

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BOTÂNICA

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE
Trichodesmium thiebautii GOMONT *ex* GOMONT
(OSCILLATORIALES - CYANOPHYTA) EM
ÁGUAS TROPICAIS DO NORDESTE DO BRASIL

José Juarez Ferreira Monteiro

RECIFE
2008

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE *Trichodesmium thiebautii* GOMONT *ex* GOMONT (OSCILLATORIALES - CYANOPHYTA) EM ÁGUAS TROPICAIS DO NORDESTE DO BRASIL

Dissertação que o mestrando **José Juarez Ferreira Monteiro** apresenta ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Botânica.

Orientadora:

Prof^a Dr^a Enide Eskinazi Leça

Conselheira:

Prof^a Dr^a Maria Luise Koenig

Recife

2008

FICHA CATALOGRÁFICA

M775v Monteiro, José Juarez Ferreira
Variação espaço-temporal de *Trichodesmium thiebautii* Gomont *ex* Gomont (Oscillatoriales – Cyanophyta) em águas tropicais do Nordeste do Brasil / José Juarez Ferreira Monteiro. – 2008.
52 f. : il.

Orientadora : Enide Eskinazi Leça
Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Departamento de Botânica
Inclui anexo e bibliografia

CDD 589.41

1. Hidrologia
2. Caracteres taxonômicos
3. Variação espacial
4. Densidade
5. Distribuição
6. Plataforma continental
7. Pernambuco (BR)
 - I. Eskinazi-Leça, Enide
 - II. Título

VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE *Trichodesmium thiebautii* GOMONT ex GOMONT (OSCILLATORIALES - CYANOPHYTA) EM ÁGUAS TROPICAIS DO NORDESTE DO BRASIL

Autor : José Juarez Ferreira Monteiro

Dissertação aprovada pela Banca Examinadora em 26 de fevereiro de 2008.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Enide Eskinazi Leça

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Presidente

Examinadores:

Dr^a. Maria Elizabeth Bandeira Pedrosa

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Titular

Prof^a. Dr^a. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha

Universidade Federal de Pernambuco

Titular

Prof^a. Dr^a. Sonia Maria Barreto Pereira

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Titular

**Recife
2008**

Dedico,

À minha Orientadora,
Prof^a. Dr^a. Enide Eskinazi Leça

Pela contribuição na minha formação acadêmica e profissional, confiança em mim depositada e, principalmente, pela orientação e alegria em cada etapa deste trabalho.

À minha Conselheira,
Prof^a. Dr^a. Maria Luise Koenig

Pela contribuição fundamental na conclusão deste trabalho.

Ofereço

Aos meus pais, Euclides Monteiro e Maria Iraci, pela minha educação e apoio em todos os momentos de minha vida.

Aos meus filhos, Rafael e Isis, por toda compreensão pela minha ausência.

À Suellen Roberta, pessoa a qual estive a procura durante toda a minha vida e que Deus permitiu encontrar, tornando-se companheira e incentivadora na conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir a conclusão deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal Rural de Pernambuco, representado pelo Coordenador Prof^o Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque, e pelas Ex-Coordenadoras Prof^a. Dr^a. Ariadne do Nascimento Moura e Prof^a. Dr^a. Carmen Silvia Zickel, pelo apoio durante a realização deste trabalho.

A todos que dão apoio ao Programa de Pós-Graduação em Botânica: Sr. Manassés Araújo, Sra. Margarida Clara, Sra. Marileide Ione e Sra. Ericka da Silva.

Aos amigos e companheiros dos Laboratórios de Ficologia: Arthur Siqueira, Douglas Burgos, Edson Gomes, Emanuel Cardoso, Ênio Wocyli, Fátima Carvalho, Fernanda Alves, Giulliani Lira, Helton Soriano, Ise de Goreth, João Manoel, Leonardo Rafael, Manoel Messias, Micheline Kézia, Péricles Ferraz, Paula Regina, Silvana Dias, Suellen Brayner e Talita Oliveira, pela amizade, companheirismo e bons momentos de alegria e descontração.

Ao Prof. Dr. Silvio José de Macedo e a Profa. Dra. Maria da Glória Gonçalves da Silva Cunha, pelo apoio na realização das análises hidrológicas e facilidades em consultas à literatura especializada, respectivamente.

Um agradecimento especial, aos meus familiares pelo apoio, e carinho, os quais foram alicerces fundamentais à concretização deste trabalho.

A todos que contribuíram diretamente e indiretamente para a realização deste trabalho, meu eterno agradecimento.

Variação espaço-temporal de *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont (Oscillatoriales - Cyanophyta) em águas tropicais do Nordeste do Brasil

RESUMO

O gênero *Trichodesmium* Ehrenberg é muito comum no plâncton dos oceanos tropicais e subtropicais, e suas colônias consistem em filamentos agregados que podem ser vistos macroscopicamente durante o período de floração. O gênero é composto por 11 espécies entre as quais apenas *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg havia sido assinalada na plataforma continental do Nordeste do Brasil, às vezes ocorrendo em densas florações. Este estudo relata a ocorrência de *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont em águas tropicais do estado de Pernambuco e analisa as variações espaciais e temporais da densidade dos tricomas em vários pontos da plataforma. As coletas foram realizadas durante o período chuvoso (julho de 2005) e período de estiagem (novembro de 2006), em seis pontos distribuídos ao longo de dois perfis perpendiculares à costa, com distância à costa de 5, 10 e 20 milhas, respectivamente na praia de Gaibú (8°18'S e 34°56'W) e na praia de Serrambi (8°32'S e 35°00'W). As amostras para o estudo qualitativo e morfológico foram coletadas em arrastos superficiais com redes de malha de 20 µm de abertura. As amostras destinadas às análises quantitativas (filamento.L⁻¹) foram coletadas com garrafas de Niskin e as contagens realizadas em microscópio invertido, utilizando-se câmaras de sedimentação de 10 mL. Foram também coletadas amostras de água para análises das variáveis hidrológicas (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, amônia, nitrito, nitrato e fosfato). *T. thiebautii* foi encontrada durante os dois períodos anuais e nos seis pontos de coleta, formando colônias em forma de tufo ou raramente em feixes, tendo sido observadas diferenças significativas no tamanho das células em relação aos pontos de coleta e entre os períodos anuais. Entretanto, diferenças significativas não foram observadas entre os tricomas de uma mesma colônia. A densidade dos filamentos apresentou valores mínimos em locais próximos à costa (5 milhas) e valores maiores em locais mais afastados (20 milhas), durante o período de estiagem. As variáveis hidrológicas apresentaram pequenas variações, notando-se pequenas diferenças entre a superfície e o fundo, contribuindo para uma ampla distribuição da espécie ao longo da área pesquisada. O registro de *T. thiebautii* na plataforma continental de Pernambuco amplia a distribuição da espécie para a região Nordeste brasileira.

