MARIA DE FÁTIMA DE OLIVEIRA-CARVALHO

TAXONOMIA, DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E FILOGENIA DO GÊNERO *CODIUM* STACKHOUSE (BRYOPSIDALES-CHLOROPHYTA) NO LITORAL BRASILEIRO.

RECIFE

2008

Livros Grátis

http://www.livrosgratis.com.br

Milhares de livros grátis para download.

MARIA DE FÁTIMA DE OLIVEIRA-CARVALHO

TAXONOMIA, DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E FILOGENIA DO GÊNERO *CODIUM* STACKHOUSE (BRYOPSIDALES-CHLOROPHYTA) NO LITORAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB) da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como pré-requisito para obtenção ao título de Doutor em Botânica.

C. decorticatum (Woodw.) M. Howe

RECIFE

2008

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA – PPGB

TAXONOMIA, DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E FILOGENIA DO GÊNERO *CODIUM* STACKHOUSE (BRYOPSIDALES-CHLOROPHYTA) NO LITORAL BRASILEIRO.

Orientadora:
Dra. Sonia Maria Barreto Pereira
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Conselheiros:
Dra. Mariana Cabral de Oliveira
Universidade de São Paulo (USP).

Dr. José Francisco Flores Pedroche.
Universidad Autónoma Metropolitana, México.

Recife
2008

Ficha catalográfica

C331t Oliveira-Carvalho, Maria de Fátima de
Taxonomia, distribuição geográfica e filogenia do gênero *Codium* Stackhouse (Bryopsidales – Chlorophyta) no litoral brasileiro / Maria de Fátima de Oliveira-Carvalho. -- 2008.
88 f. : il.

Orientadora : Sonia Maria Barreto Pereira
Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Biologia.
Inclui anexo e bibliografia.

CDD 582

1. Taxonomia
2. Clorofíceas
3. Codiaceae
4. Morfologia
5. Filogenia molecular
6. *rbc*L
7. Atlântico Americano
8. Litoral brasileiro

I. Pereira, Sonia Maria Barreto
II. Título

TAXONOMIA, DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E FILOGENIA DO GÊNERO *CODIUM* STACKHOUSE (BRYOPSIDALES-CHLOROPHYTA) NO LITORAL BRASILEIRO.

Maria de Fátima de Oliveira-Carvalho

Tese aprovada pela Banca examinadora:

Orientadora: _____
Dra. Sonia Maria Barreto Pereira - UFRPE
Presidente

Examinadores: _____
Dra. Ariadne do Nascimento Moura - UFRPE
Titular

_____
Dra. Enide Eskinazi-Leça – UFRPE
Titular

_____
Dra. Iva Carneiro Leão Barros – UFPE
Titular

_____
Dra. Lísia Mônica de Souza Gestinari - UFRJ
Titular

_____
Dra. Maria Elizabeth Bandeira-Pedrosa - UFRPE
Titular

Data da Aprovação: 20/02/2008

Recife
2008

AGRADECIMENTOS

A tese é uma obra que não se faz só, pois além da coragem e da persistência em querer concretizá-la, é necessário que haja incentivo e contribuição de várias pessoas que acreditam no seu objetivo. As dificuldades e obstáculos enfrentados foram muitos e às vezes pareciam intransponíveis, mas durante esta minha caminhada, pude contar com ajuda direta e indireta de diversas pessoas e isto foi o suficiente para seguir em frente e não desistir jamais. A estas pessoas, gostaria de expressar os meus sinceros agradecimentos.

Primeiro de tudo, agradeço a DEUS por permitir que eu suba mais um degrau na minha escalada acadêmica, sempre me guiando e me confortando nas horas mais difíceis.

Ao maior presente que Deus me deu, o meu filho Robson Oliveira de Carvalho pela paciência e força, pois mesmo sofrendo a minha ausência por longos períodos afastados e dedicados ao desenvolvimento da tese em São Paulo, suportou com afinco a saudade materna. Te amo meu filho!

Aos meus familiares pelo apoio, carinho e compreensão durante a realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) pela oportunidade na realização do Curso de Doutorado.

À Universidade de São Paulo (USP) pelo apoio logístico e laboratorial para o desenvolvimento da parte de Biologia Molecular da minha Tese.

À Dra. Sonia Maria Barreto Pereira, pelo aprendizado e amor às algas marinhas. E porque não pela amizade, confiança e respeito conquistado durante todos estes anos.

À Dra. Mariana Cabral de Oliveira, na qualidade de Conselheira, pela paciência, competência e dom para transmitir seus conhecimentos.

Ao Dr. José Francisco Flores Pedroche da Universidad Autónoma Metropolitana\UAM, México, na qualidade de conselheiro, pelo auxílio prestado

durante o desenvolvimento desta tese, principalmente pelos conselhos e sugestões durante a sua etapa final.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da Bolsa de Doutorado.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), via "PRONEX", e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), via "Projeto Universal", pelo suporte financeiro na coleta de *Codium* em alguns trechos do litoral brasileiro.

A atual Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB), o Coordenador Dr. Ulysses Paulino Albuquerque e Vice-Coordenadora, Dra. Cibele Cardoso de Castro, pelo respeito e incentivo aos alunos deste Programa.

Às ex-Coordenadoras do PPGB, Dra. Ariadne do Nascimento Moura e Dra. Carmen Silvia Zickel pelo apoio dado durante a realização deste trabalho, no período em que estiveram a frente da Coordenação deste Programa e também pela amizade.

Aos professores que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB) pelos incentivos e ensinamentos durante o período de estudo.

À Dra. Enide Eskinazi-Leça pelo simples fato de existir, digna de todo meu respeito e admiração.

À Dra. Maria Elizabeth Bandeira Pedrosa pelo convívio e amizade.

À Dra. Mutuê Toyota Fujii, pela simpatia e concessão na utilização do microscópio acoplado a máquina fotográfica digital para a obtenção das fotografias das estruturas anatômicas de *Codium*.

À Dra. Nair Yocoya pelo carinho e palavras amigas durantes as minhas visitas ao Instituto de Botânica e pela agradável companhia nos horários do almoço.

Às Professoras Dra. Estela Maria Plastino e a Dra. Fanly Fungyi Chow Ho, pelas palavras amigas e convívio nos horários do almoço no Laboratório de Pós-Graduação da USP.

Aos colegas ficólogos que colaboraram na coleta e\ou envio de material botânico, bem como, aos que auxiliaram na consulta das exsicatas de *Codium* nos herbários brasileiros: Bióloga Aigara Miranda Alves (UEFS-BA), Dr. Carlos Wallace

do Nascimento Moura (UEFS - BA), MSc. Diógina Barata (IB-SP), Dr. Eurico Cabral de Oliveira (USP - SP), Dr. Flavio Augusto de Souza Berchez (USP - SP), Dr. Gilberto Menezes Amado Filho (J. Botânico do Rio de Janeiro - RJ), Dra. Lísia Mônica de Souza Gestinari (UFRJ-RJ), Dra. Maria Teresa Menezes de Széchy (UFRJ-RJ), Dra. Mariângela Menezes (Museu Nacional – UFRJ). Bióloga Mariana Rodrigues Pacheco (IB-SP), Dr. Miguel da Costa Accioly (UFBA -BA), Dr. Paulo Antunes Horta Junior (UFSC-SC), Dra. Silvia Maria Pita de Beauclair Guimarães (IBT-SP), MSc. Valéria Cassano (UERJ-RJ), Dra. Valéria Flora Hadel (CEBIMar – USP) e Dra. Zenilda L. Bouzon (UFSC-SC).

À minha pequena turma de doutorado: Ise de Goreth Silva e Elizamar Ciriaco da Silva, pela amizade e respeito mútuo.

Ao Biólogo e técnico Rosário Petti do Laboratório de Algas Marinhas do IB-USP, pelo apoio e assessoria sempre presente.

À técnica Silvia Regina Blanco do Laboratório de Biologia Molecular de Plantas da USP, pela ajuda na realização das reações de sequenciamento.

À técnica Gisele Rodrigues de Oliveira Costa do Laboratório de Anatomia Vegetal da USP, pelo acesso e utilização da sala de fotografia microscópica.

À Antônia Creusa da Silva e Silvana Alves Scarance, proprietárias do pensionato pelo bom convívio e amizade conquistada.

Ao Dr. Antônio Travassos Junior pela tradução dos Abstracts.

Aos amigos do LABOFIC (PPGB), Paula Regina Fortunato do Nascimento, Douglas Correia Burgos, Suellen Barros Brayner, Talita Oliveira Junior, Leonardo R. Chaves Coelho, José Juarez Ferreira Monteiro, Roberta Sampaio Pinho, Silvana Nascimento Dias, pela força, amizade e agradáveis momentos de descontração e altas gargalhadas nos horários do almoço.

Aos amigos que já fizeram parte do LABOFIC (PPGB): Nádja Maia Batista de Oliveira, Gisele Maria Pereira Dias, Maria das Dores dos Santos, Danielle Gomes Pereira de Lima, Khey Albert de Azevedo Fontes e Fernanda Alves Ribeiro.

Aos novos amigos do Laboratório LAM (USP): Dra. Daniele Milstein, Dra. Leila Hayashi, Dra. Luciana Bastos Ferreira, Dr. Carlos Eduardo Amâncio, Dra.

Nathalia Pirani Ghilard e aos Biólogos: Amanda Vanderley, Guilherme Filho, Beatriz Nogueira Torrano da Silva, José Bonomi Barufi, Mariane Martins Mosca, Lígia M. T. Ayres da Silva, Ignácio Falomir, Monica Miyuki Takahashi e Daniela Miwa Kikuchi.

Aos funcionários da secretaria do Programa de Pós-Graduação Margarida Clara e Manasses Araújo pela atenção presteza e respeito que sempre dispensaram aos alunos deste programa.

À minha secretária do lar, Maria Helena de Araújo, por ter segurado a barra durante os meses que fiquei em São Paulo, sempre confortando e ajudando o meu filho a suportar a saudade materna.

Enfim, a todos aqueles que de uma forma ou de outra contribuíram e me apoiaram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Resumo **2**

Abstract **4**

1. Introdução **6**

2. Revisão de literatura **11**

3. Referências **18**

4. Resultados **31**

4.1 - **Manuscrito a ser enviado para a Revista Nova Hedwigia** **31**

Artigo I: O gênero *Codium* Stackhouse (Bryopsidales – Chlorophyta) no Brasil: taxonomia e distribuição..... **32**

Resumo **33**

Abstract **33**

Introdução **34**

Material e Métodos **35**

Resultados e discussão **36**

Agradecimentos **51**

Referências **51**

Anexos do Manuscrito I

4.2 - **Manuscrito a ser enviado para a Revista Journal of Phycology**..... **56**

Artigo II: Análises filogenéticas das espécies brasileiras do gênero *Codium* (Bryopsidales-Chlorophyta) baseada na seqüência do éxon 1 do gene *rbc*L..... **57**

Resumo **58**

Abstract **59**

Introdução **60**

Material e Métodos **63**

Resultados **68**

Discussão **73**

Agradecimentos **78**

Referências **78**

Anexos do manuscrito II

Anexos gerais

5. Considerações Finais **85**

RESUMO

Codium Stackhouse é um gênero exclusivamente marinho, engloba 125 táxons e encontra-se distribuído nos mares de quase todo o mundo, com exceção para as regiões polares. A maior diversidade infragenérica encontra-se nos mares da zona temperada e subtropical. No Brasil, são poucas as informações sobre o gênero, sendo que a maioria dos estudos refere-se a levantamentos florísticos de diversas localidades, se restringindo a um pequeno número de publicações. O objetivo deste trabalho é apresentar o levantamento do referido gênero no litoral brasileiro com ênfase na taxonomia e distribuição de seus representantes. Os estudos morfo-anatômicos foram baseados em material coletado em diversos estados brasileiros (PB, PE, BA, ES, RJ, SP, SC e RS), na região entre-marés, durante as baixas marés, com auxílio de espátulas, e quando necessário, através de mergulhos livres nas poças recifais. Os exemplares foram conservados em solução de formaldeído a 4%. Para uma melhor compreensão das variações fenotípicas e visando contemplar um maior número possível de amostras nos estados brasileiros, foi consultado o material de *Codium* depositado nos seguintes herbários nacionais indexados: JPB, PEUFR, ALCB, HUEFS, RB, R, HB, RFA, SP, SPF e FLOR. Também foram analisadas as exsicatas dos exemplares coletados pelas expedições oceanográficas Almirante Saldanha, Akaroa, Canopus e Comissão Recife. Além disso, foram analisadas as exsicatas de *Codium* procedentes do Brasil depositadas no Herbário da Universidade da Califórnia, Berkeley (UC). Todas as exsicatas foram cuidadosamente analisadas, se procedendo à confirmação e/ou correção das identificações. A identificação dos táxons foi baseada em caracteres morfológicos (hábito, padrão de ramificação e dimensões dos ramos), anatômicos (diâmetro dos filamentos medulares, morfologia e dimensões dos utrículos e disposição de pêlos ou cicatrizes) e reprodutivos (morfologia, dimensões e inserção dos gametângios). Na costa brasileira, foi registrada a ocorrência de sete táxons infragenéricos, distribuídos nas seguintes seções: *Adhaerentia* (*C. intertextum*), *Spongiosa* (*C. spongiosum*), *Tomentosa* (*C. isthmocladum, C. repens* e *Codium* sp.) e *Elongata* (*C. decorticatum* e *C. taylorii*). *C. tomentosum* está sendo considerada como espécie duvidosa para o litoral brasileiro e *C. profundum* como “nome nudum” e, por isto, citada como *Codium* sp. Devido à marcada plasticidade morfológica, as espécies *C. decorticatum, C. isthmocladum* e *C. taylorii* foram as que apresentaram maiores dificuldades na identificação taxonômica. Três espécies de hábito ereto como *C. isthmocladum, C. decorticatum e C. taylorii* e a de hábito prostrado *C. intertextum*

foram as que apresentaram maior distribuição na costa brasileira. Algumas espécies tiveram sua distribuição geográfica ampliada para a costa brasileira, como *C. decorticatum* (Ceará, Paraíba e Alagoas); *C. intertextum* (Alagoas), *C. isthmocladum* (Alagoas, Sergipe e Paraná) e *C. taylorii* (Ceará, Paraíba, Alagoas e Paraná). Além da taxonomia baseada em caracteres morfológicos e reprodutivos foi feito o sequenciamento de DNA visando entender melhor o polimorfismo encontrado em algumas espécies. No momento, o sequenciamento de DNA é a técnica mais poderosa para detectar polimorfismo no genótipo e tem sido bastante utilizada na comparação de diferentes níveis taxonômicos. Seqüências do primeiro éxon da grande subunidade RUBISCO (*rbc*L) têm sido usadas na delimitação molecular e filogenia de espécies. Para o presente estudo, foram obtidas amostras de *Codium* em diversas localidades do Brasil (PB, PE, BA, RJ, SP e SC), além do Arquipélago de Fernando de Noronha. As amostras foram preservadas em álcool a 70% e sílica gel. O processo de extração, amplificação, sequenciamento e análise dos dados foram realizados na Universidade de São Paulo (USP) no laboratório de Algas Marinhas Edson J. de Paula (LAM). Neste estudo, as seqüências para o éxon 1 do gene *rbc*L foram obtidas de 24 amostras de seis espécies ocorrentes na costa brasileira: *C. decorticatum, C. intertextum, C. isthmocladum, C. spongiosum*, *C. taylorii* e *C. repens*. O éxon 1 do *rbc*L apresentou 788 pares de base para todas as amostras. Das 24 amostras seqüenciadas, dez seqüências únicas foram obtidas, as quais foram filogeneticamente analisadas com outras seqüências do GenBank, usando diferentes métodos de inferências. As árvores resultantes foram similares, apresentando três principais agrupamentos monofiléticos. O agrupamento a, composto por espécies de hábito prostrado, não ramificado e na maioria com utrículos agrupados e pequenos; o agrupamento b, consistindo na sua maioria, espécies de hábito ereto, ramo cilíndrico, com utrículos grandes individuais e finalmente o agrupamento c composto por espécies de hábito ereto, ramo cilíndrico a levemente achatado, utrículos individuais, com tamanhos intermediários. As espécies brasileiras agruparam com similares de outras localidades geográficas e aparecem entre os principais agrupamentos monofiléticos. Estes resultados indicam que a colonização do Atlântico sul americano ocorreu muitas vezes, possivelmente de espécies provenientes do Indo-Pacífico.

ABSTRACT

Codium Stackhouse is a genus exclusively marine which is represented by 125 taxa and it is distributed in the seas of almost the whole world, except for the polar regions. The highest infrageneric diversity is found in the temperate and subtropical zone seas. In Brazil, there are few informations about the genus, and the majority of the studies deals with floristic surveys from many localities, with just few publications. The aim of this work is to present the survey of this genus with emphasis to its taxonomy and the distribution of its representatives. The morphological studies were based in material collected from many Brazilian states (PB, PE, BA, ES, RJ, SP, SC and RS), in the intertidal region, during the low tides, with the help of spatulas and when necessary through diving in the reef ponds. The specimens were preserved with formalin (4%). For a better comprehension of the phenotypical variations and aiming to contemplate a number of samples as high as possible in the Brazilian states, the material of *Codium* was studied in the following indexed national herbaria: JPB, PEUFR, ALCB, HUEFS, RB, R, HB, RFA, SP, SPF and FLOR. They were also analyzed the exsiccates of the specimens collected by the Almirante Saldanha, Canopus and Recife Commission oceanographic expeditions. Besides, were analyzed as exsiccates of *Codium* from Brazil deposited in the Herbarium of the University of California, Berkeley (UC). All the exsiccates were carefully analyzed and confirmed and/or corrected as for the identifications. The identification of the taxa was based in morphological characters (habit, ramification pattern and the dimensions of the stalks), anatomical (diameter of the medular filaments, morphology and dimensions of the utricula and disposition of the hairs or scars) and reproductive (morphology, dimentions and insertions of the gametangia). In the Brazilian coast, it was registered the occurrence of seven infrageneric taxa, distributed in the following sections: *Adhaerentia* (*C. Intertextum*), *Spongiosa* (*C. spongiosum*), *Tomentosa* (*C. isthmocladum, C. repens* and *Codium* sp.) and *Elongata* (*C. decorticatum* and *C. taylorii*). From this work, *C. tomentosum* is considered as a doubtful species to the Brazilian littoral and *C. profundum* as "nome nudum" and because of this, cited as *Codium* sp. As for the great morphological plasticity the species *C. decorticatum, C. isthmocladum* and *C. taylorii* were those which showed the greatest difficulties in the taxonomical identification. Three species of straight habit as *C. isthmocladum, C. decorticatum* and *C. taylorii* and prostrate habit C. *intertextum* were those which presented the highest distribution in the Brazilian coast. Through the present study,

some species had their geographical distribution increased to the Brazilian coast, as *C. decorticatum* (Ceará, Paraíba and Alagoas); *C. intertextum* (Alagoas), *C. isthmocladum* (Alagoas, Sergipe and Paraná) and *C. taylorii* (Ceará, Paraíba, Alagoas and Paraná). Besides the taxonomy based in morphological and reproductive characters the DNA sequencing was performed aiming the comprehension of the polymorphism found in some species. In the moment, the DNA sequencing is the most powerful technique to detecting the polymorphism in the genotype and it has been very used in comparing the different taxonomical levels. Sequences of the first exon of the large subunity RUBISCO (*rbc*L) has been used in the molecular delimitation and phylogeny of the species. To the present study, samplings were obtained from *Codium* in many localities of Brazil (PB, PE, BA, RJ, SP and SC), besides Fernando de Noronha Islands. The extraction process, amplification, sequencing and analysis of data were performed in the University of São Paulo (USP) in the laboratory of Marine Algae Edson J. de Paula (LAM). In this study, the sequences for the exon 1 of the gene *rbc*L were obtained from 24 samplings of six species found in the Brazilian coast: *C. decorticatum, C. intertextum, C. isthmocladum, C. spongiosum*, *C. taylorii* and *C. repens*. The exon 1 of the *rbc*L showed 788 pairs of the base for all samplings. From the 24 sequenced samplings, ten unique sequences were obtained, which were phylogenetically analyzed with other sequences from GenBank, using different methods of inferences. The resulting trees were similar and they showed three principal monophyletic groupings. The grouping A, composed by non-ramificated prostrated habit species and in the majority with grouped and small utricules; the grouping B, consisting in the great majority, species with erect habit, cylindrical stalk, with individual utricules with intermidiary sizes. The Brazilian species group with similar from other geographical localities and they are between the main monophyletic groupings. These results indicate that the colonization of the South American Atlantic occurred many times possibly of species which came from Indo-Pacific.

1 – INTRODUÇÃO

As algas verdes estão inseridas no phylum Chlorophyta constituindo o maior e mais diversificado grupo de algas, tanto em nível de espécie, como também de padrões morfológicos, estruturais e reprodutivos (Oliveira 2003). Atualmente, o phylum encontra-se representado por 17.000 espécies (Raven *et al*. 2001, Reviers 2006).

A morfologia das algas verdes é bastante simples, ocorrendo numerosos grupos unicelulares (livres ou coloniais) até pluricelulares como as filamentosas, com ou sem ramificação, e parenquimatosas simples. Além disso, merecem destaque as espécies com talo cenocítico, que se desenvolvem como resultado de repetidas divisões nucleares sem a formação de novas paredes celulares. Dentre as cenocíticas, citam-se exemplos de alguns gêneros, tais como *Codium* Stackhouse, *Halimeda* J. V. Lamouroux, *Penicillus* Lamarck, *Udotea* J. V. Lamouroux, entre outros membros da ordem Bryopsidales (Pereira 1996, Raven *et al.* 2001, Oliveira 2003). Estes organismos constituem importantes componentes nas comunidades bênticas de águas rasas de vários ambientes marinhos tropicais e subtropicais (DeWreede 2006).

O gênero *Codium* é exclusivamente marinho, constituído por 125 espécies (Pedroche 2001), e se distribuem em todos os mares, com exceção para os ambientes marinhos das regiões polares (Pedroche *et al.* 2002). Popularmente, seus representantes são denominados como “espaguete do mar” (spaghetti grass), “dedos de homens mortos” (dead man’s fingers), “erva daninha japonesa” (japanese weed) e “ladrão de ostras” (oyster thief) (Ranus 1971, Loosanoff 1975, Trowbridge 1998).

O gênero caracteriza-se por apresentar talo multiaxial, de consistência esponjosa (Graham & Wilcox 2000), em que os filamentos cenocíticos se entrelaçam formando um corpo vegetal macroscópico, de forma definida (Pedroche 1981). Seus representantes possuem hábito ereto ou prostrado, com marcada diversidade morfológica, podendo apresentar talo aplanado, pulvinado, digitiforme, globular, petalóide, membraniforme e cilíndrico. Além disso, os ramos podem ser livres ou anastomosados (Silva 1952, Pedroche 2001).

A região medular é densamente entrelaçada por filamentos cilíndricos, que se alargam na extremidade originando os utrículos, caracterizando a camada cortical (Figura 1). Os utrículos estão dispostos radialmente, portando longos pêlos hialinos

e caducos (Van den Hoek *et al.* 1995, Graham & Wilcox 2000, Pedroche 2001). A parede celular é constituída principalmente por monossacarídeo (β-1,4 D-manose) ou pelo polissacarídeo arabinogalactana sulfatada e não por celulose (Van den Hoek *et al.* 1995, Graham & Wilcox 2000). O gênero é homoplastídico (Van den Hoek *et al.* 1995, Bold & Wynne 1985) com numerosos cloroplastos discóides sem pirenóides, situados nos utrículos (Graham & Wilcox 2000).

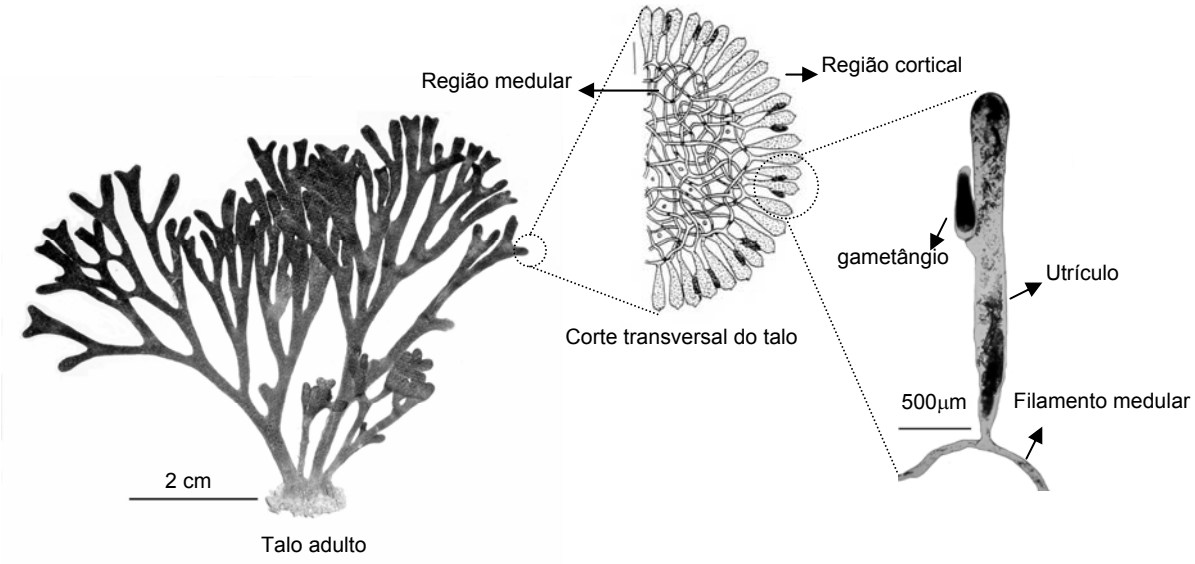


Figura 1 - Desenho esquemático de um representante do gênero *Codium* Stackhouse (corte transversal do talo, adaptado de Lee 1989).

Com relação ao ciclo de vida, são organismos haplobiontes diplontes (Van den Hoek *et al*. 1995). A reprodução pode ser por via sexual (através da fusão de gametas), bem como assexual com a produção de "Brutkorper" (gametângios abortivos modificados) e fragmentação do talo. No entanto, estas modalidades de reprodução variam entre espécies e populações geográficas (Chang *et al.* 2003).

Na reprodução sexual, o gametângio é formado lateralmente no utrículo sobre um curto pedicelo e seu conteúdo interno se transforma por meiose em gametas biflagelados (Pedroche 2001). Apresenta marcada anisogamia, onde os gametas masculinos são pequenos e apresentam poucos cloroplastos, enquanto que os gametas femininos são consideravelmente maiores, com vários cloroplastos (Prince & Trowbridge 2004). Quando os gametas atingem a maturidade, há uma força interna explosiva que rompe o poro terminal do gametângio e estes são expulsos através de um duto em meio a uma massa gelatinosa (Williams 1980, Lee 1989).

Após a liberação e fecundação dos gametas biflagelados, o zigoto se desenvolve em uma vesícula prostrada e amorfa, que posteriormente se alonga, formando os primeiros utrículos, para finalmente consolidar o talo multiaxial (Park & Sohn 1992).

Os representantes do referido gênero habitam os ambientes marinhos, ocorrendo desde a franja do mesolitoral até regiões mais profundas (200 m), fixando-se a vários tipos de substratos, como rochas, raízes de mangue, conchas velhas e vivas de moluscos como ostras e mexilhões, cascos de barcos, entre outros (Pedroche *et al.* 2002).

Quanto a importancia econômica, algumas espécies são utilizadas como fonte de alimento para moluscos cultivados na Califórnia (USA), como também por seres humanos. Além disso, fornecem compostos bioativos com potencial anticancerígeno e antibiótico (Verbruggen *et al*. 2007).

No gênero, alguns representantes são considerados verdadeiras pragas em vários habitats marinhos da região temperada, devido ao grande potencial invasor, dada a sua rápida propagação e crescimento (Ranus 1971, Bégin & Scheibling 2003, Chavanich *et al.* 2006). Cita-se como exemplo, *C. fragile* (Suringar) Hariot subsp. *tomentosoides* (van Goor) Silva, nativa do Japão, sendo considerada a mais invasiva do mundo, tendo sido introduzida na Europa, costa leste e oeste da América do Norte, Austrália, Nova Zelândia e África do Sul (Trowbridge 1998, Prince & Trowbridge 2004). Também têm gerado grandes impactos econômicos sobre as indústrias de moluscos e ostras em Massachussets (USA). Este efeito nocivo se dá quando o peso da alga ultrapassa o peso do hospedeiro (molusco ou ostra), ambos boiarão e serão transportados pelas correntes e marés (Ranus 1971).

A maioria dos representantes de *Codium* encontra-se distribuído na zona temperada e subtropical como o Japão (19 espécies), África do Sul (19 espécies), Austrália (18 espécies) e México na costa do Pacífico (13 espécies) (Goff et al. 1992, Pedroche 2001, Pedroche et al. 2002). Na flora tropical e subtropical do Atlântico Ocidental, está representado por 11 táxons infragenéricos (Wynne 2005). No Brasil estão registradas as seguintes espécies: *C. decorticatum* (Woodw.) M. Howe*, C. intertextum* Collins & Herv.*, C. isthmocladum* Vickers*, C*. *profundum* Silva & Chacana, *C. repens* P. Crouan ex Vickers*, C. spongiosum* Harv., *C. taylorii* P. C. Silva e *C. tomentosum* Stackhouse (Oliveira Filho 1977, Pereira et al. 2002, Chacana et al. 2003, Yoneshigue-Valentin et al. 2006, Pereira et al. 2007).

Os estudos taxonômicos do gênero *Codium* estão baseados na morfologia externa (hábito, sistema basal e ramificação); na morfologia interna (filamentos

medulares e utrículos) como nos reprodutivos representados pelos gametângios. Para alguns autores estas análises não têm apresentado resultados satisfatórios, tendo em vista que, apenas 40% das espécies estão bem definidas quanto a sua posição taxonômica, sendo que o restante forma grupos complexos de intricada variação morfológica (Silva 1998, Pedroche *et al*. 2002).

O talo apresenta marcada plasticidade, observada por diversos autores, os quais têm relacionado esta característica ao elevado grau de variabilidade morfológica dentre e entre populações (Silva 1951, Chacana *et al.* 1996, Pedroche *et al.* 2002). Em conseqüência disto, a taxonomia de *Codium* tem se tornado bastante complexa e confusa (Chacana *et al.* 1996).

Pereira (1996), numa abordagem crítica sobre os estudos ficológicos realizados no nordeste brasileiro, enfatizou a necessidade de estudos taxonômicos mais acurados em gêneros com grande plasticidade morfológica, citando o gênero *Codium* como um dos exemplos entre as algas verdes.

No Brasil há poucas informações sobre a taxonomia deste gênero e encontra-se contida em publicações que tratam de levantamentos florísticos gerais ao longo do litoral brasileiro. Até o presente momento, apenas o trabalho de Alves & Moura (2005) trata exclusivamente a sistemática do gênero. A referida pesquisa foi realizada na Ilha de Itaparica (BA), onde cinco espécies foram registradas: *C. intertextum, C. isthmocladum, C. taylorii, C. decorticatum* e *C. repens.*

Na tentativa de esclarecer melhor a sistemática do gênero, há uma tendência de aliar os estudos taxonômicos a novas ferramentas como, por exemplo, o uso de marcadores moleculares, que poderão auxiliar com maior precisão as possíveis variações fenotípicas, frequentemente relacionadas às variações ambientais. Mesmo assim, verifica-se um número bastante reduzido de trabalhos que utilizam marcadores moleculares para este grupo. No Brasil, até a presente data, nenhum trabalho utilizando marcadores moleculares foi realizado com os representantes de *Codium.*

Devido ao pouco conhecimento do gênero no Brasil, este trabalho teve como objetivo principal identificar, descrever e ilustrar as espécies de *Codium* no litoral brasileiro, assim como, fornecer dados sobre sua distribuição. Por se tratar de um grupo polimórfico, utilizou-se como ferramenta auxiliar a biologia molecular. Para atingir os objetivos acima e visando compreender as variações fenotípicas e as relações filogenéticas entre as populações brasileiras, foi formulada a hipótese de que a dificuldade taxonômica do gênero está relacionada ao elevado grau de

polimorfismo, dependente das variações ambientais, e que estudos morfológicos complementados por estudos bio-moleculares poderiam fornecer subsídios para a delimitação segura das espécies.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 – MUNDIAL

O gênero *Codium* foi estabelecido em 1797 por John Stackhouse, em sua obra intitulada Nereis Britannica, tendo como espécie tipo *Codium tomentosum* Stackhouse proveniente da Inglaterra (Guiry & Guiry 2007). O nome genérico *Codium* é derivado do grego "*Kodion"* que significa "pele de carneiro" referindo-se a textura de lã da planta adulta (Ranus 1971).

Setchell (1937), analisando os representantes de *Codium* do Arquipélago da Ilha Juan Fernandez (Chile), com base na morfologia e anatomia, dividiu o gênero em dois subgêneros: *Tylecodium* Setchell e *Shizocodium* Setchell. O subgênero *Tylecodium* abrange as formas prostradas, com ausência de ramificações verdadeiras e utrículos muito ramificados, enquanto que o subgênero *Shizocodium* engloba as formas eretas basicamente cilíndricas, com ramificações dicotômicas a politômicas e utrículos simples. Em geral, os representantes do subgênero *Shizocodium* são mais numerosos do que os de *Tylecodium*. Neste estudo foram descritos 11 táxons: 3 pertencentes à *Tylecodium* e 8 a *Shizocodium*. Posteriormente, Setchell (1940) estabeleceu *C. phasmaticum* Setchell para o Hawaii e *C. cranwelliae* Setchell para Nova Zelândia. Tseng & Gilbert (1942) estudando a costa sul da China, estabeleceram *C. bartlettii, C. papillatum* e *C. papillatum* var. *hainanense*. Ainda na mesma década, B⌀rgesen (1947) estabeleceu *C. iyengarii* e *C. dwarkense* encontradas na costa da Arábia (Ásia).

A partir de 1950, os estudos taxonômicos sobre o gênero se intensificaram principalmente através das publicações de P. C. Silva, que não mediu esforços para reunir os representantes do gênero e compreender a sua variabilidade morfológica. Silva (1951), estudando os representantes da Califórnia referenciou as espécies: *C. fragile* (Sur.) Hariot, *C. cuneatum* Setchell et Gardner, *C. setchellii* Gardner, *C. hubbsii* Dawson e estabeleceu *C. johnstonei* Silva. Silva (1952) ao estudar os representantes de *Codium* para as ilhas do Hawaii, registrou a ocorrência de *C. arabicum* Kuetzing, *C. spongiosum, C. mamillosum* Harvey*, C. edule* Silva*, C. phamasticum* Setchell e *C. reediae* Silva, estas três últimas, na época, consideradas endêmicas. Silva (1955) registrou para a Inglaterra a ocorrência de *C. vermilara* (Olivi) Delle Chiaje, *C. tomentosum* Stackhouse, *C. fragile* subsp. *tomentosoides* e uma nova subespécie *C. fragile* (Sur.) Hariot subsp. *atlanticum* (Cotton) Silva. Silva & Wormersley (1956) registraram a ocorrência de 15 táxons infragenéricos para o

Sudeste da Austrália, dos quais, 5 foram estabelecidos pelos autores: *C. capitulatum, C. duthieae, C. harveyi, C. australicum* e *C. spinescens.* Silva (1957) registrou para a Escandinávia a ocorrência de *C. vermilara* (Olivi) Delle Chiaje, *C. fragile* subsp. *tomentosoides* , *C. fragile* subsp. *atlanticum* e uma nova subespécie, *C. fragile* (Sur.) Hariot subsp. *scandinavicum* Silva. Silva (1959), estudando os representantes de *Codium* ocorrentes na África do Sul e área adjacente de Moçambique registrou 19 táxons. Além disso, o referido autor fez importantes comentários sobre a distribuição e habitat destes organismos.

