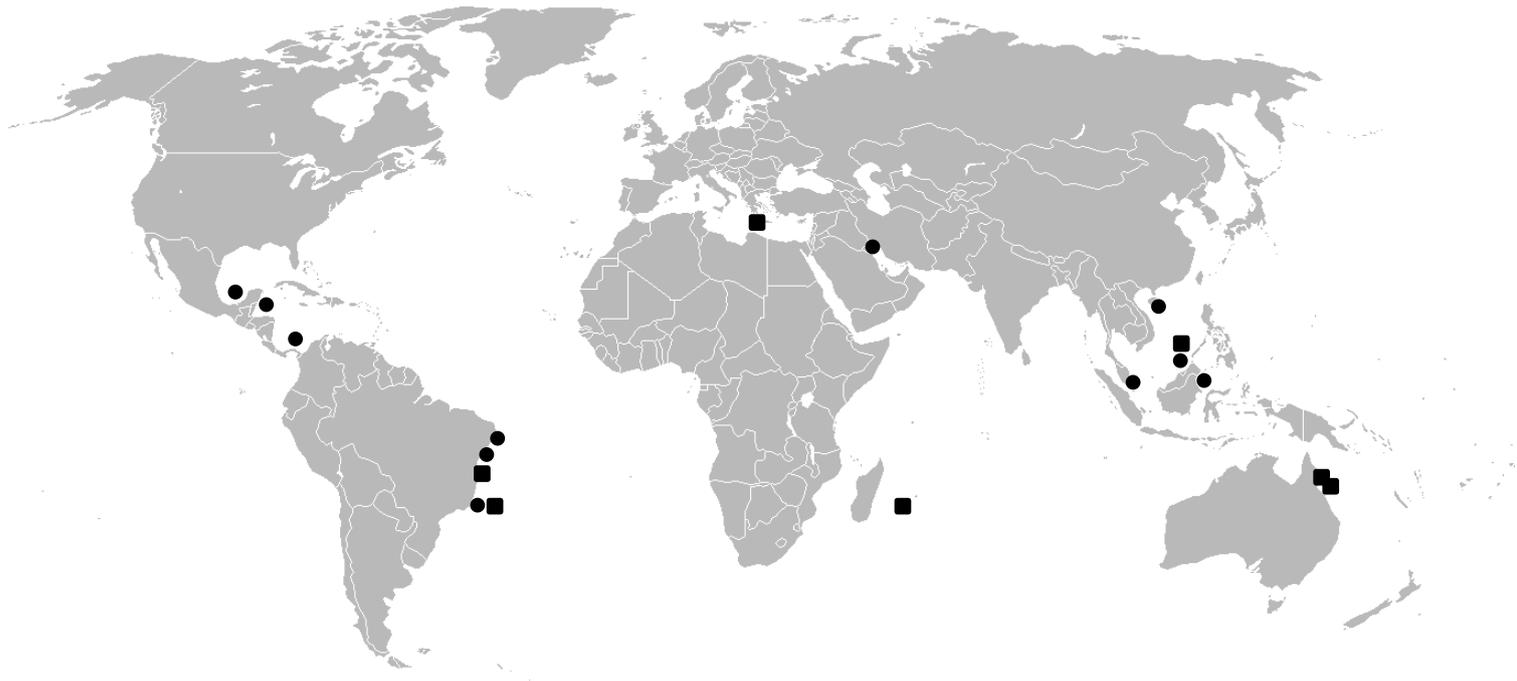


Figura 6: Distribuição de *Sinophysis microcephala* (círculo) de acordo com Nie & Wang (1944), Faust (1993), Mohammed-Noor et al. (2007), Al-Yamani & Saburova (2010), Okolodkov (2014) e Mancera-Pineda et al. (2014) e *Sinophysis canaliculata* (quadrado) de acordo com Quod et al. (1999), Mohammed-Noor et al. (2007), Aligizaki & Nikolaidis (2008) e Skinner et al. (2013).

Apesar da abundância das espécies não ter sido analisada, percebeu-se que o gênero *Sinophysis* foi encontrado em baixas densidades nas amostras analisadas. Este cenário também se repete em outras partes do mundo (Aligizaki & Nikolaidis, 2008; Al-Yamani & Saburova, 2010; Rodríguez et al., 2010; Skinner et al., 2013; Mancera-Pineda et al., 2014).