**Spatio-temporal variation of *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont
(Oscillatoriales - Cyanophyta) in tropical waters from Northeast, Brazil**

ABSTRACT

The genus *Trichodesmium* Ehrenberg is very common in the plankton of the tropical and subtropical oceans, and its colonies consist in aggregate filaments which can be seen by naked eye during the flourish period. The genus is composed by 11 species having been the *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg the only species reported in the continental shelf from Northeast, Brazil sometimes occurring in dense flourishes. This study reports the occurrence of *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont in tropical waters from the Pernambuco State and it analyzes the spatial and temporal variations in the tricommas density at several points of the platform. Samplings were performed during the rainy period (July, 2005) and dry weather period (November, 2006) at six stations distributed along two profiles perpendiculars to the coast, with distance to the coast of 5, 10 and 20 miles, respectively in the beach of Gaibú (8°18'S and 34°56'W) and in the beach of Serrambi (8°32'S and 35°00'W). The samples for the qualitative and morphological study were collected in superficial drags using 20 µm mesh nets. The samples destined to the quantitative analyses (filament.L⁻¹) were collected with Niskin bottles and the counting accomplished in inverted microscope, using 10 ml sedimentation chambers. Water samples were also collected to identify hydrological variables (temperature, salinity, dissolved oxygen, pH, nitrite, nitrate and phosphate). *T. thiebautii* was observed during the two annual periods and at the six sampling sites forming colonies in tuft form or rarely bunches, having been observed significant differences in the size of the cells in relation to the sampling sites and enter the annual periods. However, significant differences were not observed among the tricommas of a same colony. The density of the filaments presented minimum values at sites near the coast (5 miles) and higher values at more distant sites (20 miles) during the dry weather period. Hydrological variables presented short variations noting subtle differences between the surface and bottom, contributing for a wide species distribution along the study area. The registration of *T. thiebautii* in the continental shelf of Pernambuco enlarges the species distribution for the Brazilian Northeast region.

Lista de figuras do artigo 1

	Página
Figura 1 - <i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont coletada na plataforma continental de Pernambuco, durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006). A = colônia em feixe; B = colônia em tufo; C e D = detalhes dos tricomas e das células apicais	20
Figura 2 - Variação da média do número de tricomas por colônia, tamanho dos tricomas, altura das células e largura das células em filamentos de colônias de <i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont, durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006), nos pontos de coleta (Praia de Gaibú e Praia de Serrambi) na plataforma continental de Pernambuco	21
Figura 3 – Variação da temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH, na superfície e fundo, durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006), nos pontos de coleta (Praia de Gaibú e Praia de Serrambi) na plataforma continental de Pernambuco	22
Figura 4 – Variação na concentração de amônia, nitrito, nitrato e fosfato, durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006), nos pontos de coleta (Praia de Gaibú e Praia de Serrambi) na plataforma continental Sul de Pernambuco	23

Lista de figuras do artigo 2

	Página
Figura 1 – Localização dos pontos de coleta das amostras para obtenção dos dados hidrológicos e morfológicos na plataforma continental de Pernambuco	33
Figura 2 - Número de filamentos.L ⁻¹ de <i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont na superfície e fundo nos pontos de coleta no Perfil Gaibú, durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006)	34
Figura 3 - Número de filamentos.L ⁻¹ de <i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont na superfície e fundo nos pontos de coleta do perfil Serrambi, durante o período chuvoso (julho de 2005) e período de estiagem (novembro de 2006)	35
Figura 4 – Variação da temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH, na superfície e fundo (perfil Gaibú e Serrambi – PE), durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006)	36
Figura 5 – Variação na concentração de amônia, nitrito, nitrato, e fosfato (perfil Gaibú e Serrambi – PE), durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006).....	37
Figura 6 – Correlação entre a densidade de <i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont e os fatores abióticos, correspondentes às coletas do período chuvoso (julho de 2005) e estiagem (novembro de 2006) nos perfis Gaibú e Serrambi, (NTLC – número de tricomas por litro no período chuvoso, NTLE – número de tricomas por litro no período de estiagem, Temp – temperatura, Sal - salinidade, OD – oxigênio dissolvido, pH – potencial hidrogeniônico, NH ₄ – amônia , NO ₂ – nitrito, NO ₃ – nitrato, PO ₄ – fosfato)	38

Lista de tabelas do artigo 2

Tabela 1 – Metodologia utilizada para a obtenção de dados hidrológicos na plataforma continental de Pernambuco, durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006).	39
--	----

SUMÁRIO

	Página
FOLHA DE ROSTO.....	i
FOLHA DE APROVAÇÃO	ii
DEDICATÓRIA	iii
OFERECIMENTO	iv
AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vi
ABSTRACT.....	vii
Lista de figuras e tabelas do Artigo 1	viii
Lista de figuras e tabelas do Artigo 2	ix
1 – Introdução geral	1
2 - Objetivos	3
2.1 – Geral	3
2.2 – Específicos	3
3 - Revisão Bibliográfica	4
4 - Referências Bibliográficas	8
5 - Artigo 1 - Ocorrência de <i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont (Cyanophyta) em águas tropicais do Nordeste do Brasil	11
5.1 - RESUMO	12
5.2 - ABSTRACT	12
5.3 - Introdução	13
5.4 - Material e Métodos	14
5.5 - Resultados	15
5.6 - Discussão	16
5.7 - Agradecimentos	17
5.8 - Referências Bibliográficas	17
6 - Artigo 2 - Estudos ecológicos de <i>Trichodesmium thiebautii</i> Gomont ex Gomont (Cyanophyta) na plataforma continental sul de Pernambuco (Nordeste do Brasil)	24
6.1 - RESUMO	25
6.2 - ABSTRACT	25
6.3 - Introdução	26
6.4 - Material e Métodos	27
6.5 - Resultados	27
6.6 - Discussão	28
6.7 – Agradecimentos	30
6.8 - Referências Bibliográficas	30
7- CONSIDERAÇÕES FINAIS	40

1 – Introdução Geral

O gênero *Trichodesmium* foi descrito por Ehrenberg (1830) e, posteriormente, incluído por Kützing (1843) no gênero *Oscillatoria* (Vaucher ex Gomont). Em 1844, Montagne restabeleceu o gênero *Trichodesmium* Ehrenberg, com base na formação de suas colônias típicas e muito diferentes dos tricomas isolados de *Oscillatoria*, passando o gênero a ser definitivamente aceito como uma entidade taxonômica válida (Anagnostides & Komárek 1988).

Trichodesmium (Ehrenberg), uma cianobactéria pertencente à ordem Oscillatoriales, caracteriza-se por apresentar tricomas planctônicos, raramente solitários, sem bainha, retos ou curvados, raramente torcidos, formando colônias com arranjos paralelos ou radialmente arrançadas. Os tricomas, com 6-22 µm de largura, são cilíndricos e levemente achatados, células isodiamétricas ou levemente mais longas do que largas, com aerotopos irregularmente distribuídos. Células apicais arredondadas ou levemente capitadas (Komárek & Anagnostides 2005).

Com base em estudos morfológicos, Anagnostides & Komárek (1988) reconheceram 11 espécies de *Trichodesmium*, das quais nove são de ambientes marinhos: *Trichodesmium clevei* (J. Schmidt) Anagnostides et Komárek, *T. contortum* (Wille) Wille in Brandt, *T. contortum* sensu Umezaki, *T. erythraeum* Ehrenberg ex Gomont, *T. hildebrandtii* Gomont, *T. thiebautii* Gomont ex Gomont, *T. radians* (Wille) Golubié, *T. lenticulare* (Lemmermann) Anagnostides et Komárek e *T. scoboideum* Lucas. Apenas duas espécies têm sido relatadas como de água doce: *T. iwanoffianum* Nygaard e *T. lacustre* Klebahn. Recentemente, o gênero foi confirmado por métodos moleculares (Orcutt *et al.* 2002).