Williams (1980), estudando *Codium* para a costa Beaufort (Norte da Carolina), referenciou três espécies: *C. dichotomum* (Huds.) S. F. Gray, *C. isthmocladum* e *C. decorticatum*. Além disso, fez importantes comentários sobre a reprodução, crescimento, distribuição e ocorrência de vários predadores, como peixes, caranguejo aranha (*Libinia dubia* Milen-Edwards) e molusco (*Fasciolaria tulipa* L.). Jones & Kraft (1984), estudando o gênero *Codium* para as Ilhas Lord Howe (N.S.W.) situadas ao sul da Austrália, registraram a ocorrência de *C. arabicum*, *C. spongiosum*, *C. bulbopilum* Setchell, *C. extricatum* Silva e *C. platyclados* R. Jones & Kraft, que foi estabelecida neste trabalho pelos referidos autores. Lawson & John (1987), num inventário das algas marinhas no oeste tropical da África, registraram *C. taylorii, C. decorticatum* e *C. guineënse* Silva, Lawson & John. Pedroche & Silva (1996), estabeleceram *C. picturatum* F. F. Pedroche & P. C. Silva para o Pacífico tropical do México. Van Den Heede & Coppejans (1996) estudaram o gênero *Codium* para o Quênia, Tanzânia e as Ilhas Seycheles e registraram 14 táxons. Chacana *et al*. (1998) ao analisarem o gênero *Codium* para as Ilhas Canárias, registraram a ocorrência de espécies com talo prostrado, *C. adhaerens* (Cabrera) C. Agardh, *C. effussum* (Rafinesque) Delle Chiaje e *C. intertextum*. Esta última foi, por muito tempo, erroneamente identificada como *C. adhaerens*.

Littler & Littler (2000), ao analisarem as algas marinhas da região do Caribe, registraram *C. intertextum, C. ovale* Zanardini*, C. repens, C. carolinianum* Searles*, C. decorticatum* e *C. taylorii*. Pedroche *et al*. (2002) registraram 13 espécies para o Pacífico tropical mexicano, dentre estas, duas espécies são novas para a ciência (*C. schimiederi* P. C. Silva, F. F. Pedroche & M. E. Chacana e *C. dawsonii* P. C. Silva, F.F. Pedroche & M. E. Chacana) e quatro (*C. amplivesciculatum* Setchell & Gardner*, C. schmiederi* Silva, Pedroche & Chacana*, C. giraffa* Silva e *C. brandegeei* Setchell & Gardner) foram consideradas endêmicas do Pacífico mexicano. Chang *et al.* (2002) abordando sobre o "complexo *Codium geppiorum"* no sul do Taiwan,

identificaram os seguintes táxons: *C. edule* P. C. Silva, *C. geppiorum* O. C. Schmidt e uma nova espécie, *C. nanwanense* J. S. Chang. Chacana *et al*. (2003) ao analisarem o gênero *Codium* para as Ilhas Canárias, registraram duas novas ocorrências, *C. guineense* e *C. elisabethae* Schimidt e uma nova espécie, *C. profundum* Silva & Chacana. Para o estabelecimento desta espécie, os autores se basearam em material recoletado nas Ilhas Canárias, além de outras localidades, incluindo o Brasil, que se encontrava depositado no Herbário da Universidade da Califórnia, Berckeley (UC). A partir desse estudo, a presença desta espécie foi registrada pela primeira vez para a costa brasileira.

2.2 – NACIONAL

No Brasil, os primeiros registros de *Codium* foram realizados no século XIX durante as grandes expedições científicas e viagens de circunavegações pelos pesquisadores estrangeiros. A maioria destas publicações foi apresentada sob a forma de lista e/ou pequenas descrições (Oliveira Filho 1977).

No século XIX, Martius *et al*. (1833) listaram a ocorrência de *C. decorticatum* (como *C. decumbens* Martius) para o Rio de Janeiro e para a Bahia. Kützing (1849) referenciou para o Rio de Janeiro *C. decorticatum* (como *C. elongatum* C. Agardh) e *C. intertextum* (como *C. adhaerens* (Cabrera) C. Agardh). Martens (1866) registrou a ocorrência de *C. taylorii* (como *C. tomementosum* var. *divaricatum* C. Agardh) para o Rio de Janeiro. Martens (1870) referenciou a ocorrência de *C. intertextum* (como *C. adhaerens*.), *C. isthmocladum* (como *C. tomentosum*.) e *C. taylorii* (como *C. tomentosum* var. *divaricatum* C. Agardh). Martens (1871) registrou a ocorrência de *C. decorticatum* (como *C. elongatum*), *C. intertextum* (como *C. tomentosum* var. *coralloides* Kützing), *C. isthmocladum* (como *C. tomentosum* var. *tenue* Kützing) e *C. taylorii* (como *C. tomentosum* var. *divaricatum*) com base no material coletado por Glaziou no Rio de Janeiro. Dickie (1874a) fez a ocorrência para o Arquipélago de Fernando de Noronha, Estado de Pernambuco, de *C. tomentosum* (como *C. isthmocladum*). Dickie (1874b) referenciou a ocorrência de *C. repens* (como *C. tomentosum*) para o litoral baiano. De Toni (1889) registrou para o litoral brasileiro a ocorrência de *C. decorticatum* (como *C. elongatum*) e *C. isthmocladum* (como *C. lineari* C. Agardh). Möbius (1890) referenciou para o litoral do Rio de Janeiro *C. decorticatum* (como *C. elongatum*), *C. intertextum* (como *C. adhaerens*) e C. *tomentosum*. Murray (1891) listou *C. isthmocladum* para o Arquipélago de Fernando de Noronha.

No início do século XX, Howe (1928) citou a ocorrência de *C. decorticatum* para o litoral do Rio de Janeiro e *C. intertextum* para o litoral da Bahia. Luetzelburg (1922/23) citou *C. intertextum* (como *C. adhaerens*) para o litoral do Rio de Janeiro e *C. isthmocladum* (como *C. tomentosum*) para os litorais do Rio de Janeiro, Ceará e Paraíba. Schmidt (1924) citou *C. intertextum* (como *C. adhaerens*) e *C. isthmocladum* (como *C. tomentosum*) para o Rio de Janeiro. Taylor (1930) fez referência a *C. taylorii* (como *C. pilgeri* Schmidt) com base em material coletado na costa brasileira pelas Expedições "Hassler, Albatross and Schmitt". Taylor (1931) fez uma sinopse de todas as espécies até então referidas para o litoral brasileiro, registrando quatro espécies de *Codium*: *C. decorticatum*, *C. intertextum, C. taylorii* e *C. isthmocladum* (como *C. pilgeri*). Willians & Blomquist (1947) citaram para o litoral do Estado de Pernambuco e Fernando de Noronha a ocorrência de *C. isthmocladum* (como *C. dichotomum*). Silva (1960) analisou o gênero *Codium* para o Atlântico Ocidental Tropical, com base em material depositado nos diversos herbários dos países do Continente Americano, incluindo o do Brasil (Herbário SPF, da Universidade de São Paulo), onde registrou *C. intertextum* e *C. taylorii* (para São Paulo), *C. repens* (para Pernambuco e Fernando de Noronha) e *C. spongiosum* (para o Espírito Santo). Taylor (1960) analisou a flora tropical e subtropical das Américas, e referenciou a ocorrência de *C. intertextum*, *C. spongiosum, C. repens, C. isthmocladum*, *C. decorticatum* e *C. taylorii* para o litoral brasileiro.

Nos meados do século XX, iniciaram-se os estudos ficológicos por pesquisadores brasileiros, começados por A. B. Joly e, posteriormente, por ele e seus discípulos provenientes de outras localidades do País. De acordo com a Tabela 1, observa-se que há uma deficiência de estudos visando a taxonomia do grupo. A maioria das informações dos representantes de *Codium* está contida em levantamento de flora de diversas localidades da costa brasileira, com exceção para o trabalho de Alves & Moura (2005) que trata exclusivamente da taxonomia deste grupo na Ilha de Itaparica (Bahia). Em termos gerais, verifica-se que o maior conhecimento está direcionado aos representantes que ocorreu na região entre-marés, mesmo assim, com alguns trechos do litoral com ausência total de coletas.

Dos poucos estudos desenvolvidos na região de infralitoral (Tabela 1), a maioria foi realizada através de dragagens e nesta região cinco espécies foram registradas: *C. decorticatum, C. intertextum, C. isthmocladum*, *C. spongiosum* e *C. taylorii* (Joly & Braga 1966, Teixeira *et al.* 1985, Ferreira *et al*. 1988, Pereira 1974, Ugadim &

Pereira 1978, Oliveira Filho 1976, Pereira 1983, Pereira *et al.* 1981, Yoneshigue & Valentin 1988, Yoneshigue- Valentin et al. 2006).

Quanto aos ambientes insulares, apesar do referido gênero estar representado por seis táxons infragenéricos (*C. decorticatum, C. intertextum, C. isthmocladum, C. repens, C. taylorii* e *C. tomentosum*), o conhecimento ainda é insipiente, tendo em vista a dificuldade de coleta para estas áreas. Mesmo assim, o Arquipélago de Fernando de Noronha se destaca por deter um maior número de trabalhos desenvolvidos (Villaça et al. 2006).

2.3 - BIOLOGIA MOLECULAR

Poucos são os estudos enfocando a biologia molecular no gênero *Codium*, e a maioria destes está relacionado ao sequenciamento de genes do cloroplasto de algumas espécies.

Francis *et al.* (1987) observaram uma nova variedade de RNA 4.5 S do cloroplasto de *Codium fragile* (Suringar) Hariot., concluindo que este RNA carrega pouca homologia dos 4.5 S encontrados em plantas terrestres.

Manhart *et al.* (1989) realizaram o mapeamento completo do genoma do cloroplasto de *C. fragile*, onde determinaram as posições de vários genes que não compartilham semelhanças notáveis aos outros consensos de plantas vasculares ou a qualquer genoma plastidial de clorofíceas e briófitas.

Goff *et al*. (1992) compararam os padrões de restrição RFLP (Polimorfismo no Comprimento de Fragmentos de Restrição) do DNA do cloroplasto entre duas subespécies de *C. fragile* (*C. fragile* subsp. *fragile* e *C. fragile* subsp. *tomentosoides)*, provenientes da Baía São Francisco (EUA) e do Atlântico, e observaram que os padrões em ambas eram distintos, demonstrando o potencial para se usar dados moleculares para resolver problemas taxonômicos em *Codium*.

Pedroche (2001) analisou fragmentos de 716 pares de base do LSU rDNA (gene que codifica a subunidade grande do RNA ribossomal) do genoma mitocondrial para 10 táxons de *Codium* ocorrentes no Pacífico mexicano. As tipologias obtidas neste estudo confirmaram a existência de grupos monofiléticos e que o LSU do rDNA mitocondrial é um marcador adequado para propor hipóteses filogenéticas neste gênero.

Shimada *et al*. (2004) analisaram o primeiro exon do gene *rbc*L (fragmento cerca de 613 pares de base) que codifica a subunidade grande da Rubisco localizado no

genoma do cloroplasto para 18 espécies de *Codium* e concluíram que este marcador foi apropriado na distinção entre espécies.

Recentemente, Verbruggen *et al*. (2007) fizeram uma ampla análise, incluindo 74 táxons de *Codium* de diversas localidades, baseando-se em 227 seqüências do exon 1 do gene r*bc*L para propor relações filogenéticas e fitogeográficas dentro do gênero. Nesse estudo, os referidos autores relatam a enorme dificuldade na delimitação taxonômica de algumas espécies de *Codium*, principalmente para os representantes que fazem parte de "complexos morfológicos", como exemplo *C. geppiorrum*, pois como demostra em seus resultados, esta se encontra em mais de um clado monofilético.

Apesar de serem inexistentes as pesquisas utilizando a biologia molecular para auxiliar a taxonomia do gênero *Codium* no litoral brasileiro, o potencial que este estudo oferece para a resolução de problemas taxonômicos é inquestionável como demonstrado por Goff *et al.* (1992). Observa-se, ainda, que a aplicação de técnicas moleculares vem subsidiando o desenvolvimento de importantes trabalhos sobre as relações filogenéticas e fitogeográficas entre as populações de algas marinhas bentônicas (Oliveira 2001).

Tabela 1 - Trabalhos florísticos realizados no Brasil pelos pesquisadores brasileiros onde há citação do gênero *Codium*.

Táxons	Região Nordeste							Região Sudeste			Região Sul			Ambientes Insulares			
	Piauí	Ceará	Rio Grande do Norte	Paraíba	Pernambuco	Alagoas	Bahia	Espírito Santo	Rio de Janeiro	São Paulo	Paraná	Santa Catarina	Rio Grande do Sul	Arquipélago de Fernando Noronha	Arquipélago de Trindade	Arquipélago de Abrolhos	Atol das Rocas
C. decorticatum		▲6, ▲39	▼21	▼22	▼18, ●44, ●50		▲47, ▼49	▲8, ▼27, ▲46, ▼49	▲7, ▲25, ▲26, ▼30, ▲35, ▲41, ▼49	▲3, ▲17	▲11	▲20, ▲23	▲10		▲31, ●48	●48	
C. intertextum					▲42, ●44		▲34, ▲37, ▲47	▲8, ▼27, ▲46, ▼49	▲26, ▼30, ▲35, ▲41	▲3, ▲11		▲20, ▲23		●28, ▲32, ●44, ●48		●48	▲15
C. isthmocladum	▲43	▲4, ▲33, ▲39	▼21, ▲38	▼22, ▲24, ▼29	▼12, ▼ 18, ▼29, ▲40, ▲42, ●44, ▲45, ●50	▼29	▲34, ▲47, ▼49	▲8, ▼14, ▲16, ▼27, ▲46, ▼49	▼5, ▲19, ▲25, ▲26, ▼30, ▼49	▲3		▲23		●28, ▲36, ●44, ●48	▼1	●48	
C. repens					▲42, ●44	?13	▲47	▲46, ▼49						▲36, ●44, ●48			
C. spongiosum							▼49	▲8, ▼14, ▲46, ▼49	▲26, ▼30,								
C. taylorii		▲39		▼22	▲9, ▲40, ▲42, ●44		▲34, ▲47, ▼49	▲8, ▲46, ▼49	▲7, ▲25, ▲26, ▲35, ▲41, ▼49	▲2, ▲11		▲23		●44, ●48			
C. tomentosum														▲36, ●44, ●48			
Codium sp.							▼49	▼49								●48	

▲= Região entre marés; ▼= Região infralitoral, ●= Ambas as regiões, ?= Região indeterminada, 1 - Joly (1953), 2 - Joly (1957), 3 - Joly (1965), 4 - Ferreira & Pinheiro (1966), 5 - Joly & Braga (1966), 6 - Pinheiro-Vieira & Ferreira (1968), 7 - Yoneshigue-Braga (1970), 8 - Behar (1972), 9 - Fonseca (1972), 10 - Baptista (1973), 11 - Ugadim (1973), 12 - Pereira (1974), 13 - Oliveira Filho (1974), 14 - Oliveira Filho (1976), 15 - Oliveira Filho & Ugadim (1976), 16 - Mitchell & Schindo (1977), 17 - Oliveira Filho & Berchez (1978), 18 - Ugadim & Pereira (1978), 19 - Mitchell *et al.* (1979), 20 - Citadini- Zanette *et al.* (1979), 21 - Pereira *et al.* (1981), 22- Pereira (1983), 23 - Santos (1983), 24 - Kanaguawa (1984), 25 - Pedrini (1984), 26 - Yoneshigue (1985), 27 - Teixeira *et al.* (1985), 28 - Eston *et al.* (1986), 29 - Ferreira *et al*. (1988), 30 - Yoneshigue & Valentin (1988), 31 - Pedrini *et al.* (1989), 32 - Szechy *et al.* (1989), 33 - Miranda & Pereira (1989/90), 34 - Martins *et al*. (1991), 35 - Falcão *et al.* (1992), 36 - Pedrini *et al.* (1992), 37 - Santos (1992), 38 - Araújo (1993), 39 - Dantas (1994), 40 - Angeiras (1995), 41 - Gestinari *et al*. (1998), 42 - Pereira & Accioly (1998), 43 - Batista (2000), 44 - Pereira *et al.* (2002), 45 - Oliveira-Carvalho *et al.* (2003), 46 - Barata (2004), 47 - Alves & Moura (2005) , 48 - Villaça *et al*. (2006), 49- Yoneshigue-Valentin *et al*. 2006 e 50- Pereira *et al.* 2007.

3 - REFERÊNCIAS

ALVES, A. M.; MOURA, C. W. N. O gênero *Codium* (Chlorophyta, Codiaceae) no recife costeiro da Ilha de Itaparica, Bahia, Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FICOLOGIA, 10. , 2004, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: Museu Nacional, 2005. p. 485-516. (Série Livros 10).

ANGEIRAS, J.A.P. **Clorofíceas bentônicas do litoral sul do Estado de Pernambuco (Brasil)**. 1995. 135f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

ARAÚJO, M. S. V. B. **Clorofíceas e feofíceas marinhas bentônicas do litoral Oriental do Estado do Rio Grande do Norte (Brasil)**. 1993. 287 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BAPTISTA, L. R. M. Lista dos gêneros de algas marinhas macroscópicas encontradas em Torres (RS). **Iheringia,** Série Botânica**,** Porto Alegre, v.18, p. 15-26. 1973.

BARATA, D. **Clorofíceas marinhas bentônicas do Estado do Espírito Santo**. 2004. 210 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) - Instituto de Botânica, Secretaria do Meio Ambiente, São Paulo.

BATISTA, M.G.S. **Clorofíceas bentônicas do litoral do Estado do Piauí - Brasil**. 2000. 50 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

BÉGIN, C.; SCHEIBLING, R. Growth and survival of the invasive green alga *Codium fragile* spp. *tomentosoides* in tide pools on a rocky shore in Nova Scotia. **Botanica Marina**, Hauthorne, v. 46, p. 404-412. 2003.

BEHAR, L. **Clorofíceas do litoral sul do Estado do Espirito Santo: I – Siphonocladales e Siphonales**. 1972. 159 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

BØRGESEN, F. Remarks on some *Codium* from the Arabian Sea. **J. Ind. Bot. Soc**. p. 1-8. 1947.

BOLD, H. C.; WYNNE, M. J. **Introduction to the algae: Structure and reproduction.** 2. ed., New Jersey: Prentice-Hall, 1985. 720 p.

CHACANA M. E.; SILVA P. C.; PEDROCHE F. F. Japonese species of crustose *Codium*. **Phycologia**, Oxford, n. 34, p. 16. 1996. Supplement.

CHACANA, M., GIL-RODRIGUES, M.C., WILDPRET, W. Taxonomy of prostrate species of *Codium* (Chlorophyta) from the Canary Island. **Actes del Simposi Internacional de Botanica,** n. 1, p. 105-108. 1998.

CHACANA, M; SILVA, P. C; PEDROCHE, F. F.; GIL-RODRIGUEZ, M. C. *Codium profundum* y *C. guineense*: nuevas citas para las Islas Canarias y observaciones in *C. elisabethae* (Chlorophycota). **Vieraea**, Santa Cruz de Tenerife, v. 31, p. 267-280. 2003.

CHANG, J.S.; DAI, C.F.; CHANG, J. A taxonomic and karyological study of the *Codium geppiorum* complex (Chlorophyta) in southern Taiwan, including the description of *Codium nanwanense* sp. nov. **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, Taiwan, v. 43, p. 161-170. 2002.

CHANG, J. S.; DAI, C. F.; CHANG, J. Gametangium-like structures as propagation buds in *Codium edule* Silva (Bryopsidales, Chlorophyta). **Botanica Marina**, Howthorne, v. 46, p. 431-437. 2003.

CHAVANICH, S.; LARRY, G. H.; JONG-GEEL, J.; KANG, RAE-SEON, K. Distribuition pattern of the green alga *Codium fragile* (Suringar) Hariot, 1889 in its native range, Korea. **Aquatic Invasions**, v.1, n. 3, p. 99-108. 2006.

CITADINI-ZANETTE, V.; VEIGA NETO, A. J.; VEIGA, S. G.; URLANETO, A. S. Algas marinhas bentônicas de Imbituba, Santa Catarina, Brasil. **Iheringia,** Série Botânica**,** Porto Alegre, v. 25, p. 11-121. 1979.

DANTAS, N. P. **Estudos taxonômicos dos representantes da ordem Caulerpales (Chlorophyta) da Praia de Guarajiru (Estado do Ceará - Brasil)**. 1994. 128 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

DE TONI, G. B. **Sylloge algarum ...** Chlorophyceae. Patavii [Padova]: [s. n.]. 1889.

DE WREEDE, R. Biomechanical properties of coenocytic algae (Chlorophyta, Caulerpales). **ScienceAsia**, n.32, v.1, p. 57-62. 2006. Supplement.

DICKIE, G. Enumeration of algae from Fernando de Noronha, collected by H.N. Moseley, M.A., naturalist to H.M.S. "Challenger". **Journal Linnean Society (Botany),** London**,** v. 14, p. 363-365. 1874a.

DICKIE, G. Enumeration of algae collected from Bahia, collected by H.N. Moseley, M.A., naturalist to H.M.S. "Challenger". **Journal Linnean Society (Botany),** London**,** v. 14, p. 377. 1874b.

ESTON, V. R.; MIGOTTO, A. E.; OLIVEIRA FILHO, E. C.; RODRIGUES, S. A.; FREITAS, J. C. Vertical distribution of benthic marine organisms on rocky coasts of the Fernando de Noronha Archipelago (Brazil). **Boletim do Instituto Oceanográfico,** São Paulo, v. 34, p. 37-53. 1986.

FALCÃO, C.; MAURAT, M. C.; NASSAR, C. A. G.; SZÉCHY, M. T. M. ; MITCHELL, G. J. P. Benthic marine flora of the Northeastern and Southern Coast of Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil: phytogeographic considerations. **Botanica Marina,** Hawthorne, v. 35, p. 357-364. 1992.

FERREIRA, M. M.; PINHEIRO, F. C. Primeira contribuição ao inventário das algas marinhas bentônicas do Nordeste Brasileiro. **Arquivos da Estação de Biologia Marinha,** Fortaleza, v. 6, n. 1, p. 59-66. 1966.

FERREIRA, M. V; PEREIRA, S. M. B.; CARVALHO, F. A. F.; TEIXEIRA, G. C.; GUEDES, E. A. C.; PAES E MELO, L. B.; MATOS, S. M. G.; SILVA, R. L.; PEDROSA, M. E. B; CARVALHO, G. V. S. Prospecção dos bancos de algas

marinhas dos Estados da Paraíba, de Pernambuco e Alagoas (Profundidade de 0 a 10 m). **Gayana Botanica,** Santiago, v. 45, n. 1/4, p. 413-422. 1988.

FONSECA, M. C. A. Algumas espécies de algas marinhas de Pernambuco. In: CONGRESSO NACIONAL 23., 1972. Garanhuns. **Anais**... Garanhuns: [s. n.], p. 61-74.

FRANCIS, M.A; BALINT, R.F.; DUDOCK, B.S. A novel variety of 4.5S RNA from *Codium fragile* chloroplast. **Journal of Biological Chemistry,** Bethesda**,** v. 262, p. 1848-54. 1987.

GESTINARI, L. M. S.; NASSAR, C. A. G.; ARANTES, P. V. S. Algas marinhas bentônicas da Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botânica Brasílica,** Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 67-76. 1998.

GOFF, L. J.; LIDDLE, L.; SILVA, P. C.; VOYTEK, M.; COLEMAN, A. W. Tracing species invasion in *Codium,* a siphonous green alga, using molecular tools. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 79, p. 179-1285. 1992.

GRAHAM, L.E.; WILCOX, L.W. **Algae.** New Jersey: Prentice-Hall, 2000. 640 p.

GUIRY, M. D.; GUIRY, G. M. *AlgaeBase version 4.2*. World-wide electronic publication. Galway: National University of Ireland, 2007 Disponível em: <http://www.algaebase.org>. Acesso em 14 nov. 2007.

HOWE, M. A. Notes on some marine algae from Brazil and Barbados. **Journal of the Washington Academy of Sciences**, New York, v. 18, n. 17, p. 186-194. 1928.

JOLY, A. B. Scientific results of the "Baependi" and "Veja" Cruise to the Trindade Island. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, São Paulo, v. 4, p. 147-156. 1953.

JOLY, A. B. Contribuição ao conhecimento da flora ficológica marinha da Baía de Santos e Arredores. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras**, São Paulo, v. 217, n. 14, p. 1-196. 1957.

JOLY, A B. Flora marinha do litoral norte do Estado de São Paulo e regiões circunvizinhas. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras**, São Paulo**,** v. 21, p. 1-267. 1965.

JOLY; A. B.; BRAGA, Y. Y. Primeira nota sobre algas coletadas durante as viagens do Navio Oceanográfico "Almirante Saldanha". **Publicação do Instituto de Pesquisa Marinha**, Rio de Janeiro, v. 34, p.1-12. 1966.

JONES, R.; KRAFT, G. The genus *Codium* (Codiales, Chlorophyta) at Lord Howe Island (N.S.W.). **Brunomia**, v. 7, p. 253-276. 1984.

KANAGAWA, A. I. **Clorofíceas marinhas bentônicas do Estado da Paraíba - Brasil.** 1984. 470 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

KÜTZING, F. T. Species algarum 6, Leipzig: [s. n.], 1849. 922 p.

LAWSON, G.; JOHN, D. The marine algae and coastal environment of tropical West Africa. **Nova Hedwigia,** Stuttgart, v. 93, 415 p. 1987.

LEE, R. E. **Phycology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 614 p.

LITTLER, D. S.; LITTLER, M. M. **Caribbean Reef Plants: an identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida, and Gulf of Mexico.** Washington: Off Shore Graphycs, 2000. 512 p.

LOOSANOFF, V. L. Introduction of *Codium* in New England waters. **Fishery Bulletin**, v. 73, p. 215-218. 1975.

LUETZELBURG, P. VON. Estudo Botânico do Nordeste. Rio de Janeiro, **Publicações da Inspetoria Federal de Obras contra as secas (Ser. IA),** Rio de Janeiro, v. 3, n. 57, p.10-11, 1922/23.

MANHART, J. R.; KELLY, K.; DUDOCK, B. S.; PALMER, J. D. Unusual characteristic of *Codium fragile* chloroplast DNA reveled by physical and gene mapping. **Molec. Gen. Genetics,** n. 216, p. 417-421. 1989.

MARTENS, G. V. Die preussische Expecdition nach ostasien. **Botanischer Theil. Die Tange**. Berlin, [s. n.], p. 152. 1866.

MARTENS, G. V. Conspectus algarum Brasiliae hactenus detectarum. **Videnskabelige Meddelelser dansk Nathurhistoiriste,** Forening, v. 2, p. 297-314. 1870.

MARTENS, G.V. Algae brasiliensis Circa Rio de Janeiro a Cl. a. Glaziou, horti publici directore botânico indefesso, annis 1869 at 1870 collectae. **Videnskabelige Meddelelser dansk Nathurhistoiriste,** Forening, v. 3, n. 8/10, p. 144-148. 1871.

MARTINS, D. V.; CORDEIRO-MARINO, M.; BOCCANERA, N. B.; NUNES, J. M. C. Clorofíceas marinhas bentônicas do Município de Salvador, Bahia - Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 115-133. 1991.

MARTIUS, K. F. P. VON, ESCHWEILLER, F. G.; ESENBECK, C. G. N. VON. **Flora Brasiliensis seu enumeratio plantarum in Brasilia.** Stuttgart, v. 1, p. 390. 1833.

MIRANDA, P. T. C.; PEREIRA, S. M. B. Macroalgas bentônicas no Manguezal do Rio Ceará (Ceará - Brasil) II- Distribuição em função das condições hidrológicas. **Arquivo de Ciências Marinhas,** Fortaleza, v. 28, p. 39-52. 1989/90.

MITCHELL, G. J. P.; SCHINDO, N. Notas sobre as algas marinhas bentônicas de Santa Cruz, Espirito Santo, 2: Chlorophyta. **Leandra,** Rio de Janeiro, v. 4/5, p. 137–142. 1977.

MITCHELL, G. J. P.; SZÉCHY, R. T. M.; MITSUYA, L. A. Sinopse das Clorofíceas marinhas bentônicas do litoral do Estado do Rio de Janeiro. **Leandra,** Rio de Janeiro**,** v. 8, n. 9, p. 91–123. 1979.

MÖBIUS, M. Algae brasiliensis a Cl. Dr. Glaziou Collectae. **Notarisia,** Venezia**,** v. 5, p. 1065-1090. 1890.

MURRAY, G. Algae in H. N. Riddley: Notes on the botany of Fernando de Noronha. **Journal Linnean Society (Botany),** London**,** v. 27, p. 75-80. 1891.

OLIVEIRA, E. C. **Introdução à Biologia Vegetal**. 2. ed. São Paulo: Ed. da USP, 2003, 266p.

OLIVEIRA, M. C. Estúdios de la macro y microbiodiversidade de las algas. Secuenciamiento del DNA ribosomal (rDNA). In: ALVEAL, K; ANTEZANA, T. (Ed.). **Sustentabilidad de la biodiversidade**, Santiago: Universidad de Concepcion, 2001. p. 85 – 96.

OLIVEIRA-CARVALHO, M. F.; PEREIRA, S. M. B.; ZICKEL, C. S. Florística e distribuição espaço-temporal das clorofíceas bentônicas em trechos recifais do litoral norte do Estado de Pernambuco – Brasil. **Hoehnea,** São Paulo, v. 30, n. 3, p. 201-212. 2003.

OLIVEIRA FILHO, E. C. An annotated list of the Brasilian seaweeds in Dickie's herbarium. **Journal Linnean Society (Botany),** London**,** v. 69, n. 3, p. 229-238. 1974.

OLIVEIRA FILHO, E. C. Deep water marine algae from Espirito Santo State (Brazil). **Boletim de Botânica,** São Paulo, v. 4, p. 73-80, 1976.

OLIVEIRA FILHO, E. C. **Algas marinhas bentônicas do Brasil**. 1977. 409 f. Tese (Livre-Docência em Ficologia) - Universidade de São Paulo. São Paulo.

OLIVEIRA FILHO, E. C.; BERCHEZ, F. A. S. Algas marinhas bentônicas da Baía de Santos - alterações da flora no período 1957-1978. **Boletim de Botânica**, São Paulo, v. 6, p. 49-59. 1978.

OLIVEIRA FILHO, E. C.; UGADIM, Y. A survey of the marine algae of Atol das Rocas (Brazil). **Phycologia**, Oxford, v.15, n. 1, p. 41-44. 1976.

PARK, C. S.; SOHN, C. H. Effects of light and temperature on morphogenesis of *Codium fragile* (Suringar) Hariot in laboratory culture. **The Korean Journal of Phycology**, v. 7, p. 213–223. 1992.

PEDRINI, A. G. Algas marinhas bentônicas do litoral norte-fluminense I- lista preliminar das algas "arribadas" da Praia de Manguinhos (Guaxindiba - São João da Barra - Rio de Janeiro). **Atlas da Sociedade Botânica do Brasil**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 17, p. 133-142. 1984.

PEDRINI, A. G.; GONÇALVES, E. A.; FONSECA, M. C. S.; ZAÚ, A. S.; LACORTE, C. C. A survey of the marine algae of Trindade Island, Brazil. **Botânica Marina**, Hawthorne, v. 32, p. 97-99. 1989.

PEDRINI, A. G.; UGADIM, Y.; BRAGA, M. R. A.; PEREIRA, S. M. B. Algas marinhas bentônicas do Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil. **Boletim de Botânica**, São Paulo, n. 13, p. 93 – 101. 1992.

PEDROCHE, J. F. F. **Los géneros *Codium* y *Halimeda* (Chlorophyta) en El Salvador, C. A**. 1981. 138f. Tesis de Maestría em Ciências (Biologia). – Faculdad de Ciências, UNAM, México.

PEDROCHE, F. F. Estudios filogenéticos del género *Codium* (Chlorophyta) en el Pacífico mexicano. Uso de ADNr mitocondrial. **Anales de la Escuela Nacional de Ciências Biológicas,** México, v. 47, n.1, p.109-123. 2001.

PEDROCHE, F. F.; SILVA, P. C. *Codium picturatum* sp nov. (Chlorophyta), una especie extraordinaria del Pacífico tropical mexicano. **Acta Botánica Mexicana**, México, v. 35, p. 1-8. 1996.

PEDROCHE, F. F.; SILVA, P. C.; CHACANA, M. El género *Codium* (Codiaceae, Chlorophyta) en el Pacífico de México. **Monografías Ficológicas,** Iztapalapa, v. 1, p. 11-74. 2002.

PEREIRA, S. M. B. **Clorofíceas marinhas da Ilha de Itamaracá e Arredores**. 1974. 184 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

PEREIRA, S. M. B. **Algas marinhas bentônicas do infralitoral do Estado da Paraíba**. 1983. 115 f. Tese (Professor Titular em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

PEREIRA, S. M. B. Algas marinhas bentônicas. p. 79-96. In*:* SAMPAIO, E. V. S. B., S. MAYO, M. BARBOSA (Ed.). **Pesquisa Botânica Nordestina: progresso e perspectivas.** Recife: Sociedade de Botânica do Brasil, 1996.

PEREIRA, S. M. B; ACCIOLY, M. C. Clorofíceas marinhas bentônicas da Praia de Serrambi – Pernambuco. **Acta Botânica Brasílica**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 25-52. 1998.

PEREIRA, S. M. B.; ESKINAZI-LEÇA, E.; OLIVEIRA-CARVALHO, M. F. Phycological flora diversity in a coastal tropical ecosystem in the Northeast of Brasil, pp. 185-294. In: TIEZZI, E., MARQUES, J. C., BREBBIA, C.A. & J∅RGESEN, S. E (ed.): **Ecosystems and Sustainable development VI.** Wit Press: Transactions on ecology and the enviromment. 2007.

PEREIRA, S. M. B; OLIVEIRA FILHO, E. C.; ARAÚJO, M. V. S. B.; PAES E MELO, L. B.; FERNANDES DE CARVALHO, F. A.; CÂMARA NETO, C. Prospecção dos bancos de algas marinhas do Estado do Rio Grande do Norte – 2. parte: profundidade de 10 a 45 metros. In: SUDENE - **Projeto Algas**, Recife, v. 2, p. 25-81. 1981.

PEREIRA, S. M. B.; OLIVEIRA-CARVALHO, M. F.; ANGEIRAS, J. A. P; BANDEIRA-PEDROSA, M. E.; OLIVEIRA, N. M. B.; TORRES, J.; GESTINARI, L. M. S.; COCENTINO, A. L. M.; SANTOS, M. D.; NASCIMENTO, P. R. F.; CAVALCANTI, D. R.. Algas marinhas bentônicas do Estado de Pernambuco. v.1, pp. 97-124. In: TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Org.). **Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco.** Recife**:** Massangana, 2002.

PINHEIRO-VIEIRA, F.; FERREIRA, M. M. Segunda contribuição ao inventário das algas marinhas bentônicas do Nordeste Brasileiro. **Arquivo da Estação de Biologia Marinha,** Fortaleza, v. 8, n. 1, p. 75-82. 1968.

PRINCE, J. S.; TROWBRIDGE, C. D. Reproduction in the green macroalga *Codium* (Chlorophyta): characterization of gametes. **Botanica Marina**, Hawthorne, v. 47, p. 461-470. 2004.

RANUS, J. *Codium*: the invader. **Discovery,** New Haven, v. 6, n. 2, p. 59-68. 1971.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906p.

RIVIERS, B. **Biologia e filogenia das algas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006, 280p.

SANTOS, D. P. **Clorofíceas marinhas bentônicas do Estado de Santa Catarina**. 1983. 166 f. Dissertação (Mestrado em Biociências) - Universidade de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, G. V. **Composição e microdistribuição de comunidades das algas bentônicas no recife de Coral da Praia da Coroa (Ilha de Itaparica - Bahia - Brasil)**. 1992. 170 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SCHMIDT, C. O. Meersalgen der Sammlung von Luetzelburg aus Brasilien. **Hedwigia**, Dresden, v. 65, p. 85-100. 1924.

SETCHELL, W. A. The *Codiums* of the Juan Fernandez Islands. In**:** SKOTTSBERG, C. (Ed.): **The natural history of Juan Fernandez and eastern Island**. Uppsala, [s. n.]. p. 587-600. 1937.

SETCHELL, W. A. Some trabeculate *Codiums* (including two new species). **Proceedings of the National Academy of Sciences,** Washington, US, v. 26, p. 443-448. 1940.