Sinophysis microcephala ocorreu em três estações enquanto *S. canaliculata* em duas. As duas espécies ocorreram juntas em apenas uma estação de amostragem, Arquipélago dos Abrolhos, com *S. microcephala* sendo mais frequentemente encontrada do que *S. canaliculata*. Nas estações Maragogi e Maracaípe, *S. microcephala* foi a única espécie do gênero reportada, enquanto em Placaford apenas uma célula de *S. canaliculata* foi observada. Okolodkov (2014) também observou que apesar de rara, *S. microcephala* foi a espécie mais abundante do gênero em sua área de estudo no Golfo do México.

O presente estudo é o primeiro passo para futuras investigações sobre a diversidade do gênero *Sinophysis* na costa sudoeste do Oceano Atlântico. Este é o

primeiro registro de *S. microcephala* e *S. canaliculata* na costa do Brasil e no sudoeste do Oceano Atlântico.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Ferreira Leite pelas amostras coletadas no Arquipélago dos Abrolhos e a bióloga Gabriela De'Carli pelas amostras coletadas em Placaford e Porto de Galinhas. A CAPES pela concessão da bolsa (Edital Protax 052/10).

5. REFERÊNCIAS

Aligizaki, K. & Nikolaidis, G. 2008. Morphological identification of two tropical dinoflagellates of the genera *Gambierdiscus* and *Sinophysis* in the Mediterranean Sea. *Journal of Biological Research-Thessaloniki* 9: 75–82.

Al-Yamani, F. & Saburova, M. A. 2010. Illustrated guide on the flagellates of Kuwait's intertidal soft sediments. Kuwait Institute for Scientific Research. Safat, Kuwait, 197 pp.

Balech, E. 1956. Étude des dinoflagellés du sable de Roscoff. *Revue Algologique* 2: 29–52.

Balech, E. 1988. Los Dinoflagelados del Atlantico sudoccidental. *Publicaciones especiales del Instituto Español de Oceanografía* 1: 1–310.

Chomérat, N., Loir, M., Nézan, E. 2009. *Sinophysis verruculosa* sp. nov. (Dinophysiales, Dinophyceae), a new sand-dwelling dinoflagellate from South Brittany, northwestern France. *Botanica Marina* 52: 69–79.

Escalera, L., Reguera, B., Takishita, K., Yoshimatsu, S., Koike, K., Koike, K. 2011. Cyanobacterial Endosymbionts in the Benthic Dinoflagellate *Sinophysis canaliculata* (Dinophysiales, Dinophyceae). *Protist* 162(2): 304- 314.

Faust, M. A. 1993. Surface morphology of the marine dinoflagellate *Sinophysis microcephalus* (Dinophyceae) from a mangrove island, Twin Cays, Belize. *Journal of Phycology* 29: 355–363.

Fensome, R. A., Taylor, F. J. R., Norris, G., Sarjeant, W. A. S., Wharton, D. I., Williams, G. L. 1993. A classification of living and fossil dinoflagellates. *Micropaleontology Special Publication* 7: 1–351.

Gómez, F. & Artigas, L.F., 2014. High diversity of dinoflagellates in the intertidal sandy sediments of Wimereux (north-east English Channel, France) *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 94 (3): 443–457.

Herdman, E.C. 1924. Notes on dinoflagellates and other organisms causing discolouration of the sand of Port Erin. IV. *Proceedings of the Transactions of the Liverpool Biological Society* 38: 75–84.

Hoppenrath, M. 2000. Morphology and taxonomy of *Sinophysis* (Dinophyceae, Dinophysiales) including two new marine sand-dwelling species from the North German Wadden Sea. *European Journal of Phycology* 35: 153–162.

Leão, Z.M.A.N.L. & Ginsburg, R.N. 1997. Living reefs surrounded by siliciclastic sediments: the Abrolhos coastal reefs, Bahia, Brazil. *Proceedings of the 8th International Coral Reef Symposium, Panamá* 2: 1767–1772.

Mancera-Pineda, J.E., Montalvo-Talagua, M., Gavio, B. 2014. Potentially toxic Dinoflagellates associated to drift in San Andres Island, International Biosphere Reservation – Seaflower. *Caldasia* 36 (1): 139–156.

