

**MORFOLOGIA COMPARADA E MAPEAMENTO
LATITUDINAL DE CLORÓFITAS MONOSTROMÁTICAS
(ULOTRICHALES) DO ATLÂNTICO SUL E PENÍNSULA
ANTÁRTICA**

**Compared morphology and latitudinal mapping of monostromatic
Chlorophytes (Ulotrichales) from South Atlantic and Antarctic peninsula**

Juliane BERNARDI¹ y Franciane PELLIZZARI²

¹Universidade Federal do Paraná, Centro
de Estudos do Mar (CEM-UFPR)
bernardijuliane@gmail.com

²Universidade Estadual do Paraná, campus FAFIPAR
francianep@yahoo.com

RESUMO

Clorófitas monostromáticas e foliáceas da ordem Ulotrichales constituem um grupo de macroalgas marinhas de difícil identificação, com distribuição e taxonomia controversas. As algas do complexo *Monostroma* ocorrem desde a Antártica Marítima até o sul do Brasil. Neste trabalho foram identificadas e analisadas morfológicamente cinco espécies. Na Antártica marítima foram encontradas as espécies *Monostroma hariotii* e *Protomonostroma rosulatum*. A espécie *P. undulatum* ocorreu em Punta Arenas, Chile, e no sul do Brasil foram registradas as espécies *Gayralia brasiliensis* e *G. oxysperma*, ambas no Paraná. Os tamanhos dos talos variaram de 4 a 30 cm de altura entre as espécies, sendo *G. oxysperma* e as duas espécies de *Protomonostroma* as mais delicadas.

Palavras chave: Baía do Almirantado, Chile, *Monostroma*, morfoanatomía, Paraná, Ulotrichales, Uruguai

ABSTRACT

Monostromatic and leafy chlorophytes from the order Ulotrichales are a group of green seaweeds that have controversial distribution and taxonomy, therefore their identification are difficult. Seaweeds from the *Monostroma* complex occur between maritime Antarctica until South Brazil. In this work five species were identified and morphologically analyzed. In Maritime Antarctic occur the species *Monostroma hariotii* and *Protomonostroma rosulatum*. The species *P. undulatum* was found in Punta Arenas, Chile, and *Gayralia brasiliensis* and *G. oxysperma* were found in Paraná, South Brazil. The sizes of thalo ranged from 4 to 30 cm in height among the species, being *G. oxysperma* and the two *Protomonostroma* species of the most delicate.

Key words: Admiralty Bay, Chile, *Monostroma*, morphoanatomy, Paraná, Ulotrichales, Uruguay

INTRODUÇÃO

Clorófitas monostromáticas da ordem Ulotrichales são macroalgas marinhas e estuarinas de talo foliáceo, com apenas uma camada de células em corte transversal. Este grupo de algas, inserido no Complexo *Monostroma*, apresenta caracteres morfológicos similares, o que dificulta a identificação em campo (Pellizzari 2005, 2007; Pellizzari *et al.* 2008; Pellizzari *et al.* 2013). Além disso, a filogenia e a distribuição destas espécies ainda não estão elucidadas.

Estas algas habitam diversos ecossistemas, ocorrendo em zonas polares, temperadas e subtropicais (Boraso de Zaixso 2004; Oliveira *et al.* 2009a). Estes ecossistemas apresentam características oceanográficas e meteorológicas distintas. Espécies do Complexo *Monostroma* que ocorrem na Antártica são submetidas a condições químicas e físicas extremas sendo capazes de desenvolver uma série de estratégias de defesa através da produção de compostos químicos. Esses compostos, encontrados em diversas espécies de macroalgas marinhas, estão sendo amplamente estudados devido às suas ações antioxidantes (Raymundo *et al.* 2004; Zubia *et al.* 2007), antibacterianas (Shanmughapriya *et al.* 2008), antivirais (Ahn *et al.* 2002; Cassolato *et al.* 2008), antifúngicas (Bhosale *et al.* 1999), antitumorais (Folmer *et al.* 2010; Yuan *et al.* 2011), anti-incrustantes (Bazes *et al.* 2009), antialérgicas (Samee *et al.* 2009), dentre outras.

Além disso, estas clorófitas são amplamente cultivadas no Japão, onde são consumidas como alimento direto há séculos devido ao seu alto valor nutritivo (Pellizzari 2007). Já no Ocidente, onde não há tradição no consumo de algas, a maior demanda está na crescente aplicabilidade de compostos algais nas indústrias cosmética, nutracêutica e farmacêutica (Pellizzari & Reis 2011).

Desta forma, devido à lacuna no conhecimento sobre a morfologia e a distribuição de clorófitas do Complexo *Monostroma*, e à crescente demanda por compostos bioativos extraídos de algas marinhas, o objetivo deste trabalho foi compilar as principais características morfológicas das espécies *Monostroma hariatii*, *Protomonostroma rosulatum*, *P. undulatum*, *Gayralia oxysperma* e *G. brasiliensis*. Além disso, foi realizado um mapeamento latitudinal das espécies coletadas entre o Atlântico Sul e a Península Antártica, visando por fim propor uma chave de identificação que auxilie na identificação de macroalgas verdes monostromáticas, da ordem Ulotrichales, destas regiões.

MATERIAIS E MÉTODOS

Na Tabela 1 estão listadas as espécies descritas neste estudo, assim como os pontos amostrais, suas respectivas coordenadas geográficas, a data de coleta e o número do voucher de cada espécie depositada no herbário Maria Eneyda P. K. Fidalgo do Instituto de Botânica de São Paulo, Brasil (SP).

Tabela 1. Espécies coletadas e descritas neste estudo, depositada no herbário do instituto de botânica de São Paulo.

Espécie	Local de coleta	Coordenadas geográficas	Data da coleta	Voucher SP
<i>Monostroma hariatii</i>	Botany Point, Antártica Marítima	62°04'49,57" S 58°18'35,13" O	Dez/2011 Jan/2012	427954
<i>Gayralia oxysperma</i>	Desembocadura do Rio de La Plata, Uruguai	34°56'22,07" S 56°09'25,85" O	Set/2011	56197
<i>G. brasiliensis</i>	Baía de Guaratuba, Brasil	25°51'10,92" S 48°34'13,17" O	Set/2012	427960
<i>Protomonostroma rosulatum</i>	Punta Plaza, Antártica Marítima	62°05'25" S 58°24'56" O	Dez/2010 Jan/2011	427956
<i>P. undulatum</i>	Fuerte Bulnes, Chile	53°37'44,22" S 70°55'17,92" O	Mar/2012	427957

Durante as Operações Antárticas de 2010 e 2011, apoiadas pela Marinha do Brasil, foram realizadas amostragens de dados bióticos e abióticos. A temperatura da água do mar foi medida com termômetro padrão e os resultados expressos em graus Celsius (°C). A salinidade foi mensurada com refratômetro portátil Pro-Análise modelo 201/211/201bp e os resultados expressos em Unidade Padrão de Salinidade (ups).