SHIMADA, S., HIRAOKA, M., SERISAWA, Y.; HORIGUCHI, T. Phylogenetic studies in the genus *Codium* (Chlorophyta) from Japan. **Journal the Proceedings of Algae,** v. 52, p. 35-39. 2004.

SILVA, P. C. The genus *Codium* in California with observation on the structure of the walls of the utricles. **University of California Publications in Botany**, Berkeley, v. 25, p. 79-114. 1951.

SILVA, P.C. *Codium* In: EGEROD, L. G. (Ed.) An analysis of the siphonous Chlorophycophyta with special reference to the Siphonocladales, Siphonales and Dasycladales of Hawaii. **University of California Publications in Botany**, Berkeley, v. 25, p. 381- 395. 1952.

SILVA, P. C. The dichotomous species of *Codium* in Britain. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom,** v. 34, p. 565-577. 1955.

SILVA, P. C. *Codium* in Scandinavian waters. **Svensk Botanisk Tidskrift**, n. 51, p. 117-134. 1957.

SILVA, P. C. The genus *Codium* (Chlorophyta) in South Africa. **The Journal of South African Botany,** South African**,** v. 25, n. 2, p. 103-165. 1959.

SILVA, P.C. *Codium* (Chlorophyta) in the tropical Western Atlantic. **Nova Hedwigia**, Stuttgart, v. 1, p. 497-536. 1960.

SILVA, P. C. *Codium*, a genus of challenge and frustration. **Journal of Phycology**, v. 34, n. 3, p. 55. 1998.

SILVA, P. C.; WOMERSLEY, H. B. S. The genus *Codium* (Chlorophyta) in Southern Australia. **Australian Journal of Botany,** n. 4, p. 261-289. 1956.

SZÉCHY, M. T. M.; NASSAR, C. A. G.; FALCÃO, C.; MAURAT, M. C. S. Contribuição ao inventário das algas marinhas bentônicas de Fernando de Noronha. **Rodriguesia,** Rio de Janeiro, v. 67, n. 41, p. 53-61. 1989.

TAYLOR, W. R. Algae collected by the Hassler, Albatross and Schmitt Expeditions I- Marine Algae from Brazil. **American Journal of Botany,** Lancaster, n. 16, p. 621-630. 1930.

TAYLOR, W. R. A synopsis of the marine algae of Brazil. **Revue Algologie,** Paris, v. 5, n. 3-4, p. 279–313. 1931.

TAYLOR, W. R. **Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of Americas.** Ann Arbor: University of Michigan Press, 870 p. 1960.

TEIXEIRA, V. L.; PEREIRA, R. C.; MUNIZ, J. A.; SILVA, L. F. F. Contribuição ao estudo de algas de profundidade da costa sudeste do Brasil. **Ciências e Cultura,** São Paulo, v. 37, n. 5, p. 809-815. 1985.

TROWBRIDGE, C. D. Ecology of the green macroalga *Codium fragile* (Suringar) Hariot 1889: invasive and non-invasive subspecies. **Oceanography and Marine Biology Annual Rewiew,** Aberdeen**,** v. 36, p. 1-64. 1998.

TSENG, C. K.; GILBERT, W. M. J. On new algae of the genus *Codium* from the South China sea. **Journal of the Washington Academy of Sciences**, local, v. 32, n. 10, p. 291-296. 1942.

UGADIM, Y. Algas Marinhas Bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do litoral do Estado do Paraná. I. Divisão Chlorophyta. **Boletim de Botânica,** São Paulo, v. 1, p. 11-77. 1973.

UGADIM, Y.; PEREIRA, S. M. B. Deep-water marine algae from Brazil collected by the Recife Comission I. Chlorophyta. **Ciência e Cultura,** São Paulo, v. 30, n. 7, p. 839-842. 1978.

VAN DEN HEEDE, C.; COPPEJANS, E. The genus *Codium* (Chlorophyta, Codiales) from Kenya, Tanzania (Zanzibar) and the Seychelles. **Nova Hedwigia**, Stuttgart, v. 62, n. 2-3, p. 389-417. 1996.

VAN DEN HOEK, C.; MANN, D. G.; JAHNS, H. M. **Algae*:*** an introduction to phycology. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 623 p.

VERBRUGGEN, H.; LELIAERT, F.; MAGGS, C. A.; SHIMADA, S.; TSCHILS, T.; PROVAN, J.; BOOTH, D.; MURPHY, S.; DE CLERCK, O.; LITTLER, D. S.; LITTLER,

M. M.; COPPEJANS, E. Species boundaries and phylogenetic relationships within the green algal genus *Codium* (Bryopsidales) basead on plastid DNA sequences. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 44, p. 240 – 254. 2007. Supplement.

VILLAÇA, R.; PEDRINI, A. G.; PEREIRA, S. M. B.; FIGUEREDO, M. A. O. Flora marinha bentônica das Ilhas oceânicas brasileiras. p.105-146. In*:* ALVES, R. J. V.; CASTRO, J. W. A. (Org.). **Ilhas oceânicas brasileiras:** da pesquisa ao manejo. Brasília, DF: MMA. 2006.

WILLIAMS, L. G. The genus *Codium* in North Carolina. **Journal of the Mitchell Society**, p. 107-117. 1980.

WILLIAMS, L. G.; BLOMQUIST, H. L. A collection of marine algae from Brazil. **Bulletin of the Torrey Botanical Club,** New York, v. 74, n. 5, p. 383-397. 1947.

WYNNE, M. J. A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: second revision. **Nova Hedwigia**, Stuttgart, v. 129, p. 1-152. 2005.

YONESHIGUE, Y. **Taxonomie et ecologie des algues marines dans la région de Cabo Frio (Rio de Janeiro, Brésil).** 1985. 466 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculté des Sciences de Luminy - Université D' Aix, Marseille II.

YONESHIGUE-BRAGA, Y. Flora marinha bentônica da Baía de Guanabara e Cercanias: Chlorophyta**. Instituto de Pesquisas da Marinha**, Rio de Janeiro, v. 42, p. 1-55. 1970.

YONESHIGUE, Y.; VALENTIN, J. L. Comunidades algais fotófilas de infralitoral de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. **Gayana Botanica**, Santiago, n. 45, p. 61-75. 1988.

YONESHIGUE-VALENTIN, Y.; GESTINARI, L. M. S.; FERNANDES, D. R. P. 2006. Macroalgas. P. 67-105. In: LAVRADO, H. P.; IGNACIO, B. L. (ed.). **Biodiversidade bentônica da região central da zona exclusiva brasileira.** Rio de Janeiro: Museu Nacional.(Série Livros, 18). 2006.

4 - RESULTADOS

4.1 - Manuscrito I

O gênero *Codium* Stackhouse (Bryopsidales – Chlorophyta) no Brasil: taxonomia e distribuição geográfica.

O trabalho será enviado para a REVISTA NOVA HEDWIGIA

O gênero *Codium* Stackhouse (Bryopsidales – Chlorophyta) no Brasil: taxonomia e distribuição geográfica

Maria de Fátima de Oliveira-Carvalho[1,3], Sonia Maria Barreto Pereira [1,3] e Francisco Flores Pedroche[2]

1- Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB) - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Avenida Dom Manoel de Medeiros, S/N. 52171-900. Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil.

2. Departamento de Hidrobiología da Universidad Autónoma Metropolitana - Iztapalapa. Apdo Postal 55- 535. México, D. F. 09340, México.

3. correspondência para autor: mfocarvalho@yahoo.com.br; soniabp@terra.com.br

Resumo: *Codium* Stackhouse é um gênero marinho, com distribuição cosmopolita, representado por 125 táxons infragenéricos. No litoral brasileiro o conhecimento sobre os representantes do gênero *Codium* está restrito a poucos trabalhos desenvolvidos em levantamentos florísticos gerais em diferentes localidades. O objetivo deste trabalho é apresentar o levantamento de *Codium* no litoral brasileiro com ênfase na taxonomia e distribuição de seus representantes. Para a realização deste estudo, o material foi coletado em diversas praias do litoral brasileiro, além da análise das exsicatas depositadas nos herbários nacionais e internacional da Califórnia (Berkeley-UC). Com este estudo, sete táxons foram reconhecidos: *C. decorticatum, C. intertextum, C. isthmocladum, C. repens, C. spongiosum, C. taylori e Codium* sp. A partir deste trabalho, *C. profundum* está sendo considerado como *Codium* sp e *C. tomentosum* como uma espécie duvidosa para o litoral brasileiro. Devido a grande plasticidade morfológica encontrada em *C. decorticatum, C. isthmocladum* e *C. taylorii* houve dificuldade na identificação de alguns espécimes. *C. isthmocladum, C. decorticatum*, *C. taylorii* e *C. intertextum* foram as que apresentaram maior distribuição na costa brasileira.

Palavras-chave: Clorofíceas, Codiaceae, Atântico Americano, costa brasileira, morfologia e taxonomia.

Abstract: *Codium* Stackhouse is a marine genus, with cosmopolitan distribution, represented by 125 infrageneric taxa. In Brazilian littoral the knowledge about *Codium* is restricted to few works developed on general floristic surveys in different localities. The aim of the present work is to present the survey of *Codium* in the Brazilian littoral with emphasis to the taxonomy and distribution of their representatives. In this study the material was sampled in many beaches of the Brazilian littoral, besides the analysis of excicates deposited in the Brazilian and Californian (Berkeley-UC) herbaria. Through this study, seven taxa were recognized: *C. decorticatum, C. intertextum, C. isthmocladum, C. repens, C. spongiosum, C. taylorii and Codium* sp. With this work, *C. profundum* is considered as *Codium* sp. and *C. tomentosum* as a doubtful species to the Brazilian littoral. Because of the great morphological plasticity found in *C. decorticatum*, *C. isthmocladum* and *C. taylorii* there was difficulty in the identification of some speciemens *C. isthmocladum, C. decorticatum*, *C.taylorii* and *C.* intertextum were those which represent the greater distribuiton in the Brasilian coast

Key words: Chlorophyceae, Codiaceae, American Atlantic, Brazilian coast, morphology and taxonomy.

Introdução

Codium Stackhouse é um gênero cosmopolita, pertencente à família Codiaceae, phylum Chlorophyta. Seus representantes são exclusivamente marinhos, ocorrendo desde a franja do mesolitoral até 200m de profundidade (Pedroche et al. 2002). O talo caracteriza-se pelo aspecto esponjoso, devido ao entrelaçamento dos filamentos cenocíticos (Graham & Wilcox 2000).

A ampla plasticidade fenotípica apresentada pelo gênero tem sido referida por diversos autores e parece estar relacionada ao elevado grau de variabilidade morfológica dentro e entre populações (Silva 1951; Pedroche et al. 2002). Aproximadamente, 40% das espécies reconhecidas para o gênero são distintas macromorfologicamente, enquanto que as outras formam grupos complexos de intricada variação morfológica (Silva 1998). Em conseqüência disto, a taxonomia de *Codium* tem-se tornado bastante complexa e confusa (Chacana et al. 1996).

Atualmente, o gênero engloba 125 táxons infragenéricos, distribuídos principalmente entre as zonas temperada e subtropical como no Japão (19 táxons), na África do Sul (19 táxons), na Austrália (18 táxons) e na costa do Pacífico no México (13 táxons) (Goff et al. 1992; Pedroche 2001; Pedroche et al. 2002). Na flora tropical e subtropical do Atlântico Ocidental, estão registrados nove táxons, uma subespécie e uma variedade (Wynne 2005).

Para o Brasil, oito táxons têm sido referidos: *C. decorticatum* (Woodw.) M. Howe, *C. intertextum* Collins & Herv., *C. isthmocladum* Vickers, *Codium profundum* P. C. Silva & M. E. Chacana, *C. repens* Vickers, *C. spongiosum* Harv., *C. taylorii* P. C. Silva e *C. tomentosum* Stackhouse (Silva 1960; Pereira et al. 2002; Chacana et al. 2003, Yoneshigue-Valetin et al. 2006; Pereira et al. 2007). Este conhecimento está restrito a poucos trabalhos desenvolvidos em levantamentos florísticos gerais em diferentes localidades (Joly 1957, 1965; Yoneshigue-Braga 1970; Ugadim 1973; Ugadim & Pereira 1978; Pereira et al. 1981; Teixeira et al. 1985; Yoneshigue & Valentin 1988; Pereira & Accioly 1998; Pereira et al. 2002; Oliveira-Carvalho et al. 2003; Yoneshigue-Valetin et al. 2006; Pereira et al. 2007). Recentemente, Alves & Moura (2005) referenciaram para a Ilha de Itaparica (Estado da Bahia), *C. decorticatum, C. intertextum, C. isthmocladum*, *C. repens* e *C. taylorii.*

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o levantamento de *Codium* no litoral brasileiro com ênfase na taxonomia e distribuição de seus representantes.

Material e métodos

Os estudos foram baseados em espécimes coletados nas diferentes regiões geográficas do litoral brasileiro, bem como, em exsicatas depositadas predominentemente em herbários nacionais indexados.

Os exemplares foram coletados no período de abril de 2005 a outubro de 2006. A coleta foi realizada nos trechos do litoral das regiões Nordeste (Estados da Paraíba - PB, Pernambuco - PE, Sergipe - SE e Bahia - BA), Sudeste (Estados do Espírito Santo - ES, Rio de Janeiro - RJ e São Paulo - SP) e Sul (Estados de Santa Catarina – SC e Rio Grande do Sul - RS). Os estados brasileiros foram escolhidos de acordo com a representatividade do gênero na flora local, conforme levantamentos bibliográficos e herbários consultados. As coletas foram realizadas na região entre-marés, durante as baixas marés, com auxílio de espátulas e quando necessário através de mergulhos livres nas poças recifais. Os espécimes foram conservados em solução de formaldeído (4%).

Foram analisadas exsicatas dos herbários brasileiros: PB (Lauro Pires Xavier - JPB), PE (Professor Vasconcelos Sobrinho – PEUFR), BA (Alexandre Leal Costa – ALVB e o da Universidade Estadual de Feira de Santana - HUEFS), RJ (Jardim Botânico do Rio de Janeiro - RB; Museu Nacional - R; Universidade Estadual do Rio de Janeiro - HB e o da Universidade Federal do Rio de Janeiro - RFA); SP (Instituto de Botânica - SP e Instituto de Biociências da Universidade São Paulo-SPF) e Santa Catarina (Horto Botânico - Flor). Foi também analisado o material designado como *C. profundum* depositado no Herbário da Universidade da Califórnia (Berkeley – UC). Foram analisadas exsicatas de *Codium* da região entre-marés, e do infralitoral, através do material dragado pelas expedições oceanográficas a seguir listadas. Almirante Saldanha (entre os Estados da Bahia e do Espirito Santo, 1967), Akaroa (entre os Estado de Alagoas e de Sergipe, 1965), Canopus (entre os Estado do Ceará e de Sergipe, 1965-1966) e Comissão Recife (no Estado de Pernambuco, 1966-1967) (Guimarães et al. 1981). Quando necessário, foi procedida a correção taxonômica das exsicatas.

A identificação das espécies foi baseada nos caracteres morfológicos (hábito, padrão de ramificação e dimensões dos ramos), anatômicos (diâmetro dos filamentos medulares, morfologia e dimensões dos utrículos e disposição de pêlos ou cicatrizes) e reprodutivos (morfologia, dimensões e inserção dos gametângios) adotados por Silva (1951; 1959), Silva & Womersley (1956), Chacana et al. (1988), Van den Heede & Coppejans (1996) e Pedroche et al. (2002). Para cada estrutura analisada, foram feitas, quando possível, 20 medições com auxílio de uma ocular micrométrica Zeiss e calculadas as médias, que se encontram nas descrições das espécies, sendo fornecidas, ainda, os valores mínimos e máximos. A ilustração

do aspecto geral do talo foi feita através de câmara digital Canon Power Shot 4.0. Para uma melhor visualização e contraste das estruturas anatômicas e reprodutivas, foi utilizada solução aquosa de azul de anilina a 1% e as imagens obtidas em microscópio estereoscópio Zeiss acoplado a câmara fotográfica digital. O material coletado foi herborizado segundo as técnicas usuais em ficologia marinha e as exsicatas incorporadas ao Herbário – PEUFR. Devido ao grande número de exemplares de *Codium* analisado e a delimitação do número de páginas na publicação, serão citados apenas os exemplares representativos dos Estados brasileiros. Na relação do material examinado, o coletado será distinguido dos demais pelo sinal (*).

O posicionamento taxonômico das subordens e seções foi baseado nos trabalhos de Setchell (1937), Silva (1951) e Verbruggen et al. (2007). A identificação das espécies foi feita com base em Joly (1965), Taylor (1960), Silva (1952; 1960), Van den Heede & Coppejans (1996), Littler & Littler (2000), Chang et al. (2002) e Chacana et al. (2003).

Resultados e discussão

Foram identificadas sete espécies de *Codium* para a costa brasileira, pertencem ao subgênero *Tylecodium* as espécies: *C. intertextum* (seção *Adhaerentia*) e *C spongiosum* (seção *Spongiosa*) e ao subgênero *Shizocodium* as espécies: *C. isthmocladum, C. repens* e *Codium* sp (*seção Tomentosa*) e *C. decorticatum* e *C. taylorii* (seção *Elongata*).

Chave de identificação para as espécies de *Codium* do litoral brasileiro.

1a. Formas prostradas, não ramificadas; utrículos agrupados (subgênero *Tylecodium*).....2

2a. Talo crostoso, de forma irregular, fortemente aderido ao substrato; utrículos menores que 1000 µm de comprimento (Seção *Adhaerentia*) .....***C. intertextum***

2b. Talo pulvinado, subgloboso, frouxamente aderido ao substrato; utrículos maiores que 1000 µm de comprimento (Seção *Spongiosa*).....***C. spongiosum***

1b. Formas eretas, ramificações dicotômicas a politômicas; utrículos individuais (subgênero *Shizocodium)*.....3

3a. Ramos cilíndricos a subcilíndricos..... (Seção *Tomentosa*)

4a. Ramo cilíndrico, talo ereto, ramificação dicotômica regular, utrículo de ápice espessado e lamelado..... ***C. isthmocladum***

4b. Ramo subcilíndrico, talo ereto, ramificação dicotômica irregular, utrículo de ápice delgado..... ***Codium*** sp.

4c. Ramo cilíndrico a subcilíndrico, talo procumbente, ramificação dicotômica irregular a divaricata, tufos densamente entrelaçados semelhante a novelos com ramos

anastomosados, utrículo de ápice delgado..... ***C. repens***

3b. Ramos complanados..... (Seção *Elongata*)

5a. Ramo totalmente complanado, ramificação dicotômica irregular, ápices dos ramos com crescimento desigual a cervicornes..... ***C. taylorii***

5b. Ramo complanado apenas nas dicotomias; cuneados; ramificação geralmente dicotômica, raramente politômica; ápice com crescimento igual .....***C. decorticatum***

Descrição e comentários das espécies analisadas

Codium decorticatum (Woodw.) M. Howe Figs: 1-8

Bulletim of the Torrey Botanical Club 38: 494, 1911.

Localidade tipo: Mar Mediterrâneo.

Basiônimo: *Ulva decorticata* Woordward, Trans. Linn. Soc., p. 55, 1797.

Talo ereto, coloração verde-escura, com até 38 cm de altura, fixo ao substrato por um apressório basal discóide. Ramificação predominantemente dicotômica regular, às vezes politômica. Ramos frequentementes cilíndricos, exceto nas dicotomias cuneatas, com evidente achatamento. Filamentos medulares incolores medindo 40 (55) 70 μm de diâmetro, com espessamento lenticular 20 (40) 60 μm. Utrículos individuais, clavados a cilíndricos, raramente piriformes, medindo 90 (340) 550 μm de diâmetro e 870 (1.132) 2.125 μm de comprimento. Ápice do utrículo arredondado, truncado ou com leve depressão central, parede apical delgada de até 20 μm de espessura. Pêlos ou cicatrizes de pêlos distando de 80 (115) 232 μm do ápice do utrículo. Gametângios de 1 a 2 distribuídos por utrículo, ovóides, lanceovóides a lanceolados, 70 (87) 140 μm de diâmetro e 120 (229) 325 μm de comprimento, crescendo sobre curto pedicelo, distantes 210 (468) 669 μm do ápice do utrículo.

Material examinado: Ceará: PEUFR 17811: 26/11/1992 - N.P.Dantas. Paraíba: PEUFR 48539: 22/07/2005 - M.F. Oliveira-Carvalho & P.A. Horta (*). Pernambuco: PEUFR 48537: 04/12/2005 - S.M.B. Pereira *et al.* (*). Alagoas**:** SPF 573: 29/01/1965 - E.C. Oliveira. Bahia: PEUFR 48534: 18/09/2005 - M.F. Oliveira-Carvalho & M.C. Accioly (*). Espírito Santo: PEUFR 48526: 01/04/2006 - S.M.P.B. Guimarães & G. Amado Filho (*). Rio de Janeiro: PEUFR 48532: 11/06/2006 - L.M.S. Gestinari (*). São Paulo: SPF 575: 21/07/1963 - A.B. Joly. Paraná: SPF 53323: 11/10/1985 - M.T. Shirata et al. Santa Catarina: PEUFR 48530: 01/04/2006 - M.F. Oliveira-Carvalho et al (*); PEUFR 48529: 21/09/2006 - M.F. Oliveira-Carvalho & P.A. Horta (*). Rio Grande do Sul: PEUFR 48524: 24/03/2006 - D. Barata (*).

Expedições Oceanográficas: SPF 5180: 8/09/1965 – *Akaroa* Est. 42 (09^0 32' 05"S e 35^0 20'35" W), profundidade (31 m); SPF 027300: 7/09/1965 – *Akaroa* Est. 57 ($09^0$46'10"S e 35^0 24'45" W), profundidade (45 m); SPF 027302: 18/02/1967 – *Recife* Est. 100 (08^0 17' 04" S e 34^0 52' 2" W), profundidade (22,5 m).

Comentários: Os espécimes foram encontrados na zona entre-marés, crescendo sobre os recifes da Região Nordeste (Bahia) e sobre os costões rochosos das Regiões Sudeste (Rio de Janeiro e Espírito Santo) e Sul (Santa Catarina e Rio Grande do Sul). No litoral de Santa Catarina, na região entre-marés, extensas populações foram encontradas crescendo recobertas por areia. No infralitoral, a referida espécie foi encontrada na profundidade de 45 m (SPF 027300).

Alguns exemplares coletados na região entre-marés abrigavam como epífitas *Ceramium brevizonatum* H. E. Petersen, *C. dawsonii* A. B. Joly, *Erythrotrichia carnea* (Dillwyn) J. Agardh, *Hydrolithon chamaedoris* (Foslie & M. Howe) M. J. Wynne, *Hypnea musciformis* (Wulfen) J. V. Lamour., *Rhodothamniella codicola* (B∅rgesen) C. Bidoux & F. Magne, *Gymnothamnion* sp. e *Ectocarpus* sp. Nos costões alguns espécimes cresciam associados a *Codium intertextum*, *Dictyopteris delicatula* Lamour., *Gelidiella acerosa* (Forssk.) Feldmann & Hamel, *Chondrophycus papillosus* (C. Agardh) D. J. Garbary & J. T. Harper e *Pneophyllum fragile* Kütz.

Os espécimes coletados na costa do Nordeste (PB, PE e BA) apresentaram talos de pequeno porte, robustos, cilíndricos a levemente achatados, podendo, em campo, serem confundidos com *C. taylorii* e *C. isthmocladum.* Silva (1960) ao estudar o referido gênero para o Atlântico tropical, verificou que alguns exemplares de *C. decorticatum, C. taylorii* e *C. isthmocladum* exibiam consideráveis combinações de caracteres, concluindo que poderia haver hibridização interespecifica. Os exemplares coletados em Santa Catarina (Região Sul) apresentaram talos mais desenvolvidos, com morfologia típica, ramos cilíndricos, dicotômicos, dicotomias cuneadas e espaçadas entre si. Os exemplares coletados no Estado do Espírito Santo (Região Sudeste) provenientes da região do infralitoral apresentavam ramos predominantemente subcilíndricos, com entrenós espaçados e dicotomias levemente cuneadas.

Segundo Silva (1960), o grau de variação morfológica apresentada por esta espécie está fortemente influenciado pela idade da planta e pelos fatores ambientais. O referido autor comenta que talos de plantas jovens geralmente são cilíndricos a levemente achatados, enquanto que os talos adultos são freqüentemente achatados nas dicotomias. Ambientes de águas calmas e claras parecem conduzir para o desenvolvimento luxuriante dos espécimes, com dicotomias cuneadas e internós compridos e cilíndricos. Ambientes com águas

turbulentas favorecem o desenvolvimento de plantas de pequeno porte, com ramificações curtas e ramos freqüentemente cilíndricos. Anatomicamente, *C. decorticatum* se distingue por possuir utrículos de grandes tamanhos (geralmente acima de 1.000 μm) e o desenvolvimento dos mesmos está relacionado à idade da planta. As características apresentadas pelas plantas brasileiras correspondem aos comentários de Silva (1960), as descrições de Joly (1965), Taylor (1960) e Silva (1960) para os exemplares do Atlântico Tropical e Littler & Littler (2000) para a região dos mares do Caribe.

Codium intertextum F.S. Collins & Harvey. Figs: 9-15
Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences 53: 54. 1917.
Localidade Tipo: Bermuda

Talo crostoso, de coloração verde-escura, de hábito prostrado, fortemente aderido ao substrato por vários tufos rizoidais. Crostas com expansões irregulares, margens lobadas livres ou frouxamente aderidas ao substrato. Filamentos medulares incolores com 21 (29) 35 μm de diâmetro, espessamento lenticular de 9 (16) 23 μm. Utrículos fortemente agrupados, de difícil dissociação, cilíndricos a ligeiramente clavados medindo 58 (103) 202 μm de diâmetro e 469 (686) 914 μm de comprimento. Ápice do utrículo arredondado a truncado, com parede apical medindo 13 (18) 31μm de espessura. Pêlos ou cicatrizes de pêlos proeminentes, abundantes, distribuídos em faixas, distando 66 (97) 162 μm abaixo do ápice do utrículo. Gametângios distribuídos de 1 a 2 por utrículos, cilíndricos a fusiformes, medindo 58 (83) 108 μm de diâmetro e 188 (245) 292 μm de comprimento, crescendo sobre curto pedicelo, posicionados a 277 (323) 392 μm abaixo do ápice do utrículo.

Material examinado: Pernambuco: PEUFR 12761: 13/04/1987 - M.C. Accioly. Alagoas: SPF 577: 03/03/1965 - E. C. Oliveira Filho. Bahia: PEUFR 48551: 17/05/2005 - M.F. Oliveira-Carvalho & M.C. Accioly (*). Espírito Santo: PEUFR 48559: 20/07/2005 - S.M.P.Guimarães (*). Rio de Janeiro: PEUFR 48566: 27/07/2006 - M.F. Oliveira-Carvalho; V. Cassano & D. Barata (*). São Paulo: PEUFR 48562: 14/07/2006 - M. F. Oliveira-Carvalho & F. Bechez (*). Santa Catarina: PEUFR 48553: 27/11/2005 - S.M.P. Guimarães (*). Arquipélago de Fernando de Noronha: PEUFR 48567: 14/06/2006 - P.A. Horta (*). Atol das Rocas: SPF 25607; 255609: 02/1972 - E.C. Oliveira Filho. Expedição Oceanográfica: SPF 026040: 8/09/1965 – *Akaroa* Est. 35 ($09^0\,27'50''$S e $35^0\,07'45''$W), profundidade (33 m).

Comentários: Os espécimes foram coletados sobre os recifes da Região Nordeste (Bahia) em local com moderada arrebentação e sobre os costões rochosos das Regiões Sudeste (São Paulo e Rio de Janeiro) e Sul (Santa Catarina) formando extensos tapetes nas paredes verticais da região entre-marés. Algunas plantas foram encontradas compartilhando o mesmo substrato com *C. taylorii* no litoral de São Paulo e com *C. decorticatum* no litoral de Santa Catarina. Nos ambientes insulares, registra-se sua presença no Arquipélago de Fernando de Noronha e no Atol das Rocas. *C. intertextum* é uma espécie bastante comum na região entre-marés e no infralitoral a sua presença foi registrada a 33 m de profundidade, pela Expedição Akaroa-35 (SPF026040).

No material coletado, foi observada a ocorrência das epífitas *Anadyomene stellata* (Wulfen) C. Agardh, *Bryopsis pennata* J. V. Lamour., *Caulerpella ambigua* (Okamura) Prud`homme van Reine & G. M. Lokhorst, *Cladophoropsis membranacea* (C. Agardh) Børgesen, *Ulva lactuca* L., *Phyllodictyon anastomosans* (Harv.) G. T. Kraft & M. J. Wynne, *Chaetomorpha antennina* (Bory) Kutz., *Hincksia mitchelliae* (Harv.) P. C. Silva, *Herposiphonia secunda* (C. Agardh) Ambronn, *Amphiroa anastomosans* Weber van Bosse, *Centroceras clavulatum* (C. Agardh) Mont., *Hypnea musciformis, Grateloupia* sp., *Tricleocarpa* sp., *Corallina* sp. e *Jania* sp. Algunas plantas de *C. intertextum* cresciam em associação com *Dictyosphaeria versluysii* Weber van Bosse, *Dictyopteris delicatula*, *Gelidiella acerosa* e *Chondrophycus papillosus.*

Nos espécimes analisados foram observadas algumas variações morfológicas nos talos que cresciam diretamente expostos à arrebentação, apresentando-se densamente enrugados e lobados, quando comparados com os que cresciam em locais moderadamente agitados.

C. *intertextum* faz parte do "complexo *Arabicum"* constituído por um conjunto de microespécies ou subespécies amplamente distribuída por toda a Região Indo-Pacífica (Silva 1962). Segundo este autor, *C. intertextum* está morfologicamente relacionado com *C. adhaerens* C. Agardh. No entanto, Chacana et al. (1988) afirmam que a morfologia do talo e o ápice do utrículo constituem importantes critérios para a separação de ambas as espécies. Ainda de acordo com os referidos autores, *C. intertextum* apresenta talos lobados, fortemente aderidos ao substrato, coloração verde-escura e utrículos clavados com ápices freqüentemente alveolados, enquanto que os talos de *C. adhaerens* formam camadas expandidas irregulares, levemente fixas ao substrato, coloração verde-clara e utrículos cilíndricos com ápices não ornamentados.

De modo geral, as plantas analisadas correspondem às descrições e ilustrações feitas por Pereira & Accioly (1998) para Pernambuco (Brasil); Taylor (1960) e Silva (1960) para o

Atlântico tropical; Chacana & Gil-Rodrigues (1993) e Chacana et al. (1988) para as Ilhas Canárias; Littler & Littler (2000) para a região dos mares do Caribe.

Codium isthmocladum Vickers Figs: 16-25

Annales des Sciences Naturalles, Botanique, Ser. 9:57. 1905.

Localidade tipo: Barbados.

Talo ereto, coloração verde-oliva, com até 20 cm de altura, fixo ao substrato por um apressório basal discóide. Ramificação predominantemente dicotômica regular. Ramos cilíndricos, ramificados até a 12ª ordem. Filamentos medulares incolores medindo 24 (30) 36 μm de diâmetro, com espessamento lenticular de 21 (27) 35 μm. Utrículos individuais, clavados, cilíndricos, raramente piriformes, com 114 (193) 278 μm de diâmetro e 468 (623) 736 μm de comprimento. Ápices dos utrículos arredondados, truncados, espessados e lamelados, medindo 30 (42) 55 μm de espessura. Pêlos ou cicatrizes de pêlos situados abaixo do ápice do utrículo, distando 48 (68) 91 μm. Gametângios distribuídos de 1 a 2 por utrículos, ovóides, lanceovóides a fusiformes, medindo 61 (83) 106 μm de diâmetro e 149 (199) 232 μm de comprimento, distando 198 (237) 297 μm do ápice do utrículo.

Material examinado: Piauí: PEUFR 30584: 11/09/1999 - M.G.S. Batista. Ceará: SPF 620: 04/07/1964 - H. Matheus. Rio Grande do Norte: SPF 625: 21/07/1964 - E.C. Oliveira. Paraíba: PEUFR 48505: 11/02/2006 - M.F. Oliveira-Carvalho (*). Pernambuco**:** PEUFR 48501: 19/01/2006 - S.M.B. Pereira *et al.*(*). Alagoas: SPF 618: 29/01/1965 - E. C. Oliveira Filho. Sergipe: PEUFR 49386: 03/2000 – Plataforma Continental de Sergipe, Estação 6. Petrobrás-UFSE. Bahia: PEUFR 48498: 18/09/2005 - M.F. Oliveira-Carvalho & M.C. Accioly (*). Espírito Santo: PEUFR 48494: 13/06/2006 - M. Pacheco (*). Rio de Janeiro: SPF 24648: 24/08/1983 - Jorcélio. São Paulo: PEUFR 48491: 14/07/2006 - M.F. Oliveira-Carvalho & F. Berchez (*). Paraná: PEUFR 1235: 6/09/1968 - Y. Ugadim. Santa Catarina: PEUFR 48496: 09/11/2005 - S.M.P.B. Guimarães & G.A. Filho (*). Arquipélago de Fernando de Noronha: PEUFR 21614: 08/03/1994 - S.M.B. Pereira. Expedições Oceanográficas: SPF 005176: 12/01/1966 - *Canopus* Est. 93 (06^0 $04'$ $30"$S e 34^0 $52'$ $00"$W), profundidade (69 m); SPF 05266: 29/04/1967 – *Recife* Est.145 ($08^0 05' 07"$S e $34^0 41' 00"$W), profundidade (37 m); SPF 4747: 08/09/1965 - *Akaroa* Est. 44 ($09^0 32' 05"$S e $35^0 10' 35"$W), profundidade (40 m); SPF 027315: 26/09/1967 - *Almirante Saldanha* Est. D9 ($17^0 00' 0"$S e $38^0 40' 0"$W), profundidade (47 m).

Comentários: Os espécimes foram coletados na região entre-marés, crescendo sobre os recifes da Região Nordeste (Paraíba, Pernambuco e Bahia) e sobre os costões rochosos das Regiões Sudeste (Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo) e Sul (Santa Catarina). Também foram encontrados exemplares crescendo na região de infralitoral, até 69 m de profundidade (SPF 005176). Em geral, no litoral do Nordeste (PB, PE, SE) e Sudeste (ES) as plantas cresciam isoladas e quando agregadas formavam densos tufos sobre nódulos de algas calcárias.

Alguns exemplares coletados abrigavam como epífitas: *Padina gymnospora* (Kütz.) Sond., *Dictyota cervicornis* Kütz., *Dictyopteris delicatula*, *Ceramium brevizonatum*, *Sahlingia subintegra* (Rosenv.) Kornnann, *Hydrolithon chamaedoris, Gelidiella acerosa, Gelidium pusillum* (Stackh.) Le Jolis, *Herposiphonia secunda* (C. Agardh) Ambronn, *Hypnea musciformis* e *Jania* sp.

Os exemplares analisados neste estudo apresentaram uma marcada variação morfológica. Os espécimes da região de infralitoral exibiram talos com morfologia mais uniforme, quando comparados aos da região entre-marés. Na região do infralitoral, as plantas apresentaram-se mais desenvolvidas, com talos densamente ramificados e dicotomias espaçadas. Foram observadas plantas com morfologia semelhante, porém menos desenvolvidas em poças recifais do platô na região entre-marés. Plantas de menor porte, com talos densamente ramificados e dicotomias curtas, foram encontradas em ambientes agitados, tanto nos recifes como nos costões.

Alguns exemplares do infralitoral provenientes do Nordeste (Sergipe) e do Sudeste (Espírito Santo) portavam estruturas propagativas denominadas de "Brutkorper". O termo "Brutkorper" foi utilizado pela primeira vez por Schmidt, em 1923, para designar os gametângios abortivos modificados (Silva 1960). Aparentemente, estes propágulos são formados durante os períodos de temperaturas baixas, quando os gametângios não alcançam a maturidade (Williams 1980). Ainda de acordo com referido autor, em geral, gametângios funcionais e gametas são produzidos durante o verão. Entretanto, neste trabalho as estruturas propagativas só foram observadas nos meses de maio e junho (estação chuvosa) e ambas as estruturas (gametângio e propágulos) ocorriam simultaneamente.