Mohammed- Noor, N., Daugbjerg, N., Moestrup, O., Anton, A. 2007. Marine epibenthic dinoflagellates from Malaysia- a study of life cultures and preserved samples based on light and scanning electron microscopy. *Nordic Journal of Botany* 24 (6): 629–690.

Nie, D. & C.C. Wang. 1944. Dinoflagellata of the Hainan region, VIII. On *Sinophysis microcephalus*, a new genus and species of Dinophysidae. *Sinensia* 15: 145–151.

NOAA- National Oceanic and Atmospheric Administration [acesso em 10 de novembro de 2014]. Disponível em: <http://www.noaa.gov>.

Okolodkov, Y.B., Campos-Bautista, G., Gárate-Lizárraga, I., González-González, J.A.G., Hoppenrath, M., Arenas, V. 2007. Seasonal changes of benthic and epiphytic dinoflagellates in the Veracruz reef zone, Gulf of Mexico. *Aquatic Microbial Ecology* 47: 223–237.

Okolodkov, Y.B. 2014. Dinophysiales (Dinophyceae) of the National Park Sistema Arrecifal Veracruzano, Gulf of Mexico, with a key for identification. *Acta Botanica Mexicana* 106: 9–71.

Okolodkov, Y.B., Merino-Virgilio, F.M., Aké- Castillo, J.A., Aguilar-Trujillo, A.C., Espinosa-Matías, S., Herrera-Silveira, J.A. 2014. Seasonal changes in epiphytic dinoflagellate assemblages near the Northern Coast of the Yucatan Peninsula, Gulf of Mexico. *Acta Botanica Mexicana* 107: 121–151.

Quod, J.P., Ten-Hage, L., Turquet, J., Mascarell, G. and Couté, A. 1999. *Sinophysis canaliculata* sp. nov. (Dinophyceae), a new benthic dinoflagellate from western Indian Ocean islands. *Phycologia* 38: 87–91.

Rodriguez, E.A., Mancera-Pineda, J.E., Gavio, B. 2010. Survey of benthic dinoflagellates associated to beds of *Thalassia testudinum* in San Andrés Island, Seaflower Biosphere Reserve, Caribbean Colombia. *Acta biológica Colombiana* 15 (2): 229–246.

Selina, M. & Hoppenrath, M. 2004. Morphology of *Sinophysis minima* sp. nov. and three *Sinophysis* species (Dinophyceae, Dinophysiales) from the Sea of Japan. *Phycological Research* 52: 149–159.

Skinner, M.P., Lewis, R.J., Morton, S. 2013. Ecology of the ciguatera causing dinoflagellates from the Northern Great Barrier Reef: Changes in community distribution and coastal eutrophication. *Marine Pollution Bulletin* 77: 210–219.

CONCLUSÃO GERAL

Espécies dos gêneros *Gambierdiscus*, *Fukuyoa* e *Sinophysis* foram registradas na costa sudoeste do Oceano Atlântico.

As seguintes espécies do gênero *Gambierdiscus* foram registradas: *Gambierdiscus excentricus*, *G. carolinianus* e *G. belizeanus*.

A espécie *G. excentricus* foi registrada no Arquipélago dos Abrolhos, Placaford, Maragogi e Maracaípe. Suas dimensões estavam de acordo com a descrição da espécie e sua maior característica diagnóstica, a placa do poro apical deslocada ventralmente, foi observada.

Gambierdiscus carolinianus foi registrado no Arquipélago dos Abrolhos, Maragogi, Maracaípe e Porto de Galinhas e está de acordo com a descrição de *G. carolinianus* da Carolina do Norte, com a placa 2'''' ampla, placa 2' em forma de machado e placa 1' triangular.

Gambierdiscus belizeanus foi observado somente em Maragogi e apresenta a superfície areolada, placa 2'''' estreita, placa 2' em forma de machado e placa 3'' simétrica, assim como *G. belizeanus*.

O tamanho da placa 2''''', considerado um fator estável e usado para diferenciar as espécies de *Gambierdiscus*, não se mostrou uma característica realmente confiável para identificação das espécies. Variações no tamanho desta placa podem ocorrer, como foi visto entre *G. excentricus* das Ilhas Canárias e *G. excentricus* do Brasil. Apesar de ser a mesma espécie, os exemplares das Ilhas Canárias apresentam placa 2'''' estreita, enquanto os espécimes do Sudoeste do Oceano Atlântico tem esta placa ampla. Com isto as características diagnósticas e consideradas conservativas para identificação das espécies neste gênero devem ser reavaliadas.