As espécies do gênero são freqüentemente encontradas em regiões tropicais e subtropicais, onde se caracterizam por sua alta produtividade e capacidade de assimilar o nitrogênio atmosférico, sendo por este motivo um dos principais produtores em mares oligotróficos e, muitas vezes, têm sido consideradas as responsáveis pela elevação da biomassa planctônica (Gallon *et al.* 1996).

Espécies do gênero podem produzir florações, já confirmadas no Mediterrâneo, Mar Vermelho, Hawai e Caribe (Komárek & Anagnostides 2005). O termo floração (*bloom*) refere-se a um florescimento excessivo, geralmente monoespecífico, de determinadas microalgas "oportunistas", e ocorrem simultaneamente com condições ótimas de luz, nutrientes e dispersão espacial reduzida, permitindo que as células se acumulem temporariamente (Lalli & Parsons 1993), podendo afetar as propriedades físicas e químicas das águas de superfície e podendo produzir toxinas que causam impactos ecológicos e à saúde humana. (Capone *et al.* 1997).

Trichodesmium tem sido citado para os oceanos Atlântico, Pacífico, Índico tropical e subtropical, Caraíbas e mares do Sul da China (Carpenter 1983, Marumo & Asaoka 1974), sendo também, freqüente na plataforma continental brasileira (Satô *et al.* 1963; Sassi & Kutner 1982; Brandini 1988; Giancesella-Galvão *et al.* 1995).

A primeira citação do gênero *Trichodesmium* em águas brasileiras foi relatada por Darwin (1834) durante expedição no litoral da Bahia, em março de 1832, com descrição de uma floração de *T. erythraeum*. Muitos anos depois, a mesma espécie foi citada para o litoral de Pernambuco, com a descrição de uma floração em áreas próximas às formações recifais, caracterizadas por altas temperaturas e salinidade elevada, estando a presença de *T. erythraeum* associada à doença humana denominada “Febre de Tamandaré” (Satô *et al.* 1963).

Atualmente, no Brasil, o gênero está representado pelas espécies *T. erythraeum*, *T. hildebrandtii* e *T. thiebautii*, entre as quais *T. hildebrandtii* e *T. erythraeum* têm sido consideradas como as mais freqüentes e abundantes. A ocorrência de *T. thiebautii* tem sido referida apenas para o litoral Sul do Brasil (litoral de Santa Catarina), onde produz florações com conotações tóxicas, evidenciadas em bioensaios com moluscos (Rörig *et al.* 1998).

Outros registros do gênero foram feitos para o litoral norte do estado de São Paulo (Sassi & Kutner 1982; Giancesella-Galvão *et al.* 1995), como também para o litoral de Santa Catarina (Rörig *et al.* 1998), com relatos de florações de *T. erythraeum* e *T. thiebautii*.

Siqueira *et al.* (2006), também confirmaram que na plataforma interna do estado do Paraná, *T. erythraeum* é capaz de sobreviver em condições ambientais relativamente inóspitas devido à sua capacidade de fixar nitrogênio e efetuar a fotossíntese em altas intensidades de luz.

As espécies de *Trichodesmium*, embora intensamente estudadas mundialmente pela importância das florações para os ciclos biogeoquímicos e também pela produção de toxina (Carpenter & Romans 1991; Carpenter *et al.* 2004; Janson *et al.* 1995; Tseng *et al.* 2005), têm sido pouco abordadas em estudos taxonômicos e ecológicos no Brasil e no mundo, existindo no Brasil a necessidade de estudos mais aprofundados das espécies, quanto aos aspectos morfológicos, distribuição e associação com os fatores hidrológicos.

2- Objetivos

2.1 – Geral

Caracterizar e determinar as variações temporais e espaciais de *Trichodesmium thiebautii* Gomont *ex* Gomont, na plataforma Sul do estado de Pernambuco.

2.2 – Específicos

- Registrar a ocorrência e caracterizar taxonomicamente indivíduos de *Trichodesmium thiebautii* Gomont *ex* Gomont na plataforma Sul do estado de Pernambuco.

- Identificar a variação espacial e temporal da densidade de *Trichodesmium thiebautii* Gomont *ex* Gomont na plataforma Sul do estado de Pernambuco e correlacionar as variações quantitativas com as características hidrológicas locais.

3 - Revisão Bibliográfica

O gênero *Trichodesmium*, descrito por Ehrenberg (1830), caracteriza-se por apresentar tricomas planctônicos, raramente solitários, sem bainha, retos ou curvados, raramente torcidos, formando colônias com arranjos paralelos ou radialmente arrançadas. Os tricomas, com 6-22 µm de largura, cilíndricos levemente achatados, células isodiamétricas ou levemente mais longas do que largas, com aerotópos irregularmente distribuídos. Células apicais arredondadas ou levemente capitadas (Anagnostides & Komárek 1988). Segundo estes autores, *Trichodesmium* pertence à ordem Oscillatoriales e família Phormidiaceae.

Com base em estudos morfológicos, Komárek & Anagnostides (2005) reconheceram 11 espécies de *Trichodesmium*, das quais nove são de ambientes marinhos. As espécies atualmente reconhecidas são: *Trichodesmium clevei* (J. Schmidt) Anagnostides et Komárek, *T. contortum* (Wille) Wille in Brandt, *T. contortum* sensu Umezaki, *T. erythraeum* Ehrenberg ex Gomont, *T. hildebrandtii* Gomont, *T. iwanoffianum* Nygaard, *T. lacustre* Klebahn, *T. lenticulare* (Lemmermann) Anagnostides et Komárek, *T. radians* (Wille) Golubié, *T. scoboideum* Lucas e *T. thiebautii* Gomont ex Gomont. Com base em estudos moleculares, o gênero foi recentemente confirmado (Orcutt *et al.* 2002).

Embora a morfologia do tricoma possa variar de colônia a colônia, os tricomas dentro de uma colônia são muitos uniformes no tamanho e na morfologia, sugerindo que os indivíduos dentro das mesmas são clonais (Janson *et al.* 1995).

As espécies marinhas planctônicas do gênero formam colônias que oferecem um habitat pelágico, o qual suporta uma complexa assembléia de organismos associados. Estas colônias, freqüentemente, representam uma fração grande da biomassa vegetal em águas tropicais oligotróficas, e contribuem substancialmente para a produção primária. Indivíduos de *Trichodesmium* assimilam o nitrogênio atmosférico (N₂), sob circunstância inteiramente aeróbica (Capone *et al.* 1997).

Trichodesmium é um gênero comum em águas dos oceanos tropicais e subtropicais, estando entre as mais difundidas e abundantes cianobactérias planctônicas no ecossistema marinho. Suas colônias consistem de tricomas agregados (de 0,5-3 mm de diâmetro) e podem ser visíveis durante os períodos de florações ou *blooms* (Carpenter & Romans 1991).

O gênero *Trichodesmium* é considerado um componente importante na flora planctônica do Atlântico tropical, onde ocorre, algumas vezes, em densas florações nas camadas superiores da zona fótica. Sua contribuição para a produção primária neste oceano é bem maior que em outros oceanos onde seus representantes estão presentes (Tyrrell *et al.* 2003). Seus representantes são, freqüentemente, dominantes no plâncton de mares tropicais e subtropicais, Carpenter (1983) e Carpenter *et al.* (1987).