As amostragens dos espécimes macroalgais foram realizadas manualmente na região entremarés e infralitoral raso, por raspagem do substrato com auxílio de espátula. Os exemplares (n = 5) de cada população foram fixados com formalina 4% para caracterização morfo-anatômica, e em sílica gel para análises de biologia molecular de outros projetos colaboradores.

A análise da morfologia comparada das espécies de clorófitas monostromáticas foi realizada no Laboratório de Ficologia e Qualidade da Água Marinha (LAQUAMAR/UNESPAR) com auxílio de microscópios estereoscópicos e ópticos Olympus (Modelo CX31), com captura de imagem. Os caracteres anatômicos avaliados foram: dimensões e formato das células, espessura do lúmen celular (espaço entre a parede celular e a lamela, a qual se une a outra célula), forma e localização dos pirenóides (local de reserva de amido) em vista frontal. A espessura do talo foi medida por microscopia a partir de cortes transversais do talo à mão livre com lâminas histológicas. A identificação foi confirmada e comparada com base em literatura especializada (Papenfuss 1964; Joly 1965; Cordeiro-Marino *et al.* 1993; Braga 1997; Braga *et al.* 1997; Wiencke & Clayton 2002; Pellizzari *et al.* 2008, 2013; Oliveira *et al.* 2009a). Uma chave taxonômica foi proposta com base nos caracteres observados auxiliados pela literatura pertinente.

RESULTADOS

Habitat e dados abióticos

Monostroma hariatii foi encontrada crescendo abundantemente sobre rochas e seixos de zonas entre-marés e infralitoral raso nas praias de Botany Point, em frente à Estação Antártica Comandante Ferraz e em Steinhouse, localizadas na Enseada Martel, Ilha Rei George (Antártica Marítima). As amostras foram coletadas em dezembro de 2011 e janeiro de 2012, ou seja, somente durante o verão austral.

Protomonostroma rosulatum foi encontrada somente em Punta Plaza, na Ilha Rei George. A mesma foi extremamente abundante durante o verão de 2010/2011, porém, sua população não foi detectada durante o verão de 2011/2012, sugerindo variações interanuais no recrutamento da espécie, oriundas possivelmente do seu ciclo de vida, ainda pouco elucidado, e ou de oscilações nas variáveis físicas e químicas da água do mar.

Protomonostroma undulatum foi amostrada na praia de Fuerte Bulnes (Punta Arenas, extremo sul do Chile) em março, final do verão austral de 2012, sobre rochas de zonas entre-marés e infralitoral raso.

Gayralia oxysperma foi coletada em zona entre-marés da desembocadura do Rio de La Plata (Uruguai). A espécie é de pequeno porte, quase crostosa, e encontrava-se fixa nas muradas de contenção da zona portuária de Montevídeo. *G. oxysperma* também foi amostrada na Baía de Antonina, setor interno do Complexo Estuarino de Paranaguá (Paraná, Sul do Brasil), onde ocorre em raízes de gramíneas estuarinas e em rampas de embarcações. Suas populações ocorrem somente durante o inverno e início de primavera (Pellizzari *et al.* 2008; Pellizzari & Oliveira 2011).

Gayralia brasiliensis foi coletada em zona entre-marés sobre fragmentos de madeira, tijolos e rochas em uma rampa de embarcações na Baía de Guaratuba, no estado do Paraná. Suas populações também são abundantes sobre pneumatóforos de plantas de mangue em todo setor externo do Complexo Estuarino de Paranaguá. *G. brasiliensis* recruta o ano inteiro, mas a biomassa é maior durante o inverno e início de primavera.

Na Tabela 2 estão listadas as espécies, sua distribuição entre a Antártica Marítima e o Atlântico Sul e os dados abióticos registrados durante o pico de biomassa das espécies.

Tabela 2. Espécies de clorófitas monostromáticas amostradas.

Espécie	Local de coleta	Zona de ocorrência	Temperatura (°C) $\bar{X} \pm DP$	Salinidade (ups) $\bar{X} \pm DP$	Período de amostragem
<i>Monostroma hariatii</i>	Antártica Marítima	Polar	1 ± 2	37 ± 1,5	Verão
<i>Gayralia oxysperma</i>	Uruguai	Subtropical	21 ± 2	16 ± 3	Inverno

Tabela 2. Continuação.

Espécie	Local de coleta	Zona de ocorrência	Temperatura (°C) $\bar{X} \pm DP$	Salinidade (ups) $\bar{X} \pm DP$	Período de amostragem
<i>G. brasiliensis</i>	Brasil	Subtropical	20 ± 4	20 ± 4	Inverno
<i>Protomonostroma rosulatum</i>	Antártica Marítima	Polar	1 ± 2	37 ± 1,5	Verão
<i>P. undulatum</i>	Chile	Temperada	6 ± 4	28 ± 5	Inverno

A seguir, com base nos caracteres analisados, encontra-se uma proposta de chave de identificação para clorófitas monostromáticas do Atlântico Sul e Antártica. Todas as espécies de algas estudadas são verdes frondosas com o talo constituído por apenas uma camada de células em corte transversal.

Chave para identificação de clorófitas monostromáticas Ulotrichales distribuídas entre o Sul do Brasil e ilhas adjacentes a Península Antártica

- 1a. Talo emergindo de filamentos eretos e aderido ao substrato por rizóides . . . 2
- 1b. Talo formado a partir de células em um disco prostrado que dará origem a um apressório circular diminuto 3
- 2a. Plantas agregadas por muco gelatinoso. *Protomonostroma rosulatum*
- 2b. Plantas não agregadas, com talos de pequeno porte (± 3 cm de diâmetro), expandido e prostrado ao substrato *Gayralia oxysperma*
- 3a. Plantas com talo em forma de saco, globoso-vesicular. Espessura do talo em torno de 30 µm em corte transversal. *Monostroma hariotii*
- 3b. Plantas com frondes expandidas, alongadas ou circulares, mas não em forma vesicular. Espessura do talo em torno de 44 µm em corte transversal. *Protomonostroma undulatum*

Visando facilitar a comparação entre as espécies identificadas, foram compilados na Tabela 3 os caracteres morfológicos observados nas populações de clorófitas monostromáticas analisadas.

Lista taxonômica e descrição das espécies

A classificação, descrições morfológicas das espécies coletadas e analisadas, assim como pranchas contendo imagens do aspecto geral do macrotalo, detalhes morfoanatômicos e peculiaridades específicas em vista microscópica, apresentam-se abaixo.

Tabela 3. Morfometria comparada de espécies de clorófitas monostromáticas do Atlântico Sul e Antártica Marítima.