Diferentemente do que acontece com a placa 2''''', a forma da placa 2' provou ser uma característica útil para diferenciação das espécies de *Gambierdiscus*. O que surpreende visto que as características da hipoteca são mais conservativas do que a epiteca. No entanto, neste trabalho, elas se mostraram bastante estáveis e de grande valor morfo-taxonomico para identificação das espécies.

A presença de espécies de *Gambierdiscus* possivelmente tóxicas no litoral brasileiro pode indicar a potencialidade dessas áreas para a possível ocorrência de CFP (ciguatera fish poisoning) e alertar sobre a necessidade de um monitoramento contínuo e mais estudos sobre seu padrão de distribuição geográfica.

Uma espécie do gênero *Fukuyoa* foi registrada no Arquipélago dos Abrolhos e apresenta dimensões celulares similares a *F. yasumotoi*, entretanto as razões D/W e L/W se assemelharam a *F. ruetzleri*. Não foi possível identificar o espécime com precisão, mesmo avaliando as características da epiteca, sobretudo o tamanho da placa 4', característica utilizada para diferenciar as espécies deste gênero. As células apresentaram características intermediárias entre *F. ruetzleri* e *F. yasumotoi*, exibindo variabilidade morfológica e morfométrica entre estas duas espécies.

Dois espécies do gênero *Sinophysis* foram reportadas: *S. microcephala* e *S. canaliculata*. A primeira espécie foi encontrada em três localidades: Arquipélago dos Abrolhos, Maragogi e Maracaípe, enquanto a segunda foi registrada no Arquipélago dos Abrolhos e em Placaford. Nenhuma célula de *Sinophysis* foi encontrada em Porto de Galinhas.

As espécies de *Sinophysis* podem ser facilmente identificadas com base nas características morfológicas da célula, como ornamentação da superfície das placas,

forma e tamanho celular e da epiteca e pelo tamanho total que o sulco ocupa relativo à célula.

Sinophysis microcephala exibiu células ovais e alongadas em vista lateral, com a extremidade posterior arredondada, com células mais compridas do que largas e superfície das placas densamente areolada.

Sinophysis canaliculata apresentou células arredondadas lateralmente, largas e de formato circular, com a superfície areolada e o corte característico da espécie na placa lateral esquerda H₂.

O tamanho e a forma do corte na placa lateral esquerda da hipoteca de *S. canaliculata*, apesar de ser uma característica estável e útil na identificação da espécie, apresentam variações. As células deste estudo exibiram o corte amplo e curto quando comparado as células descritas por Quod et al. (1999), que exibem um corte longo e estreito, ampliando-se na parte posterior. Assemelharam-se mais aos espécimes de *S. canaliculata* da Grécia registrados por Aligizaki & Nikolaidis (2008), onde o corte é menor, menos escavado e mais amplo posteriormente.

Sinophysis microcephala ocorreu mais frequentemente do que *Sinophysis canaliculata*, apesar das duas espécies serem um componente raro observado nas amostras.

Ambas as espécies de *Sinophysis* encontradas são as únicas que apresentam distribuição tropical e que exibem a superfície das placas tecaais areoladas, o que corrobora a ocorrência destas espécies no litoral nordeste brasileiro.

Este estudo é o primeiro registro do gênero *Sinophysis* no Sudoeste do Oceano Atlântico.

REFERÊNCIAS

Adachi, R. & Fukuyo, Y. 1979. The thecal structure of a marine toxic dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* new-genus new-species collected in a ciguatera endemic area. *Nippon Suisan Gakkaishi* 45: 67–72.

Aligizaki, K. & Nikolaidis, G. 2008. Morphological identification of two tropical dinoflagellates of the genera *Gambierdiscus* and *Sinophysis* in the Mediterranean Sea. *Journal of Biological Research-Thessaloniki* 9: 75–82.

Balech, E. 1956. Étude des dinoflagellés du sable de Roscoff. *Revue Algologique* 2: 29–52.

Chinain, M., Faust, M.A., Pauillac, S. 1999. Morphology and molecular analyses of three species of *Gambierdiscus* (Dinophyceae): *G. pacificus* sp. nov., *G. australes* sp. nov. and *G. polynesiensis* sp. nov. *Journal of Phycology* 35: 1282–1296.