O propágulo se diferencia do gametângio por apresentar protuberância ou filamento estendido, coloração intensa, ausência de gametas e aberturas apicais (opérculos). Provavelmente, seja um gametângio modificado, resultado da gametogênese ou meiose incompleta (Chang et al. 2003). Estes autores comentam que estas estruturas apresentam grande potencial para formar novos talos e funcionam como se fosse um "banco de sementes" para a próxima estação. Os propágulos "Brutkorper" podem ocorrer em qualquer espécie de

Codium (Silva 1957). Sua presença já foi registrada para *C. isthmocladum* e *C. intertextum* (Silva 1960), *C. decorticatum* (Williams 1980) e *C. edule* (Chang *et al.* 2003).

Codium repens P. Crouan & H. Crouan in Vickers. Figs: 26-33
Annales des Scienses Naturelles, Botanique, ser. 9: 56, 1905.
Localidade tipo: I. Guadeloupe, Índias Occidentais.

Talo procumbente de coloração verde-escuro, com ramificação dicotômica irregular a divaricata. Ramos cilíndricos a subcilíndricos, ligeiramente achatados, com diversas anastomoses; formando tufos densamente emaranhados, semelhantes a novelos de lã, fixos ao substrato por diversos tufos rizoidais. Filamentos medulares incolores medindo 25 (31) 40 μm de diâmetro, com espessamento lenticular de 25 (28) 30 μm. Utrículos individuais, clavados, subcilíndricos, medindo 120 (157) 280 μm de diâmetro e 500 (1.160) 1360 μm de comprimento. Ápices dos utrículos arredondados a ligeiramente subtruncados, parede apical delgada até 10 μm de espessura. Pêlos ou cicatrizes de pêlos de 2 a 4 por utrículos, distando 70 (220) 390 μm abaixo do ápice do utrículo. Gametângios crescendo sobre curto pedicelo, distribuídos de 1 a 2 por utrículo, cilíndricos a fusiformes, medindo 60 (68) 130 μm de diâmetro e 210 (238) 330 μm de comprimento, distando 290 (303) 340 μm do ápice do utrículo.

Material examinado: Pernambuco: PEUFR 12760: 27/02/2007 - M.C. Accioly; Ilha de Santo Aleixo: PEUFR 48574: 31/01/2006 - S.M.B. Pereira *et al.*(*). PEUFR 48573: 25/05/2005 - S.M.B. Pereira *et al.*(*). Bahia: HUEFS 76947: 04/12/2002 - A.M.Alves *et al.*; SPF 025952: 28/11/1981 - Y. Ugadim. Espírito Santo: SP 364920: 09/03/2004 - D. Barata; SP 364829: 15/04/2003 - D. Barata.

Comentários: Na Região Nordeste os exemplares foram coletados nas formações recifais (BA) ou como material arribado (PE). Nas exsicatas examinadas, os espécimes constavam como material arribado. Os exemplares coletados abrigavam como epífitas *Phyllodictyon anastomosans*, *Bryopsis pennata*, *Cladophora dalmatica* Kutz. e *Ceramium* sp. Alguns cresciam asssociados com *Dictyopteris delicatula*, *Dictyota cervicornis* Kutz. e *Caulerpa microphysa* (Weber van Bosse) Feldmann.
Os exemplares tombados no Herbário – (SP) provenientes do Sudeste (Espírito Santo) apresentaram talos robustos e espessos (acima de 0,5 cm de diâmetro), ramificação dicotômica irregular a divaricada, portando poucas anastomoses, distribuídas nas porções

medianas e apicais do talo. Os exemplares coletados no Nordeste (Pernambuco e Bahia) apresentaram talos com ramos delgados (0,3 a 0,5 cm de diâmetro), densamente emaranhados, semelhantes a novelos de lã, portando diversas anastomoses, freqüentemente distribuídas na região mediana.

A nítida diferença encontrada na espessura dos ramos nos exemplares do Nordeste e o aspecto emaranhado semelhante a novelo, foram duas características semelhantes a descritas para *C. edule* P. C. Silva. No entanto, *C. edule* é uma espécie que ocorre na região Indo-Pacífica, tendo sido registrada para o Hawai, Filipinas e Taiwan (Oceano Pacífico) e Maldivas (Oceano Índico). *C. repens* e *C. edule* fazem parte do "complexo *Codium geppiorum*", que é formado por representantes de talos rastejantes, procumbentes e anastomosados, encontrados principalmente na região Indo-Pacífica. *C. edule* é taxonomicamente muito próxima de *C. repens* do Atlântico (Silva 1960, Jones & Kraft 1984, Chang et al. 2002).

Possivelmente, as variações de talos encontradas na espécie estejam relacionadas às condições ambientais. Segundo Alves & Moura (2005), os exemplares coletados na Bahia foram encontrados desenvolvendo-se na região entre-marés, crescendo nas bordas dos recifes, em local protegido da arrebentação e da luz solar. Os exemplares do Espírito Santo, provavelmente sejam da região de infralitoral, pois foram encontrados como arribados. Silva (1960), num trabalho sobre os *Codium* no Atlântico Tropical registrou a ocorrência de exemplares de *C. repens* com talos robustos (acima de 0,5 cm diâmetro) para o Brasil, dragados a 55 m de profundidade. Van den Heede & Coppejans (1996) também relatam a variação de ambos os talos para os representantes do Quênia, Tanzânia e Ilhas Seychelles.

Os exemplares analisados correspondem ao que foi descrito por Joly (1965), Silva (1960) e Taylor (1960) para o Atlântico tropical, Van Den Heede & Coppejans (1996) para o Quênia, Tanzânia e Ilhas Seychelles e Littler & Littler (2000) para a região dos mares do Caribe.

Codium spongiosum Harvey. Figs: 34-40.

Transactions of the Royal Irish Academy 22 (Science): 565.1855.

Localidade tipo: King George's Sound, Oeste da Austrália

Talo pulvinado, subgloboso, de coloração verde-clara, hábito prostrado, formando almofadas de contornos irregulares, frouxamente aderidas ao substrato por vários tufos rizoidais de fixação. Filamentos medulares incolores medindo 60 (72) 80μm de diâmetro com espessamento lenticular de 23 (38) 57 μm. Utrículos frouxamente agrupados, de fácil dissociação, clavados a cilíndricos medindo 150 (290) 490 μm de diâmetro e 1.244 (1.565) 3.582 μm de comprimento. Ápice do utrículo arredondado, subtruncado, parede delgada com

3.8 (5) 7.5 μm de espessura. Pêlos ou cicatrizes de pêlos abundantes, formando faixas, distando 175 (295) 514 μm abaixo do ápice do utrículo. Gametângios crescendo sobre curto pedicelo, distribuídos de 1 a vários por utrículo, ovóides, lanceovóides a fusiformes, medindo 87 (90) 117 μm de diâmetro e 209 (280) 310 μm de comprimento, distando 400 (435) 565 μm do ápice do utrículo.

Material examinado: Espírito Santo: PEUFR 48543: 27/02/2006 - D. Barata (*); SPF 54244: 20/01/1973 - E. C. Oliveira Filho & L. Behar; SPF 580: 4/06/1950 - W. Bernard, profundidade (22 m); RFA 32360: 30/05/1983 - G.J.P. Mitchell. Rio de Janeiro: PEUFR 48542: 27/07/2006 - M.F. Oliveira-Carvalho, D. Barata & V. Cassano (*); PEUFR 48541: 11/08/2006 - V. Cassano (*); HRJ 008021: 11/04/1992 - A.G. Pedrini; SPF 9967: 28/08/1981 - E. Oliveira Filho, Y. Yoneshigue & M. Figueiredo; RB 292827: 01/07/1979 - Y. Yoneshigue.

Comentários: *C. spongiosum* é uma espécie amplamente distribuída em águas temperadas e tropicais e seu centro de dispersão é a região Indo–Pacífica (Silva 1952; 1959; Jones & Kraft 1984). No litoral brasileiro, os espécimes foram coletados na região entre-marés, nos costões rochosos da Região Sudeste (Rio de Janeiro e do Espírito Santo), em local moderadamente protegido. No Rio de Janeiro (Praia do Forno - Búzios), *C. spongiosum* formava extensas populações. Há registro desta espécie ocorrendo também no infralitoral do litoral do Espírito Santo a 22 m de profundidade (SPF 580).

Dentre os exemplares coletados alguns abrigavam como epífitas *Ulva flexuosa* Wulfen, *Cladophora montagneana* Kütz., *Asteronema breviarticulatum* (J. Agardh) L. C. Ouriques & Z. L. Bouzon, *Herposiphonia secunda*, *Ceramium brevizonatum*, *Ulva* sp. e *Polysiphonia* sp. Alguns cresciam associados com *Jania capillacea* Harv. e *Ulva fasciata* Delile.

Morfologicamente, os exemplares analisados formavam agregados de plantas, com aspectos subglobóides a irregulares, típicos de águas rasas, corroborando com Jones & Kraft (1984). Os referidos autores ao analisarem populações de *C. spongiosum* para Ilhas Lord Howe (Austrália), observaram que os exemplares provenientes de águas profundas tendem a crescer isoladamente, adquirindo formas esféricas, enquanto que os de águas rasas formam agregados irregulares, cobrindo grandes extensões dos recifes. De modo geral, as plantas analisadas de *C. spongiosum* correspondem ao que foi descrito e ilustrado por Silva (1960) para o Atlântico Tropical e para a Austrália (Jones & Kraft 1984).

Codium taylorii P. C. Silva Figs: 41-47

Nova Hedwigia, 1: 510, 1960.

Localidade tipo: Praia de Pass-a-Grille, Pinellas, Florida, E.U.A

Talo ereto, coloração verde-escura, com até 10 cm de altura, fixo ao substrato por um apressório basal discóide. Ramificação dicotômica irregular, dicotomias de última ordem com crescimento desigual a cervicornes Ramos frequentemente achatados, ramificados até a 10ª ordem. Filamentos medulares com 15 (25) 40 μm de diâmetro, com espessamento lenticular 15 (30) 40 μm. Utrículos individuais, clavados, cilíndricos, piriformes, 80 (170) 377 μm de diâmetro e 370 (882) 1.508 μm de comprimento. Ápices dos utrículos ligeiramente arredondados a subtruncados, parede apical até 30 μm de espessura. Pêlos ou cicatrizes de pêlos distando 50 (71) 100 μm do ápice do utrículo. Gametângios 2 a 3 distribuídos por utrículo, crescendo sobre curto pedicelo, ovóides a fusiformes, medindo 50 (68) 110 μm de diâmetro e 180 (270) 300 μm de comprimento, distando 210 (312) 380 μm do ápice do utrículo.

Material examinado: Ceará: PEUFR 17814: 07/09/1991 - N.P. Dantas. Pernambuco: PEUFR 48507: 11/01/2005 - M.F. Oliveira-Carvalho & S.M.B. Pereira (*). Alagoas: SPF 93: 31/01/1965 - E.C. Oliveira Filho. Bahia**:** PEUFR 48514: 17/04/2005 - M.F. Oliveira-Carvalho & M.C. Accioly (*). Espírito Santo: PEUFR 48516: 20/08/2005 - D. Barata (*). Rio de Janeiro: PEUFR 48523**:** 28/07/2006 - D. Barata (*). São Paulo: PEUFR 48522: 14/07/2006 - M.F. Oliveira-Carvalho & F. Berchez (*). Paraná: SPF 005149: 24/12/1973 - O. Guimarães. Santa Catarina: PEUFR 48506: 01/04/2006 - M. F. Oliveira-Carvalho *et al*.(*). Arquipélago de Fernando de Noronha: SPF 51490: 27/10/1985 - E.C. Oliveira & V. Eston.

Comentários: Os espécimes foram coletados na zona entre-marés, sobre os recifes da Região Nordeste (Pernambuco e Bahia) e nos costões rochosos das Regiões Sudeste (Rio de Janeiro, São Paulo e Espírito Santo) e Sul (Santa Catarina). No litoral de São Paulo, alguns exemplares jovens foram encontrados associados com *C. intertextum* na zona de arrebentação. Sobre o talo de alguns exemplares coletados, observou-se a presença de *Anadyomene stellata, Bryopsis pennata, Dictyopteris delicatula, Ceramium brevizonatum*, *Antithamnion* sp. e *Polysiphonia* sp.

Apesar de a olho nu a referida espécie ser facilmente reconhecida, pois apresenta talo com dicotomias de ângulos abertos, irregulares, com ramos terminais de crescimento desigual a cervicornes, dando um aspecto esférico à planta, alguns exemplares apresentaram ampla

variação morfológica, não sendo possível o seu reconhecimento. Alguns exemplares do litoral baiano poderiam ser confudidos no aspecto externo com *C. decorticatum*. Neste caso, é possível que haja na população hibridização intraespecífica, como comentado anteriormente para *C. decorticatum*. Casos de hibridização intraespecífica já foram relatados por Silva (1960) para *C. decorticatum, C. taylorii* e *C. isthmocladum*. No Rio de Janeiro, os exemplares coletados apresentavam talos densamente ramificados, de consistência aveludada devido à abundância de pêlos, ápices dilatados ou capitados. Alguns exemplares com ramos subcilíndricos e dicotomias levemente achatadas foram encontrados no litoral de Santa Catarina.

C. taylorii é uma espécie amplamente distribuída no Atlântico Tropical (Silva 1960). Sua grande variação morfológica tem sido referida por Silva (1960) e Van den Heede & Coppejans (1996). Em geral, os exemplares analisados correspondem às descrições e ilustrações de Joly (1965), Silva (1960) e Taylor (1960) para o Atlântico Tropical, Van den Heede & Coppejans (1996) para o Quênia, Tanzânia e Ilhas Seychelles e Littler & Littler (2000) para a região dos mares do Caribe.

***Codium* sp.** Figs: 48-53.

Talo ereto, coloração verde-clara, com até 15 cm de altura, fixo ao substrato por um apressório basal discóide. Ramificação dicotômica a irregular, raramente prolífera nas porções medianas do talo. Ramos subcilíndricos ou, às vezes, aplanados em algumas partes da região mediana do talo, ramificados até a 6ª ordem, medindo de 1,5 - 3 mm diâmetro. Filamentos medulares incolores, 20 (34) 48 μm de diâmetro, com espessamento lenticular de 20 (27) 35 μm. Utrículos individuais, subcilíndricos a raramente piriformes, com 100 (208) 340 μm de diâmetro e 470 (586) 740 μm de comprimento. Ápice do utrículo arredondado a truncado, parede apical delgada, medindo até 5 μm de espessura. Pêlos ou cicatrizes de pêlos, distando 57 (82) 115 μm abaixo do ápice do utrículo. Gametângios 1 a 2 por utrículo, cilíndricos a ovóides, 50 (72) 100 μm de diâmetro e 100 (159) 200 μm de comprimento, distando 250 (276) 310 μm do ápice do utrículo.

Material examinado: Rio de Janeiro: UC1607939: 13/04/1994 - *COSTA VERDE II*, $22^0$32'S, $40^0$57'W, profundidade (66 m); UC 1607940: 15/05/1993 - *PITA II,* Programa Integrado de Treinamento de Alunos II, $22^0$19'30"– $22^0$02'30"S; $40^0$51'40"– $40^0$52'30"W, Profundidade (53 m).

Comentários: O material analisado neste estudo foi classificado como *C. profundum* Silva & Chacana, espécie registrada uma única vez para a costa brasileira (Chacana et al. 2003). Estes autores estabeleceram a referida espécie com base no material coletado nas Ilhas Canárias e exsicatas depositadas no Herbário UC, provenientes dos herbários UC, CJD, L, SPF (Brasil). Os exemplares analisados pelos autores foram coletados na região de infralitoral nas seguintes localidades: Bermudas (55 m), Flórida (60 m), Golfo do México (58 m) e no Brasil (66 m) crescendo sobre nódulos de algas calcárias.

C. profundum foi a única espécie não coletada neste trabalho, pois tudo indica ser característica de grandes profundidades. Portanto, a descrição e ilustrações apresentadas foram baseadas na análise das exsicatas enviadas por empréstimo pelo curador P. C. Silva, do Herbário da Universidade da Califórnia, Berkeley - (UC). Nestes exemplares, não foi verificada ocorrência de epífitas.

Morfologicamente, *C. profundum* assemelha-se a *C. isthmocladum*, por esta razão fazendo com que P. C. Silva o identificasse como *C. isthmocladum* subsp. *clavatum* (Collins & Hervey) P. C. Silva. Posteriormente, ao re-analisar este material, Silva propôs o estabelecimento de *C. isthmocladum* subsp. *clavatum "nome nudum"*. Chacana et al. examinando este material propuseram o estabelecimento de *C. profundum* Silva & Chacana (Chacana et al. 2003). Conforme as Normas Internacionais de Nomenclatura Botânica, este táxon é considerado inválido por carecer de uma diagnose em latim na sua descrição original. Neste trabalho, de acordo com o código, não esta sendo reconhecida a referida espécie.

Apesar da aparente semelhança com *C. isthmocladum*, observou-se que *Codium* sp. diferencia-se em alguns aspectos morfo-anatômicos, pois possui ramificação dicotômica a irregular, ramos subcilíndricos e utrículos subcilíndricos a piriformes, com ápice não espessado, enquanto que *C. isthmocladum* apresenta ramificação dicotômica regular, com ramos cilíndricos e os utrículos são clavados, cilíndricos a raramente piriformes, com ápices espessados.

Aspectos taxonômicos e de distribuição do gênero *Codium* no Brasil

Os espécimes de *Codium*, a nível genérico são facilmente reconhecidos, devido ao característico padrão de construção cenocítico e aparência esponjosa. O mesmo não pode ser estendido à delimitação de algumas espécies, pois o reconhecimento é difícil. Algumas espécies apresentam ocorrências restritas, resultando em pouca variabilidade morfológica, enquanto outras apresentam uma distribuição mais ampla e padrão de plasticidade morfológica complexa (Pedroche 2001).

A combinação dos caracteres morfo-anatômicos como o hábito, o tipo de ramificação, o

tamanho e forma dos utrículos são importantes atributos que permitem uma relativa facilidade na distinção específica, sendo que os utriculares e reprodutivos são as melhores ferramentas, principalmente para aquelas espécies com intricada variação morfológica (Pedroche et al. 2002). Devido ao fato de possuírem formas e tamanhos constantes, os utrículos são considerados por Silva (1955, 1960) como um dos principais critérios taxonômicos interespecíficos.

Com base nos caracteres morfo-anatômicos, foram identificados sete táxons infragenéricos para a costa brasileira (Tab.1). Os caracteres morfo-anatômicos de maior peso na identificação foram: morfologia do talo, tipos de ramificação, os utrículos e os gametângios. Dentre estes, os utrículos realmente se constituíram em peça chave na identificação entre espécies, corroborando com Silva (1955, 1960) e Pedroche et al. (2002).

A junção destes caracteres foi fundamental para a distinção interespecífica. Os representantes do subgênero *Shizocodium* como *C. isthmocladum, C. taylori* e *C. decorticatum* foram os que exibiram maior plasticidade morfológica e, em conseqüência foram os que apresentaram maiores dificuldades na identificação específica, concordando com o que foi observado por Silva (1960). O contrário foi observado nas espécies de hábito prostrado pertencentes ao subgênero *Tylecodium*. Estas foram facilmente identificadas, pois possuem caracteres morfo-anatômicos bem definidos e a pouquíssima variação morfológica foram observadas como comentadas anteriormente em cada espécie. Apesar da ampla variação morfológica apresentada por alguns espécimes na costa brasileira, os caracteres morfo-anatômicos adotados na taxonomia do gênero mostraram-se bastante eficientes.

Na costa brasileira, os representantes do gênero *Codium* não se distribuem uniformente (Tab. 2). Na Região Sudeste, o maior número ocorreu nos Estados do Espírito Santo e do Rio de Janeiro, enquanto na Região Nordeste nos estados de Pernambuco e da Bahia. Uma menor diversidade específica do gênero foi verificada para a Região Sul, devido, provavelmente, a redução de substrato consolidado, importante na fixação das algas. Nesta região, a ampla presença de substrato rochoso existente em parte do litoral de Santa Catarina é gradualmente substituída pelas extensas e lineares praias arenosas do Rio Grande do Sul (Horta et al. 2001). Com relação à Região Norte da costa brasileira, até o presente momento nenhum registro de *Codium* foi feito. Esta é uma região de difícil acesso e consequentemente pouco coletada. Aliado a isto, nesta região ocorre diversos enclaves de manguezais, caracterizadas por manchas com baixa salinidade e alta turbidez, devido ao aporte de numerosos rios (Horta et al. 2001).

As espécies com hábito ereto apresentaram uma maior distribuição na costa brasileira, destacando-se *C. isthmocladum* (12 Estados), *C. decorticatum* (11 Estados) e *C. taylorii* (10

Estados). Dentre as espécies de hábito prostrado, *C. intertextum* apresentou maior distribuição (7 estados). *C. spongiosum* esteve presente apenas nos Estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro (Tab. 2). Provavelmente a ocorrência desta espécie na costa brasileira, está relacionada com a Corrente de Benguela que alcança o norte do Estado do Espírito Santo, originando a Corrente do Brasil e esta corrente se constitui em um potencial veículo de dispersão de representantes oriundos das floras Indo-Pacífica e Sul-africana (Horta et al. 2001).

Algumas espécies tiveram sua distribuição fitogeográfica ampliada, principalmente para a Região Nordeste, como *C. decorticatum* para os Estados do Ceará, Paraíba e Alagoas; *C. intertextum* para o Estado de Alagoas; *C. isthmocladum* para os Estados de Alagoas, Sergipe e Paraná e *C. taylorii* para os Estados do Ceará, Paraíba, Alagoas e Paraná.

Com relação aos ambientes insulares, pouquíssimos exemplares de *Codium* foram encontrados nos herbários consultados. Neste caso, só foi possível analisar os exemplares provenientes do Arquipélago de Fernando de Noronha (resultando em 3 espécies) e para o Atol das Rocas, com uma espécie (Tab. 2). Entretanto, Villaça et al. (2006) fizeram registro de *C. decorticatum* para o Arquipélago de Trindade, mas nenhuma exsicata referente a esta citação foi localizada nos herbários consultados.

Com base nas publicações de Joly (1957; 1965), Pereira et al. (2002), Alves & Moura (2005), Chacana et al. (2003) e Pereira et al. (2007), oito espécies foram citadas para a flora brasileira: *C. decorticatum, C. intertextum, C. isthmocladum, C. profundum*, *C. repens, C. spongiosum*, *C. taylorii* e *C. tomentosum.* Neste estudo, com exceção de *C. tomentosum* e *C. profundum* , a ocorrência das demais espécies foram confirmadas. Registro da ocorrência de *C. tomentosum* na costa brasileira foi feito por Pedrini et al. (1992), Pereira et al. (2002) e Villaça et al. (2006) para o Arquipélago de Fernando de Noronha e por Moebius (1890) para o litoral do Rio de Janeiro. Ressalva-se que os registros desta espécie feitos por Pereira et al. (2002) e Villaça et al. (2006) foram baseados em dados da literatura. Salienta-se que nos herbários analisados, não foi observada nenhuma exsicata da referida espécie, assim como não foi recoletado nenhum material na costa brasileira. Pelos fatos analisados, considera-se como duvidosa a ocorrência de *C. tomentosum* para a costa brasileira. Segundo Silva (1960; 1962), *C. tomentosum* foi uma espécie erroneamente designada para os *Codium* dicotômicos, pois cerca de 30 espécies citadas para o Atlântico Ocidental foram designadas como *C. tomentosum*, quando na realidade correspondiam a C. *isthmocladum, C. taylorii, C. repens* e *C. decorticatum*. Segundo o Código Internacional de Nomenclatura Botânica (artigo 36), o nome de um novo táxon é considerado validamente publicado, se acompanhado de uma descrição ou diagnose em latim (Bicudo & Prado 2003). Por este motivo *C. profundum* está

sendo citado neste trabalho como *Codium* sp.

Em termos gerais, verifica-se que há uma baixa diversidade de espécies de *Codium* no litoral brasileiro. Silva (1960) também relatou a notável pobreza no número de espécies para o Oceano Atlântico, e que esta relativa pobreza de espécies está mais relacionada aos fatores históricos (deriva continental) do que aos fatores hidrológicos. Ainda de acordo com o referido autor, nas áreas onde há marcante variação de temperatura, aliado a outros aspectos, a flora de *Codium* se mantém rica, enquanto nas áreas onde a temperatura é uniforme, desenvolvem-se poucas espécies. Littler & Littler (2000) também encontraram uma baixa diversidade para a Região do Caribe, registrando apenas 6 espécies (*C. intertextum, C. ovale* Zanardini*, C. repens, C. carolinianum* Searles*, C. decorticatum* e *C. taylorii*). Na flora tropical e subtropical do Atlântico Ocidental o referido gênero está representado por 11 táxons infragenéricos (Wynne 2005).

Agradecimentos

Os autores agradecem á Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela Bolsa de Doutorado concedida à primeira autora. Pelo suporte financeiro concedido pela Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), através do Processo 008-05.03/04 e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), através do Processo 477354/04-1. Ao Curador do Herbário de Berkeley – UC, Dr. Paul C. Silva e ao Dr. Max Chacana pelo envio das exsicatas de *C. profundum*.

Referências

ALVES, A.M. & C.W.N. MOURA (2005): O gênero *Codium* (Chlorophyta, Codiaceae) no recife costeiro da Ilha de Itaparica, Bahia, Brasil - *In:* REUNIÃO BRASILEIRA DE FICOLOGIA, 10. 2004, Salvador. **Anais...** Rio de Janeiro: Museu Nacional, p. 485-516. (Série Livros, 10).

BICUDO, C.E.M. & J. PRADO (2003): Código Internacional de Nomenclatura Botânica(Código de Saint Louis, 2000) - IBT, IAPT, SBSP.

CHACANA, M. & M.C. GIL-RODRIGUES (1993): A revision of the crustaceous species of *Codium* from Canary Islands at the Bøergesen Herbarium - Courier Forsch.- Inst. Senckenberg **159**:143-147.

CHACANA, M.E., P. C. SILVA & F. F. PEDROCHE (1996): Japanese species of crustose *Codium* – Phycologia **34**: 16. Supplement

CHACANA, M., M.C. GIL-RODRIGUES & W. WILDPRET (1988): Taxonomy of prostrate species of *Codium* (Chlorophyta) from the Canary Island - Actes del Simposi Internacional de Botanica **1**:105-108.

CHACANA, M, P.C. SILVA, F.F. PEDROCHE & M.C. GIL-RODRIGUEZ (2003): C*odium profundum* y *C. guineense*: nuevas citas para las Islas Canarias y observaciones in *C. elisabethae* (Chlorophycota) - Vieraea **31**: 267-280.

CHANG, J.S., C.F. DAI & J. CHANG (2002) : A taxonomic and karyological study of the *Codium geppiorum* complex (Chlorophyta) in southern Taiwan, including the description of *Codium nanwanense* sp. nov. - Bot. Bull. Acad. Sin. **43**:161-170.

CHANG, J.S., C.F DAÍ & J. CHANG (2003): Gametangium-like structures as propagation buds in *Codium edule* Silva (Bryopsidales, Chlorophyta) – Bot. Mar. **46**: 431-437.

GOFF, L.J., L. LIDDLE, P.C. SILVA, M. VOYTEK & A.W. COLEMAN (1992): Tracing species invasion in *Codium,* a siphonous green alga, using molecular tools – Am. J. Bot. **79**: 1279-1285.

GRAHAM, L.E. & L.W WILCOX (2000): Algae - Prentice-Hall, 640 pp.

HORTA, P.A., AMANCIO, E., COIMBRA, C.S. & OLIVEIRA, E.C. (2001) Considerações sobre a distribuição e origem da flora de macroalgas marinhas brasileiras - Hoehnea **28** (3):243-265.

JOLY, A.B. (1957): Contribuição ao conhecimento da flora ficológica marinha da Baía de Santos e Arredores – Bolm. Fac. Filos. Ciênc. **217** (14): 1-196.

JOLY, A.B. (1965): Flora marinha do litoral norte do Estado de São Paulo e regiões circunvizinhas - Bolm Fac. Filos. Ciênc. e Letras **21**: 1-267.

JONES, R. & G. KRAFT (1984): The genus *Codium* (Codiales, Chlorophyta) at Lord Howe Island (N.S.W.) – Brunomia **7**: 253-276.

LITTLER, D. S. & M. M. LITTLER (2000): Caribbean Reef Plants: an identification guide to the reef plants of the Caribbean, Bahamas, Florida, and Gulf of Mexico - Off Shore Graphycs, 512 pp.

MÖBIUS, M (1890): Algae brasiliensis a Cl. Dr. Glaziou Collectae. - Notarisia **5**: 1065-1090.

OLIVEIRA-CARVALHO, M.F., S.M.B. PEREIRA & C.S. ZICKEL (2003): Florística e distribuição espaço-temporal das clorofíceas bentônicas em trechos recifais do litoral norte do estado de Pernambuco, Brasil. - Hoehnea **30** (3): 201-212.

PEDRINI, A. G., Y. UGADIM, M.R.A. BRAGA & S.M.B. PEREIRA (1992): Algas marinhas bentônicas do Arquipélago de Fernando de Noronha, Brasil. – Bolm. Botânica **13**: 93 – 101.

PEDROCHE, F. F. (2001): Estudios filogenéticos del género *Codium* (Chlorophyta) en el Pacífico mexicano. Uso de ADNr mitocondrial – An. Esc. Nac. Ciênc. Biol. Mex. **47** (1): 109-123.

PEDROCHE, F.F., P.C. SILVA & M. CHACANA (2002): El género *Codium* (Codiaceae, Chlorophyta) en el Pacífico de México. *In*: Senties, A.G. & K.M. Dreckmann (Ed.) - Monografías Ficológicas **2002**: 11-74.

PEREIRA, S.M.B & M.C. ACCIOLY (1998): Clorofíceas marinhas bentônicas da Praia de Serrambi, Pernambuco - Acta Bot. Bras. **12** (1): 25-52.

PEREIRA, S.M.B., E. ESKINAZI-LEÇA & M.F. OLIVEIRA-CARVALHO (2007): Phycological flora diversity in a coastal tropical ecosystem in the Northeast of Brasil. *In*: TIEZZI, E., MARQUES, J.C., BREBBIA, C.A. & J∅ RGESEN, S.E (Ed.): Ecosytems and Sustainable development VI. Wit Press: Transactions on ecology and the enviromment, **106**: 185-294.

PEREIRA, S.M.B, E.C OLIVEIRA FILHO, M.V.S.B. ARAÚJO, L.B. PAES E MELO, F.A.F. CARVALHO & CÂMARA NETO (1981): Prospecção dos bancos de algas marinhas do Estado do Rio Grande do Norte, 2. parte: profundidade de 10 a 45 metros. *In*: SUDENE - Projeto Algas **2**: 25-81.

PEREIRA, S.M.B., M.F. OLIVEIRA-CARVALHO, J.A. ANGEIRAS, M.E. BANDEIRA-PEDROSA, N.M.B. OLIVEIRA, J. TORRES, L.M.S. GESTINARI, A.L.M. COCENTINO, M.D. SANTOS, P.R.F. NASCIMENTO & D.R. CAVALCANTI. (2002): Algas marinhas bentônicas do Estado de Pernambuco 1. *In*: TABARELLI, M. & J.M.C. SILVA (Org.). Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco: 97-124. Massangana.

SETCHELL, W. A (1937): The *Codiums* of the Juan Fernandez Islands. *In***:** SKOTTSBERG, C. (Ed.): The natural history of Juan Fernandez and eastern Island – Uppsala, 587-600.

SILVA, P.C. (1951): The genus *Codium* in California with observation on the structure of the walls of the utricles – Univ. Calif. Publ. Bot. **25**(4): 79-114.

SILVA, P.C. (1952): *Codium In*: L.G. EGEROD (Ed.). An analysis of the siphonous Chlorophycophyta with special reference to the Siphonocladales, Siphonales and Dasycladales of Hawaii – Univ. Calif. Publ. Bot. **25**(5): 381- 395.

SILVA, P.C. (1955): The dichotomous species of *Codium* in Britain.. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom **34**:565-577.

SILVA, P.C. (1957): *Codium* in Scandinavian waters - Svensk Bot. Tidskr. **51**: 117-134.

SILVA, P.C. (1959): The genus *Codium* (Chlorophyta) in South Africa - The Journal of South African Botany **25** (2): 103-165.

SILVA, P.C. (1960): *Codium* (Chlorophyta) in the tropical Western Atlantic - Nova Hedwigia **1**: 497-536.

SILVA, P.C. (1962): Comparison of algal floristic patterns in the Pacific with those in the Atlantic and Indian oceans, with special reference to *Codium* – Proc. Ninth Pac. Sci. Congr. **4**: 201-216.

SILVA, P. C. (1998): *Codium*, a genus of challenge and frustration – J. Phycol. **34**: 55. Suppl.

SILVA, P.C. & H.B.S. WOMERSLEY (1956): The genus *Codium* (Chlorophyta) in Southern Australia. - Austral. J. Bot. **4** (3): 261-289.

GUIMARÃES, S.M.P.B., M. CORDEIRO-MARINO & N. YAMAGUISHI-TOMITA (1981): Deep water Phaeophyta and their epiphytes from northeastern and southeastern Brazil- Revista Brasileira de Botânica **4**: 95-113.

TAYLOR, W. R. (1960): Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of Americas. - University of Michigan Press, 870 p.

TEIXEIRA, V. L., R.C. PEREIRA, J.A. MUNIZ & L.F.F. SILVA (1985): Contribuição ao estudo de algas de profundidade da costa sudeste do Brasil. - Ciência e Cultura **37** (5): 809-815.

UGADIM, Y. (1973): Algas Marinhas Bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do litoral do Estado do Paraná. I. Divisão Chlorophyta - Boletim de Botânica **1**:11-77.

UGADIM, Y. & PEREIRA, S. M.B. (1978): Deep-water marine algae from Brazil collected by the Recife Comission I. Chlorophyta. Ciência e Cultura **30** (7): 839-842.

VAN DEN HEEDE, C. & E. COPPEJANS (1996): The genus *Codium* (Chlorophyta, Codiales) from Kenya, Tanzania (Zanzibar) and the Seychelles. - Nova Hedwigia 62 (2-3): 389-417.

VERBRUGGEN, H., F. LELIAERT, C.A. MAGGS, S. SHIMADA, T. TSCHILS, J. PROVAN, D. BOOTH, S. MURPHY, O. DE CLERCK, D.S. LITTLER, M.M LITTLER & E. COPPEJANS (2007): Species boundaries and phylogenetic relationships within the green algal genus *Codium* (Bryopsidales) basead on plastid DNA sequences. – Mol. Phylogenet. Evol. **44**: 240 – 254. Suppl.

VILLAÇA, R., A.G. PEDRINI, S.M.B. PEREIRA & M.A.O. FIGUEREDO (2006): Flora marinha bentônica das Ilhas oceânicas brasileiras. *In:* ALVES, R. J. V.; CASTRO, J. W. A. (Org.) - Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo: 105-146. Brasília, DF: MMA.

WILLIAMS, L. G. (1980): The genus *Codium* in North Carolina. - Journal of the Mitchell Society, 107-117.

WYNNE, M.J. (2005): A checklist of benthic marine algae of the tropical and subtropical western Atlantic: second revision. - Nova Hedwigia **129**: 1-152.

YONESHIGUE-BRAGA, Y. (1970): Flora marinha bentônica da Baía de Guanabara e Cercanias: Chlorophyta. – Inst. Pesq. Marinha **42**: 1-55.

YONESHIGUE, Y. & J. L. VALENTIN (1988): Comunidades algais fotófilas de infralitoral de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. - Guayana (Bot) **45**: 61-75.

YONESHIGUE-VALENTIN, Y., GESTINARI, L.M.S. & FERNANDES, D.R.P. (2006): Macroalgas. *In*: LAVRADO, H.P. & IGNACIO, B.L. (ed.). Biodiversidade bentônica da região central da zona exclusiva brasileira. Museu Nacional: Série Livros, **18**: 67-105.