Florações de *T. erythraeum* foram detectadas durante o ano de 1977 no Mar da Arábia, Águas de Goa, e relatadas pelo National Institute of Oceanography (1977), que menciona ter estas florações

ocorrência anual, com uma periodicidade marcada de fevereiro a abril, período este em que o mar é calmo, com pouca ação de onda e salinidade e temperatura alta. Dados referentes aos níveis elevados de luminosidade, ortofosfatos e nitrogenados foram correlacionados com estas florações durante este período.

Métodos avançados foram criados para detectar florações. Um que usa um modelo padrão de detecção remota de refletância, que utiliza valores medidos de propriedades óticas inerente de *Trichodesmium* para distinguir estes organismos de outro fitoplâncton, foi usado por Subramaniam & Carpenter (1999) para detecção de uma floração de *Trichodesmium* no Sudoeste do Oceano Pacífico.

Trabalhos de detecção remota também foram realizados por Sarangi *et al.* (2004), tendo feito monitoramentos de *blooms* de *Trichodesmium* nas águas da Costa de Saurashtra (Índia), nos quais ressaltaram-se diversos florescimentos, detectados em imagens de satélites durante os meses de abril e maio de 2002. Um sinal forte foi observado na faixa próximo do infravermelho, indicando a manifestação de *blooms* de *Trichodesmium* na superfície, onde informações *in situ* confirmaram sua presença.

A fim de elucidar os fenômenos que favorecem as florações de *Trichodesmium*, vários estudos em laboratórios foram executados dentre eles pode-se citar o de Ohki *et al.* (1986), que fizeram experimentações abstratas para a determinação de condições da cultura para a *Trichodesmium erythraeum* e a *T. thiebautii* utilizando um meio sintético (meio de Aquil) com ou sem nitrogênio combinado. Duas condições químicas importantes para o crescimento estável de *Trichodesmium* spp. foram revelados: um em que o crescimento estável foi suportado em concentrações elevadas de Ca, e outra numa concentração mais baixa.

O mecanismo pelo qual o *Trichodesmium* fixa o N₂ aerobicamente durante a fotossíntese é desconhecido, e tentando compreender como esta cianobactéria protege a nitrogenase, foi desenvolvida uma técnica de imunofluorescência acoplada ao microscópio claro, na qual os resultados sugerem que a técnica pode ser uma ferramenta útil para a localização *in situ* desta proteína (Lin *et al.* 1998).

Estudos de caráter genético foram realizados usando as seqüências ribossomal do RNA, as espécies e os morfotipos diferentes de *Trichodesmium* utilizadas foram coletadas no Mar do Norte do Caribe, no Oceano Atlântico Central e no Oceano Pacifico Sul, onde antes da extração do DNA e da ampliação do PCR foi observada a morfologia dos tricomas. Os dados da seqüência mostraram que três clados principais estiveram representados, um clado compreendendo as seqüências de *T. hildebrandtii* e *T. thiebautii*, as seqüências de *T. contortum* e *T. tenue* constituíram um novo clado e o terceiro conteve o *T. erythraeum* junto com duas cepas de laboratório desta espécie, *Trichodesmium* sp. (Janson *et al.* 1999).

Bergman-Frank *et al.* (2001) levantaram a hipótese da disponibilidade do ferro ser um fator preliminar que limita a fixação e nitrogênio nos oceanos, embora estudos precedentes com *Trichodesmium* relataram relacionamento entre cotas de ferro e a fixação de nitrogênio celular. Neste estudo foram reexaminadas as ligações propostas entre a disponibilidade de ferro e a fixação de

nitrogênio em populações naturais coletadas em águas litorais do norte da Austrália e de populações isoladas em laboratório, onde os resultados mostraram relação entre a disponibilidade de ferro e as taxas de fixação de nitrogênio. No mesmo ano, Lenos et al., fizeram estudos com *Trichodesmium* os quais mostraram uma exigência elevada do ferro, o que indica que a entrada do ferro no ecossistema pode favorecer a expansão de florações de *Trichodesmium* observadas em águas do mar da plataforma ocidental da Florida nos últimos 50 anos. Webb et al. (2001), descreveram inúmeras experiências de stress do ferro em culturas axênicas, uma delas de *Trichodesmium*.

Campbell et al. (2005) utilizaram o fluxo citométrico e a epifluorescência microscópica para explorar os relacionamentos entre populações de picoplâncton e uma variedade de cianobactéria reparadora de oxigênio. A trilha feita em seu trabalho em 1998 cruzou uma enorme floração de *Trichodesmium* centrado em torno de Nova Caledônia, sendo a sua presença correlacionada a uma baixa concentração de ferro dissolvido.

Trabalhos desenvolvidos em águas litorais da Tanzânia durante excursões efetuadas em 1975/6, 1980, 1993/4, 1994/5 e em 1998/9 tiveram foco na distribuição sazonal, fixação de nitrogênio e a produtividade preliminar de espécies de *Trichodesmium*, a qual foi estudada ininterruptamente nestes períodos. Quatro formas de colônias típicas da espécie foram encontradas, *T. erythraeum*, *T. tenue*, *T. thiebautii* e uma espécie não identificada. *T. contortum* raramente foi encontrada, e quando, somente como tricomas individuais. *T. erythraeum* foi mais abundante, embora outras espécies dominassem durante períodos particulares do ano. A ocorrência de *Trichodesmium* mostrou um teste padrão sazonal consistente, onde a biomassa foi mais elevada na superfície especialmente durante períodos de tempo calmo (Lugomela et al. 2002).

Estudos da abundância do fitoplâncton foram realizados nas águas abertas do Golfo de Agaba (Mar Vermelho) durante o período de estratificação do verão de 1996, evidenciando-se uma sucessão entre os grupos principais do fitoplâncton, com indivíduos de *Trichodesmium* spp., tornando-se mais proeminente durante o período de maior estratificação. Cinco espécies de *Trichodesmium* foram identificadas: *T. thiebautii*, *T. erythraeum*, *T. tenue*, *T. hildebrandtii* e *Trichodesmium* sp. Durante o estudo, blooms de *T. thiebautii* e *T. erythraeum* foram observados, com a ocorrência de colônias em forma de banda próximas à superfície, enquanto as em forma de tufo foram encontradas, principalmente, no meio da zona eufótica (Post et al. 2002).

Estudos da produção primária, clorofila *a*, distribuição vertical, abundância e produtividade de *Trichodesmium* spp. foram realizados durante três cruzeiros ao norte do Oceano Atlântico Tropical, onde observou-se que os picos de abundância estavam geralmente na camada superior da coluna d'água, tendo as taxas de produção excedido aquelas relatadas em locais oligotróficos do oceano (Carpenter et al. 2004).

Raleigh *et al.* (2004), adotaram um modelo físico-biológico, que incluiu uma representação explícita e dinâmica de *Trichodesmium*, para prever a sua distribuição e taxas de fixação de nitrogênio no Oceano Atlântico tropical e subtropical, tendo concluído que o modelo inclui os fatores preliminares que ditam quando e onde *Trichodesmium* e a fixação de nitrogênio ocorrem no Atlântico.