Chinain, M., Darius, H.T., Ung, A., Fouc, M.T., Reve, T., Cruchet, P., Pauillac, S., Laurent, D. 2010. Ciguatera risk management in French Polynesia: The case study of Raivavae Island (Australes Archipelago). *Toxicon* 56: 674–690.

Chomérat, N., Loir, M., Nézan, E. 2009. *Sinophysis verruculosa* sp. nov. (Dinophysiales, Dinophyceae), a new sand-dwelling dinoflagellate from South Brittany, northwestern France. *Botanica Marina* 52: 69–79.

Faust, M.A. 1995. Observation of sand-dwelling toxic dinoflagellates (Dinophyceae) from widely differing sites, including two new species. *Journal of Phycology* 31: 996–1003.

Fraga, S., Rodríguez, F., Caillaud, A., Diogene, J., Raho, N., Zapata, M. 2011. *Gambierdiscus excentricus* sp. nov. (Dinophyceae), a benthic toxic dinoflagellate from the Canary Islands (NE Atlantic Ocean). *Harmful Algae* 11: 10–22.

Fraga, S. & Rodríguez, F. 2014. Genus *Gambierdiscus* in the Canary Islands (NE Atlantic Ocean) with Description of *Gambierdiscus silvae* sp. nov., a New Potentially Toxic Epiphytic Benthic Dinoflagellate. *Protist* 165 (6): 839–853.

Gómez, F., Qiu, D., Lopes, R.M., Lin, S. 2015. *Fukuyoa paulensis* gen. et sp. nov., a new genus for the globular species of the dinoflagellate *Gambierdiscus* (Dinophyceae). *PLoS ONE*, DOI 10.1371/journal.pone.0119676.

Holmes, M.J. 1998. *Gambierdiscus yasumotoi* sp. nov. (Dinophyceae), a toxic benthic dinoflagellate from southeastern Asia. *Journal of Phycology* 34: 661–668.

Hoppenrath, M. 2000. Morphology and taxonomy of *Sinophysis* (Dinophyceae, Dinophysiales) including two new marine sand-dwelling species from the North German Wadden Sea. *European Journal of Phycology* 35: 153–162.

Jeong, H.J., Lim, A.S., Jang, S.H., Yih, W.H., Kang, N.S., Lee, S.Y., Yoo, Y.D., Kim, H.S. 2012. First Report of the Epiphytic Dinoflagellate *Gambierdiscus caribaeus* in the Temperate Waters off Jeju Island, Korea: Morphology and Molecular Characterization. *The Journal of Eukaryotic Microbiology* 59 (6): 637–650.

Kibler, S.R., Litaker, R.W., Holland, W.C., Vandersea, M.W., Tester, P.A. 2012. Growth of eight *Gambierdiscus* (Dinophyceae) species: Effects of temperature, salinity and irradiances. *Harmful Algae* 19: 1–14.

Kohli, G.S., Murray, S.A., Neilan, B.A., Rhodes, L.L., Harwood, D.T., Smith, K.F., Meyer, L., Capper, A., Brett, S., Hallegraeff, G. M. 2014. High abundance of the potentially maitotoxic dinoflagellate *Gambierdiscus carpenteri* in temperate waters of New South Wales, Australia. *Harmful Algae* 39: 134–145.

Lehane, L. & Lewis, R.J., 2000. Ciguatera: recent advances but the risk remains. *International Journal of Food Microbiology* 61: 91–125.

Lewis, R.J. 2001. The changing face of ciguatera. *Toxicon* 39 (1): 97–106.

Litaker, R.W., Vandersea, M.W., Faust, M.A., Kibler, S.R., Chinain, M., Holmes, M.J., Holland, W.C., Tester, P.A. 2009. Taxonomy of *Gambierdiscus* including four new species, *Gambierdiscus caribaeus* sp. nov., *Gambierdiscus carolinianus* sp. nov., *Gambierdiscus carpenteri* sp. nov. and *Gambierdiscus ruetzleri* sp. nov. (Gonyaulacales, Dinophyceae). *Phycologia* 48 (5): 344–390.

Mendes, M.C.Q., Affe, H.M.J., Santos, L.P.N., Menezes, M., Nunes, J.M.C. 2013. Ocorrência de *Gambierdiscus*, *Ostreopsis* e *Prorocentrum* em Salvador-Bahia, Brasil. *Reunião Latino Americana sobre Algas Nocivas*: 35–36.