ANEXOS DO MANUSCRITO I

TABELAS

Tabela 1- Principais caracteres morfo-anatômicos utilizados como parâmetros na identificação de *Codium* Stackhouse que ocorrem no litoral brasileiro. Caracteres morfo-anatômicos baseados nos trabalhos de Silva (1951;1959), Silva & Womersley (1956); Van den Heede & Coppejans (1996) e Pedroche et al. (2002).

Caracteres Morfo-anatômicos		**Subgênero *Shizocodium***					**Subgênero *Tylecodium***	
		C. decorticatum	***C. isthmocladum***	***Codium* sp**	***C. taylorii***	***C. repens***	***C. intertextum***	***C. spongiosum***
Morfológicos	Hábitto	Ereto	Ereto	Ereto	Ereto	Procumbente	Prostrado	Prostrado
	Forma dos ramos	Predominantemente cilíndrico, exceto nas dicotomias	Cilíndrico	Subcilíndrico	Freqüentemente achatado	Cilíndricos, subcilíndricos	Crosta expandida irregulamente	Pulvinado, Subgloboso
	Tipo de ramificação	Dicotômica regular, politômica	Dicotômica regular	Dicotômica irregular	Dicotômica irregular, cervicornes	Dicotômica irregular, divaricata	ausente	ausente
Anatômicos	Diâmetro do filamento medular	40 (55) 70 µm	24 (30) 36 µm	20 (34) 48 µm	15 (25) 40 µm	25 (31) 40 µm	21 (29) 35 µm	60 (72) 80 µm
	Inserção dos pêlos ou cicatrizes em relação ao ápice do utrículo	80 (115) 232 µm	48 (68) 91 µm	57 (82) 115 µm	50 (71) 100 µm	70 (220) 390 µm	66 (97) 162 µm	400 (435) 565 µm
	Morfologia do utrículo	Clavado, cilíndrico, piriforme	Clavado, cilíndrico, piriforme	Subcilíndrico, piriforme	Clavado, cilíndrico, piriforme	Clavado, subcilíndrico	Clavado, cilíndrico	Clavado, cilíndrico
	Comprimento do utrículo	870 (1.132) 2.125 µm	468 (623) 736 µm	470 (586) 740 µm	370 (882) 1.508 µm	500 (1.160) 1.360 µm	469 (686) 914 µm	1.244 (1.565) 3.582 µm
	Diâmetro do utrículo	90 (340) 550 µm	114 (193) 278 µm	100 (208) 340 µm	80 (170) 377 µm	120 (157) 280 µm	58 (103) 202 µm	150 (290) 490 µm
	Ápice do utrículo	Arredondado, truncado	Arredondado, truncado, espessado e lamelado.	Arredondado, truncado	Arredondado, subtruncado	Arredondado, subtruncado	Arredondado, truncado	Arredondado, subtruncado
Reprodutivos	Morfologia dos Gametângios	Ovóide, lanceovóide, lanceolado	Ovóide, lanceovóide, fusiforme	Ovóide, cilíndrico,	Ovóide, fusiforme	Cilíndrico, fusiforme	Cilíndrico, fusiforme	Ovóide, lanceovóide, fusiforme
	Comprimento do gametângio	120 (229) 325 µm	149 (199) 232 µm	100 (159) 200 µm	180 (270) 300 µm	210 (238) 330 µm	188 (245) 292 µm	209 (280) 310 µm
	Diâmetro do gametângio	70 (87) 140 µm	61 (83) 106 µm	50 (72) 100 µm	50 (68) 110 µm	60 (68) 130 µm	58 (83) 108 µm	87 (90) 117 µm
	Inserção do gametângio em relação ao ápice do utrículo	210 (468) 669 µm	198 (237) 297 µm	250 (276) 310 µm	210 (312) 380 µm	290 (303) 340 µm	277 (323) 392µm	400 (435) 565 µm

Tabela 2 – Distribuição dos representantes de *Codium* Stackhouse na costa brasileira, com base em material coletado e exsicatas depositadas nos herbários (JPB,PEUFR,ALVB,HUEFS,RJ,RB,R, HB, RFA,SP,SPF,FLOR) do Brasil e de Berkeley (UC).

Espécies	Região Nordeste								Região Sudeste			Região Sul			Ambientes insulares		Expedições Oceanográficas			
	Piauí (PI)	Ceará (CE)	Rio Grande do Norte (RN)	Paraíba (PB)	Pernambuco (PE)	Alagoas (AL)	Sergipe (SE)	Bahia (BA)	Espírito Santo (ES)	Rio de Janeiro (RJ)	São Paulo (SP)	Paraná (PR)	Santa Catarina (SC)	Rio Grande do Sul (RS)	Fernando de Noronha (FN)	Atol das Rocas (AR)	Almirante Saldanha	Akaroa	Canopus	Comissão Recife
C. decorticatum	0	1	0	1,2	1,2	1	0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1	0	0	0	2	0	2
C. intertextum	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1,2	1	0	1	0	1,2	1	0	2	0	0
C. isthmocladum	1	1,2	1,2	1,2	1,2	1	2	1,2	1,2	1,2	2	1	1	0	1	0	2	2	2	2
C. repens	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C. spongiosum	0	0	0	0	0	0	0	0	1,2	1,2	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
C. taylorii	0	1	0	1	1,2	1,2	0	1,2	1,2	1,2	1	1	1,2	0	1	0	0	0	0	0
***Codium* sp** (= *C. profudum*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total de espécies	1	3	1	3	5	4	1	5	6	6	4	3	4	1	3	1	2	3	1	2

Legenda**:** 0 = não encontrado; 1= Região entre-marés; 2= Região infralitoral.

FIGURAS

Legenda das figuras

Figs. 1-8. *Codium decorticatum* (Woodw.) M. Howe. Fig. 1. Aspecto geral da planta crescendo sobre costão rochoso. Barra da escala = 3 cm. Figs. 2-3. Talos ramificados, com dicotomias curtas, coletados em águas agitadas no mesolitoral. Barra da escala = 1 cm e 2 cm, respectivamente. Fig. 4. Talo com morfologia típica. Note dicotomias cuneadas e internós espaçados. Barra da escala = 3 cm. Fig. 5. Planta do infralitoral. Observe talo predominantemente subcilíndrico com dicotomias espaçadas. Barra da escala = 5 cm. Fig. 6. Utrículo reprodutivo, portando gametângio (gt). Barra da escala = 500 μm. Fig. 7. Parte do utrículo portando diferentes tipos de gametângios. Barra da escala = 500 μm. Fig. 8. Detalhe de parte do utrículo com gametângio (gt) ovóide. Note opérculo (op). Barra da escala = 100 μm.

Figs. 9-15. *Codiun intertextum* F. S. Collins & Harvey. Fig. 9. Planta com talo de aspecto enrugado, coletada em zona de forte arrebentação. Barra da escala = 3 cm. Fig. 10. Planta com talo pouco enrugado, coletada em ambiente de pouca arrebentação. Barra da escala = 1 cm. Fig. 11. Utrículos fortemente agrupados. Barra da escala = 300 μm. Fig. 12. Detalhe dos utrículos. Barra da escala = 300 μm. Fig. 13. Detalhe do utrículo reprodutivo, evidenciando gametângio cilíndrico (gt). Barra da escala = 50 μm. Fig. 14. Detalhe do utrículo com gametângio fusiforme (gt). Note opérculo (op) e cicatrizes de pêlos (cp). Barra da escala = 100 μm. Fig. 15. Detalhe da porção superior do utrículo, evidenciando constrição abaixo do ápice (seta tracejada) e cicatrizes dos pêlos dispostas em faixas (cp). Barra da escala = 100 μm.

Figs 16-25. *Codium isthmocladum* Vickers. Fig. 16. Planta com hábito arbustivo, com dicotomias espaçadas, encontradas em poças recifais, em locais protegidos. Barra da escala = 2 cm. Fig. 17. Planta com hábito arbustivo, dicotomias curtas, crescendo na zona entre-marés em locais batidos. Barra da escala = 1 cm. Fig. 18. Planta com hábito arbustivo coletada sobre costão rochoso em local batido. Barra da escala = 2 cm. Fig. 19. Planta com hábito arbustivo, densamente ramificado, ocorrendo na região de infralitoral sobre nódulos de algas calcárias. Barra da escala = 2 cm. Figs. 20-21. Diferentes tipos de utrículos. Note presença de cicatrizes de pêlos (cp) e de gametângios (cg). Barra da escala = 100 μm e 200 μm, respectivamente. Fig. 22. Detalhe do ápice do

utrículo. Observe ápice espessado e lamelado (seta tracejada). Barra da escala = 50 μm. Fig. 23. Detalhe do utrículo, portando gametângio (gt) ovóide. Barra da escala = 50 μm. Fig. 24. Detalhe do utrículo com gametângio fusiforme (gt). Barra da escala: 50 μm. Fig. 25. Utrículo portando gametângio abortivo (ga). Barra da escala = 300 μm.

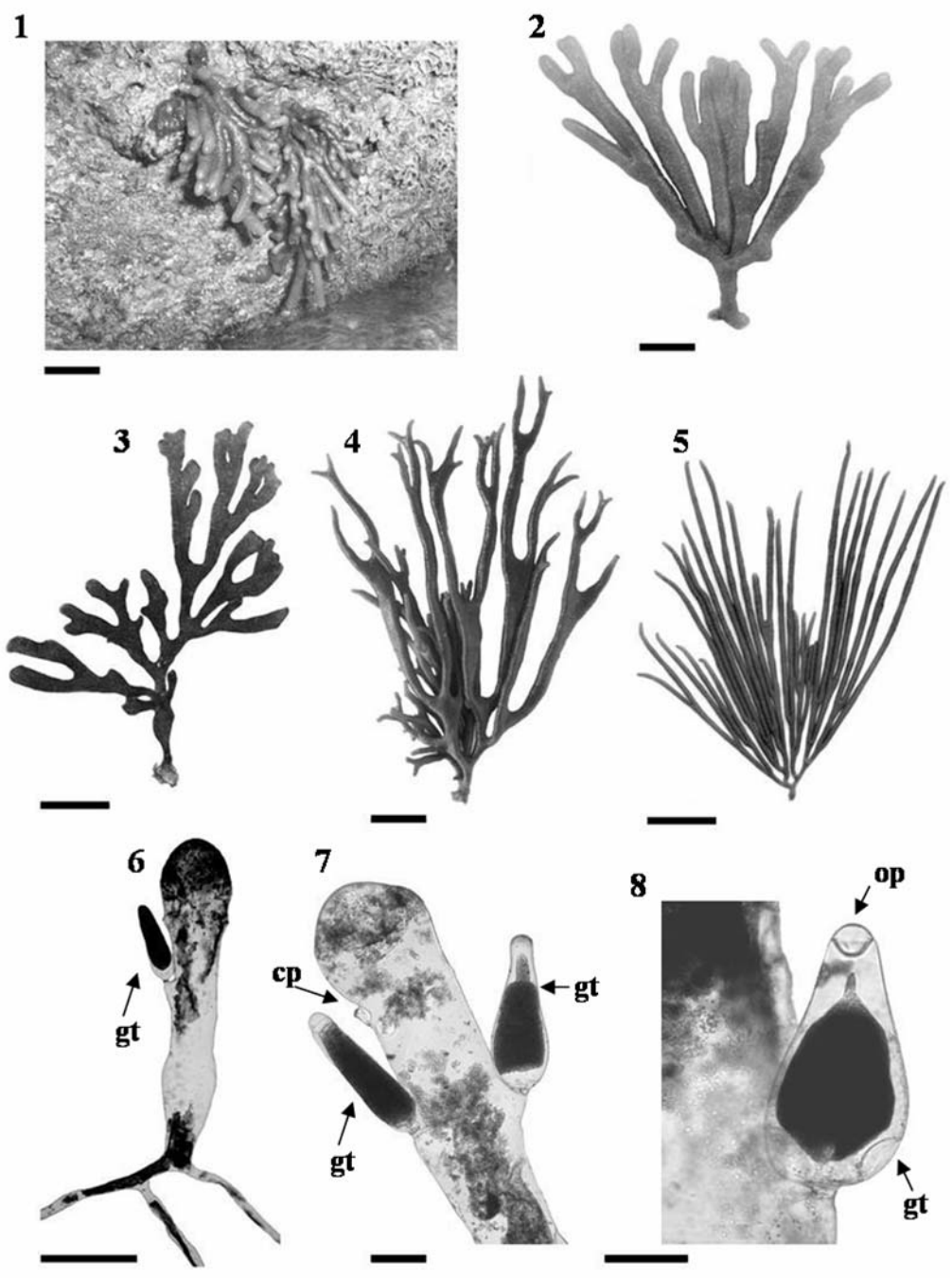
Figs. 26-33. *Codium repens* P. Crouan & H. Crouan in Vickers. Fig. 26. Aspecto geral da planta recém coletada na região entre-marés. Barra da escala = 3 cm. Fig. 27. Aspecto geral do talo após fixação. Observe ramificação subdicotômica e anastomoses (seta tracejada) restritas a porção mediana. Barra da escala = 2 cm. Fig. 28. Aspecto geral de um exemplar de talo robusto e espesso, provavelmente proveniente da região do infralitoral. Barra da escala = 3 cm. Figs. 29-30. Utrículos reprodutivos: subcilíndrico (Barra da escala = 200 μm) e clavado (Barra da escala = 300 μm), respectivamente. Fig. 31. Detalhe de parte do utrículo, evidenciando gametângio cilíndrico (gt) e opérculo (op). Barra da escala = 50 μm. Figs. 32-33. Detalhe da porção superior do utrículo com cicatrizes de pêlos (cp). Barra da escala = 50 μm, respectivamente.

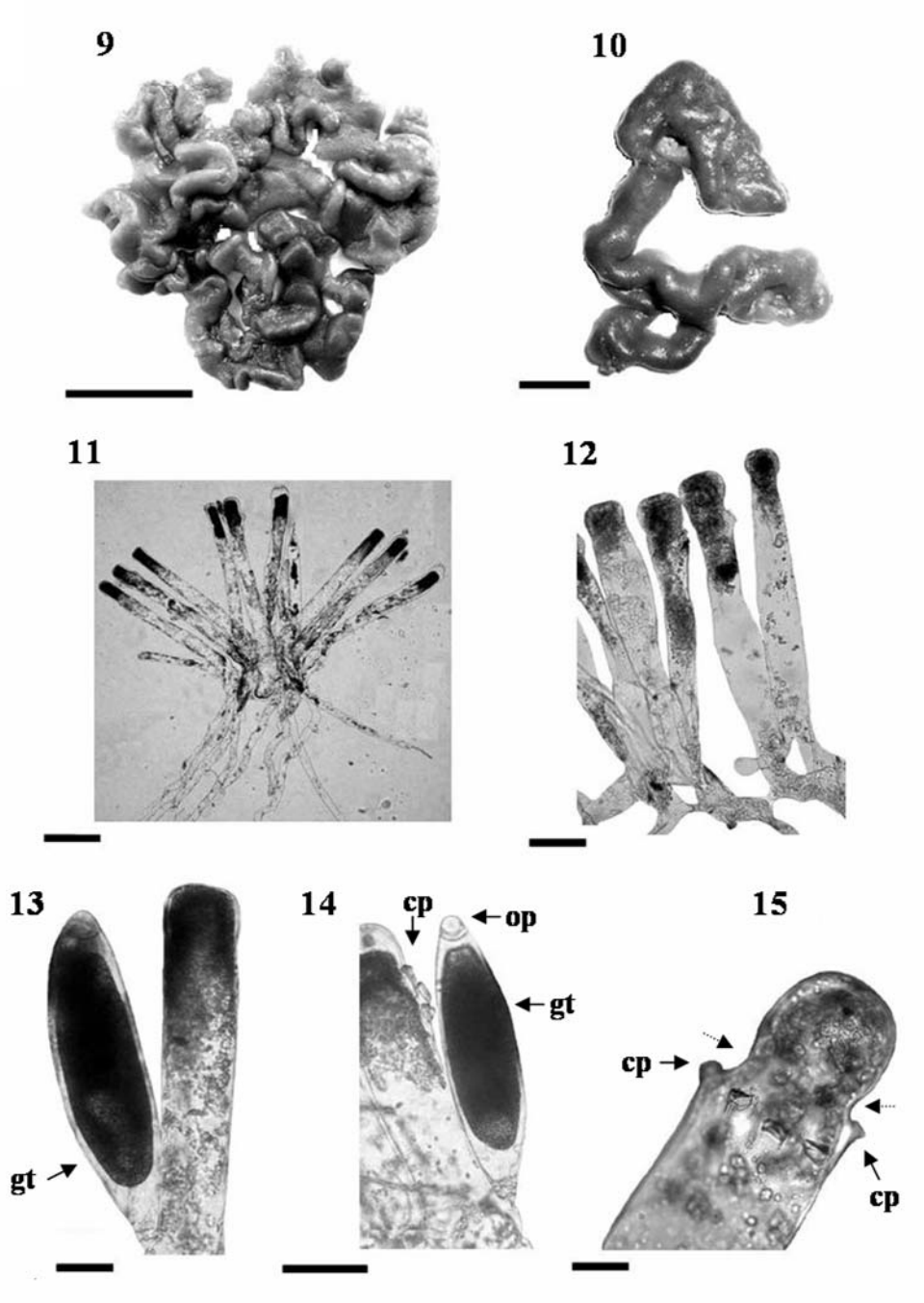
Figs 34-40. *Codium spongiosum* Harvey. Fig. 34. Hábito geral da planta formando aglomerados sobre o substrato rochoso. Barra da escala = 3 cm. Fig. 35. Talo de aspecto subgloboso. Barra da escala = 3 cm. Fig. 36. Aspecto geral dos utrículos frouxamente agrupados. Barra da escala = 0,5 cm. Fig. 37. Detalhe de parte dos utrículos reprodutivos com gametângios (gt). Observe cicatrizes de pêlos (cp) em faixas abaixo do ápice do utrículo. Barra da escala = 200 μm. Figs. 38-40. Detalhe de parte dos utrículos reprodutivos evidenciando gametângios ovóides (Barra da escala = 100 μm), lanceovóides (Barra da escala = 200 μm) e cilíndricos (Barra da escala = 200 μm), respectivamente. Note opérculos (op) dos gametângios.

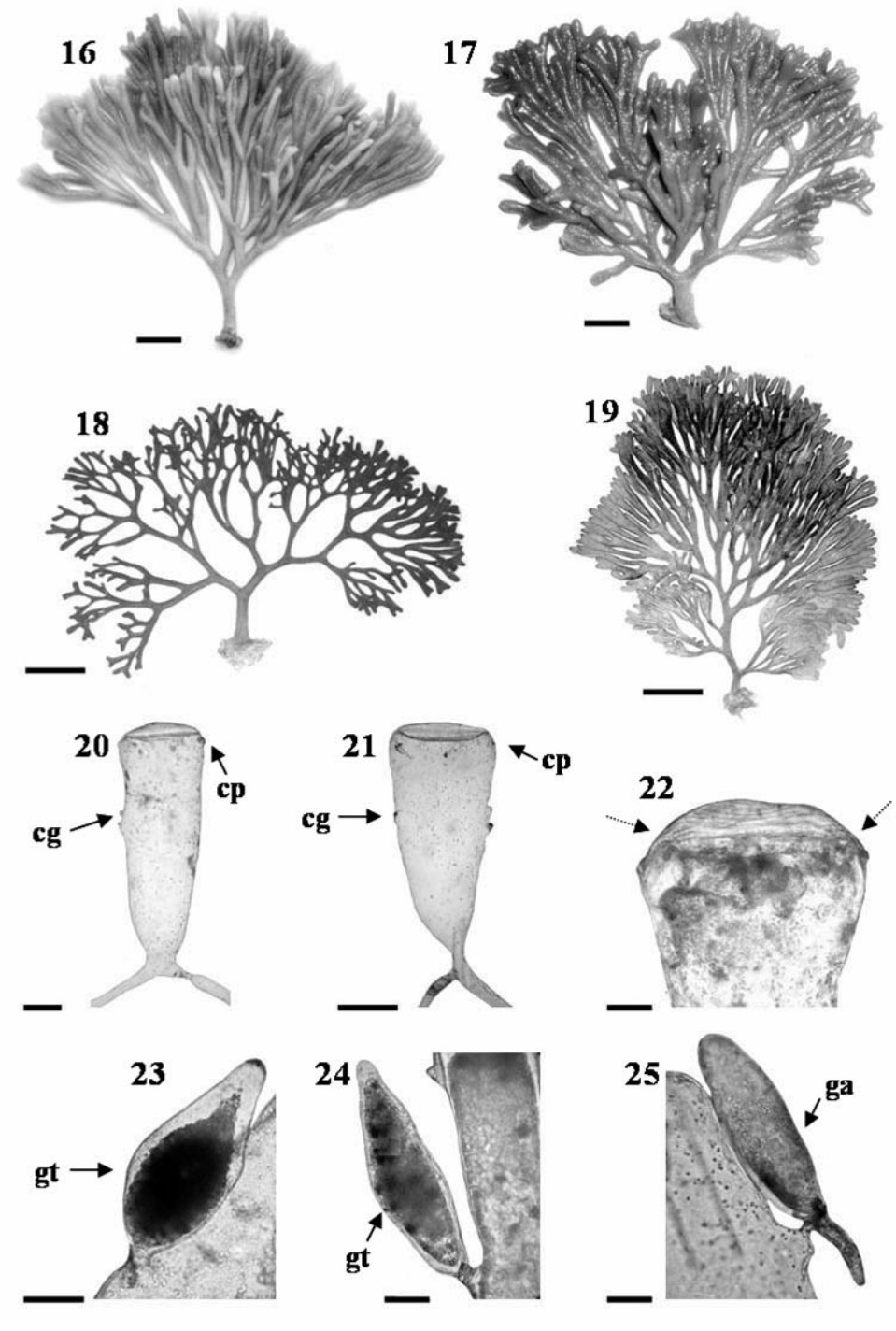
Figs. 41-47. *Codium taylorii* P. C. Silva. Fig. 41. Aspecto de um exemplar coletado na região entre-marés. Note talo densamente ramificado. Barra da escala = 1 cm. Fig. 42. Aspecto de um exemplar coletado em costão rochoso (região entre-marés). Observe talo subcilíndrico. Barra da escala = 2 cm. Figs. 43-44. Aspecto de exemplares coletados nos costões rochosos próximos a arrebentação. Observe ramos achatados, com ramificações

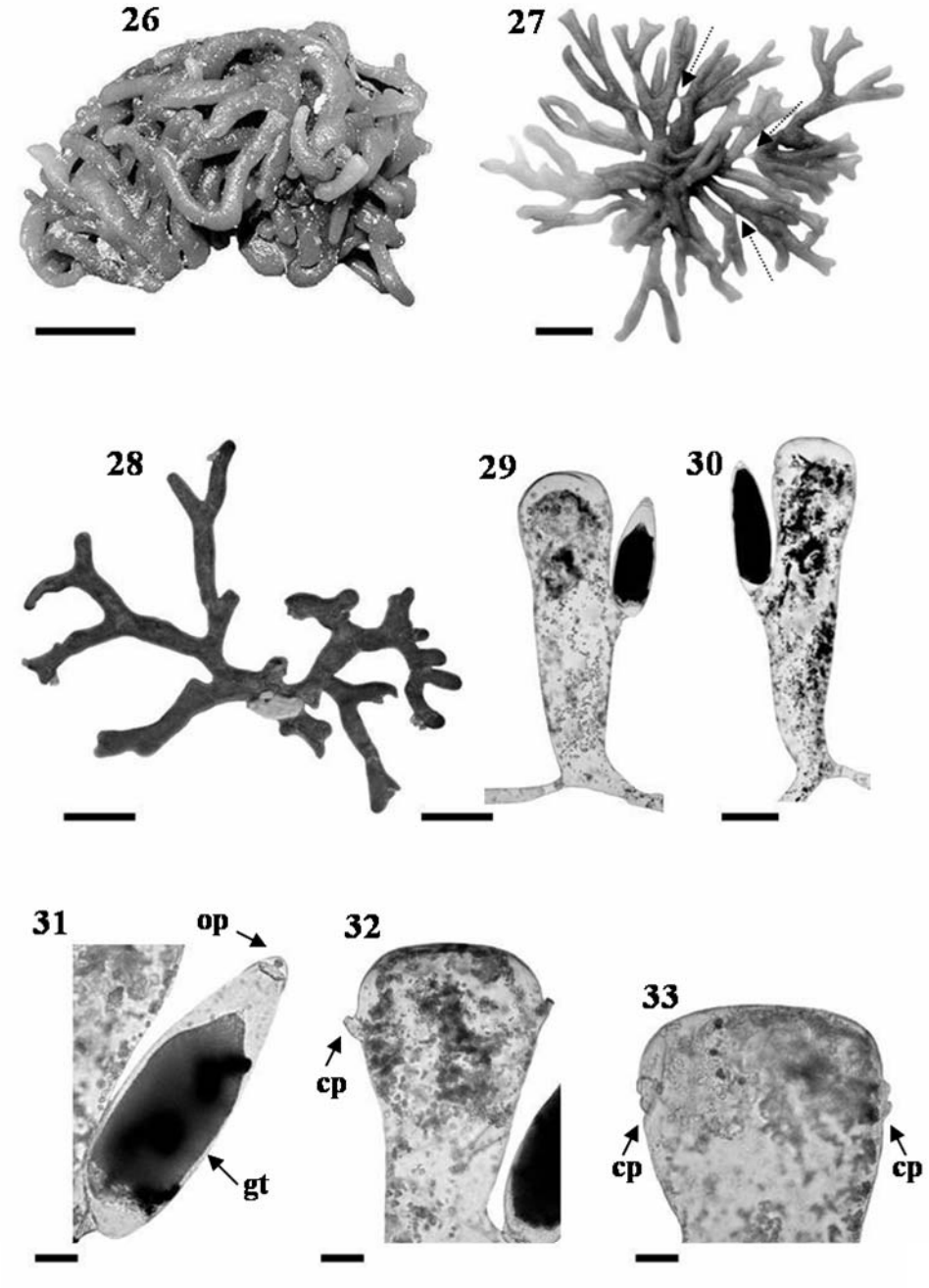
terminais cervicornes. Barra da escala = 1 cm, respectivamente. Fig. 45. Utrículo clavado com ápice arredondado. Barra da escala = 200 μm. Fig. 46 Utrículos com gametângio (gt) cilíndrico. Barra da escala = 100 μm. Note cicatrizes de pelos (cp) abaixo do ápice do utrículo. Fig. 47. Utrículo evidenciando pêlo capitado (pc). Barra da escala = 200 μm.

Figs 48-53. *Codium* sp. Fig. 48. Aspecto geral da planta. Barra da escala = 3 cm. Figs 49-50. Utrículos subcilíndricos. Observe diferentes tipos de ápice, truncado (Barra da escala = 500 μm) e arredondado (Barra da escala = 300 μm), respectivamente. Fig. 51. Detalhe de parte do utrículo, evidenciando a cicatriz do gametângio (cg). Barra da escala = 300 μm. Figs. 52–53. Parte dos utrículos, portando gametângios (gt) ovóides (Barra da escala = 200 μm) e cilíndricos (Barra da escala = 200 μm), respectivamente.


1
2
3
4
5
6
gt
7
cp
gt
gt
8
op
gt


9
10
11
12
13
gt
14
cp
op
gt
15
cp
cp

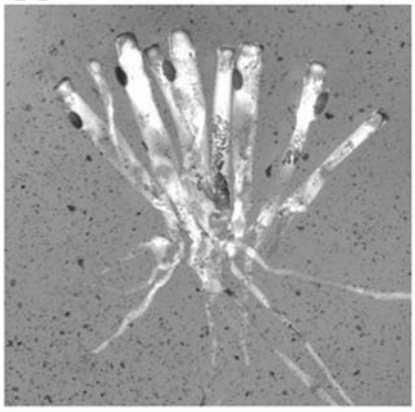

16
17
18
19
20
cp
cg
21
cp
cg
22
23
gt
24
gt
25
ga


26
27
28
29
30
31
op
gt
32
cp
33
cp
cp

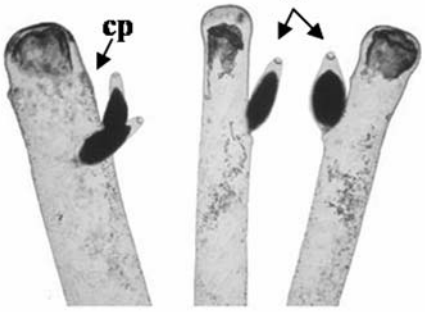
34

35

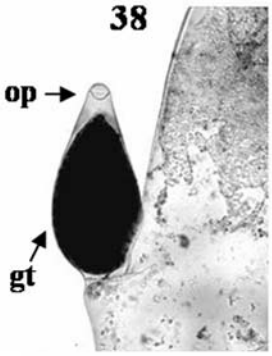
36



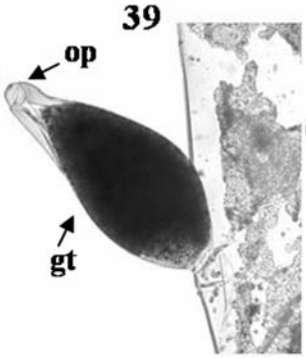
37



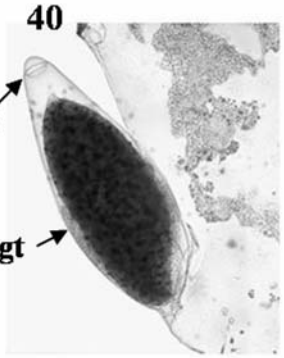
38

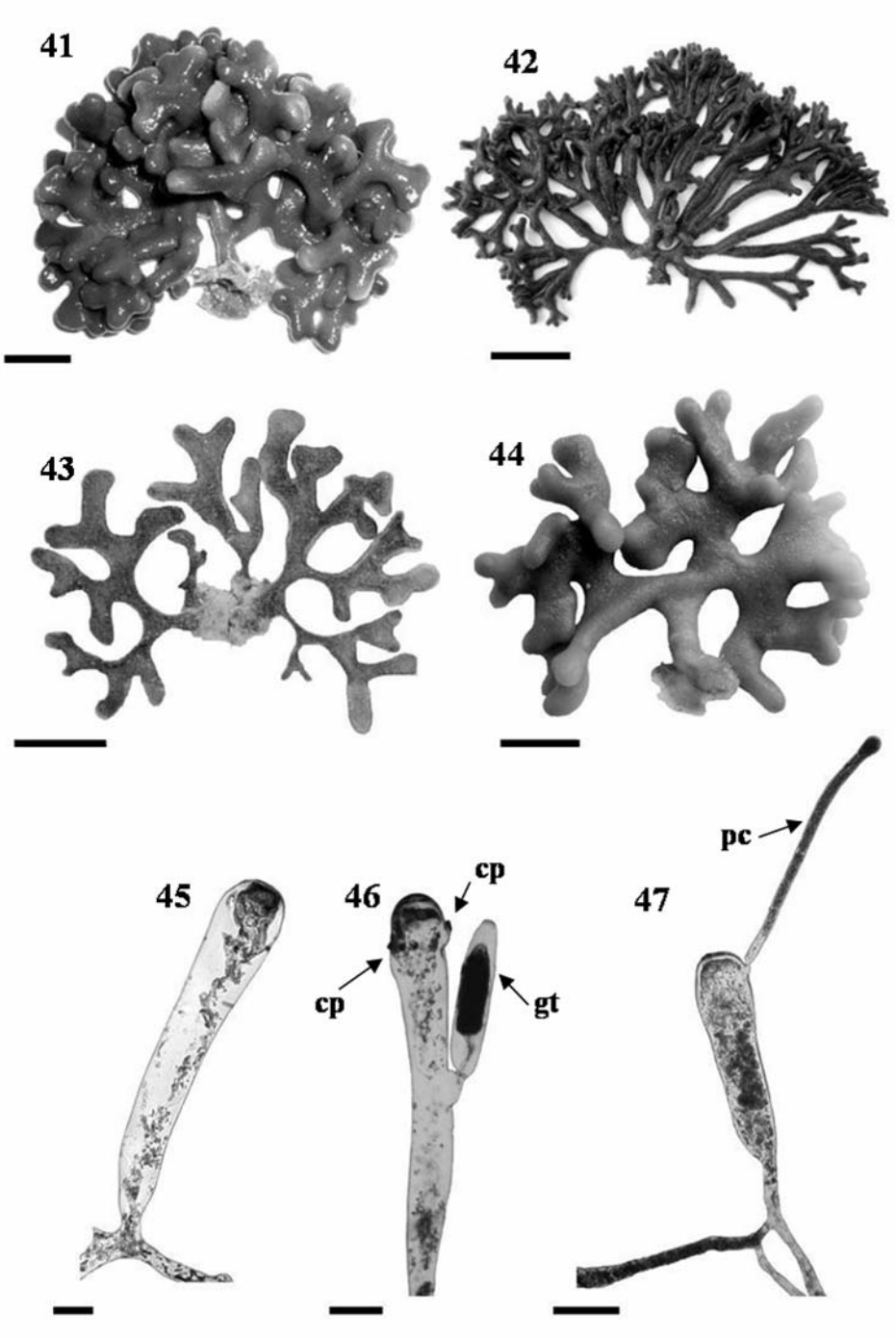


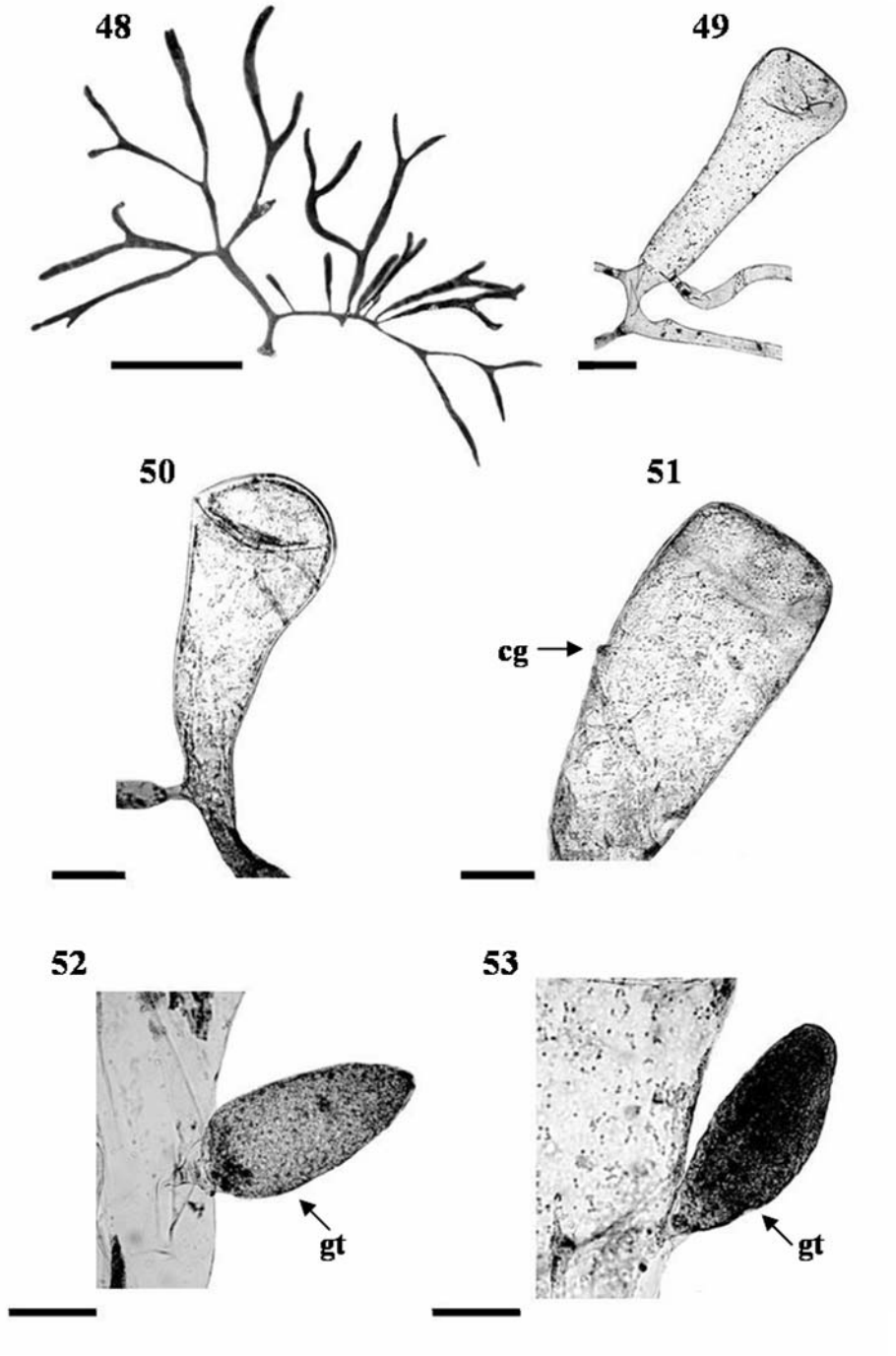
39



40




41
42
43
44
45
46
cp
cp
gt
47
pc


48
49
50
51
cg
52
gt
53
gt

4. RESULTADOS

4.2. Manuscrito II:

Análises filogenéticas das espécies brasileiras do gênero *Codium* Stackhouse (Bryopsidales - Chlorophyta) baseadas nas seqüências do éxon 1 do gene *rbc*L.