Em Kuroishio (Japão), foram analisadas a produção bacteriana, produção primária, fixação de nitrogênio e a abundância da *Trichodesmium* sp., na corrente pacífica do oeste durante o verão e outono de 2001, deduzindo-se que a ocorrência de *Trichodesmium* e sua elevada abundância pode reduzir o valor da competição de NH₄ entre algas e bactérias (Tseng *et al.* 2005).

Trichodesmium tem sido citado para os oceanos Atlântico, Pacífico, Índico tropical e subtropical, Caraíbas e mares do Sul da China (Carpenter 1983, Marumo & Asaoka 1974).

No Brasil, os trabalhos sobre *Trichodesmium* estão principalmente direcionados ao conhecimento das características ecológicas e distribuição do gênero.

A primeira citação de *Trichodesmium* em águas brasileiras foi relatada por Darwin (1834) durante expedição no litoral da Bahia, em março de 1832, com descrição de uma floração de *T. erythraeum*.

No estado de Pernambuco, Satô *et al.* (1963) observaram a ocorrência de floração de *T. erythraeum* entre outubro e novembro de 1962 em águas cercadas por recifes, caracterizadas por altas temperaturas e salinidade. A ocorrência da espécie foi relacionada à doença denominada *febre de Tamandaré*. Medeiros *et al.* (1999) também citaram a mesma espécie para áreas oceânicas do Estado.

Outro registro de *Trichodesmium* foi feito entre a Baía de Ubatimirim e a Enseada do Flamengo, litoral norte do estado de São Paulo (SP), representado por uma floração de *T. erythraeum*, a qual se estendeu por cerca de 30 km, durante o verão de 1990. Os tricomas e feixes eram visíveis a olho nu e estavam concentrados à superfície da água, entretanto, não apresentaram consequências nocivas ao ecossistema local. Altas concentrações de amônia e fosfato foram observadas simultaneamente à floração (Gianesella-Galvão *et al.* 1995).

No litoral de Santa Catarina, Rörig *et al.* (1998), registraram *blooms de Trichodesmium hildebrandtii*, entre 1994 e 1996, registrando ainda a ocorrência de *T. erythraeum* e *T. thiebautii*.

Na plataforma interna do estado do Paraná, foram efetuados estudos correlacionando densidades de *T. erythraeum* com as variações físico-químicas ocorridas em águas de superfície (Siqueira *et al.* 2006), concluindo-se que *T. erythraeum* era capaz de sobreviver em circunstâncias ambientais relativamente inóspitas, devido a sua habilidade de assimilar o nitrogênio atmosférico e fotossintetizar em intensidades de luz elevadas.

4 - Referências Bibliográficas

- Anagnostides, K. & Komárek, J. 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophyta 3 - Oscillatoriales. **Algological studies** **80**(1/4): 324-472.
- Berman-Frank, I.; Cullen, J.T.; Shaked, Y.; Sherrell, R.M. & Falkowski, P.G. 2001. Iron availability, cellular iron quotas, and nitrogen fixation in *Trichodesmium*, **Limnology and Oceanography** **46**(6): 1249-1260.
- Brandini, F.P. 1988. Composição e distribuição do fitoplâncton na região sueste do Brasil e suas relações com as massas de água (Operação Sueste – julho/agosto 1982). **Ciência e Cultura** **40**(4): 334-341.
- Campbell, L.; Carpenter, E.J.; Montoya, J.P.; Kustka, A.B. & Capone, D.G. 2005. Picoplankton community structure within and outside a *Trichodesmium* bloom in the southwestern Pacific ocean, **Vie et Milieu** **55**(3-4):185-195.
- Capone, D.G.; Zehr, J.; Paerl, H.W.; Bergman, B. & Carpenter, E.J. 1997. *Trichodesmium*, a globally significant marine cyanobacterium. **Science** **276**: 1221-1229.
- Carpenter, E.J. 1983. Nitrogen fixation by marine *Oscillatoria* (*Trichodesmium*) in the world's ocean. Pp.65-103. In: E.J. Carpenter & D.G. Capone (eds.). **Nitrogen in the marine environment**. New York, Academic Press.
- Carpenter, E.J.; Subramaniam, A. & Capone, D.G. 2004. Biomass and primary productivity of the cyanobacterium *Trichodesmium* spp. in the tropical N Atlantic ocean. **Deep-Sea Research** **51**: 173–203.
- Carpenter, E.J.; Scranton, M.I.; Novelli, P.C. & Michaels A. 1987. Validity of N₂ fixation rate measurements in marine *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). **Journal of Plankton** **9**: 1047-1056.
- Carpenter, E.J. & Romans, K. 1991. Major Role of the cyanobacterium *Trichodesmium* in nutrient cycling in the north Atlantic ocean. **Science** **254**: 1356–1358.
- Darwin, C. 1834. **The Beagle diary**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Ehrenberg, C.G., 1830. Neue beobachtungen über blutartige Erscheinungen in aegypten, arabien und siberien. **Physik und Chemie** **18**: 502-508.
- Gallon, J.R.; Jones, D.A. & Page, T.S. 1996. *Trichodesmium*, the paradoxical diazotroph. **Algological Studies** **83**: 215–243.
- Gianesella-Galvão, S.M.F; Costa, M.P.F. & Kutner, M.B.B. 1995. Bloom de *Oscillatoria* (*Trichodesmium*) *erythraeum* (Ehrenberg) Kützing in costal waters of the Southwest Atlantic. **Publicação Especial Instituto Oceanográfico** **11**: 133-140.
- Janson, S.; Siddigui, P.J.A.; Walsby, A.E.; Romans, M. ; Carpenter, E.J. & Bergman, B. 1995. Cytomorphological characterization of the planktonic diazotrophic cyanobacteria *Trichodesmium* spp. from the Indian Ocean and Caribbean and Sargasso Seas. **Journal of Phycology** **31**: 463-477.