Nascimento, S.M. 2006. *12th International Conference on Harmful Algae*, Copenhagen, 248.

Nascimento, S.M., Diniz, B.S., Alencar, A.G., Meneguelli-Souza, A.C., Menezes, M. 2012. First record of the ciguatera causing genus *Gambierdiscus* in Brazil. *Harmful Algae News* 45: 8–9.

Nie, D. & C.C. Wang. 1944. Dinoflagellata of the Hainan region, VIII. On *Sinophysis microcephalus*, a new genus and species of Dinophysidae. *Sinensia* 15: 145–151.

Nishimura, T., Sato, S., Tawong, W., Sakanari, H., Uehara, K., Shah, M.M.R., Suda, S., Yasumoto, T., Taira, Y., Yamaguchi, H., Adachi, M. 2013. Genetic Diversity and Distribution of the Ciguatera-Causing Dinoflagellate *Gambierdiscus* spp. (Dinophyceae) in Coastal Areas of Japan. *Plos One* 8 (4): e60882.

Nishimura, T., Sato, S., Tawong, W., Sakanari, H., Yamaguchi, H., Adachi, M. 2014. Morphology of *Gambierdiscus scabrosus* sp. nov. (Gonyaulacales): a new epiphytic toxic dinoflagellate from coastal areas of Japan. *Journal of Phycology* 50: 506–514.

Okolodkov, Y.B., Campos-Bautista, G., Gárate-Lizárraga, I., González-González, J.A.G., Hoppenrath, M., Arenas, V. 2007. Seasonal changes of benthic and epiphytic dinoflagellates in the Veracruz reef zone, Gulf of Mexico. *Aquatic Microbial Ecology* 47: 223–237.

Okolodkov, Y.B., Merino-Virgilio, F.M., Aké- Castillo, J.A., Aguilar-Trujillo, A.C., Espinosa-Matías, S., Herrera-Silveira, J.A. 2014. Seasonal changes in epiphytic dinoflagellate assemblages near the Northern Coast of the Yucatan Peninsula, Gulf of Mexico. *Acta Botanica Mexicana* 107: 121–151.

Olsen, D.A., Nellis, D.W., Wood, R.S. 1984. Ciguatera in the eastern Caribbean. *Marine Fisheries Review* 46: 13–18.

Parsons, M.L., Settlemier, C.J., Bienfang, P.K. 2010. A simple model capable of simulating the population dynamics of *Gambierdiscus*, the benthic dinoflagellate responsible for ciguatera fish poisoning. *Harmful Algae* 10: 71–80.

Parsons, M.L., Settlemier, C.J., Ballauer, J.M. 2011. An examination of the epiphytic nature of *Gambierdiscus toxicus*, a dinoflagellate involved in ciguatera fish poisoning. *Harmful Algae* 10: 598–605.

Quod, J.P., Ten-Hage, L., Turquet, J., Mascarell, G. and Couté, A. 1999. *Sinophysis canaliculata* sp. nov. (Dinophyceae), a new benthic dinoflagellate from western Indian Ocean islands. *Phycologia* 38: 87–91.

Rhodes, L. Papiol, G.G., Smith, K., Harwood, T. 2014. *Gambierdiscus* cf. *yasumotoi* (Dinophyceae) isolated from New Zealand's sub-tropical northern coastal waters. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 48 (2): 303–310.

Selina, M. & Hoppenrath, M. 2004. Morphology of *Sinophysis minima* sp. nov. and three *Sinophysis* species (Dinophyceae, Dinophysiales) from the Sea of Japan. *Phycological Research* 52: 149–159.

Xu, Y., Richlen, M.L., Morton, S.L., Makd, Y.L., Chan, L.L., Tekiau, A., Anderson, D.M. 2014. Distribution, abundance and diversity of *Gambierdiscus* spp. from a ciguatera-endemic area in Marakei, Republic of Kiribati. *Harmful Algae* 34: 56–68.

Yoshimatsu, T., Yamaguchi, H., Iwamoto, H., Nishimura, T., Adachi, M. 2014. Effects of temperature, salinity and their interaction on growth of Japanese *Gambierdiscus* spp. (Dinophyceae). *Harmful Algae* 35: 29–37.