	<i>Monostroma hartioidii</i>	<i>Protomonostroma rosulatum undulatum</i>	<i>Protomonostroma oxyperma*</i>	<i>Gayralia brasiliensis</i>
Comprimento do talo (cm)	5 a 30	2 a 5	Máx. 3	3 a 10
Largura do talo (cm)	2 a 4	2 a 4	NA	2 a 8
Aspecto do talo	Saco-vesicular, globoso	Expandido, de consistência gelatinosa	Expandido	Expandido
Espessura do talo em corte transversal da região marginal (μm)	28,1 \pm 5,1	39 \pm 8,1	18 \pm 4,2	24 \pm 5,1
Comprimento médio das células basais (μm)	7,4 \pm 3,3 a 25 \pm 8,8	12,5 \pm 2,5 a 36,6 \pm 11,5	NA	NA
Diâmetro médio das células marginais (μm)	4,5 \pm 2,25 a 6,8 \pm 2,3	8,36 \pm 3 a 9,7 \pm 2,5	10,8 \pm 1,4 a 10,8 \pm 3,8	5,2 \pm 1,3 a 6,8 \pm 2,3
Lúmen (μm)	22,5 \pm 3,5	30 \pm 7,2	12 \pm 4	18 \pm 4
Pirenóides	1	2 ou mais	1	1, raramente 2
Estrutura de fixação	Apressório	Rizoides	Apressório	Rizoides

Os valores estão expressos em mínimo e máximo e/ou em média \pm desvio padrão (n=3).

NA = medidas não avaliadas.

*Os caracteres de *G. oxyperma* foram compilados dos trabalhos de Pellizzari *et al.* (2008) e Pellizzari & Oliveira (2011).

**CHLOROPHYTA, ULVOPHYCEAE, ULOTRICHALES
GOMONTIACEAE*****Monostroma hariotii* Gain**

Frondes simples monostromáticas verde escuras, em formato de saco ou vesícula (Fig. 1a), podendo chegar, na maturidade, até 30 cm de comprimento e 5 cm de largura na região mediana do talo. São aderidas ao substrato por apressório circular. A ontogenia da lamina envolve a germinação de esporos para gerar uma base prostrada filamentosa, a qual se subleva para formar um estágio em forma de saco que abre para produzir a lâmina. Células basais poligonais organizadas em duas ou quatro células (Fig. 1b) na região marginal e mediana da fronde. Espessura do talo em corte transversal medindo $25 \pm 8,8 \mu\text{m}$ (Fig. 1c), células da margem isodiamétricas medindo de $4,5 \pm 2,25$ a $6,8 \pm 2,3 \mu\text{m}$. Células tornam-se alongadas em direção à base com lúmen medindo $24,1 \pm 5,2 \mu\text{m}$. Células com cloroplasto único contendo um ou dois pirenóides. A primeira citação para a espécie foi feita por Gain (1911), e a espécie tipo do gênero *Monostroma* é *M. bullosum* (Roth) Thuret.

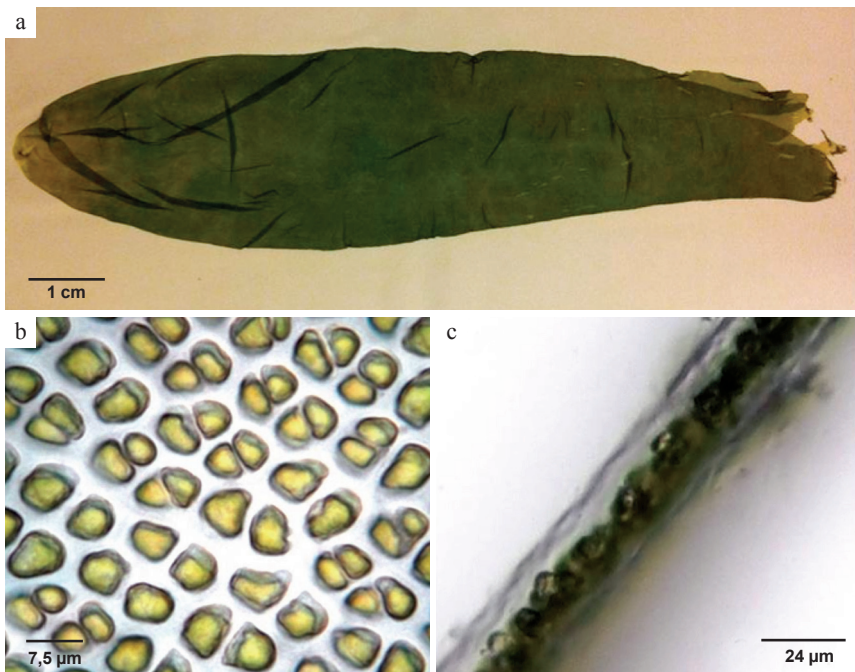


Fig. 1. *Monostroma hariotii*. **a.** Aspecto do talo em forma globosa-vesicular. **b.** Vista superficial das células marginais. **c.** Corte transversal do talo mostrando única camada de células e espessura em corte transversal.

Distribuição: Ilha Rei George, Ilha Elefante, Ilha Deception, Ilha Livingston (Península Antártica), Ilhas Malvinas (Guiry & Guiry 2013).

GAYRALIACEAE

Gayralia oxysperma (Kütz.) K.L. Vinogr. ex Scagel, P.W. Gabrielson, Garbary, Golden, Hawkes, S.C. Lindstr., J.C. Oliveira & Widd.

Plantas de coloração verde claro, com talos laminares expandidos e lobados, monostromáticos. Os tamanhos de fronde encontrados não ultrapassaram 3 cm (Fig. 2a). Rizóides presentes, deixando-a prostrada sobre o substrato. Reprodução assexuada por esporos biflagelados formados na diferenciação dos esporângios das células vegetativas. Os esporos germinam de um filamento unisseriado que se torna saciforme e abre-se então, em um talo de forma de lâmina (Guiry & Guiry 2013). Em vista superficial, as células da margem, região mediana e basal são poligonais e isodiamétricas, tornando-se mais alongadas em direção à região basal. As células são de formato irregular, medindo $11 \pm 2 \mu\text{m}$ de diâmetro. Células em grupos de dois ou quatro (Fig. 2c), com cloroplasto parietal e um único pirenóide arredondado. A espessura do talo (Fig. 2d) na região marginal e mediana foi de $18 \pm 4,2 \mu\text{m}$, sendo aproximadamente $8 \mu\text{m}$ correspondentes ao lúmen da parede e aproximadamente $11 \mu\text{m}$ para o tamanho celular.

A primeira citação para a espécie foi feita por Scagel *et al.* (1989), e a espécie tipo do gênero *Gayralia* é *Ulva oxysperma* Kütz.