- Janson, S.; Bergman, B.; Carpenter, E.J.; Giovannoni, S.J. & Vergin, K. 1999. Genetic analysis of natural populations of the marine diazotrophic cyanobacterium *Trichodesmium*. **Microbiology Ecology** **30**: 57-65.
- Komárek, J. & Anagnostides, K. 2005. **Cyanoprokaryota: Oscillatoriales, 2. teil**. Süßwasserflora von mitteleuropa. München, Elsevier GmbH.
- Kützing, T.F. 1843. Phycologia Generally Oder Anatomie, **Physiologie und Systemkunde der Tange**. Leipzig, F. A. Brockhaus.
- Lalli, C.M. & Parsons, T.R. 1993. **Biological Oceanography: An Introduction**. Oxford, Pergamon Press.
- Lin, S.; Henze, S.; Lundgren, P.; Bergman, B. & Carpenter, E.J. 1998. Whole-Cell immunolocalization of nitrogenase in marine diazotrophic cyanobacteria, *Trichodesmium* spp., **Applied and Environmental Microbiology** **64**(8): 3052–3058.
- Lugomela, C.; Lyimo, T.J.; Bryceson, I.; Semesi, A.K. & Bergman, B. 2002. *Trichodesmium* in coastal waters of Tanzania: diversity, seasonality, nitrogen and carbon fixation. **Hydrobiologia** **477**: 1–13.
- Marumo, R. & Asaoka, O. 1974. *Trichodesmium* in the east China Sea. **Journal of Oceanographical Society of Japan** **30**: 298-303.
- Medeiros, C.; Macedo, S.J.; Feitosa F.A.N. & Koenig M.L. 1999. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of north-east brazilian waters. **Archive of Fishery and Marine Research** **47**(2/3): 133-151.
- Montagne, M. 1844. In: Comptes Rendus, julho, **Annal des Science Natures**.
- National Institute of Oceanography. 1977. **Annual Report 13**: 1-77.
- Ohki, K.; Rueter, J.G. & Fujita, I. 1986. Cultures of the pelagic cyanophytes *Trichodesmium erythraeum* and *T. thiebautii* in synthetic medium, **Marine Biology** **1**: 9-13.
- Orcutt, K.M.; Rasmussen, U.; Webb, E.A.; Waterbury, J.B.; Gundersen, K. & Bergman, B. 2002. Characterization of *Trichodesmium* spp. by genetic techniques. **Applied and Environmental Microbiology** **68**: 2236–2245.
- Post, A.F.; Dedej, Z.; Gottlieb, R.; LI, H.; Thomas, D.N.; El-Naggar, M.A.; El-Gharabaw, M.I. & Sommer, U. 2002. Spatial and temporal distribution of *Trichodesmium* spp. in the stratified Gulf of Aqaba, Red Sea. **Marine Ecology** **239**: 241–250.
- Raleigh, R. H.; Coles, V.J. & Capone, D.G. 2004. Modeling the distribution of *Trichodesmium* and fixation in the Atlantic Ocean. **Journal of Geophysical** **109**: C06006.1-C0606.25.
- Rörig, L.R.; Yunes, J.S.; Kuroshima, K.N.; Schetinni, C.A.F.; Pezzuto, P.R. & Proença, L.A.O. 1998. Studies on the ecology and toxicity of *Trichodesmium* spp. blooms in southern Brazilian coastal waters. **Harmful Algae** **1**: 22-25.

- Sarangi, R.K.; Chauhan, P. & Nayak, S.R. 2004. Detection and monitoring of *Trichodesmium* blooms in the coastal waters off Saurashtra coast, India using IRS-P4 OCM data, **Current Science** **86**: 12.
- Sassi, R. & Kutner, M.B.B. 1982. Variação sazonal do fitoplâncton da região do Saco da Ribeira. **Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo** **31**(2): 29-42.
- Satô, S.; Paranaguá, M.N. & Eskinazi, E. 1963. On the mechanism of red tide of *Trichodesmium* in the Recife, northeastern Brazil, with some considerations of the relation to the human disease, "Tamandaré Fever", **Trabalhos do Instituto Oceanográfico da Universidade Recife** **5/6**: 7- 49.
- Siqueira, A.; Kolm, E.H. & Brandini, F.P. 2006. Offshore distribution patterns of the cyanobacterium *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg and associated phyto and bacterioplankton in the southern atlantic coast (Paraná, Brazil), **Brazilian Archives of Biology and Technology** **49**(2) :323-337.
- Subramaniam, A. & Carpenter, E.J. 1999. Bio-optical properties of the marine diazotrophic cyanobacteria *Trichodesmium* spp. II. A reflectance model for remote sensing, **Limnology and Oceanography** **44**(3): 618-627.
- Tyrrell, T.; Marañón, E.; Pouton, A.J.; Bowie, A.R.; Harbour, D.S. & Woodw, E.M.S. 2003. Large-Scale latitudinal distribution of *Trichodesmium* spp. in the Atlantic Ocean. **Journal of Plankton** **25**(4): 405-416.
- Tseng, Y. F.; Lin, F. J; Chiang; K. P. Kao, S. J. & Shiah, F. K. 2005. Potential impacts of N₂-fixing *Trichodesmium* on heterotrophic bacterioplankton turnover rates and organic carbon transfer efficiency in the subtropical oligotrophic ocean system. **Terrestrial, Atmospheric and Ocean Sciences** **16**(2): 361-376.
- Webb, E.A.; Moffett, J.W. & Waterbury, J.B. 2001. Iron stress in open-ocean Cyanobacteria (*Synechococcus*, *Trichodesmium* and *Crocospaera* spp.): identification of the IdiA protein, **Applied and Environmental Microbiology** **67**(12): 5444-5452.

5- Artigo 1

**Ocorrência de *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont (Oscillatoriales -
Cyanophyta) na plataforma continental do Nordeste do Brasil**

Ocorrência de *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont (Oscillatoriales - Cyanophyta) na plataforma continental do Nordeste do Brasil¹

José Juarez Ferreira Monteiro^{2,4}, Enide Eskinazi Leça², Maria Luise Koenig³ e Silvio José de Macedo³

RESUMO – (Ocorrência de *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont (Oscillatoriales - Cyanophyta) na plataforma continental do Nordeste do Brasil). Este estudo relata a primeira ocorrência de *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont no litoral do estado de Pernambuco. As amostras foram coletadas em arrastos superficiais com redes de malha de 20 µm de abertura, durante o período chuvoso (julho de 2005) e período de estiagem (novembro de 2006), em seis pontos distribuídos em dois perfis perpendiculares à costa (8°18'S - 34°56'W e 8°32'S - 35°00'W). As amostras destinadas às análises hidrológicas foram coletadas com garrafa de Niskin, na superfície e fundo de cada ponto de coleta. *T. thiebautii* foi encontrada durante os dois períodos anuais e nos seis pontos de coleta, formando colônias em forma de tufos ou raramente em feixes, com tricomas cilíndricos, retos, células quadráticas ou ligeiramente mais longas, largura entre 5-10 µm e altura de 3-15 µm. Foram observadas diferenças significativas no tamanho das células em relação aos pontos de coleta e entre os períodos anuais. Diferenças significativas não foram observadas entre os tricomas de uma mesma colônia. As variáveis hidrológicas apresentaram pequenas variações, contribuindo para uma ampla distribuição da espécie. A presença de *T. thiebautii* na plataforma continental de Pernambuco amplia a distribuição do gênero para a região Nordeste brasileira

Palavras-chave: Caracteres taxonômicos, hidrologia, plataforma continental, Pernambuco.

ABSTRACT – (Occurrence of *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont (Oscillatoriales - Cyanophyta) in the continental shelf of the Northeast of Brazil). This study reports the first occurrence of *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont in the coast of the state of Pernambuco (Northeast Brazil). The samples were collected in superficial hauls with nets of mesh of 20 µm, during the rainy period (July of 2005) and dry weather period (November of 2006), in six points along two perpendicular profiles to the coast (8°18'S - 34°56'W and 8°32'S - 35°00'W). The samples destined to the analyses hydrological were collected with a bottle of Niskin in the surface and bottom of each sampling sites. *T. thiebautii* was observed during the two annual periods and at the six sampling sites forming colonies tuft form or rarely

¹ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro Autor.

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil.

³ Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Oceanografia, Av. Arquitetura s/n, Cidade Universitária, 50670-901 Recife, PE, Brasil.

⁴ monteirojjf@gmail.com

bunches, with cylindrical and straight tricommas, quadratic or slightly long cells, width 5-10 μm and height of 3-15 μm . Significant differences were observed in the size of the cells in relation to the collection points and enter the annual periods. Significant differences were not observed among the tricommas of a same colony. The variable hydrological presented short variations, contributing to a wide distribution of the species. The registration of the presence of *T. thiebautii* in the continental shelf of Pernambuco enlarges the distribution of the genus for the Brazilian Northeast region.