O trabalho será enviado para o JOURNAL OF PHYCOLOGY

Análises filogenéticas das espécies brasileiras do gênero *Codium* Stackhouse (Bryopsidales-Chlorophyta) baseadas nas seqüências do éxon 1 do gene *rbc*L.

Maria de Fátima de Oliveira-Carvalho[1]

1 - Programa de Pós-Graduação em Botânica (PPGB), Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE.

Mariana Cabral de Oliveira[2]

2 - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. Rua do Matão 321, Travessa 14 – São Paulo – SP. CEP: 05508-900.

Sonia Maria Barreto Pereira[3]

3 - Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Avenida Dom Manoel de Medeiros, s/n – Dois Irmãos – Recife – PE. CEP: 52171-900.

RESUMO

O gênero *Codium* está representado por 125 espécies e encontra-se amplamente distribuídos nos ambientes marinhos de diversas localidades do globo. Devido a grande plasticidade morfológica apresentada pelo gênero, a delimitação taxonômica de alguns representantes tem-se tornado bastante difícil. Atualmente, seqüências do primeiro exon da grande subunidade RUBISCO (*rbc*L) têm sido utilizada na delimitação molecular e filogenia de espécies. No presente estudo, as seqüências para o éxon 1 do *rbc*L foram obtidas de 24 amostras de seis espécies ocorrentes na costa brasileira como *C. decorticatum, C. intertextum., C. isthmocladum, C. spongiosum*, *C. taylorii* e *C. repens*. Em todas as amostras sequenciadas, o éxon 1 do gene *rbc*L apresentou 788 pares de base. Das 24 amostras seqüenciadas, dez seqüências únicas foram obtidas, as quais foram filogeneticamente analisadas com outras seqüências do GenBank, usando diferentes métodos de inferências. As árvores resultantes foram similares, apresentando três principais agrupamentos monofiléticos: o agrupamento A, composto por espécies de forma prostrada, não ramificadas, e na maioria com utrículos agrupados e pequenos; o agrupamento B, na maioria consiste de espécies eretas, ramos cilíndricos com os utrículos individuais e grandes; e agrupamento C composto por espécies eretas, ramos cilíndricos a levemente achatados, utrículos individuais, com tamanhos intermediários. As espécies, brasileiras agruparam com similares de outras localidades geográficas e aparecem entre os principais agrupamentos monofiléticos. Estes resultados indicam que a colonização do Atlântico sul americano ocorreu muitas vezes possivelmente de espécies provenientes do Indo-pacífico.

Palavras Chave: Chlorophyta, Codiaceae, *Codium*, filogenia molecular, *rbc*L

ABSTRACT

The genus *Codium* is presented by 125 species and it is widely distributed in the marine environments from many localities in the globe. Because of its high morphological plasticity, the taxonomical delimitation of some representatives which compound the genus has found difficulties. Nowadays sequences of the first exon of the large rubisco subunit (*rbc*L) has been used for molecular species delimitation and phylogeny. In the present study, sequences for the *rbc*L exon 1 were obtained for 24 samples of six species occurring on the Brazilian coast as *C. decorticatum, C. intertextum, C. isthmocladum, C. spongiosum*, *C. taylorii* and *C. repens*. In all sequenced samples, the exon 1 of the gene rbcL showed 788 pairs of base. Of the 24 sequenced samples, ten unique sequences were obtained which were phylogenetically analyzed with other sequences from the GenBank, using different inference methods. The resulting trees were similar, presenting three main monophyletic groupings: A, composed of mat-forming, unbranched species mostly with composite and small utricles; B, composed of mostly erect, cylindrical branched species with simple and large utricles; and C composed of mostly erect, cylindrical to flattened branched species with simple and intermediate size utricles. The Brazilian species grouped with similar from other geographical localities and are observed among the main monophyletic groupings. These results indicate that the colonization of South American Atlantic occurred many times possibly with species from the Indo-Pacific.

Key words: Chlorophyta, Codiaceae, *Codium*, molecular phylogeny, *rbc*L

INTRODUÇÃO

C*odium* Stackhouse é um gênero cosmopolita, amplamente distribuído nos ambientes marinhos de diversas localidades do globo, com exceção para os ambientes polares e atualmente engloba 125 espécies. No entanto, a maioria das espécies do gênero encontra-se distribuída nas zonas temperadas e subtropicais (Goff et al. 1992, Pedroche et al. 2002, Verbruggen et al. 2007).

O talo é caracterizado pelo aspecto esponjoso, devido ao denso entrelaçamento dos filamentos cenocíticos (Graham & Wilcox 2000). Anatomicamente, a região medular é constituída por filamentos cilíndricos, incolores, que se alargam para a extremidade originando os utrículos, caracterizando a camada cortical (Van den Hoek et al. 1995, Pedroche 2001).

A marcada plasticidade morfológica apresentada dentre e entre populações, tem sido relatada por diversos autores como Silva (1951), Chacana et al. (1996), Pedroche et al. (2002). Em conseqüência desta plasticidade, a sistemática do gênero é bastante complexa e confusa (Chacana et al. 1996, Shimada et al. 2004).

Na tentativa de elucidar a taxonomia de gêneros problemáticos, com marcada plasticidade morfológica e a dificuldade de precisar as causa dessa variação (se são ecológicas ou genéticas), há uma tendência de privilegiar o uso de novas tecnologias, como o sequenciamento de ácidos nucléicos, microscopia eletrônica, análise de cariótipos e análises numéricas de dados para delimitar e reunir táxons em diferentes níveis taxonômicos (Rodrigues 1998).

Nas algas é relativamente comum a plasticidade morfológica e a presença de espécies crípticas (Oliveira 2001) e o recente uso de marcadores moleculares tem possibilitado avaliar a biodiversidade de modo rápido e eficiente. No momento, o

sequenciamento de DNA é a técnica mais poderosa para detectar polimorfismo no genótipo e tem sido bastante utilizada na comparação de diferentes níveis taxonômicos (Oliveira 1998).

Nas macroalgas, os estudos filogenéticos têm-se baseado nas seqüências de DNA de diferentes moléculas. Essas regiões são denominadas de marcadores moleculares, sendo que a maioria destes estudos estão baseadas na região dos genes ribossomais, incluindo as seqüências dos genes que codificam para a subunidade pequena (SSU rDNA) e para a subunidade grande (LSU rDNA) do RNA ribossomal (rRNA), além dos espaçadores internos transcritos (ITS) entre esses genes.

Pedroche (2001) analisou fragmentos de 716 pares de base do LSU rDNA do genoma mitocondrial para dez táxons de *Codium* ocorrentes no Pacífico mexicano. As tipologias obtidas neste estudo, confirmaram a existência de grupos monofiléticos e que o LSU do rDNA mitocondrial é um excelente marcador para propor hipóteses filogenéticas neste gênero.

Outras regiões, como o *rbc*L também tem sido bastante utilizada. O gene *rbc*L codifica a subunidade grande da enzima ribulose – 1,5 – bifosfato carboxilase oxigenase, mais conhecida como RUBISCO (Provan et al. 2004). Este gene encontra-se localizado no genoma do cloroplasto dos organismos fotossintetizantes (Manhart & VonderHaar 1991, Hanyuda et al. 2000).

No genoma do cloroplasto, regiões não codificadoras como os introns, tem sido reportados em vários genes. Nas Chlorophyta, introns no gene *rbc*L têm sido relatados para alguns gêneros da classe Ulvophyceae, como *Bryopsis maxima* Okamura (Kono et al. 1991), *Codium fragile* (Suringar) Hariot (Manhart & Vonderhaar 1991) e no gênero *Caulerpa* J. V. Lamouroux (Hanyuda et al. 2000). As inferições filogenéticas no gênero

Codium em sua maioria está baseada no éxon 1 gene *rbc*L. Este tem sido amplamente utilizado para análises filogenéticas em organismos fotossintetizantes por se tratar de um gene com seqüência muito estável, onde o exon 1 possui aproximadamente o mesmo tamanho em todas as plantas verdes, com exceção para as angiospermas (Hanyuda et al. 2000).

Relativamente, ainda são poucos os estudos que enfocam seqüências de nucleotídeos do gene *rbc*L para o gênero *Codium*. Alguns trabalhos enfocaram a espécie invasiva *Codium fragile* (Goff et al. 1992, Manhart et al. 1989, Francis et al. 1987). Inferições filogenéticas baseando-se no exon 1 do *rbc*L foram realizadas por Shimada et al. (2004) ao analisarem cerca de 613 pares de base do referido gene para 18 espécies de *Codium* no Japão. Recentemente Verbruggen et al. (2007) fizeram uma ampla análise, incluindo 74 táxons de *Codium* de diversas localidades, baseando-se em 227 seqüências do exon 1 do gene r*bc*L para propor relações filogenéticas e fitogeográficas dentro do gênero.

No Brasil, sete táxons foram descritos para o gênero: *C. decorticatum* (Woodw.) M. Howe, *C. intertextum* Collins & Herv., *C. isthmocladum* Vickers, *C. profundum* Silva & Chacana, *C. repens* P. Crouan ex Vickers, *C. spongiosum* Harv. e *C. taylorii* P. C. Silva, distribuídos desde o litoral do Piauí ao litoral do Rio Grande do Sul. No entanto, o conhecimento da flora de *Codium* para o Brasil, está restrito a um número pequeno de publicações, onde os táxons estão registrados na forma de listagem ou em levantamentos florísticos gerais (Joly 1957, 1965, Yoneshigue-Braga 1970, Ugadim 1973, Ugadim & Pereira 1978, Pereira et al. 1981, Teixeira et al. 1985, Pereira & Accioly 1998; Yoneshigue & Valentin 1988, Pereira et al. 2002, Oliveira-Carvalho et al.

2003, Yoneshigue-Valentin et al. 2006, Pereira et al. 2007). Poucos trabalhos tratam exclusivamente da taxonomia do grupo (Silva 1960 e Alves & Moura 2005).

Até o presente momento, nenhum estudo filogenético abordando o gênero foi realizado no Brasil e, diante disto, o presente trabalho tem por finalidade de detectar relações filogenéticas entre as espécies de *Codium* ocorrentes no litoral brasileiro a partir das seqüências do éxon 1 do gene *rbc*L.

MATERIAL E MÉTODOS

Amostras de Codium. Em diversas localidades do litoral brasileiro, foram coletadas amostras de *Codium* para as análises moleculares (Tabela 1). Em campo, foram selecionadas as porções jovens do talo, e no intuito de remover possíveis epífitas, as porções foram limpas com auxílio de escova dental de cerdas flexíveis. Após a limpeza, as porções foram secas em papel toalha e cortadas em pequenos pedaços, com auxílio de tesouras ou estiletes, sendo imediatamente acondicionadas em recipientes plásticos devidamente etiquetados, contendo sílica gel e/ou etanol a 70%.

Extração de DNA. A extração de DNA foi processada na Universidade de São Paulo (USP) no Laboratório de Algas Marinhas Edson José de Paula (LAM). As amostras de *Codium* foram submetidas ao protocolo manual de extração de DNA usando CTAB (brometo de cetiltrimetilamônio). O tampão de extração CTAB é constituído pelos seguintes reagentes (água deionizada miliq, CTAB a 2%, NaCl a 5%, 0,5 M de EDTA, PVP a 1% e 1 M Tris-Hcl com pH 8). As amostras de *Codium* foram maceradas em nitrogênio líquido com auxílio de almofariz e pistilo, previamente resfriadas a -20^{0}C, até a obtenção de um pó fino. O macerado foi adicionado a 700 μL do tampão CTAB, juntamente com 7 μL de proteinase K (20 mg/mL) previamente

aquecidos em tubo de eppendorf (1,5 mL) em banho seco a 60^0 C. O extrato foi incubado a 60^0 C por 30-40 minutos em banho seco. Após este período, adicionou-se à amostra 250 μL de acetato de potássio (KOAC) e conservou-se a -20^0 C por 30 minutos. A amostra foi centrifugada a 14.000 rpm a 4^0C, por aproximadamente 30 minutos. A fase aquosa da amostra foi transferida para um novo tubo de eppendorf, onde foi adicionado um volume de clorofórmio: alcool isomílico (24:1), onde foi centrifugada por 10 minutos. Novamente foi transferida a fase aquosa para um novo tubo, adicionando-se um volume de clorofórmio: alcool isomílico, centrifugando por cinco minutos. A fase aquosa da amostra foi transferida para um novo tubo de eppendorf devidamente etiquetado, onde foi adicionado 0,8 volume de isopropanol (100%), incubando-a por um período de 30 minutos à -20^0 C. Após centrifugação (14.000 rpm) por 20 minutos, desprezou-se o sobrenadante e o tubo contendo o DNA foi seco em centrífuga a vácuo durante 30 minutos. O DNA da amostra foi diluído em 50 μL de tampão 0,1 X TE (Tris 10 mM, pH 8.0 e EDTA 1mM). As amostras de DNA total foram conservadas a -20^0 C. Para a verificação da qualidade e quantidade de DNA extraído, foi retirada uma alíquota de 5 μL do DNA, a qual foi submetido a eletroforese em gel de agarose 0,7% em TBE (Tris 445 mM, ácido bórico 445 mM e 10 mM EDTA), corado com brometo de etídio (Sambrook et al. 1989).

Amplificação por PCR (Reação da Cadeia da Polimerase). Para a amplificação do éxon 1 do gene que codifica a subunidade grande (*rbc*L) da enzima ribulose - 1,5 - bifosfato carboxilase-oxigenase (rubisco), foram utilizados os seguintes primers: 12-34F **(**5'- AAC TGA AAC TAA AGC AGG TGC AG- 3') e 799-778R (5'- GCA TRA TAA TAG GTA CGC CRA A-3'), conforme comunicação pessoal de H. Verbruggen, cujas seqüências dos primers estão publicadas em Verbruggen et al. 2007. Nas reações de

PCR, foram utilizados mini-tubos contendo as seguintes proporções: 39,25 μL de H_2O miliq; 5μL de tampão 10X; 1,5 μL de $MgCl_2$; 1μL de dNTP; 1 μL de cada primer; 1 μL de DNA total e 0,25 μL de Taq DNA polymerase, tendo volume final 50 μL. Os mini-tubos foram conduzidos para reação de PCR em termocilador Minicycler™, (MJ Research) nos seguintes ciclos: 94^0 C por 4 min; 35X (94^0C por 30 seg, 45^0C por 1 min; 72^0C por 2 min) e 72^0 C por 7 min. O produto da PCR foi visualizado e qualificado em eletroforese em gel de agarose 0,7% corado com brometo de etídio conforme descrito acima (Sambrook et al. 1989).

Purificação do produto da PCR. Para minimizar eventuais erros de incorporação de bases durante a PCR, foram realizadas três reações de PCR independentes para cada amostra de DNA, as quais foram reunidas antes da purificação (Baldwin et al. 1995). Os produtos obtidos foram purificados em colunas de MicroSpin™ (Amersham Pharmacia Biotech, Buckinghamshire), conforme o protocolo do fornecedor. O DNA purificado foi analisado em gel de agarose a 0,7% conforme descrito acima e quantificado através da comparação com marcador padrão (1 KB Ladder) da Invitrogen através da estimativa visual.

Sequenciamento. A reação de sequenciamento foi feita com aproximadamente 40 ng do produto de DNA purificado, através do kit de sequenciamento "BigDye™ Terminator Cycle Sequencing Ready Reaction" da Applied Biosystems (Foster City, EUA). O kit de seqüenciamento é constituído por dNTP, dideoxinucleosídeos (ddNTP) com marcadores fluorescentes, tampão, cloreto de magnésio e enzima Taq polimerase. Para cada reação de seqüenciamento foram utilizadas as seguintes proporções: 2 μL de BigDye; 2 a 5 μL do DNA purificado (dependendo da amostra) e 1 μL de primer (10 pmol). No sequenciamento, foi utilizado o primer 12-34F para as seqüências diretas e o

primer 799-778R para as seqüências reversas, em reações independentes. A reação de seqüenciamento foi realizada em termociclador MiniCycler (MJ Research) nas seguintes condições de ciclo: 40 X (96^0C por 10 seg., 54^0C por 20 seg., 60^0C por 4 min). As precipitações dos produtos obtidos foram feitas adicionando-se aos mini-tubos 40 μL de isopropanol (65%), os quais foram envolvidos em papel alumínio e mantidos em temperatura ambiente por 20 minutos. Logo em seguida, as amostras foram centrifugadas a 14.000 rpm por 25 minutos em temperatura ambiente, e os sobrenadantes foram descartados com auxílio de micropipetas. Nos mini-tubos, foram adicionados 200 μL de Etanol (60%), onde foram novamente centrifugados a 14.000 rpm por 10 minutos em temperatura ambiente e os sobrenadantes desprezados com auxílio de micropipetas. O produto foi seco em centrifuga a vácuo por aproximadamente 30 minutos. As amostras de DNA foram seqüenciadas em seqüenciador automático ABI PRISM^{TM} 3100 Genetic Analizer (Applied Biosystems).

Construção das matrizes de alinhamento - Seqüências consenso do exon 1 do *rbc*L foram obtidas neste trabalho para 24 amostras de *Codium* (Tabela 1). Cada seqüência consenso foi montada a partir de duas ou mais seqüências geradas pelos primers 12-34F (F: direto) e 799-778R (R: reverso) no programa BioEdit (Hall 1999). Os cromatogramas foram checados quando ocorriam divergências entre as seqüências F e R; caso não fosse possível resolver as divergências, o seqüenciamento era repetido. As seqüências foram comparadas a outras disponíveis no GenBank utilizado a ferramenta BLASTN (Altschul et al. 1990). As seqüências obtidas para as 24 amostras de *Codium* foram comparadas através de uma matriz de distância genética utilizando o programa BioEdit para a identificação de seqüências idênticas entre as diferentes amostras. As dez seqüências consenso únicas do exon 1 do *rbc*L obtidas neste trabalho para as amostras

de *Codium* coletadas no Brasil e as seqüências das espécies importadas do GenBank (Tabela 2) foram alinhadas utilizando o programa ClustalW dentro do BioEdit (Hall 1999). O alinhamento gerado foi inspecionado visualmente. Seqüências correspondentes aos primers de amplificação e regiões terminais 5'e 3' foram removidas dos alinhamentos gerando uma matriz de 50 seqüências com 613 posições. Posteriormente foi incluída nessa matriz a seqüência de *Bryopsis plumosa* (Hudson) C. Agardh (GenBank accession nº. AB038480) para as análises feitas com grupo externo.

Inferências filogenéticas. Todas as análises filogenéticas foram feitas no programa PAUP 4.0b8 (Swofford 2000). O modelo evolutivo apropriado foi selecionado no Modeltest (Posada & Crandall 1998). Foram feitos dois conjuntos de análises, um gerando árvores não enraizadas e outro onde foi adicionada a seqüência de *Bryopsis plumosa* como grupo externo. Para as árvores sem o grupo externo (não enraizadas), o modelo escolhido, estimado a partir dos dados da matriz, foi GTR+I+G (no AIC - Akaike Information Criterion) com as seguintes freqüências de base: A = 0.3239, C = 0.1049, G = 0.1882, T = 0.3830. O modelo de substituição de bases foi determinado como [A↔C] = 1.1316, [A↔T] = 0.4761, [A↔G] = 1.1661, [C↔G] = 1.1588, [G↔T] = 1.0000, e [C↔T] = 1.7783. A proporção de sítios invariáveis considerada foi de 0.6589 e o parâmetro de distribuição gama foi de 0.6103 para taxa de heterogeneidade em sítios variáveis. As árvores foram inferidas a partir de três métodos distintos: distância, máxima parcimônia e máxima verossimilhança. Para o método de distância, foi construída uma árvore de neighbour-joining (NJ) (Saitou & Nei 1987) com o modelo de substituição de Tamura & Nei (1993). A árvore de máxima parcimônia (MP) foi inferida por busca heurística. Foram considerados 115 sítios informativos. Para ambos os métodos descritos acima os ramos foram rearranjados pelo

algoritmo “tree bisection-reconnection” (TBR) e foram feitas análises de “bootstrap” (Felsenstein 1985) com 2000 replicatas.

A árvore de máxima verossimilhança (ML) foi inferida por busca heuritica rápida. As outras especificações foram estimadas pelo Modeltest, conforme descrito acima para a árvore de NJ. A reamostragem por “bootstrap” foi feita para 100 replicatas devido a limitações computacionais. As mesmas análises de inferências filogenéticas para NJ, MP (com 1000 replicatas de “bootstrap” cada) e ML (com 100 replicatas de “bootstrap”) foram repetidas conforme descrito acima para a mesma matriz, mas com a adição de um grupo externo (*B. plumosa*) gerando, desse modo, árvores enraizadas. Para essa matriz de 51 seqüências e 613 posições foi feita nova análise no Modeltest (Posada & Crandall 1998) e o modelo selecionado foi GTR+I+G (no AIC - Akaike Information Criterion) com as seguintes freqüências de base: A = 0.3273, C = 0.1108, G = 0.1800, T = 0.3818. O modelo de substituição de bases foi determinado como [A↔C] = 1.0458, [A↔T] = 0.4877, [A↔G] = 1.1583, [C↔G] = 1.1262, [G↔T] = 1.0000, e [C↔T] = 1.7616. A proporção de sítios invariáveis considerada foi de 0.6382 e o parâmetro de distribuição gama foi de 0.5857 para taxa de heterogeneidade em sítios variáveis. Para todas as análises, os valores de “bootstrap” foram considerados baixos até 70%, moderados de 71% a 90% e altos acima de 90%.

RESULTADOS

Foram feitas extrações de DNA para 25 amostras de *Codium* sendo que dessas para 24 foi possível obter produto de PCR com os primers 12-34F e 799-778R que amplificam o éxon 1 do gene *rbc*L. Apenas para a amostra identificada como *C. intertextum* coletada na Praia do Rio Vermelho, Bahia, não foi possível amplificar e seqüenciar esse marcador molecular. Entretanto, o não sequenciamento desta amostra

não interferiu na análise dos dados, uma vez que, outra amostra da mesma espécie para o estado da Bahia foi seqüenciada. Para as demais amostras amplificadas e seqüenciadas o tamanho do éxon 1 do gene *rbc*L, incluindo os primers de PCR foi de 788 nucleotídeos.

As seqüências obtidas para as 24 amostras de *Codium* foram comparadas através de uma matriz de distância genética (Anexo 1). A partir dessa matriz, foi possível identificar quais amostras possuíam seqüências idênticas para o éxon 1 do gene *rbc*L; essa comparação resultou em dez seqüências únicas (Tabela 3). Para *C. decorticatum* foram obtidas duas amostras do estado de Santa Catarina e duas do estado do Rio de Janeiro, e as seqüências foram idênticas para as quatro amostras. O mesmo aconteceu para as sete amostras de *C. intertextum* coletadas desde Santa Catarina até o estado da Bahia, e incluindo a amostra de Fernando de Noronha (estado de Pernambuco), para as três amostras de *C. spongiosum* coletadas na costa sudeste, e para duas amostras de *C. repens* coletadas em Pernambuco. Para as cinco amostras de *C. taylorii* foi observada uma divergência de no máximo 0,5%, sendo que as amostras do estado de São Paulo, Rio de Janeiro se mostraram idênticas e das três amostras coletadas na Bahia, duas foram idênticas. A amostra Ctay9BA apresentou apenas dois nucleotídeos de divergência para as demais amostras da BA; como esses dois nucleotídeos estavam no início da seqüência que foi removido na matriz gerada para as análises filogenéticas (ver material e métodos), essa amostra passou a ser considerada na matriz como idêntica a Ctay07BA. As três amostras de *C. isthmocladum* apresentaram divergências de 0,12 (para as amostras da Bahia e da Paraíba) a 1,4% (entre as amostras do Nordeste e a do Espírito Santo). A maior divergência intra-específica encontrada foi observada para *C. isthmocladum* de 1,4 % (11 nucleotídeos). As divergências observadas entre espécies

variaram de 1,9% (15 nucleotídeos) entre *C. intertextum* e *C. spongiosum* a 10,2% (80 nucleotídeos) entre *C. intertextum* e *C. isthmocladum*.

Inicialmente para as análises filogenéticas foram selecionadas todas as seqüências do éxon 1 do *rbc*L de *Codium* disponíveis no GenBank, com isso a matriz inicial ficou com 126 seqüências de tamanhos variados. Devido à limitação computacional para analisar uma matriz tão grande, as seqüências geradas neste trabalho foram enviadas para o Dr. Verbruggen (Ghent University) que fez uma análise preliminar com sua matriz com 328 seqüências de *Codium* (a maioria ainda não disponível nos bancos de dados). A partir dessa análise, foram selecionadas 41 seqüências representativas dos ramos principais, eliminando aquelas cuja seqüência era muito curta ou que se encontravam posicionadas em ramos longos para evitar distorções na árvore ("long branch attraction"; Holland *et al*. 2003). Além disso, foram incluídos todos os táxons próximos às amostras brasileiras analisadas por nós. A partir dessa seleção de táxons, foi gerada uma matriz com 50 seqüências, incluindo as seqüências brasileiras, que foi analisada de forma não-enraizada através de três diferentes métodos de inferência filogenética, "neighbour-joining" (NJ), máxima parcimônia (MP) e máxima verossimilhança (ML), representadas respectivamente pelos anexos 2, 3 e 4. A Fig 1 resume os resultados encontrados nas três análises.

As mesmas análises foram realizadas a partir da mesma matriz com 50 seqüências, mas com a adição de *Bryopsis plumosa* como grupo externo, gerando as seguintes árvores enraizadas "neighbour-joining" (NJ), máxima parcimônia (MP) e máxima verossimilhança (ML), representadas respectivamente pelos anexos 5, 6 e 7. A Fig. 2 resume os resultados encontrados nas três análises.

Em todas as análises feitas, alguns agrupamentos monofiléticos foram constantes. O agrupamento denominado de A (Fig. 1, 2) apresentou altos valores de "Bootstrap" (98 a 100%) em todas as análises e inclui duas espécies seqüenciadas nesse trabalho: *C spongiosum* que agrupou em todas as análises (com valores de "bootstrap" de 55 a 96%) com duas outras amostras da mesma espécie, uma do Japão e outra da África do Sul; e *C. intertextum* que agrupou com outra amostra dessa espécie proveniente da Jamaica. Em ambos os casos as análises moleculares confirmam a identificação da espécie feita através da análise dos caracteres morfológicos (Oliveira-Carvalho et al. dados não publicados). Outros táxons como *C. hubsii, C. lucasii, C. arabicum* e *C. convolutum* fazem também parte desse agrupamento A. Nas análises onde foi utilizada *Bryopsis plumosa* como grupo externo o agrupamento A é basal às demais espécie de *Codium* (Fig. 2).

Outro agrupamento monofilético que se formou em todas as análises com moderado a altos valores de "Bootstrap" (65 a 100%) foi denominado de B e inclui uma espécie seqüenciada nesse trabalho, *C decorticatum* que na análise incluindo o grupo externo *B. plumosa* se agrupou com outra amostra do mesmo táxon proveniente da costa Atlântica dos E.U.A. Esse agrupamento também incluiu *C. duthieae* e *C. cylindricum*. Nas análises com a adição do grupo externo (Fig. 2), esse agrupamento é enraizado pelos táxons *C. galeatum, C. yezoensis* e *C. fragile*, porém com baixos valores de "bootstrap", sendo que nas análises não enraizadas esses táxons aparecem como uma politomia (Fig. 1).

O terceiro agrupamento monofilético denominado de C que se formou em todas as análises (com suporte de "bootstrap" de 51 a 96%), com exceção da análise de ML, com adição do grupo externo incluiu diversos táxons e três subgrupos monofiléticos,

além de uma politomia na sua base que inclui os táxons *C. bursa*, *C. gracile, C. latum, C. ovale, C. contractum, C.* cf. *latum* e *C. platycladus* (Fig. 1, 2). Nos três subgrupos monofiléticos, denominados de C1, C2 e C3 encontram-se amostras brasileiras seqüenciadas nesse trabalho.

O subgrupo C1 teve suporte de "bootstrap" de 51 a 96% para as análises de MP e ML nas árvores não-enraizadas e com adição de grupo externo. Nesse subgrupo está incluída *C. repens* do Brasil que se agrupou com *Codium* sp. e *C. repens* ambas do Caribe e *C.* cf. *tenue* das Filipinas, enraizados em todas as análises por *C. geppiorum* (EF108021) de Belize e por *C. intricatum* do Japão nas análises de MP e ML.

O subgrupo C2, com suporte de "bootstrap" de 81 a 100% em todas as análises, inclui as amostras de *C. taylorii* do Brasil que se agruparam com as outras amostras da mesma espécie provenientes do Caribe e da Florida (E.U.A.), enraizadas por outra *C. geppiorum* (EF108020) de Oman.

O subgrupo C3, com suporte de "bootstrap" de 76 a 86% em todas as análises, inclui três amostras brasileiras de *C. isthmocladum* que se agruparam com outras três amostras dessa mesma espécie de outros locais (com suporte de "bootstrap" de 94 a 99% em todas as análises), enraizada por *C. platylobium* J. E. Areschoug da África do Sul que por sua vez está enraizada por uma terceira, *C. geppiorum* O. C. Schimidt (EF108012) do Sri Lanka, e *C. isthmocladum* (EF108036) da Flórida (E.U.A.). Das três amostras de *C. isthmocladum* coletadas no Brasil, duas delas (Cist11PB e Cist15BA) se agruparam com duas amostras provenientes do Caribe com altos valores de "bootstrap" (91 a 100%) em todas as análises. A terceira (Cist03ES) se agrupou com *C. isthmocladum* subsp. *clavatum* (EF108025) também do Caribe (com altos valores de "bootstrap" 96 a 100% em todas as análises).

Além dos grupos monofiléticos formados já descritos, nas análises não-enraizadas de NJ e ML *C. megalophysum* P. C. Silva e *C. cranwelliae* Setchell agruparam com suporte moderado de "bootstrap" (84 e 74% respectivamente).

DISCUSSÃO

A taxonomia baseada apenas em caracteres morfológicos para *Codium* é extremamente complexa, dado o grande número de espécies descritas para o gênero, a grande plasticidade fenotípica e sua ampla distribuição geográfica. Seqüências moleculares para o exon 1 do gene *rbc*L têm se mostrado adequadas para a identificação e delineação de espécies, além de prover um arcabouço filogenético que pode ser usado para avaliar a utilidade dos caracteres morfológicos, hipóteses biogeográficas, ocorrência de espécies crípticas e identificação de espécies invasoras (Shimada et al. 2004; Verbruggen et al. 2007).

Embora Verbruggen et al. (2007) tenham feito uma ampla análise filogenética incluindo centenas de amostras de *Codium* de todo o mundo, essa análise é relativamente pobre em espécies do Oceano Atlântico Americano, e nenhuma espécie coletada no Brasil foi incluída. Além disso, os mesmos autores argumentam que apenas através de análises regionais, baseadas em uma análise detalhada da morfologia e em análises de marcadores moleculares será possível obter um conhecimento mais abrangente sobre a taxonomia e filogenia das espécies de *Codium*.

Neste trabalho foram analisadas 24 amostras atribuídas a seis espécies da costa brasileira, coletadas de Santa Catarina até a Paraíba. As divergências observadas no exon 1 do *rbc*L entre espécies brasileiras variaram de 1,9% entre *C. intertextum* e *C. spongiosum* a 10,2% entre *C. intertextum* e *C. isthmocladum*. Segundo Verbruggen *et*

al. (2007) a maior divergência entre espécies de *Codium* não passa de 14%, sendo que as divergências entre os gêneros os *Codium* e *Bryopsis* J. V. Lamouroux são de no mínimo 16%.

Utilizando-se as seqüências geradas para o éxon 1 do *rbc*L das amostras brasileiras e outras seqüências disponíveis no GenBank foram feitas análises filogenéticas não-enraizadas e enraizadas com a adição de um grupo externo. O uso ou não de um grupo externo é uma questão bastante complexa nas análises filogenéticas para o gênero *Codium*, amplamente discutida em Verbruggen et al. (2007). Esses autores consideram que a seqüência disponível mais próxima de *Codium* é de *Bryopsis plumosa* (Huds.) C. Agardh

, ambas pertencentes à ordem Bryopsidales (Lam & Zechman 2006); mesmo assim, as seqüências dos dois gêneros apresentam uma considerável divergência que pode levar a uma distorção das árvores pelo efeito de "atração de ramos longos" ("long branch attraction"). Para evitar tal efeito, fizemos análises não-enraizadas e removemos da matriz de alinhamento os táxons situados em ramos longos (ou seja, táxons bastante divergentes) e que não tinham relação direta com as espécies brasileiras. A seleção dos táxons para inclusão nas análises foi possível graças a uma análise prévia feita pelo Dr. H. Verbruggen onde ele incluiu as seqüências geradas neste estudo em sua grande matriz de dados. Tomada essa precaução da remoção de táxons situados em ramos longos, as análises obtidas para as árvores enraizadas e não-enraizadas deram resultados semelhantes, sendo possível observar três agrupamentos monofiléticos principais denominados de A, B e C em todas as análises. Os resultados obtidos no presente estudo se assemelham muito com as análises de Verbruggen et al. (2007) e a inclusão das amostras brasileiras corrobora as análises apresentadas por esses autores.

Nas análises, o agrupamento A que se refere ao ramo basal da árvore enraizada, está representado por espécies de hábito prostrado, ausentes de ramificação, pertencentes ao subgênero *Tylecodium.* Neste agrupamento, estão inseridas duas espécies encontradas no Brasil (*C spongiosum* e *C. intertextum*), sendo esta última formadora de tapetes nos substratos rochosos. No agrupamento A, encontram-se as espécies que possuem utrículos predominantemente agrupados e estreitos, corroborando os dados obtidos por Verbruggen et al. (2007).

Espécies pertencentes ao subgênero *Shizocodium* foram predominantes nos demais agrupamentos. O agrupamento B consiste de espécies de hábito ereto, com ramos predominantemente cilíndricos, com ramificações dicotômicas, sendo caracterizadas por utrículos individuais e grandes. Neste agrupamento, apenas uma espécie (*C. decorticatum*) coletada no Brasil esteve presente. O agrupamento C (C1, C2 e C3) em sua maioria está constituído por espécies de hábito ereto, com ramos cilíndricos a levemente achatados, utrículos geralmente individuais, com tamanhos intermediários. Neste agrupamento, três espécies coletadas no Brasil estiveram presentes, uma de hábito procumbente (*C. repens*) e duas de hábito ereto (*C. isthmocladum* e *C. taylorii*), reforçando os dados obtidos por Verbruggen et al. (2007).

Como demonstrado nas árvores filogenéticas, as amostras brasileiras aparecem espalhadas nos três agrupamentos monofiléticos principais, indicando claramente a presença de espécies que colonizaram a costa Atlântica Americana proveniente de floras de diferentes localidades geográficas. Para que isso tenha ocorrido, pressupõe-se um eficiente mecanismo de dispersão, possivelmente através de porções vegetativas que se fragmentam e são carregadas pelas correntes, ou por outros fatores como, por exemplo, a espécie *C. fragile* subsp. *tomentosoides* nativa do Japão, considerada como a

macroalga mais invasiva no mundo. A dispersão dessa espécie está provavelmente relacionada à intervenção humana através das embarcações e também associada à aquacultura de moluscos (Ranus 1971, Dromgoole 1975, Trowbridge & Todd 1999, Bégin & Sheibling 2003).