Distribuição: setores estuarinos internos no litoral do Paraná e Santa Catarina (Brasil) e desembocadura do Rio de La Plata (Uruguai). Europa (França, Itália, Espanha, Irlanda, Portugal, Noruega, Holanda, Grã-Bretanha), Marrocos, Austrália, Nova Zelândia, América do Norte, México, Ilhas Caribenhas, Brasil, Ilhas Atlânticas, Japão, Vietnã, Myanmar, Ilhas Pacíficas (Guiry & Guiry 2013).

Gayralia brasiliensis Pellizzari, M.C. Oliveira & N.S. Yokoya

Plantas delicadas, de talo foliáceo expandido e monostromático, verde claro (Fig. 3a), medindo de 4 a 10 cm de comprimento, e 2 a 5 cm de largura. Liberação de zoóides da lâmina ocorre pela desintegração da parede zooidangial, liberando quatro células biflageladas. Após fixação dos zoóides, as divisões celulares originaram filamentos unisseriados que se desenvolveram em lâminas em forma de leque (Pellizzari *et al.* 2013). Células marginais poligonais com tamanhos irregulares (Fig. 3c), medindo de $5,2 \pm 1,3$ a $6,8 \pm 2,3 \mu\text{m}$ de comprimento. Lúmen das células da margem com $18 \pm 4 \mu\text{m}$. Espessura do talo (Fig. 3b) na região mediana de $25 \pm 1,8 \mu\text{m}$. Células uninucleadas. Cloroplasto parietal alongado e único. A maioria das células contendo um pirenóide, podendo conter até dois.

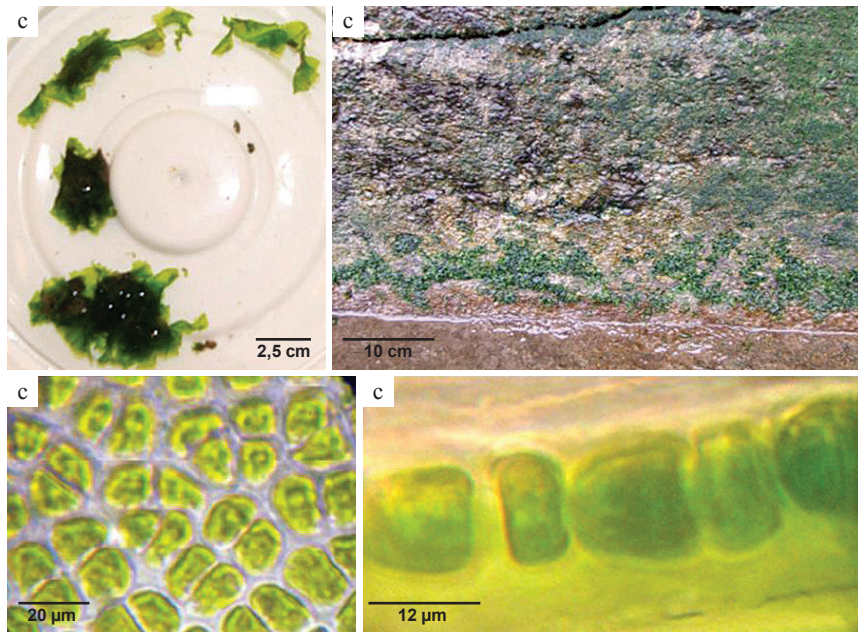


Fig. 2. *Gayralia oxysperma*. **a.** Hábito geral da planta. **b.** Zoneamento das algas em mureta de contenção no Rio de La Plata, com *G. oxysperma* ocupando o estrato inferior do substrato na região entre marés. **c.** Vista frontal das células da região mediana do talo. **d.** Corte transversal do talo com única camada de células. Fonte: Pellizzari & Oliveira (2011).

Distribuição: biomassa concentrada entre o litoral do Paraná e sul do Estado de São Paulo (Cananéia). Populações também foram identificadas em Santa Catarina, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia, Sergipe e Pernambuco (Pellizzari *et al.* 2013).

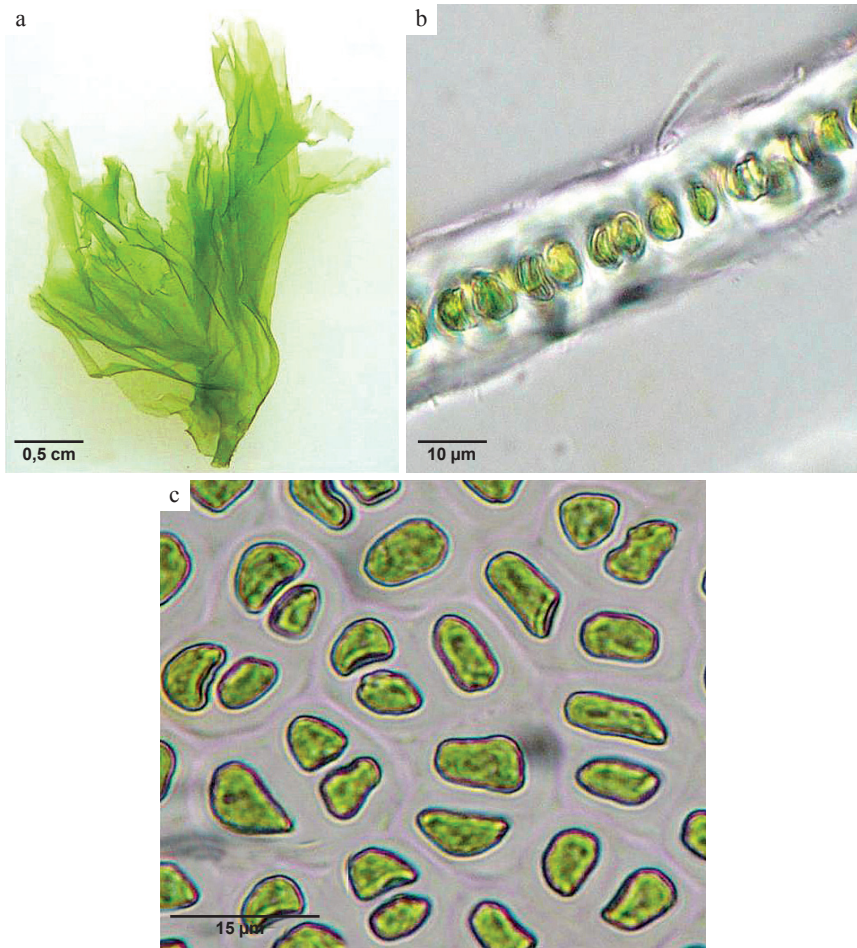


Fig. 3. *Gayralia brasiliensis*. **a.** Aspecto geral do talo. **b.** Corte transversal do talo demonstrando única camada de células, i.e. monostromático. **c.** Vista superficial das células poligonais com tamanhos irregulares da região mediana do talo.