Keywords: taxonomical characters, hydrology, continental shelf, Pernambuco.

Introdução

O gênero *Trichodesmium* foi descrito por Ehrenberg (1830) e, posteriormente, incluído por Kützing (1843) no gênero *Oscillatoria* (Vaucher *ex* Gomont). Montagne (1844), restabeleceu o gênero *Trichodesmium* Ehrenberg, com base na formação de suas colônias típicas e muito diferentes dos tricomas isolados de *Oscillatoria*, passando o gênero a ser definitivamente aceito como uma entidade taxonômica válida (Anagnostides & Komárek 1988). Recentemente, o gênero foi confirmado por métodos moleculares (Orcutt *et al.* 2002).

Essas cianobactérias podem ocorrer como filamentos simples, porém são normalmente encontradas formando colônias agregadas, contendo entre 50 e 300 filamentos/colônia. Caracterizam-se por possuir tricomas sem bainha, retos ou ligeiramente curvados, constrictos ou não, com 6-22 μm de largura, e célula apical reta, arredondada ou levemente capitada (Komárek & Anagnostides 2005).

As espécies marinhas estão amplamente distribuídas nos mares tropicais e subtropicais onde desempenham um importante papel ecológico, não só como produtores primários, mas também pela habilidade em fixar o nitrogênio atmosférico e formar florescimentos maciços, muitas vezes, com características tóxicas (Janson *et al.* 1995; Capone *et al.* 1997).

O gênero está composto por espécies tipicamente planctônicas que podem ser encontradas tanto no mar como em ecossistemas continentais, sendo em sua maioria marinha (Komárek & Anagnostides 2005).

Com base em estudos morfológicos, Komárek & Anagnostides (2005) reconheceram 11 espécies de *Trichodesmium*, dentre estas, nove são de ambientes marinhos: *Trichodesmium clevei* (J. Schmidt) Anagnostides *et* Komárek, *T. contortum* (Wille) Wille in Brandt, *T. contortum* sensu Umezaki, *T. erythraeum* Ehrenberg *ex* Gomont, *T. hildebrandtii* Gomont, *T. thiebautii* Gomont *ex* Gomont, *T. radians* (Wille) Golubié, *T. lenticulare* (Lemmermann) Anagnostides *et* Komárek e *T. scoboideum* Lucas. Apenas duas espécies têm sido relatadas como de água doce: *T. iwanoffianum* Nygaard e *T. lacustre* Klebahn.

A primeira citação do gênero *Trichodesmium* em águas brasileiras foi feita por Darwin (1834) durante sua expedição em passagem pelo litoral da Bahia, em março de 1832, com descrição de uma floração de *T. erythraeum*. Anos depois, a mesma espécie foi citada para o litoral de Pernambuco, com a descrição de uma floração em áreas próximas às formações recifais, estando a presença de *T. erythraeum* associada à doença humana denominada “Febre de Tamandaré” (Satô *et al.* 1963).

Atualmente, no Brasil, o gênero está representado pelas espécies *T. erythraeum*, *T. hildebrandtii* e *T. thiebautii*, entre as quais *T. hildebrandtii* e *T. erythraeum* têm sido consideradas como as mais freqüentes e abundantes (Satô *et al.* 1963; Sassi & Kutner 1982; Giancesella-Galvão *et al.* 1995). A ocorrência de *T. thiebautii* foi registrada apenas para o litoral Sul do Brasil, onde produz florações com conotações tóxicas, evidenciadas em bioensaios com moluscos (Rörig *et al.* 1998).

O presente trabalho tem por finalidade assinalar a ocorrência e descrever as características morfológicas de *T. thiebautii* para o Nordeste brasileiro, com base em registros ocorridos em águas da plataforma continental do estado de Pernambuco.

Material e métodos

Descrição da área - o litoral do estado de Pernambuco é considerado um dos menos extensos do Brasil, com apenas 187 km, estendendo-se entre as coordenadas 7° 32' - 8° 56' S e 34° 49' - 35° 11' W. Sua plataforma caracteriza-se pela reduzida largura, variando de 35 a 42 km, pouca profundidade, com quebra da plataforma em torno de 50 a 60 m, declive suave em torno de 1,5 m/km, quase inteiramente coberta por sedimentos carbonáticos, águas quentes com média de temperatura de 27°C e elevada salinidade, entre 35 e 37 (Macedo *et al.* 2004; Manso *et al.* 2004).

A área está localizada em região com clima quente e úmido, do tipo As', segundo a classificação de Köppen. O regime pluviométrico varia entre 1.800 mm e 2.364 mm anuais, caracterizando dois períodos anuais: um período chuvoso que engloba os meses de março e agosto, com precipitações mensais acima de 100 mm, e o período seco, compreendido entre setembro e fevereiro, com precipitações abaixo de 100 mm (Koenig *et al.* 2003). O fluxo continental não ultrapassa 4 milhas da costa e é mais eficiente durante o período de chuvas. Em áreas mais afastadas o suprimento de nutrientes depende das correntes costeiras (Macedo *et al.* 2004).

Coleta e análises - as amostras foram coletadas em julho de 2005, referente ao período chuvoso, e em novembro de 2006, referente ao período de estiagem, em arrastos superficiais com redes de malha de 20 µm de abertura, em seis pontos distribuídos ao longo de dois perfis perpendiculares à costa: na praia de Gaibú (Ponto 1- 08°20'22,0" S, 34°56'22,1" W, Ponto 2- 08°21'15,0" S, 34°53'35,5" W e Ponto 3 - 08°21'38,6" S, 34°50'34,2" W) e na praia de Serrambi (Ponto 4 - 08°33'53,5" S, 35°00'00,1" W, Ponto 5 - 08°34'33,3" S, 34°59'17,7" W, Ponto 6 - 08°34'54,8" S, 34°54'42,6" W), Os pontos distaram,

aproximadamente, 5, 10 e 20 milhas da costa, correspondendo às isóbatas de 10, 20 e 30 m de profundidade. Após a coleta, o material foi imediatamente conservado com formol neutro a 4%.

Para a identificação da espécie e para as medidas morfométricas foi utilizado microscópio óptico da marca Leica, modelo DM1000, tendo sido realizadas medições de altura e largura da célula, comprimento de tricomas e número de tricomas por colônias. Foram realizadas trinta medidas para cada variável. As imagens foram capturadas com câmera digital acoplada, marca Canon, modelo Power Shot S50, acoplada ao microscópio. A identificação da espécie foi baseada em Komárek & Anagnostides (2005).

Para a contagem do número de tricomas, as colônias foram colocadas em lâmina, recoberta com lamínula e, para separação por colônia, o material foi primeiramente colocado numa placa de Petri, e após a identificação, uma colônia foi retirada e colocada numa lamina e após colocação de algumas gotas de água destilada, foi recoberta com uma lamínula, e após varias vibrações efetuadas com auxilio de um estilete, seus tricomas dispersaram-se, facilitando assim a contagem.

Para as análises hidrológicas, as amostras foram coletadas com garrafa de Niskin e as determinações da salinidade, do oxigênio dissolvido e dos sais nutrientes (amônia, nitrito, nitrato e fosfato) seguiram as metodologias descritas por Strickland & Parsons (1972).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para detectar diferenças significativas entre as variáveis biológicas analisadas. Foi aplicado o Teste-T de Student para localizar onde se situavam as diferenças encontradas, ou seja, entre os pontos de coleta e entre os períodos de estiagem e chuvoso.