Os três agrupamentos principais observados nas nossas árvores filogenéticas incluem espécies dos três principais oceanos (Atlântico, Pacífico e Índico). A diversidade maior de espécies está no Indo-Pacífico sendo que as espécies do Atlântico geralmente estão em clados derivados de espécies do Indo-Pacífico. Essas análises indicam uma origem e diversificação do gênero no Indo-Pacífico, sendo que suas espécies dispersaram para o Atlântico em diferentes ocasiões (Verbruggen et al. 2007). Entretanto, algumas espécies parecem ter se diversificado e permanecido restritas ao oceano Atlântico americano, como é o caso de *C. isthmocladum, C. taylorii, C. decorticatum* e *C. intertextum*. Por outro lado, *C. spongiosum* parece ser uma espécie cosmopolita, que está presente no Atlântico e no Indo-Pacífico. A circunscrição das espécies e de suas distribuições geográficas ainda depende de estudos mais regionalizados.

Nas análises, verifica-se que na árvore enraizada, como também na árvore não-enraizada, *C. geppiorum* esteve amplamente distribuída no grupo monofilético C, estando presente nos três subgrupos (C1, C2 e C3). Esta espécie está inserida no complexo *C. geppiorrum*, o qual está constituído por espécies de talos rastejantes, procumbentes ou decumbentes, anastomosados, encontrados principalmente na Região Indo-Pacífica, e muito próxima taxonomicamente com *C. repens* do Atlântico (Silva 1960, Jones & Kraft 1984, Chang et al. 2002). Neste caso, fica evidente que é uma espécie mal delineada e necessita, portanto, de uma revisão acurada na sua taxonomia.

Segundo Chang et al. (2002) os táxons que compõem o complexo *C. geppiorum* apresentam uma taxonomia ainda mal delineada e freqüentemente são confundidas devido ao contínuum encontrado no tamanho dos utrículos e outros caracteres morfológicos similares.

Em geral, a taxonomia do gênero *Codium* está baseada na comparação dos caracteres morfológicos e anatômicos. No entanto, em alguns casos, é difícil fazer uma identificação apurada devido à ausência de caracteres estáveis. Isto ocorre porque estes caracteres morfológicos apresentam extrema variação dentro da mesma espécie e entre populações (Silva 1951, Chacana et al. 1996, Pedroche et al. 2002, Shimada et al. 2004).

Apesar dos caracteres morfológicos serem insuficientes para uma análise mais ampla das espécies de *Codium,* como é relatada pelos autores acima, as análises desses caracteres levaram a identificações específicas, que foram corroboradas pelas análises de filogenia molecular para as amostras brasileiras. As espécies brasileiras seqüenciadas neste estudo se agruparam com amostras identificadas sob a mesma designação específica em clados monofiléticos, como *C. spongiosum, C. taylorii, C. decorticatum,* e *C. intertextum*. As amostras de *C. isthmocladum* coletadas no Brasil agruparam-se com outras três amostras do Caribe em um clado monofilético, entretanto, uma amostra identificada também como *C. isthmocladum* do Atântico dos E.U.A. não está posicionada nesse clado. Sugerimos, neste caso, uma revisão na taxonomia dessa espécie.

Neste estudo, a utilização do marcador molecular *rbc*L mostrou-se bastante útil na distinção de espécies de *Codium* e na construção de um arcabouço filogenético que permite uma análise mais detalhada das relações evolutivas e biogeográficas dessas

espécies, assim como foi verificado por Shimada et al. (2004) e Verbruggen et al. (2007).

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Silvia R. Blanco da Universidade de São Paulo, pelo auxílio nas reações de seqüenciamento. Ao Biólogo e técnico Rosário Petti do Laboratório de Algas Marinhas (LAM) da Universidade São Paulo, pela ajuda durante o desenvolvimento deste trabalho. Ao Dr. Heroen Verbruggen pelas as análises filogenéticas preliminares. Às agências de fomento, CNPq pelo apoio financeiro e bolsas e a Capes pela concessão de bolsa de Doutorado à primeira autora.

REFERENCIAS

Altschul, S. F., Gish, W., Miller, W., Myers, E. W. & Lipman, D. J. 1990. Basic local alignment search tool. *J. Mol. Biol.* 215: 403-410.

Alves, A. M. & Moura, C. W. N. 2005. O gênero *Codium* (Chlorophyta, Codiaceae) no recife costeiro da Ilha de Itaparica, Bahia, Brasil. *In*: Reunião Brasileira de Ficologia 10, 2004. Salvador. *Anais...* Rio de Janeiro: Museu Nacional (Série Livros 10). pp. 485-516.

Baldwin, B. G., Sanderson, M. J., Porter, J. M., Wojciechowski, M. F., Campbell, C. S. & Donoghue, M. J. 1995. The ITS region of nuclear ribosomal DNA: a valuable source of evidence on angiosperm phylogeny. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 82(2): 247-277.

Bégin, C. & Scheibling, R. 2003. Growth and survival of the invasive green alga *Codium fragile* spp. *tomentosoides* in tide pools on a rocky shore in Nova Scotia. *Bot. Mar.* 46: 404-412.

Chacana, M. E., Silva, P. C. & Pedroche, F. F. 1996. Japonese species of crustose *Codium*. *Phycologia* 34: 16. Suppl.

Chang, J. S., Dai, C. F. & Chang, J. 2002. A taxonomic and karyological study of the *Codium geppiorum* complex (Chlorophyta) in southern Taiwan, including the description of *Codium nanwanense* sp. nov. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 43: 161-170.

Dromgoole, I. F. 1975. Occurrence of *Codium fragile* subspecies *tomentosoides* in New Zeland waters. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*. 9(3): 257-264.

Felsenstein, J. 1985. Confidence limits on phylogenies: an approach using the bootstrap. *Evolution* 39(4): 783-791.

Francis, M. A, Balint, R. F. & Dudock, B. S. 1987. A novel variety of 4.5S RNA from *Codium fragile* chloroplast. *J. Biol. Chem.* 262: 1848-54.

Goff, L. J., Liddle, L., Silva, P. C., Voytek, M. & Coleman, A. W. 1992. Tracing species invasion in *Codium,* a siphonous green alga, using molecular tools. *Am. J. Bot.* 79: 179-1285.

Graham, L. E. & Wilcox, L. W. 2000. *Algae***.** Prentice-Hall, 640 pp.

Hall, T. A. 1999. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucl. Acids. Symp. Ser.* 41:95-98.

Hanyuda, T., Shogo, A. & Ueda, K. 2000. Variability in the *rbc*L introns of Caulerpalean algae (Chlorophyta, Ulvophyceae). *J. Plant Res.* 113: 403-413.

Holland, B. R., Penny, D. & Hendy, M. D. 2003. Outgroup misplacement and phycologenetic inaccuracy under a molecular clock – a simulation study. *Syst. Biol.* 52: 229-238.

Joly A. B. 1957. Contribuição ao conhecimento da flora ficológica marinha da Baía de Santos e Arredores. *Bolm. Fac. Filos. Ciênc. e Letras* 217(14): 1-196.

Joly, A. B. 1965. Flora marinha do litoral norte do Estado de São Paulo e regiões circunvizinhas. *Bolm Fac. Filos. Ciênc. e Letras* 21: 1-267.

Jones, R. & Kraft, G. 1984. The genus *Codium* (Codiales, Chlorophyta) at Lord Howe Island (N.S.W.). *Brunomia* 7: 253-276.

Kono, M., Satoh, H., Okabe, Y., Abe, Y. Nakayama, K. & Okada, M. 1991. Nucleotide sequence of the large subunit of ribulose-1,5-biphosphate carboxylase/oxygenase from the green alga *Bryopsis maxima*. *Plant. Mol. Biol.* 17: 505-508.

Lam, D. W. & Zechman, F. W. 2006. Phylogenetic analyses of the Bryopsidales (Ulvophyceae, Chlorophyta) base on Rubisco large subunit genes sequences. *J. Phycol.* 42: 669-678.

Manhart, J. R. & Vonderhaar, R. A. 1991. Intron revealed by nucleotide sequence of large subunit of ribulose-1,5- bisphosphate carboxylase/oxygenase from *Codium fragile* (Chlorophyta): Phylogenetic analysis. *J. Phycol.* 27: 613-617.

Manhart, J. R., Kelly, K., Dudock, B. S. & Palmer, J. D. 1989. Unusual characteristic of *Codium fragile* chloroplast DNA reveled by physical and gene mapping. *Molec. Gen. Genetcs.* 216: 417-421.

Oliveira, M. C. 1998. O uso de marcadores moleculares no estudo da biodiversidade. *In*: Azevedo, M. T. P. [ed.] *Anais do IV Congresso Latino-Americano de Ficologia,*

II Reunião Brasileira de Ficologia: Conservação da biodiversidade e novas tecnologias: *promesas e perigos*. Soc. Bras. Ficologia, pp. 178-186.

Oliveira, M. C. 2001. Estúdios de la macro y microbiodiversidade de las algas. Secuenciamiento del DNA ribosomal (rDNA). *In:* Alveal, K; Antezana, T. [Ed.] *Sustentabilidad de la biodiversidade.* Santiago, Universidad de Concepcion, pp. 85 – 96.

Oliveira-Carvalho, M. F., Pereira, S. M. B. & Zickel, C. S. 2003. Florística e distribuição espaço-temporal das clorofíceas bentônicas em trechos recifais do litoral norte do Estado de Pernambuco – Brasil. *Hoehnea* 30 (3): 201-212.

Pedroche, F. F. 2001. Estudios filogenéticos del género *Codium* (Chlorophyta) en el Pacífico mexicano. Uso de ADNr mitocondrial – *An. Esc. Nac. Ciênc. Biol. Mex.* 47 (1): 109-123.

Pedroche, F.F., P.C. Silva & M. Chacana 2002. El género *Codium* (Codiaceae, Chlorophyta) en el Pacífico de México. *In*: Senties, A.G. & K.M. Dreckmann (Ed.) - Monografías Ficológicas 2002: 11-74.

Pereira, S. M. B & Accioly, M. C. 1998. Clorofíceas marinhas bentônicas da Praia de Serrambi – Pernambuco. *Acta Bot. Bras.* 12 (1): 25-52.

Pereira, S. M. B., Oliveira-Carvalho, M. F., Angeiras, J. A. P, Bandeira-Pedrosa, M. E., Oliveira, N. M. B., Torres, J., Gestinari, L. M. S., Cocentino, A. L. M., Santos, M. D., Nascimento, P. R. F. & Cavalcanti, D. R., 2002. Algas marinhas bentônicas do Estado de Pernambuco, 1. *In*: Tabarelli, M.; Silva, J. M. C. [Org.] *Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco*. Massangana [ed.], Recife, pp. 97-124

Pereira, S. M. B., Oliveira Filho, E. C., Araújo, M. V. S. B., Paes E Melo, L. B., Carvalho, F. A. F. & Câmara Neto, C. 1981. Prospecção dos bancos de algas

marinhas do Estado do Rio Grande do Norte – 2. parte: profundidade de 10 a 45 metros. In: *SUDENE - Projeto Algas* 2: 25-81.

Pereira, S. M. B.; Eskinazi-Leça, E. & Oliveira-Carvalho, M. F. 2007. Phycological flora diversity in a coastal tropical ecosystem in the Northeast of Brasil,. *In*: Tiezzi, E., Marques, J. C., Brebbia, C.A. & J∅rgesen, S. E (ed.): *Ecosytems and Sustainable development VI.* Wit Press [ed.], pp. 185-294.

Posada, D. & Crandall, K. A. 1998. MODELTEST: testing the model of DNA substitution. *Bioinformatics* 14: 817-8.

Provan, J., Murphy, S. & Maggs, C. A. 2004. Universal plastid primers for Chlorophyta and Rhodophyta. *Eur. J. Phycol.* 39(1): 43-50.

Ranus, J. 1971. *Codium*: the invader. *Discovery* 6 (2): 59-68.

Rodrigues, D. 1998. Importancia de la morfología frente a las nuevas técnicas taxonómicas. *In*: Azevedo, M. T. P. [ed.] *Anais do IV Congresso Latino-Americano de Ficologia, II Reunião Brasileira de Ficologia:* Conservação da biodiversidade e novas tecnologias: *promesas e perigos*. Soc. Bras. Ficologia, pp. 273-278.

Saitou, N. & Nei, M. 1987. The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Mol. Biol. Evol.* 4:406-425.

Sambrook, J., Fritsch, E. F. & Maniatis, T. 1989. *Molecular Cloning*: *A Laboratory Manual*, 2nd ed. 3 vol. Cold Spring Harbour Laboratories press, New York

Shimada, S., Hiraoka, M., Serisawa, Y. & Horiguchi, T. 2004. Phylogenetic studies in the genus *Codium* (Chlorophyta) from Japan. *J. Phycol.* 52: 35-39. Suppl.

Silva, P. C. 1951. The genus *Codium* in California with observation on the structure of the walls of the utricles. *Univ. Calif. Publ. Bot*. 25(4): 79-114.

Silva, P. C. 1960. *Codium* (Chlorophyta) in the tropical Western Atlantic. *Nova Hedwigia* 1: 497-536.

Swofford D.L. 2000. PAUP*. Phylogenetic Analysis Using Parsimony (*and Other Methods). Version 4. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts.

Tamura, K. & Nei, M. 1993. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Molec. Biol. Evol.* 10: 512-26.

Teixeira, V. L., Pereira, R. C., Muniz, J. A. & Silva, L. F. F. 1985. Contribuição ao estudo de algas de profundidade da costa sudeste do Brasil. *Ciên. Cult.* 37(5): 809-815.

Trowbridge, C. D. & Todd, C. D. 1999. The familiar is exotic: II. *Codium fragile* spp. *tomentosoides* on Scottish rocky intertidal shores. *Bot. J. Scot.* 50: 161-179.

Ugadim, Y. & Pereira, S. M. B. 1978. Deep-water marine algae from Brazil collected by the Recife Comission I: Chlorophyta. *Ciên. Cult.* 30(7): 839-842.

Ugadim, Y. 1973. Algas Marinhas Bentônicas do litoral sul do Estado de São Paulo e do litoral do Estado do Paraná. I. Divisão Chlorophyta. *Bolm Botânica* 1:11-77.

Van den Hoek, C., Mann, D. G. & Jahns, H. M. 1995. *Algae:* an introduction to phycology. Cambridge, Cambridge University Press, 623 pp.

Verbruggen, H., Leliaert, F., Maggs, C. A., Shimada, S., Tschils, T., Provan, J., Booth, D., Murphy. S., De Clerck, O., Littler, D. S., Littler, M. M. & Coppejans, E. 2007. Species boundaries and phylogenetic relationships within the green algal genus *Codium* (Bryopsidales) basead on plastid DNA sequences. *Mol. Phylogenet. Evol.* 44: 240-254. Suppl.

Yoneshigue-Braga, Y. 1970. Flora marinha bentônica da Baía de Guanabara e Cercanias. I: Chlorophyta. *Inst. Pesq. Mar.* 42: 1-55.

Yoneshigue, Y & Valentin, J. L. 1988. Comunidades algais fotófilas do infralitoral de Cabo Frio, Rio de Janeiro, Brasil. *Guayana Bot.* 45: 61-75.

Yoneshigue-Valentin, Y.; Gestinari, L. M. S.; Fernandes, D. R. P. 2006. Macroalgas. *In*: Lavrado, H. P.; Ignacio, B. L. (ed.). *Biodiversidade bentônica da região central da zona exclusiva brasileira*. Museu Nacional [ed.], Série Livros 18. pp. 67-105.

ANEXOS DO MANUSCRITO II

TABELAS

Tabela 1 - Amostras de *Codium* que tiveram seu exon 1 do *rbc*L seqüenciados neste trabalho com respectivas informações de coleta. (PEUFR – Herbário Professor Vasconcelos Sobrinho da Universidade Federal Rural de Pernambuco).

Espécies	**Local de Coleta**	**Coletor**	**Data**	**Sigla**	**Voucher nº**
C. decorticatum	Florianópolis (Praia da Armação), SC	S. M. P. B. Guimarães	27 Nov 2005	Cdec5SC	PEUFR 48525
C. decorticatum	Florianópolis (Praia Ponta das Canas), SC	M. F.Oliveira-Carvalho & P. Horta.	21 Set 2006	Cdec23SC	PEUFR 48529
C. decorticatum	Cabo Frio (Praia do Peró), RJ	V. Cassano	18 jul 2006	Cdec16RJ	PEUFR 48533
C. decorticatum	Rio de Janeiro (Praia dos Cavaleiros), RJ	L. M. Gestinari	11 Mai 2006	Cdec24RJ	PEUFR 48532
C. repens	Cabo de Santo Agostinho (Praia do Paiva), PE	M. F. Oliveira-Carvalho	28 Abr 2005.	Crep1PE	PEUFR48573
C. repens	Ilha de Sto. Aleixo, PE	M. F. Oliveira-Carvalho & S. M. B. Pereira	31 Jan 2005	Crep22PE	PEUFR 48574
C. intertextum	Vila Velha (Praia da Baleia), ES	D. Barata	25 Mai 2005	Cint6ES	PEUFR 48557
C. intertextum	Vila Velha (Praia da Baleia), ES	D. Barata	01 Jun 2006	Cint4ES	PEUFR 48558
C. intertextum	Canal de São Sebastião, SP	M. F Oliveira-Carvalho & F. Berchez	14 Jul 2006	Cint10SP	PEUFR 48560
C. intertextum	Cabo Frio (Praia do Peró), RJ	V. Cassano	28 Jul 2006	Cint17RJ	PEUFR 48563
C. intertextum	Salvador (Praia Stela Mares), BA	D. Barata	15 Set 2006	Cint18BA	PEUFR 48547
C. intertextum	Arquip. Fernando de Noronha (Praia do Boldró), PE	P. Horta	14 Jun 2006	Cint21FN	PEUFR 48567
C. intertextum	Florianópolis (Praia do Gravatá), SC	M. F. Oliveira-Carvalho & P. Horta	22 Set 2006	Cint25SC	PEUFR 48554
C. isthmocladum	Florianópolis (costa, prof. 25m), ES	S. M. P. B. Guimarães & G. A. Filho	09 Nov 2005	Cist3ES	PEUFR 48496
C. isthmocladum	João Pessoa (Praia do Bessa), PB	M. F. Oliveira-Carvalho & P. Horta	01 Jun 2005	Cist11PB	PEUFR 48504
C. isthmocladum	Ilha de Itaparica (Mar Grande), BA	M. F. Oliveira-Carvalho & M. C. Accioly	18 Set 2005	Cist15BA	PEUFR 48498

Cont. Tab. 1

C. spongiosum	Búzios (Praia do Forno), RJ	M. F. Oliveira-Carvalho & V. Cassano	27 Jul 2006	Cspo12RJ	PEUFR 48542
C. spongiosum	Arraial do Cabo (Praia Mar Grande), RJ	V. Cassano	11 Ago 2006	Cspo14RJ	PEUFR 48541
C. spongiosum	Vila Velha (Praia da Baleia), ES	D. Barata	27 Fev 2006	Cspo13ES	PEUFR 48543
C. taylorii	Canal de São Sebastião, SP	M. F. Oliveira-Carvalho & M. M. Mosca	14 Jul 2006	Ctay2SP	PEUFR 48522
C. taylorii	Cabo Frio (Praia de Peró), RJ	V. Cassano	28 Jul 2006	Ctay19RJ	PEUFR 48523
C. talorii	Salvador (Praia de Jauá), BA	M. F. Oliveira-Carvalho & M. C. Accioly	19 Nov 2005	Ctay07BA	PEUFR 48525
C. taylorii	Salvador (Praia de Guarajuba), BA	M. F. Oliveira-Carvalho & M. C. Accioly	17 Set. 2005	Ctay09BA	PEUFR 48514
C. taylorii	Salvador (Praia de Itapoã), BA	M. F. Oliveira-Carvalho & M. C. Accioly	17 Set 2006	Ctay20BA	PEUFR 48513

Tabela 2 - Seqüências do exon 1 do *rbc*L obtidas no GenBank de *Codium* e *Bryopsis* com os respectivos números de acesso, localidade de coleta e referências .

Espécies	**N° de Acesso GenBank**	**Localidade**	**Referência**
C. arabicum Kutzing	AB102985	Japão	Shimada *et al.* (2003)
C. arabicum Kutzing	EF107969	Austrália	Verbruggen *et al*. (2007)
C. bursa (Linnaeus) C. Agardh	EF107970	Croácia	Verbruggen *et al*. (2007)
C. contractum Kjelman	AB102995	Japão	Shimada *et al.* (2003)
C. convolutum (Dellow) P. C. Silva	EF107975	Tristão da Cunha, Atlântico Sul	Verbruggen *et al*. (2007)
C. cranwelliae Setchell	EF107979	Nova Zelândia	Verbruggen *et al*. (2007)
C. cylindricum Colmes	AB103027	Japão	Shimada *et al.* (2003)
C. decorticatum (Woodward) Howe	EF107980	Carolina do Norte- USA	Verbruggen *et al*. (2007)
C. duthieae P. C. Silva	EF107983	África do Sul	Verbruggen *et al*. (2007)
C. duthieae P. C. Silva	EF107988	Oman	Verbruggen *et al*. (2007)
C. fragile (Suringar) Hariot	M67453	No voucher	Manhart & VonderHaar (1991)
C. galeatum J. Agardh	EF108003	Austrália	Verbruggen *et al*. (2007)
C. geppiorum O. C. Schmidt	EF108020	Oman	Verbruggen *et al*. (2007)
C. geppiorum O. C. Schmidt	EF108021	Belize	Verbruggen *et al*. (2007)

Cont. Tab. 2

C. geppiorum O. C. Schmidt	EF108012	Sri Lanka	Verbruggen *et al*. (2007)
C. gracile (O. C. Schmidt) Dellow	EF108022	Nova Zelândia	Verbruggen *et al*. (2007)
C. hubbsii E. Y. Dawson	AB102967	Japão	Shimada *et al.* (2003)
C. intertextum F. S. Collins et Hervey	EF108023	Jamaica	Verbruggen *et al*. (2007)
C. intricatum Okamura	AB102993	Japão	Shimada *et al.* (2003)
C. isthmocladum Vickers	EF108025	Anguilla, Atlântico Sul	Verbruggen *et al*. (2007)
C. isthmocladum Vickers	EF108026	Porto Rico	Verbruggen *et al*. (2007)
C. isthmocladum Vickers	EF108027	Martinique	Verbruggen *et al*. (2007)
C. isthmocladum Vickers	EF108036	Flórida-USA	Verbruggen *et al*. (2007)
C. latum Suringar	AB103004	Japão	Shimada *et al.* (2003)
C. lucasii Setchell	AB102981	Japão	Shimada *et al.* (2003)
C. lucasii Setchell	EF108057	Oman	Verbruggen *et al*. (2007)
C. megalophysum P. C. Silva	EF108058	África do Sul	Verbruggen *et al*. (2007)
C. ovale Zanardini	EF108063	Fujii	Verbruggen *et al*. (2007)
C. platyclados P. Jones & Kraft	EF108065	Austrália	Verbruggen *et al*. (2007)
C. platylobium Areschoug	EF108067	África do Sul	Verbruggen *et al*. (2007)
C. repens Crouan et Crouan	EF108069	Jamaica	Verbruggen *et al*. (2007)

Cont. tab 2

C. spongiosum Harvey	AB102978	Japão	Shimada *et al.* (2003)
C. spongiosum Harvey	EF108076	África do Sul	Verbruggen *et al*. (2007)
C. taylorii P. C. Silva	EF108085	Flórida-USA	Verbruggen *et al*. (2007)
C. taylorii P. C. Silva	EF108083	Jamaica	Verbruggen *et al*. (2007)
C. taylorii P. C. Silva	EF108077	Guadalupe	Verbruggen *et al*. (2007)
C. tenue (Kutzing) Kutzing	EF108091	Filipinas	Verbruggen *et al*. (2007)
C. yezoense (Tokida) Vinogradova	AB103024	Japão	Shimada *et al.* (2003)
Codium cf. *bursa*	EF107973	Oman	Verbruggen *et al*. (2007)
Codium cf .*latum*	EF108050	Oman	Verbruggen *et al*. (2007)
Codium cf. *tenue*	EF108091	Filipinas	Verbruggen *et al*. (2007)
Codium sp.	EF108096	Martinique	Verbruggen *et al*. (2007)
Bryopsis plumosa (Hudson) C. Agardh	AB038480	-	Hanyuda *et al*. (2000)

Tabela 3 - Porcentagem de identidade (triângulo de baixo) e divergência em número de nucleotídeos (triângulo de cima) entre as seqüências do exon 1 do *rbc*L das espécies de *Codium* coletadas no Brasil, Cdec = *C. decorticatum*, Crep = *C. repens*, Cspo = *C. spongiosum*, Ctay = *C. taylorii*, Cist = *C. isthmocladum* e Cint = *C. intertextum*. O nome da espécie é seguido do número da amostra e da sigla do estado onde foi coletada e ID, seqüências idênticas.

Amostras de *Codium* sequenciadas no litoral Brasileiro	Cdec23SC, Cdec5SC, Cdec16RJ , Cdec24RJ	Crep1PE, Crep22PE	Cspo12RJ , Cspo13ES, Cspo14RJ	Ctay2SP, Ctay19RJ	Ctay7BA, Ctay20BA	Ctay9BA	Cist11PB	Cist3ES	Cist15BA	Cint10SP, Cint17RJ, Cint18BA, Cint21FN, Cint25SC, Cint4ES, Cint6 ES
Cdec23SC, Cdec5SC, Cdec16RJ , Cdec24RJ	ID	60	69	61	56	57	71	68	71	70
Crep1PE, Crep22PE	92,38	ID	67	29	30	32	37	38	37	67
Cspo12RJ , Cspo13ES, Cspo14RJ	91,12	91,50	ID	70	69	67	80	80	80	15
Ctay2SP, Ctay19RJ	92,26	96,32	91,12	ID	2	4	44	43	44	69
Ctay7BA, Ctay20BA	92,39	96,20	91,24	99,74	ID	2	46	43	46	69
Ctay9BA	92,67	95,94	91,50	99,50	99,75	ID	48	11	48	67
Cist11PB	90,99	95,30	89,85	94,42	94,16	93,91	ID	11	1	80
Cist3ES	91,37	95,18	89,85	94,54,	94,54	94,29	98,60	ID	11	80
Cist15BA	90,99	95,30	89,85	94,42	94,16	93,91	99,88	98,60	ID	80
Cint10SP, Cint17RJ, Cint18BA, Cint21FN, Cint25SC, Cint4ES, Cint6 ES	91,12	91,50	98,10	91,24	91,24	91,50	89,85	89,85	89,84	ID

FIGURAS

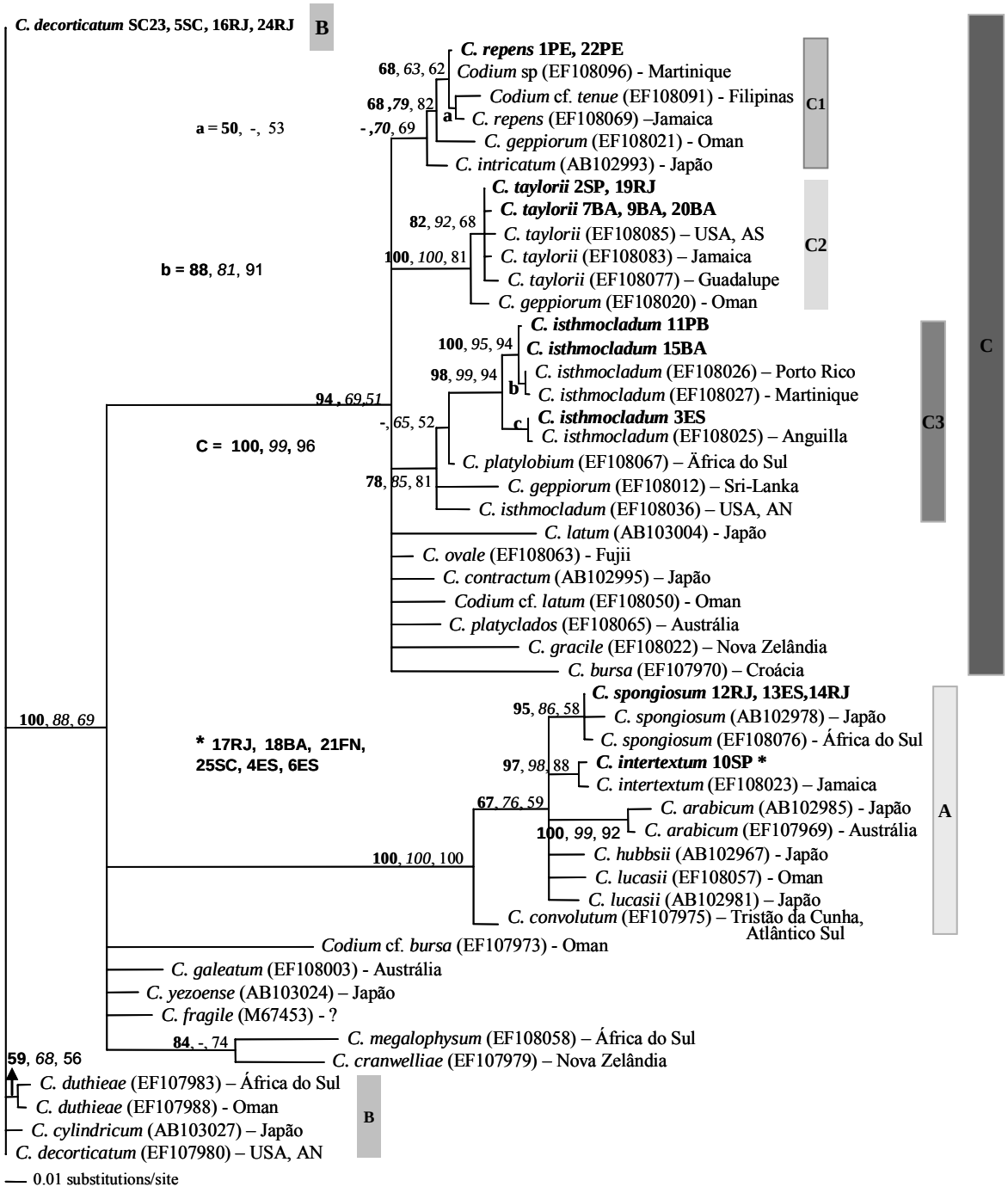


Fig. 1 - Árvore consenso não-enraizada de máxima verossimilhança (ML) construída para as seqüências do exon 1 do *rbc*L de diferentes amostras de *Codium*. Os valores de "bootstrap" estão indicados nos ramos em negrito para "neighbour-joining" (NJ), em itálico para máxima parcimônia (MP), ambos para 2000 replicatas e o último número para máxima verossimilhança (ML) para 100 replicatas. As flechas ou letras em minúsculas indicam a posição dos valores de "bootstrap", quando não couberam nos ramos. As amostras brasileiras cujas seqüências foram feitas nesse trabalho estão em negrito. O número de acesso para as amostras obtidas no GenBank está entre parênteses, seguido pela localidade de coleta.

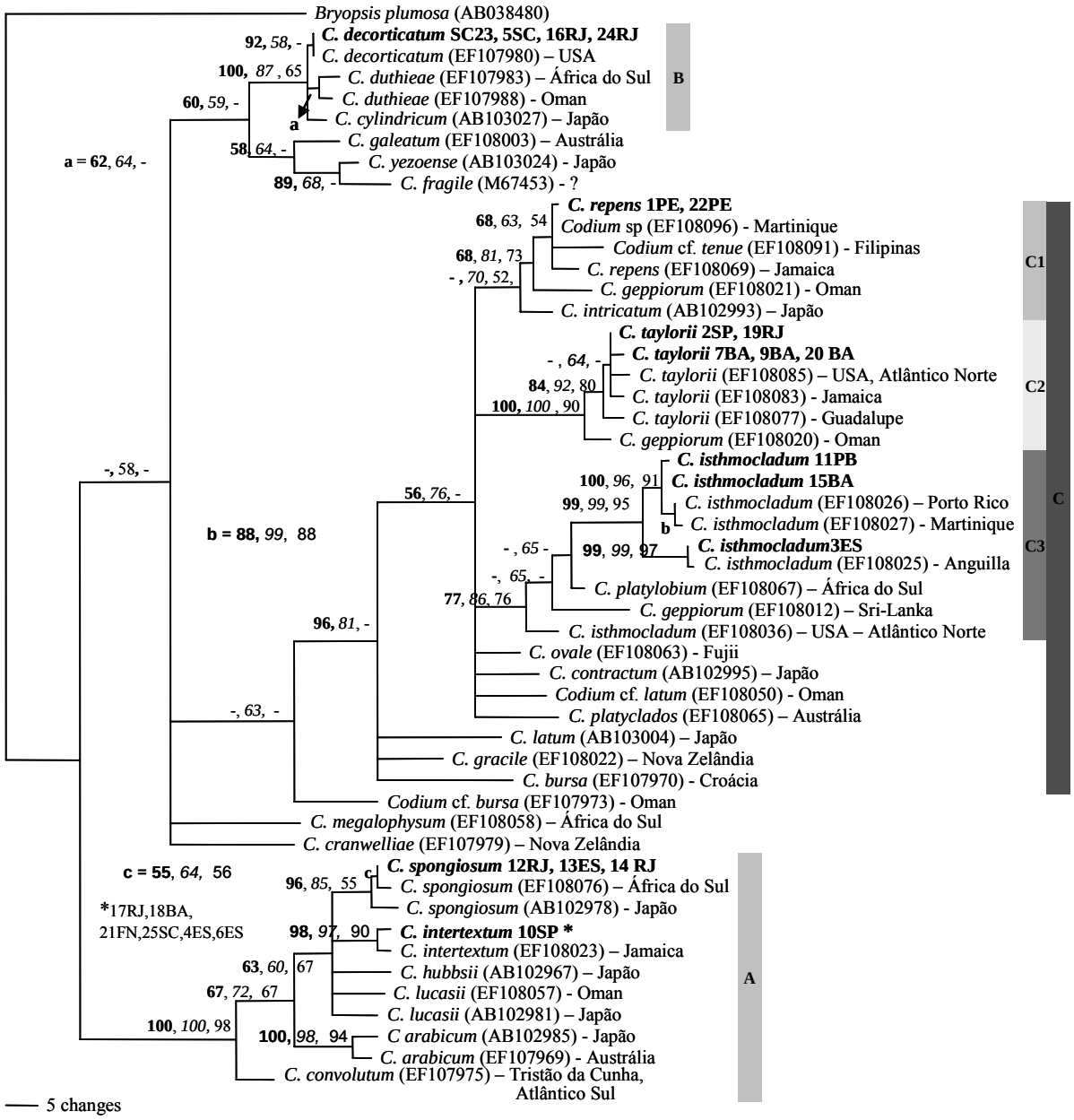
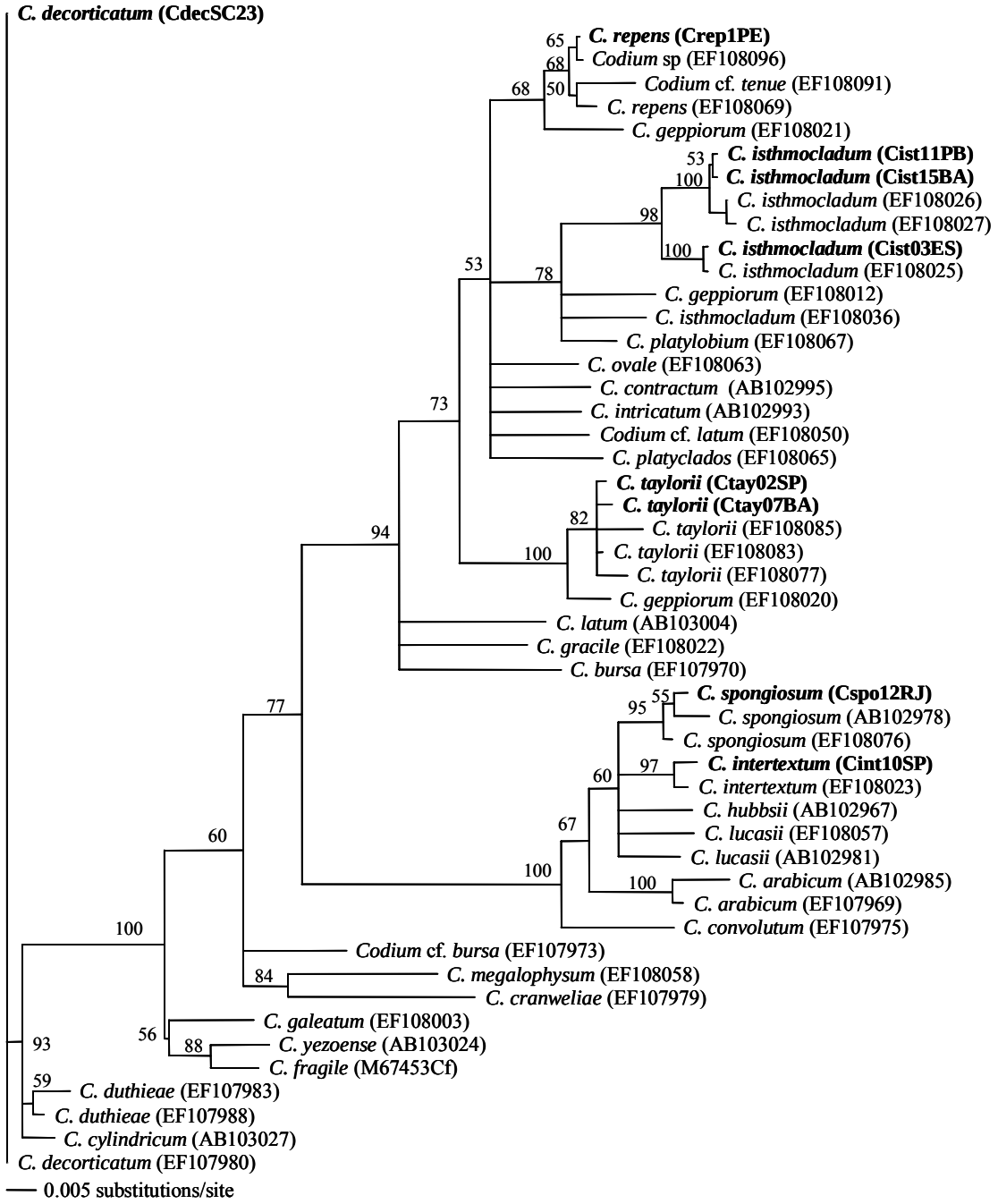


Fig. 2 - Árvore consenso de máxima parcimônia (MP) enraizada pelo grupo externo *Bryopsis plumosa* construída para as seqüências do exon 1 do *rbc*L de diferentes amostras de *Codium*. Os valores de "bootstrap" estão indicados nos ramos em negrito para "neighbour-joining" (NJ), em itálico para máxima parcimônia (MP), ambos para 1000 replicatas e o último número para máxima verossimilhança (ML) para 100 replicatas. As flechas ou letras em minúsculas indicam a posição dos valores de "bootstrap", quando não couberam nos ramos. As amostras brasileiras cujas seqüências foram feitas nesse trabalho estão em negrito. O número de acesso para as amostras obtidas no GenBank está entre parênteses, seguido pela localidade de coleta.