ULOTRICHACEAE

Protomonostroma rosulatum K.L. Vinogr.

Plantas de talo foliáceo, monostromático, expandido e delicado (Fig. 4a). Os espécimes analisados apresentaram textura gelatinosa (Fig. 4b), agregando-se facilmente e sendo de difícil separação após coletados. Talos verde oliva escuro, de até 5 cm de altura e de 2 a 4 cm de largura. Células basais alongadas medindo de $12,5 \pm$

2,5 a $36,6 \pm 11,5 \mu\text{m}$ de comprimento (Fig. 4c). Células marginais poligonais menores, de $8,3 \pm 3$ a $9,7 \pm 2,5 \mu\text{m}$ (Fig. 4d). Lúmen medindo $30 \pm 7,2 \mu\text{m}$ (Fig. 4d, seta 2). Talo com espessura de $39 \pm 8,1 \mu\text{m}$ na região marginal. Cloroplasto único. A maioria das células possui dois pirenóides, mas podem conter mais de três (Fig. 4d, seta 1).

Distribuição: Punta Plaza (Enseada Martel, Ilha Rei George, Antártica Marítima).

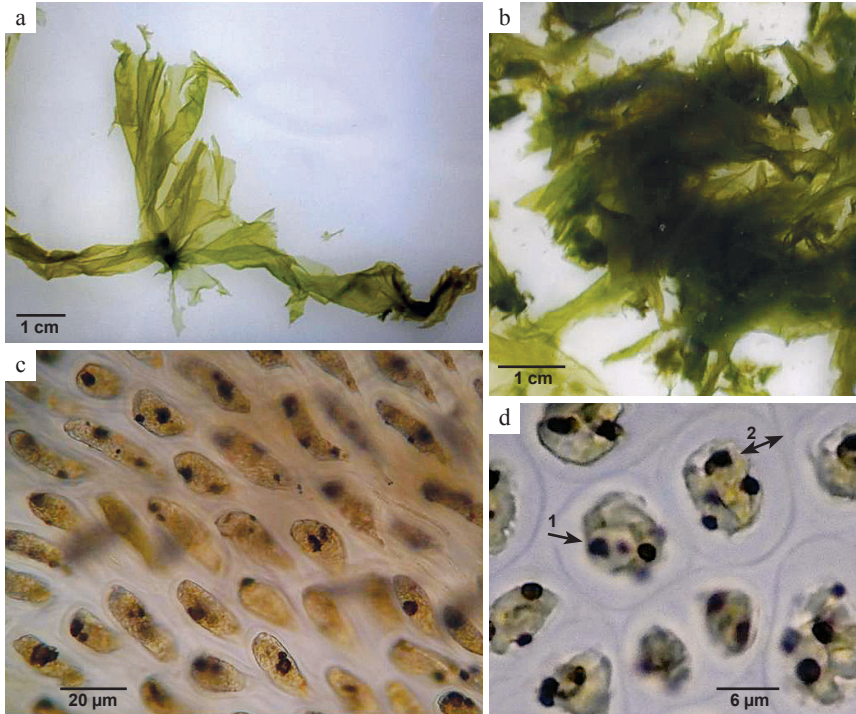


Fig. 4. *Protomonostroma rosulatum*. **a.** Aspecto geral do talo. **b.** Aspecto gelatinoso das plantas agregadas. **c.** Vista superficial das células basais alongadas. **d.** Vista superficial das células marginais poligonais; detalhe de um pirenóide (seta 1); detalhe do lúmen (seta 2).

***Protomonostroma undulatum* (Wittr.) K.L. Vinogr.**

Plantas monostromáticas de lâminas alongadas, em formato de fita ou lanceoladas (Fig. 5a), atingindo até 13 cm de altura, e de 0,5 a 3 cm de largura. Lâminas verde claro quando isoladas com 3 ou 4 lâminas em mesmo apressório. Plantas com ciclo de vida heteromórfico aparentemente assexuado. Células vegetativas na diferenciação da lâmina em esporângio com liberação de esporos por fragmentação da área fértil da fronde e dissolução das paredes celulares. Esporos tetraflagelados das lâminas assentam e originam a fase codiolum, que também libera

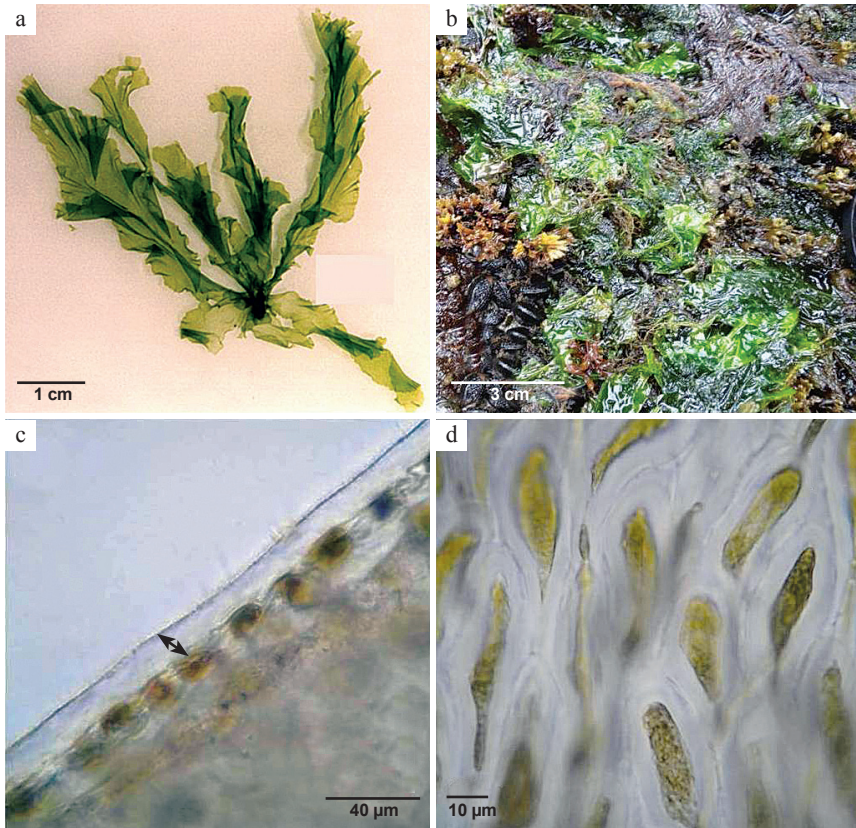


Fig. 5. *Protomonostroma undulatum*. **a.** Aspecto do talo. **b.** Aspecto das plantas no ambiente. **c.** Corte transversal mostrando uma camada de células; detalhe do lúmen celular (seta). **d.** Vista superficial das células basais alongadas.

zoósporos tetraflagelados. Esses esporos germinam para formar um filamento que se desenvolve em uma lâmina sem um estágio saciforme (Guiry & Guiry 2013). Células basais alongadas (Fig. 5d) medindo $8,3 \pm 3,8$ de largura e $36,6 \pm 3,8$ μm de comprimento. Células marginais poligonais com tendências isodiamétricas, com $10,8 \pm 3,8$ μm de comprimento. Lúmen (Fig. 5c, seta) das células basais medindo 15 ± 5 μm, e marginais com $33,3 \pm 15,2$ μm. A espessura do talo é de $44,1 \pm 15,2$ μm na região marginal. Células com único cloroplasto parietal, um ou nenhum pirenóide visível superficialmente. A primeira citação para esta espécie foi feita por Vinogradova (1969), e a espécie tipo do gênero *Protomonostroma* é *P. undulatum* (Wittrock) K.L. Vinogradova.

Distribuição: Patagônia chilena e argentina. Atlântico Norte, Oceano Pacífico do Norte.

DISCUSSÃO

Este trabalho apresentou as principais características morfológicas de cinco espécies de clorófitas monostromáticas da ordem Ulotrichales distribuídas entre a Península Antártica e o Atlântico Sul: *Monostroma hariotii*, *Protomonostroma rosulatum*, *P. undulatum*, *Gayralia oxysperma* e *G. brasiliensis*.

Monostroma e *Protomonostroma* são os dois gêneros que ocorrem na Antártica (Oliveira *et al.* 2009a). *M. hariotii*, coletada na Ilha Rei George, também foi encontrada em outras ilhas da Antártica Marítima, como Elefante, Livingston, Half Moon, Nelson e Deception (Pellizzari *et al.*, no prelo). Ramírez (2010), em estudo sobre levantamento da flora marinha bentônica da região sul da América do Sul e da Antártica, encontrou esta espécie nas Ilhas Malvinas e na Antártica. Há uma citação para a Patagônia argentina (Boraso de Zaixso *et al.* 2003), porém, a identificação não foi acompanhada de voucher depositado em herbário e tampouco de análises de biologia molecular, necessitando confirmação. Desta forma, a espécie continua com populações concentradas na Península Antártica, ilhas subantárticas e Antártica Marítima, continuando na categoria de endêmica para esta região.

A espécie de *Protomonostroma* citada para a Antártica até a última década era *P. undulatum*. Porém, Medeiros (2013) trabalhando com marcadores moleculares distintos detectou sequência distinta para as populações da Baía do Almirantado (Antártica), qdo comparadas as sequências gênicas de *P. undulatum*. Recentemente, em meio a intenção de se publicar a nova espécie, foi encontrado um trabalho de Vinogradova (1984), publicado em revista de baixa circulação, a publicação da espécie *P. rosulatum* pelo autor supra-citado na década de 1980.

P. undulatum é uma espécie comum da Patagônia argentina e chilena (Santelices 1980; Boraso de Zaixso 2004), identificada até a década de 1990 como *Monostroma undulatum*. Esta espécie sazonal é comestível, possível de ser cultivada e forma bancos naturais em costões rochosos na costa da Patagônia (Boraso de Zaixso 2004).

G. oxysperma é uma espécie que ocorre em salinidades inferiores a 20 (Pellizzari *et al.* 2008) e ocorre, além do Paraná, em setores internos de estuários de Santa Catarina e no setor externo do Rio de La Plata, em Montevidéu, no Uruguai (Pellizzari & Oliveira 2011). O ecossistema costeiro do Uruguai é afetado por variações sazonais e episódicas no escoamento do Rio de La Plata, o qual forma pluma de material particulado em suspensão de grande extensão, influenciado pela convergência subtropical formada pelas correntes quente do Brasil e fria das Malvinas (Coll & Oliveira 1999). Coll & Oliveira (1999), em estudo de levantamento da ficoflora marinha da região de Montevidéu, concluíram que o Uruguai possui uma flora marinha pobre e transicional, a qual inclui membros da flora subtropical do Brasil e a flora temperada da Argentina, junto com algumas espécies cosmopolitas.

As espécies de clorófitas monostromáticas previamente referidas para o litoral do Brasil foram *Ulvaria oxysperma* Kütz. (Bliding), e *Monostroma oxyspermum* Kütz. (Doty), de acordo com Joly (1965), Cordeiro-Marino *et al.* (1993),

Braga (1997) e Braga *et al.* (1997). Pellizzari *et al.* (2008) estudaram a ontogenia e caracteres morfológicos de duas populações de clorófitas monostromáticas encontradas em manguezais e setores estuarinos do litoral do Paraná, e concluíram que ambas as populações apresentam distintas ontogenias do talo e que se tratavam possivelmente de duas espécies distintas de *Gayralia*. Recentemente, Pellizzari *et al.* (2013), através de sequenciamento genético, concluíram que uma das espécies em questão trata-se de um novo táxon, o qual foi descrito como *Gayralia*.

A distribuição dos táxons parece acompanhar as zonas transicionais de médias para altas latitudes, fato observado nas diferenças de termohalinas nos locais de coleta. Foi possível mapear a ocorrência das clorófitas monostromáticas de acordo com a salinidade e a temperatura da água do mar entre zona subtropical, zona temperada e zona polar. *Gayralia brasiliensis* e *G. oxysperma* são espécies ocorrentes em zonas subtropicais, do sul do Brasil até o Uruguai. Na zona temperada, Patagônia argentina e chilena, ocorre a espécie *P. undulatum*. Já na zona polar, Península Antártica, ocorrem as espécies *M. hariatii* e *Protomonostroma rosulatum*.

O observatório Aquarius/SAC-D (NASA 2012), no ano de 2011, registrou salinidades da água do mar variando de 34 a 35 para a zona subtropical, 33 a 32 para a zona temperada e 30 a 32 para a região polar. Apesar disso, salinidades inferiores a 30 foram registradas (NASA 2012) para áreas com grande aporte de água doce, como é o caso do Rio de La Plata, no Uruguai e do escoamento continental e degelo na Patagônia chilena (Antezana 1999). *G. oxysperma* habita setores internos de estuários e desembocaduras de rios, com salinidades em torno de 19, enquanto *G. brasiliensis* ocorre em setores externos de estuários e zonas costeiras com salinidade superiores a 26 (Pellizzari *et al.* 2008; Pellizzari & Oliveira 2011). *P. undulatum* ocorre em zonas entre marés e infralitoral raso da Patagônia argentina e chilena, com salinidades entre 25 e 35 (Boraso de Zaixso 2004). Esta distribuição foi observada no presente estudo, sendo que *G. oxysperma* foi encontrada em setores internos de estuários do Paraná (sul do Brasil) até desembocaduras de rios no estuário do Rio de La Plata, no Uruguai e *G. brasiliensis* foi encontrada em sistemas estuarinos ou em áreas costeiras protegidas na desembocadura da Baía de Guaratuba e nos setores externos do Complexo Estuarino de Paranaguá.