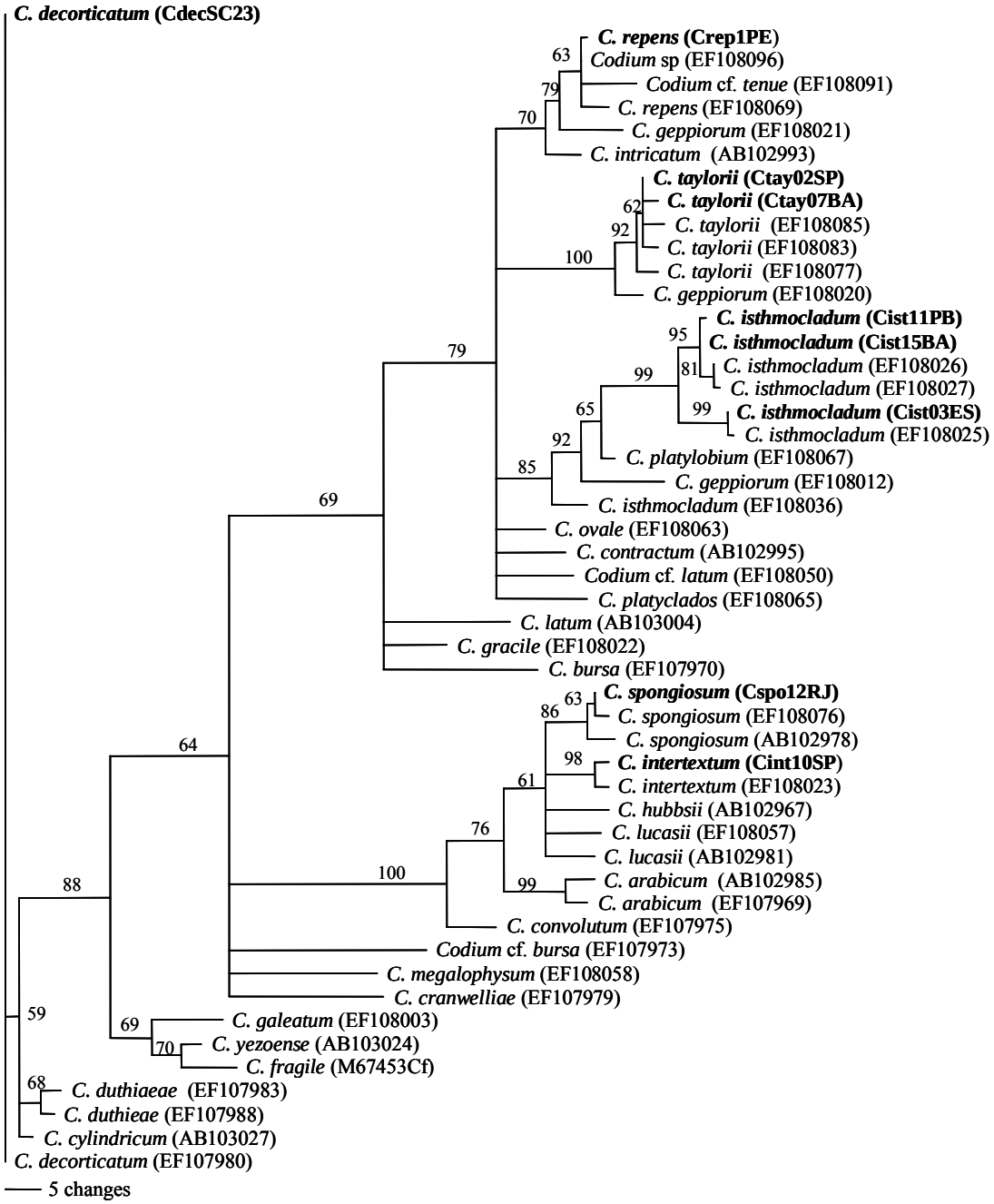
ANEXOS GERAIS

Anexo 1 – Matriz de distância genética entre as seqüências do exon 1 do *rbc*L das espécies de *Codium* coletadas no Brasil, Cdec = *C. decorticatum*, Crep = *C. repens*, Cspo = *C. spongiosum*, Ctay = *C. taylorii*, Cist = *C. isthmocladum* e Cint = *C. intertextum.* O nome da espécie é seguido do número da amostra e da sigla do estado onde foi coletada.

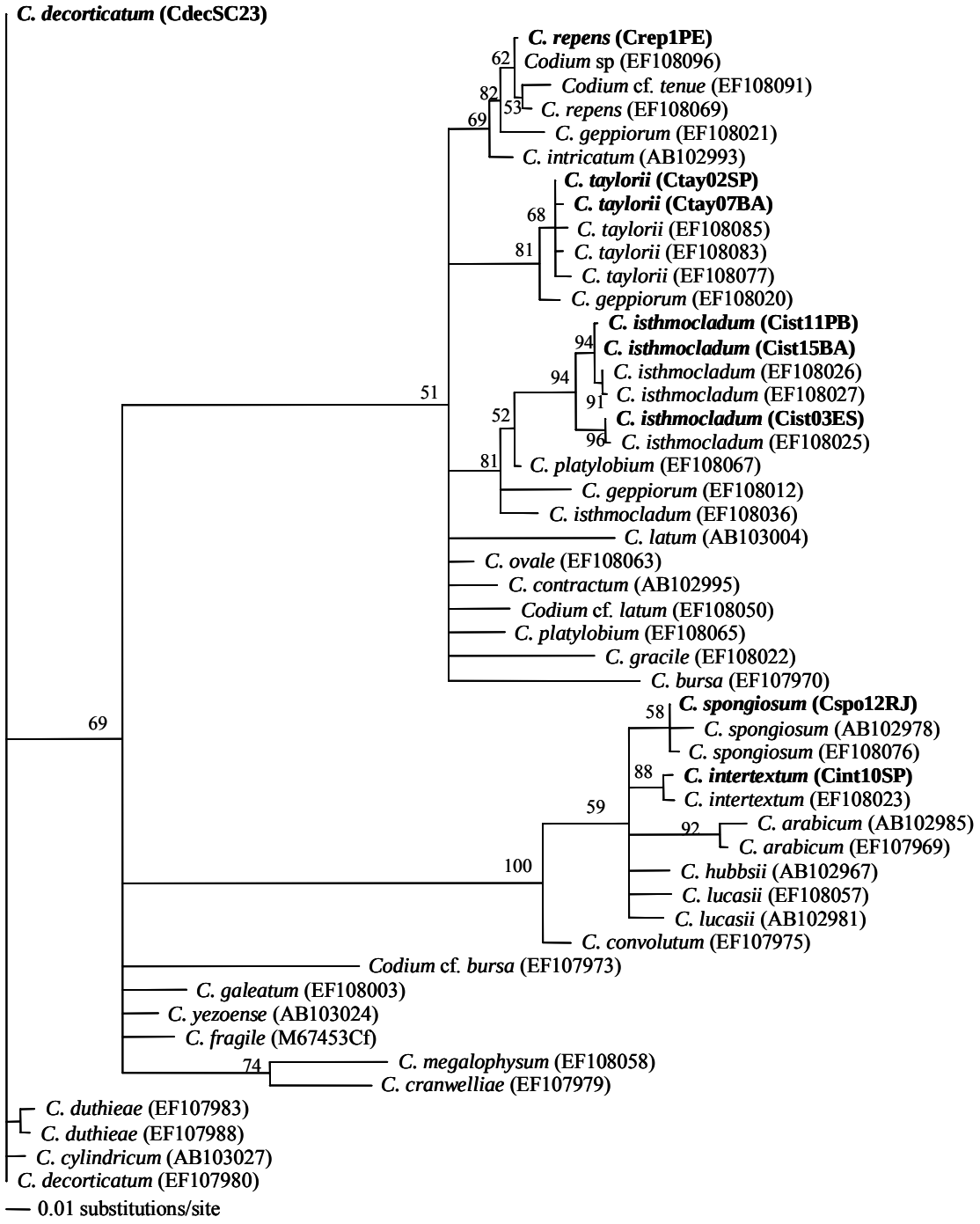
	Amostras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Cdec5SC	0.0000																							
2	Cdec16RJ	0.0000	0.0000																						
3	Cdec23SC	0.0000	0.0000	0.0000																					
4	Cdec24RJ	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000																				
5	Crep1PE	0.0820	0.0820	0.0820	0.0820	0.0000																			
6	Crep22PE	0.0820	0.0820	0.0820	0.0820	0.0000	0.0000																		
7	Cspo12RJ	0.0972	0.0972	0.0972	0.0972	0.0930	0.0930	0.0000																	
8	Cspo13ES	0.0972	0.0972	0.0972	0.0972	0.0930	0.0930	0.0000	0.0000																
9	Cspo14RJ	0.0972	0.0972	0.0972	0.0972	0.0930	0.0930	0.0000	0.0000	0.0000															
10	Ctay2SP	0.0831	0.0831	0.0831	0.0831	0.0381	0.0381	0.0970	0.0970	0.0970	0.0000														
11	Ctay7BA	0.0816	0.0816	0.0816	0.0816	0.0394	0.0394	0.0954	0.0954	0.0954	0.0025	0.0000													
12	Ctay20BA	0.0816	0.0816	0.0816	0.0816	0.0394	0.0394	0.0954	0.0954	0.0954	0.0025	0.0000	0.0000												
13	Ctay9BA	0.0787	0.0787	0.0787	0.0787	0.0421	0.0421	0.0925	0.0925	0.0925	0.0051	0.0025	0.0025	0.0000											
14	Ctay19RJ	0.0831	0.0831	0.0831	0.0831	0.0381	0.0381	0.0970	0.0970	0.0970	0.0000	0.0025	0.0025	0.0051	0.0000										
15	Cist11PB	0.0981	0.0981	0.0981	0.0981	0.0491	0.0491	0.1124	0.1124	0.1124	0.0588	0.0617	0.0617	0.0646	0.0588	0.0000									
16	Cist3ES	0.0939	0.0939	0.0939	0.0939	0.0506	0.0506	0.1129	0.1129	0.1129	0.0575	0.0575	0.0575	0.0603	0.0575	0.0141	0.0000								
17	Cist15BA	0.0983	0.0983	0.0983	0.0983	0.0491	0.0491	0.1125	0.1125	0.1125	0.0588	0.0616	0.0616	0.0645	0.0588	0.0013	0.0141	0.0000							
18	Cint10SP	0.0973	0.0973	0.0973	0.0973	0.0932	0.0932	0.0195	0.0195	0.0195	0.0959	0.0958	0.0958	0.0928	0.0959	0.1126	0.1131	0.1127	0.0000						
19	Cint4ES	0.0973	0.0973	0.0973	0.0973	0.0932	0.0932	0.0195	0.0195	0.0195	0.0959	0.0958	0.0958	0.0928	0.0959	0.1126	0.1131	0.1127	0.0000	0.0000					
20	Cint6ES	0.0973	0.0973	0.0973	0.0973	0.0932	0.0932	0.0195	0.0195	0.0195	0.0959	0.0958	0.0958	0.0928	0.0959	0.1126	0.1131	0.1127	0.0000	0.0000	0.0000				
21	Cint18BA	0.0973	0.0973	0.0973	0.0973	0.0932	0.0932	0.0195	0.0195	0.0195	0.0959	0.0958	0.0958	0.0928	0.0959	0.1126	0.1131	0.1127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000			
22	Cint17RJ	0.0973	0.0973	0.0973	0.0973	0.0932	0.0932	0.0195	0.0195	0.0195	0.0959	0.0958	0.0958	0.0928	0.0959	0.1126	0.1131	0.1127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
23	Cint21FN	0.0973	0.0973	0.0973	0.0973	0.0932	0.0932	0.0195	0.0195	0.0195	0.0959	0.0958	0.0958	0.0928	0.0959	0.1126	0.1131	0.1127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
24	Cint25SC	0.0973	0.0973	0.0973	0.0973	0.0932	0.0932	0.0195	0.0195	0.0195	0.0959	0.0958	0.0958	0.0928	0.0959	0.1126	0.1131	0.1127	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000



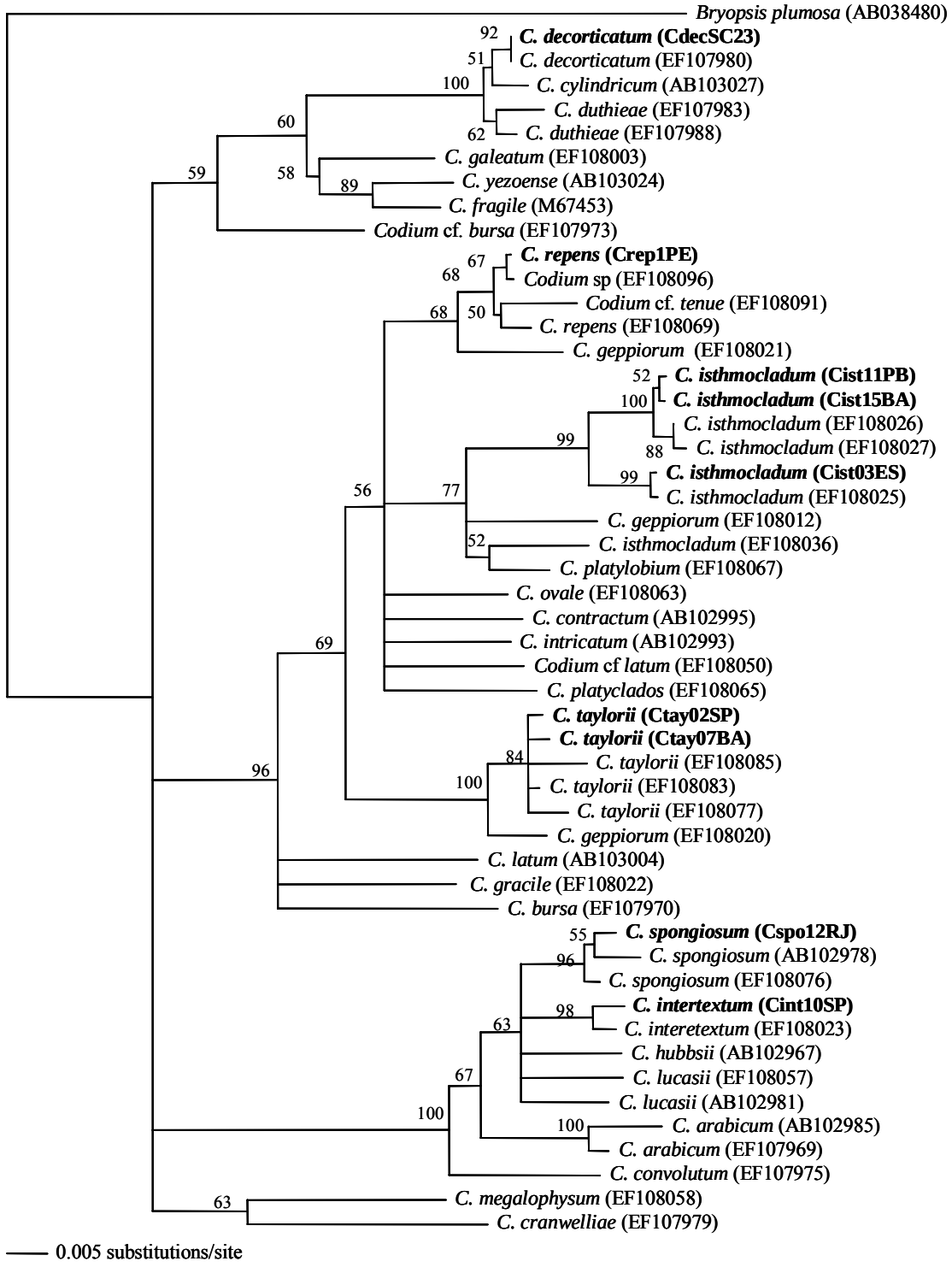
Anexo 2: Árvore não-enraizada de "neighbour-joining" (NJ) construída para as seqüências do exon 1 do *rbc*L de diferentes amostras de *Codium*. Os números dos ramos indicam os valores de "Bootstrap" para 2000 replicatas. As amostras brasileiras cujas seqüências foram feitas nesse trabalho estão em negrito. O número de acesso para as amostras obtidas no GenBank está entre parênteses.



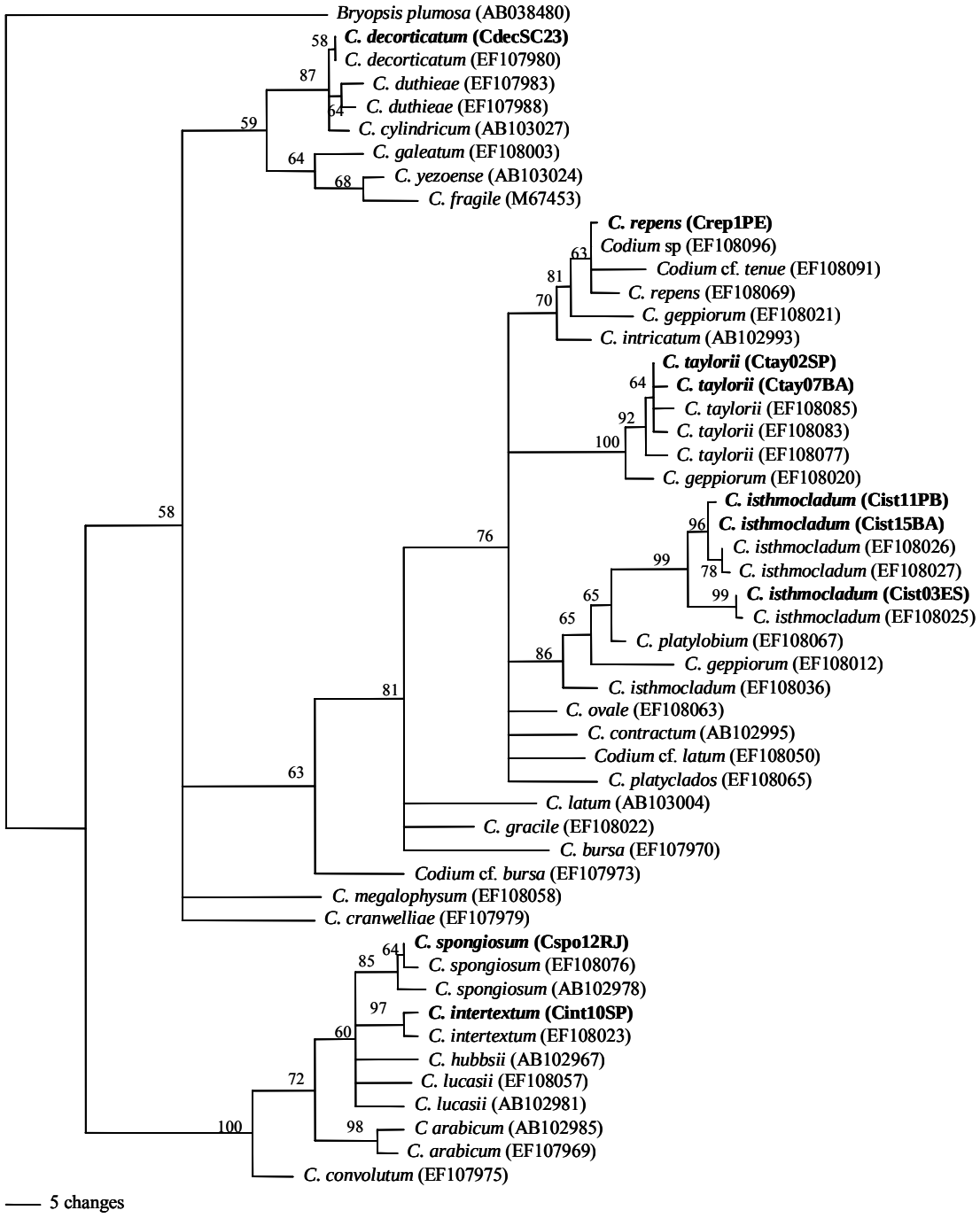
Anexo 3: Árvore não-enraizada de máxima parcimônia (MP) construída para as seqüências do exon 1 do *rbc*L de diferentes amostras de *Codium*. Os números dos ramos indicam os valores de "Bootstrap" para 2000 replicatas. As amostras brasileiras cujas seqüências foram feitas nesse trabalho estão em negrito. O número de acesso para as amostras obtidas no GenBank está entre parênteses.



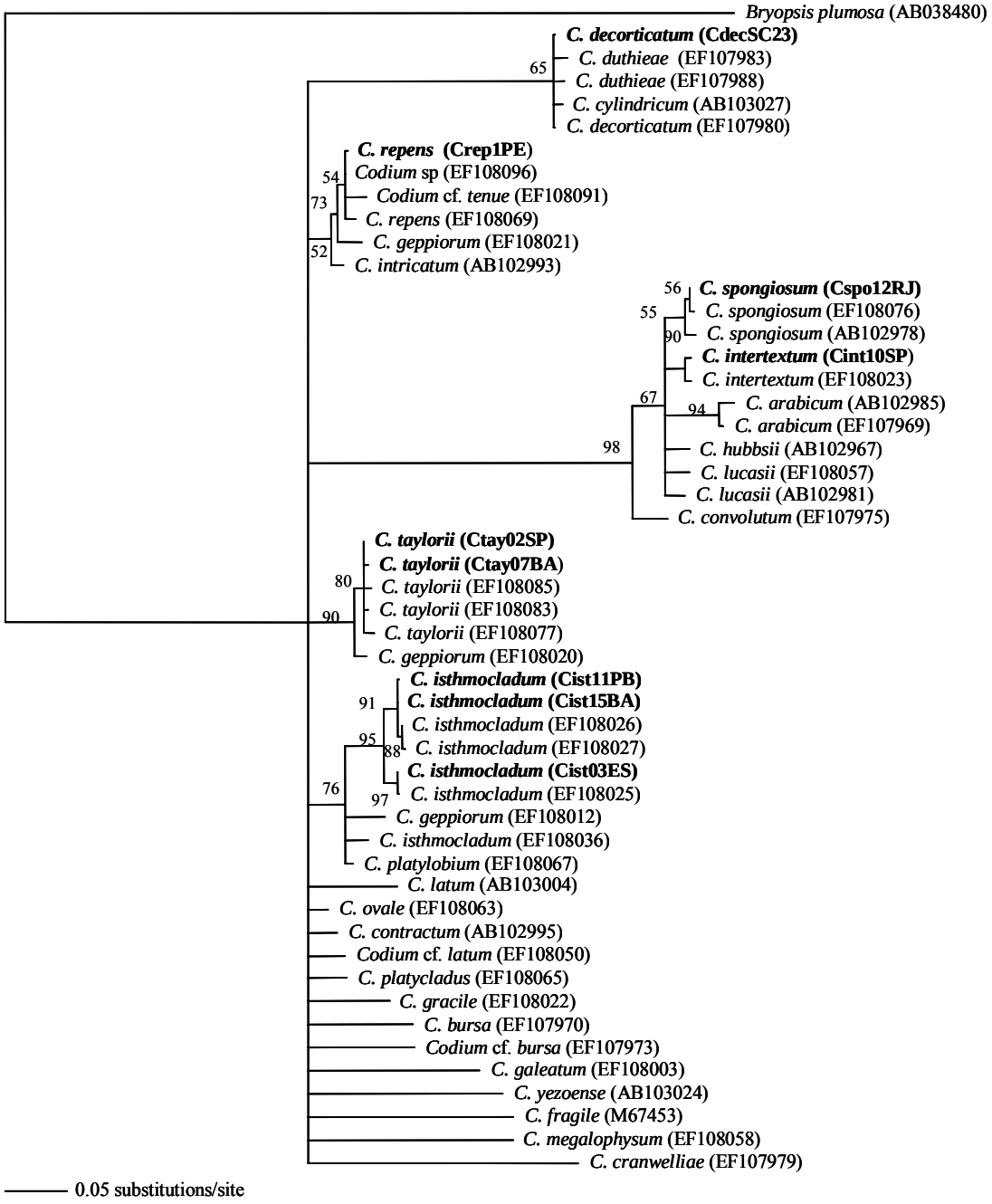
Anexo 4: Árvore não-enraizada de máxima verossimilhança (ML) construída para as seqüências do exon 1 do *rbc*L de diferentes amostras de *Codium*. Os números dos ramos indicam os valores de "Bootstrap" para 100 replicatas. As amostras brasileiras cujas seqüências foram feitas nesse trabalho estão em negrito. O número de acesso para as amostras obtidas no GenBank está entre parênteses.



Anexo 5: Árvore enraizada de "neighbour-joining" (NJ) construída para as seqüências do exon 1 do *rbc*L de diferentes amostras de *Codium*. Os números dos ramos indicam os valores de "Bootstrap" para 1000 replicatas. As amostras brasileiras cujas seqüências foram feitas nesse trabalho estão em negrito. O número de acesso para as amostras obtidas no GenBank está entre parênteses.



Anexo 6: Árvore enraizada de máxima parcimônia (MP) construída para as seqüências do exon 1 do *rbc*L de diferentes amostras de *Codium*. Os números dos ramos indicam os valores de "Bootstrap" para 1000 replicatas. As amostras brasileiras cujas seqüências foram feitas nesse trabalho estão em negrito. O número de acesso para as amostras obtidas no GenBank está entre parênteses.



Anexo 7: Árvore enraizada de máxima verossimilhança (ML) construída para as seqüências do exon 1 do *rbc*L de diferentes amostras de *Codium*. Os números dos ramos indicam os valores de "Bootstrap" para 100 replicatas. As amostras brasileiras cujas seqüências foram feitas nesse trabalho estão em negrito. O número de acesso para as amostras obtidas no GenBank está entre parênteses.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a taxonomia do gênero *Codium,* a combinação dos caracteres morfo-anatômicos como o hábito, o tipo de ramificação, assim como o tamanho e forma dos utrículos são importantes atributos que permitem uma relativa facilidade na distinção específica (Pedroche et al. 2002). Ainda de acordo com os referidos autores, os caracteres utriculares e reprodutivos são as melhores ferramentas, principalmente para aquelas espécies com intricada variação morfológica. A importância taxonômica dos utrículos vem sendo ressaltada desde o século passado.

Neste trabalho, com base nos caracteres morfo-anatômicos, sete táxons infragenéricos foram identificados *C. decorticatum*, *C. intertextum*, *C. isthmocladum*, *C. repens*, *C. spongiosum*, *C. taylorii* e *Codium* sp. A partir deste estudo, *C. tomentosum* está sendo citada como uma espécie de ocorrência duvidosa para a costa brasileira, por não ter sido encontrada nos herbários brasileiros e nem ter sido coletada. Além disso, conforme Silva (1960,1962) a referida espécie foi erroneamente designada para os *Codium* dicotômicos do Atlântico Ocidental. *C. profundum* está sendo citado neste trabalho como *Codium* sp, por não ter sido apresentada uma diagnose em latim na sua descrição original como recomenda o Código Internacional de Nomenclatura Botânica. Dentre os caracteres analisados, o hábito, o padrão de ramificação e a forma e dimensão dos utrículos foram os mais importantes na identificação específica, corroborando com Silva (1955,1960) e Pedroche et al. (2002).

Foram reconhecidos para a costa brasileira dois morfotípos subgenéricos. O primeiro, representado por talo prostrado e sem ramificação caracterizando o subgênero *Tylecodium* e o segundo, caracterizado por talo ereto a procumbente, com ramificação diversa, caracterizando os representantes do subgênero *Shizocodium*, este último com maior número de representantes (C. *decorticatum, C. isthmocladum, C. taylorii, C. repens* e *Codium* sp).

Na flora brasileira, C*. isthmocladum, C. taylorii* e *C. decorticatum* foram as espécies que apresentaram maior plasticidade morfológica. Em alguns casos os espécimes apresentavam combinações de caracteres entre si, levando a supor a ocorrência de hibridização na população. Estes fatos corroboram com Silva (1960) para *Codium* do Atlântico Tropical e Alves & Moura (2005) para *Codium* da Ilha de Itaparica –BA.

Pode-se afirmar que o maior conhecimento sobre a diversidade específica do gênero *Codium* está na região entre-marés, considerando a área coberta através da coleta de material e da consulta de 909 exsicatas depositadas, em sua maioria, nos herbários nacionais indexados. Comentário semelhante não pode ser feito com relação aos representantes do infralitoral da costa brasileira. Este fato é devido as coletas, tradicionalmente, estarem direcionadas a região entre-marés, pelas facilidades de deslocamento e custo. Mesmo assim um grande número de exsicatas, cujos espécimes foram coletados através de dragagens pelas Expedições Oceanográficas como Akaroa, Canopus, Almirante Saldanha e Comissão Recife foram analisados. Infelizmente não foi possível analisar o material coletado na região Nordeste e Sudeste pelo Programa Revizee (Recursos Vivos da Zona Econômica Exclusiva). Atualmente, o método de dragagem não vem sendo recomendado para fundos consolidados (fundos rochosos) o que é preocupante, pois estes fundos abrigam as comunidades mais ricas em algas bênticas (Horta 2000). Nesta pesquisa, o gênero *Codium* mostrou-se quase que exclusivamente epilítico, sendo a maioria dos exemplares coletados sobre substrato consolidado, como os recifes de arenito e costões rochosos.

A taxonomia do gênero *Codium* baseada apenas nos caracteres morfológicos tem sido muito complexa, devido ao grande número de espécies descritas, aliado a elevada plasticidade fenotípica e ampla distribuição geográfica (Verbruggen et al. 2007). Na dificuldade de precisar as variações fenotípicas apresentadas pelo gênero, foi necessário utilizar outras ferramentas sendo, atualmente, o uso de marcadores moleculares a mais apropriada neste sentido. A maioria dos trabalhos envolvendo o referido gênero, tem sido feita com base nas seqüências moleculares para o exon 1 do gene *rbc*L.

No presente estudo, seqüências moleculares deste gene foram utilizadas para auxiliar a taxonomia dos representantes do gênero *Codium* que ocorrem na flora brasileira. Vários autores enfatizam a dificuldade de delimitar algumas espécies com base apenas nos caracteres morfo-anatômicos (Chacana et al. 1996, Silva 1998, Pedroche 2001, Pedroche et al. 2002). Para as espécies brasileiras, de uma maneira geral, a análise destes caracateres foram importantes na delimitação específica. Apenas para os exemplares de *C. repens* coletados na costa da região Nordeste, identificados primeiramente como *Codium edule* P. C. Silva, foi necessário à análise da biologia molecular para uma correta identificação. As demais identificações foram corroboradas com a ferramenta da biologia molecular.

É importante salientar que a partir desta pesquisa, ficou evidente que a ampla plasticidade fenotípica encontrada em algumas espécies do litoral brasileiro, são decorrentes das variações ambientais. Portanto o marcador molecular *rbc*L mostrou-se bastante eficiente, uma vez que as espécies brasileiras seqüenciadas se agruparam com outras amostras de mesma designação em clados monofiléticos.

Dentre as espécies ocorrentes no Brasil, duas fazem parte de “complexos morfológicos”, sendo que *C. intertextum* pertence ao “complexo *arabicum*” e *C. repens* ao “complexo *geppiorum*”. Ambos complexos são formados por espécies distintas, com morfologias muito próximas, geralmente confinadas predominantemente à Região Indo-Pacífica. Os representantes que compõem ambos complexos apresentam a taxonomia ainda mal delineada e freqüentemente são confudidas por apresentar morfologia próxima e tamanho contínuo dos utrículos (Chang et al. 2002). Entre as duas espécies brasileiras que estão inseridas nos complexos morfológicos, *C. repens* foi a que apresentou maior dificuldade de identificação taxonômica, devido à variação encontrada como o padrão de ramificação e espessura dos ramos, tendo a sua identificação taxonômica auxiliada com o estudo da biologia molecular.

Portanto, o gene *rbc*L tem-se mostrado adequado para identificação e delineação de espécies e pode ser utilizado para avaliar a utilidade dos caracteres morfológicos, hipóteses biogeográficas, ocorrência de espécies

crípticas, além de identificação de espécies invasoras (Shimada et al. 2004; Verbruggen et al. 2007).

Livros Grátis

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

Milhares de Livros para Download:

Baixar livros de Administração
Baixar livros de Agronomia
Baixar livros de Arquitetura
Baixar livros de Artes
Baixar livros de Astronomia
Baixar livros de Biologia Geral
Baixar livros de Ciência da Computação
Baixar livros de Ciência da Informação
Baixar livros de Ciência Política
Baixar livros de Ciências da Saúde
Baixar livros de Comunicação
Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE
Baixar livros de Defesa civil
Baixar livros de Direito
Baixar livros de Direitos humanos
Baixar livros de Economia
Baixar livros de Economia Doméstica
Baixar livros de Educação
Baixar livros de Educação - Trânsito
Baixar livros de Educação Física
Baixar livros de Engenharia Aeroespacial
Baixar livros de Farmácia
Baixar livros de Filosofia
Baixar livros de Física
Baixar livros de Geociências
Baixar livros de Geografia
Baixar livros de História
Baixar livros de Línguas

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