O satélite NOAA (NASA 2012), no ano de 2009, registrou temperaturas superficiais dos oceanos, sendo que, para o Oceano Atlântico, as temperaturas médias variaram entre 20 e 24°C na zona subtropical, 6,8 e 4°C na zona temperada e -1,8°C na zona polar, dados de acordo com os registrados no presente estudo.

A distribuição dos táxons de clorófitas monostromáticas da ordem Ulotrichales parece ter sido marcada pelas diferenças na salinidade e principalmente pela temperatura superficial da água do mar concentrando os táxons e determinadas províncias biogeográficas dentro das áreas estudadas.

A ficoflora da Antártica é distinta das regiões temperadas e tropicais, com alta biomassa (Zielinski 1981) e alto grau de endemismo (Oliveira *et al.* 2009a),

não apresentando alta diversidade como a das regiões mais quentes (Papenfuss 1964). A Antártica esteve unida ao extremo sul da América do Sul desde o Mesozóico e sua separação ocorreu nos últimos 30 milhões de anos (Crame 1992; Clayton 1994). Esta separação isolou totalmente a Península Antártica, e as ilhas adjacentes da Antártica Marítima, da América do Sul, com a consequente evolução de uma flora marinha peculiar e adaptada a águas frias (Ramírez 2010). Esta teoria pode explicar o fato de que algumas espécies encontradas na região antártica e subantártica sejam endêmicas.

No presente trabalho, as espécies *Monostroma hariatii* e *Protomonostroma rosulatum* foram registradas apenas para a Ilha Rei George (Antártica Marítima), ou seja, restritos e adaptados ao ecossistema polar austral em comparação com as outras espécies analisadas.

De acordo com Hommersand *et al.* (2009), as Ilhas Shetland do Sul (adjacentes a Península Antártica), Orcadase a Georgia do Sul formam uma província biogeográfica, por incluir gêneros e espécies que estão distantes dos elementos florísticos presentes na Nova Zelândia e Tasmânia, África do Sul e Namíbia, e baixa similaridade com a ficoflorada sul da América do Sul, ilhas Malvinas e outras ilhas subantárticas. Por outro lado, a alta similaridade (60%) encontrada por Ramírez (2010) entre a flora marinha das ilhas Malvinas com a flora da região da Patagônia chilena, pode estar associada ao número de espécies de origem subantártica compartilhada entre ambas as áreas, o qual a autora atribuiu à dispersão desta flora pela Corrente Circumpolar Antártica, o Vento de Deriva Oeste. O presente estudo, por sua vez, obteve resultados de acordo com Hommersand *et al.* (2009), pois as clorófitas monostromáticas estudadas ocupam latitudes e, assim, zonas biogeográficas distintas.

Além da descrição morfológica específica e da elucidação da distribuição das espécies entre o Atlântico Sul e a Península Antártica, este trabalhou propôs uma chave artificial de identificação das clorófitas monostromáticas que ocorrem nestas localidades. A relevância desta contribuição atribui-se a formação de uma base de dados sobre clorófitas monostromáticas da ordem Ulotrichales entre o Atlântico Sul e a Antártica, auxiliando em futuros estudos taxonômicos, ecológicos, fisiológicos, bioquímicos seja para fins aplicados ou para conservação.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem ao PROANTAR, Marinha do Brasil (SECIRM, Navio Polar Almirante Maximiano-H41), FAB, MMA, MCTI e CNPq pelo apoio logístico e financeiro para as amostragens. À CAPES e ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos (PGISCO/UFPR) pela bolsa de estudos cedida. À Elzi Manoelle Silva e Michelle C. Silva pelo auxílio nas amostragens biológicas do Chile e Antártica Marítima.

BIBLIOGRAFIA

- Ahn, M.J., K.D.Yoon, C.Y. Kim, S.Y. Min, Y. Kim, H.J. Kim, J.H. Kim, C.G. Shin, C.K. Lee, T.G. Kim, S.H. Kim, H. Huh & J. Kim. 2002. Inhibition of HIV-1 reverse transcriptase and HIV-1 integrase and antiviral activity of Korean seaweed extracts. *J. App. Phycol.* 4: 325-329.
- Antezana, T. 1999. Hydrographic features of Magellan and Fuegian inland passages and adjacent Subantarctic waters. *Sci. Mar.* 63: 23-34.
- Bazes, A.A. Silkina, P. Douzenel, F. Faÿ, N. Kervarec, D. Morin, J.P. Berge & N. Bourgoignon. 2009. Investigation of the antifouling constituents from the brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. *J. App. Phycol.* 21: 395-403.
- Bhosale, S.H., T.G. Jagtap & C.G. Naik. 1999. Antifungal activity of some marine organisms from India, against food spoilage *Aspergillus* strains. *Mycopath* 147: 133-138.
- Boraso de Zaixso, A. 2004. Chlorophyta marinas de La Argentina. *Hist. Nat.* 3(11): 95-119.
- Boraso de Zaixso, A., A. Rico, S. Perales, L. Perez & H. Zalazar. 2003. *Algas marinas de La Patagonia: una guía ilustrada*. UNPSJB-CONICET. Buenos Aires.
- Braga, M.R.A. 1997. Recruitment of two species of monostromatic blade-like chlorophytes, *Monostroma* sp. and *Ulvaria oxysperma* (Ulvaes, Chlorophyta), in São Paulo State, Brazil. *Phycol. Res.* 45: 153-161.
- Braga, M.R., M.T. Fujii & M. Cordeiro-Marino. 1997. Monostromatic green algae (Ulvaes, Chlorophyta) of São Paulo and Paraná states (Brazil): distribution, growth and reproduction. *Revista Bras. Bot.* 20: 197-203.
- Cassolato, J.E.F., M.D. Nosedá, C.A. Pujol, F.M. Pellizzari, E.B. Damonte & M.E.R. Duarte. 2008. Chemical structure and antiviral activity of the sulfated heterorhamnan isolated from the green seaweed *Gayralia oxysperma*. *Carbohydr. Res.* 343: 3085-3095.
- Clayton, M. 1994. Evolution of the Antarctic marine benthic algal flora. *J. Phycol.* 30: 897-904.
- Coll, J. & E.C. Oliveira. 1999. The benthic marine algae of Uruguay. *Bot. Mar.* 42: 129-135.
- Cordeiro-Marino, M., M.R.A. Braga, M.T. Fujii, S.M.P.B. Guimarães & E.M. Mitsugui. 1993. Monostromatic green algae from Espírito Santo state: life-history, growth and reproduction in culture. *Revista Brasil Biol.* 53: 285-293.
- Crame, J.A. 1992. Evolutionary history of the Polar regions. *Hist. Biol.* 6: 37-60.
- Folmer, F., M. Jaspars, M. Dicato & M. Diederich. 2010. Photosynthetic marine organisms as a source of anticancer compounds. *Phytochem. Rev.* 9: 557-579.
- Gain, L. 1911. Une nouvelle espèce de *Monostroma* provenant de la région an-

- tarctique sud-américaine. *Compt. Rend. Hebd. Séances Acad. Sci.*, Sér. D. 152: 724-726.
- Guiry, M.D. & G.M. Guiry. 2013. AlgaeBase. Listing the World's Algae. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. www.algaebase.org
- Hommersand, M.H., R.L. Moe, C.D. Amsler & S. Fredericq. 2009. Notes on the systematics and biogeographical relationships of Antarctic and sub-antarctic Rhodophyta with descriptions of four new genera and five new species. *Bot. Mar.* 52: 509-534.
- Joly, A.B. 1965. Flora marinha do litoral norte de São Paulo e regiões circunvizinhas. *Bol. Fac. Filos. Ci.* 21: 1-393.
- Medeiros, A.S. 2013. Diversidade de macroalgas da Baía do Almirantado, Ilha Rei George, Península Antártica, baseada em "DNA Barcoding" e outros marcadores moleculares. Dissertação de Mestre Instituto de Biociências. Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil.
- NASA. 2012. National Aeronautics and Space Administration. Noviembre 2012 http://www.nasa.gov/mission_pages/aquarius/multimedia/gallery/pia14786.html/
- Oliveira, E.C., F.M. Pellizzari & M.C. Oliveira. 2009a. The seaweed flora of Admiralty Bay, King George Island. *Antarct. Pol. Biol.* (32): 1639-1647.
- Oliveira, M., E.C. Oliveira, F.M. Pellizzari, A. Medeiros & R.Y.H. Miura. 2009b. What taxa of monostromatic green algae are present in the Southwestern Atlantic and in the Antarctic Peninsula? A panorama based on ribosomal internal transcribed spacers (ITS) sequences In: V the Asian Pacific Physiological Forum, Wellington, New Zealand.
- Papenfuss, G. 1964. Catalogue and bibliography of Antarctic and Sub- Antarctic benthic marine algae. *Antarct. Res. Ser.* 1: 1-76.
- Pellizzari, F.M. 2005. Desenvolvimento das bases biológicas e técnicas para o cultivo de algas verdes de talo monostromático (Chlorophyta) no litoral do Paraná. Tese. Universidade de São Paulo. São Paulo. Brasil.
- Pellizzari, F.M. 2007. Cultivo de clorófitas monostromáticas comestíveis no sul do Brasil: descrição, biologia, molecular da(s) espécie(s), estudo de potencial de mercado, recrutamento e crescimento em diferentes sistemas. Relatório técnico de Pós-doutorado-CNPq.
- Pellizzari, F.M. & M.C. Oliveira. 2011. Primeira ocorrência da clorófitas monostromática *Gayralia oxysperma* (Lützing) K.L. Vinogradova ex Scagel *et al.* (Ulvales) para o Uruguai: descrição morfo-anatômica e sequenciamento molecular. In: Cavallet, LE Revista Científica da FAFIPAR/UNESPAR. pp. 57-66, publicação em meio eletrônico (CD).
- Pellizzari, F.M. & R.P. Reis. 2011. Seaweed cultivation on the Southern and Southeastern Brazilian coast. *Braz. J. Pharmacog.* 21: 305-313.
- Pellizzari, F.M., E.C. Oliveira & N.S. Yokoya. 2008. Life-history, thallus ontogeny, and the effects of temperature, irradiance and salinity on growth

- of the edible green seaweed *Gayralia* spp. (Chlorophyta) from Southern Brazil. *J. App. Phycol.* 20: 75-82.
- Pellizzari, F.M., M.C. Oliveira, N.Y. Yokoya & E.C. Oliveira. 2013. *Gayralia brasiliensis* sp. nov. (Ulotrichales, Chlorophyta) from Brazil: an ontogenetic, morphological and molecular characterization. *Bot. Mar.* 56(2): 197-205.
- Ramírez, M.E. 2010. Flora marina bentónica de la región austral de Sudamérica y La Antártica. *Anal. Inst. Patag.* (Chile) 38(1): 57-71.
- Raymundo, M.S., P.A. Horta & R. Fett. 2004. Atividade antioxidante in vitro de extratos de algumas algas verdes (Chlorophyta) do litoral catarinense (Brasil). *Braz. J. Pharmac. Sci.* 40(4): 495-503.
- Samee, H., Z. Li, H. Lin, J. Khalid & Y. Guo. 2009. Anti-allergic effects of ethanol extracts from brown seaweeds. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.* 10(2): 147-153.
- Santelices, B. 1980. Phytogeographic characterization of the temperate coast of Pacific South America. *Phycologia* 19(1): 1-12.
- Scagel, R.F., P.W. Gabrielson, D.J. Garbary, L. Golden, M.W. Hawkes, S.C. Lindstrom, J.C. Oliveira & T.B. Widdowson. 1989. A synopsis of the benthic marine algae of British Columbia, southeast Alaska, Washington and Oregon. *Phycological Contributions, University of British Columbia* 3: 1-532.
- Shanmughapriya, S., A. Manilal, S. Sujith, J. Selvin, G.S. Kiran & K. Natarajaseenivasan. 2008. Antimicrobial activity of seaweeds extracts against multiresistant pathogens. *Ann. Microbiol.* 58(3): 535-541.
- Vinogradova, K.L. 1969. K. sistematike poryadka Ulvales (Chlorophyta) s.l. A contribution to the taxonomy of the order Ulvales. *Botanicheskij Zhurnal SSSR* 54: 1347-1355.
- Vinogradova, K.L. 1984. Ad flora chlorophytorum ex Antarctica. *Novosti Sist. Nizsh. Rast.* 20: 10-18.
- Wiencke, C. & M.N. Clayton. 2002. Synopses of the Antarctic benthos. In: Wägele, J.W. & J. Sieg (ed.). *Antarctic Seaweeds*. Vol. 9. ARG Gantner, Verlag.
- Yuan, H., J. Song, X. Li, N. Li & S. Liu. 2011. Enhanced immunostimulatory and antitumor activity of different derivatives of κ -carrageenan oligosaccharides from *Kappaphycus striatum*. *J. App. Phycol.* 23: 59-65.
- Zielinski, K. 1981. Benthic macro-algae of Admiralty Bay (King George Island, South Shetland Islands) and circulation of algal matter between the water and the shore. *Polish. Polar Res.* 2: 71-94.
- Zubia, M., D. Robledo & Y. Freile-Pelegrin. 2007. Antioxidant activities in tropical marine macroalgae from the Yucatan Peninsula, Mexico. *J. App. Phycol.* 19: 449-458.