Resultados

Trichodesmium thiebautii Gomont *ex* Gomont ocorreu nos seis locais de coleta e nos dois períodos anuais, demonstrando ser uma espécie comum no litoral de Pernambuco. Apresentou-se com tricomas homocitados, formando colônias em forma de tufo, raramente em feixes torcidos (Fig. 1).

Os tricomas, cilíndricos, retos, sem constrição, em média 48 por colônias, foram mais abundantes em colônias coletadas em Serrambi (Ponto 5, período de estiagem), onde foram observadas colônias com até 100 tricomas. O comprimento dos tricomas variou entre 110 e 2.110 μm , sendo mais longos durante o período de estiagem (Fig. 2). Células são quadráticas ou levemente mais longas, com largura entre 5-10 μm e altura entre 3 -15 μm (Fig. 2).

As variáveis hidrológicas apresentaram pequenas oscilações, notando-se pequenas diferenças entre a superfície e o fundo em ambas as áreas. A temperatura da água variou entre 25,40°C, na profundidade de 30 m do Ponto 3, e 27,70°C, na superfície do Ponto 4, não tendo sido caracterizada uma estratificação térmica. A salinidade mostrou pequenas variações anuais com um mínimo de 33,19, na superfície do

Ponto 4, e o máximo de 37,22, na superfície do Ponto 3. Os teores de oxigênio dissolvido e o pH apresentaram o mesmo padrão de variação das variáveis anteriores, ou seja, pequenas variações anuais entre a superfície e fundo e entre os seis Pontos de coleta (Fig. 3). Baixos valores de amônia, nitrito e fósforo, foram observados em ambos os períodos, o oposto do nitrato que variou entre 0,02 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ na superfície do Ponto 4, e 1,36 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, na profundidade do Ponto 5. (Fig. 4)

O teste aplicado para verificar se existia ou não diferença entre as variáveis biológicas, mostrou diferenças significativas (<0.001 , altamente significativo) entre a altura, largura de células e tamanho dos tricomas coletados em diferentes pontos de coleta. Essas diferenças não foram significativas quando foram considerados os tricomas de uma mesma colônia. Diferenças altamente significativas foram, também, detectadas quando comparados tricomas entre os dois períodos anuais.

Discussão

Trichodesmium thiebautii Gomont *ex* Gomont, espécie freqüentemente encontrada em regiões tropicais, é caracterizada por sua alta produtividade e capacidade de assimilar o nitrogênio atmosférico, sendo por este motivo um dos principais produtores em mares oligotróficos. Sua presença e importância ecológica têm sido confirmadas em outras regiões tropicais, sendo considerada responsável pela elevação da biomassa planctônica (Gallon *et al.* 1996). A presença da espécie em águas oligotróficas do Nordeste brasileiro vem confirmar sua preferência por locais com altas temperaturas.

Pequenas variações morfológicas em colônias de *T. thiebautii* encontradas em diversos ambientes tropicais têm sido relacionadas às condições ambientais anuais desses ambientes, caracterizados por pequenas variações na temperatura da água. Para Lugomela *et al.* (2002), apesar da espécie ser encontrada durante todo o ano, sua ocorrência em áreas costeiras da Tanzânia está principalmente relacionada ao período das chuvas, quando ocorrem maiores concentrações de nutrientes. Para Carpenter *et al.* (2004), no Oceano Atlântico tropical Norte *T. thiebautii* é a espécie mais comum do gênero *Trichodesmium* e as populações apresentam tricomas com aproximadamente 100 células, com diâmetro médio de 10 μm . Na baía de Aqaba (Mar Vermelho), Post *et al.* (2002) assinalaram a presença de *T. thiebautii* durante todo o ano, inclusive, com florações na superfície da água. Nesta baía, o número de tricomas encontrados por colônia foi de 45.

No Nordeste do Brasil, o gênero *Trichodesmium* estava representado apenas por *Trichodesmium erythraeum*, a qual foi assinalada, desde 1962, com florações densas e, algumas vezes, prejudiciais ao meio ambiente (Satô *et al.* 1963; Medeiros *et al.* 1999), representando, assim, a ocorrência de *T. thiebautii* uma ampliação do gênero para o Nordeste brasileiro. As duas espécies são facilmente separadas por suas características morfológicas. Enquanto *T. erythraeum* apresenta tricoma constricto em sua parede externa e célula apical visivelmente capitada, em *T. thiebautii* o tricoma não apresenta constrictão e a

célula apical é arredondada ou levemente captada. Além disso mais, as colônias em forma de feixes em *T. erythraeum* apresentam os tricomas arranjados paralelamente, enquanto que em *T. thiebautii* essas colônias são ligeiramente torcidas.

As características morfométricas dos indivíduos de *T. thiebautii* encontrados na plataforma de Pernambuco comprovam a hipótese de Janson *et al.* (1995), na qual a morfologia do tricoma pode variar de colônia para colônia, porém os tricomas dentro de uma colônia são muito uniformes no tamanho e na morfologia, sugerindo que os indivíduos dentro das mesmas colônias são clonais.

Esses dados indicam que algumas variáveis ambientais contribuem mais do que outras nas variações morfológicas desses indivíduos. A propósito, Lugomela *et al.* (2002), já confirmaram variações morfológicas em espécies de *Trichodesmium*, ligadas ao maior aporte de nutrientes. Nas áreas presentemente analisadas, as diferenças são mais significativas no tamanho das células e no número de tricomas dentro de colônias diferentes, tendo ocorrido filamentos mais robustos em locais mais afastados da costa, independentemente dos dois períodos anuais.

Agradecimentos

Trabalho realizado dentro do Projeto **Biodiversidade e diversidade genética de algas marinhas de Pernambuco**, financiado pela FACEPE/CNPq/PRONEX.

Referências bibliográficas

- Anagnostides, K. & Komárek, J. 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophyta 3 - Oscillatoriales. **Algological studies** 80 (1/4): 324-472.
- Capone, D.G.; Zehr, J.; Paerl, H.W.; Bergman, B. & Carpenter, E.J. 1997. *Trichodesmium*, a globally significant marine cyanobacterium. **Science** 276: 1221-1229.
- Carpenter, E.J.; Subramaniam, A. & Capone, D.G. 2004. Biomass and primary productivity of the cyanobacterium *Trichodesmium* spp. in the tropical N Atlantic ocean. **Deep-Sea Research** 51: 173–203.
- Darwin, C. 1934. **The Beagle diary**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Ehrenberg, C.G. 1830. Neue beobachtungen über blutartige Erscheinungen in aegypten, arabien und siberien. **Physik und Chemie** 18: 502-508.
- Gallon, J.R.; D.A. Jones & Page, T.S. 1996. *Trichodesmium*, the paradoxical diazotroph. **Algological Studies** 83: 215–243.
- Gianesella-Galvão, S.M.F; Costa, M.P.F. & Kutner, M.B.B. 1995. Bloom de *Oscillatoria* (*Trichodesmium*) *erythraeum* (Ehrenberg) Kutzing in costal waters of the Southwest Atlantic. **Publicação Especial Instituto do Oceanográfico** 11: 133-140.

- Janson, S.; Siddigui, P.J.A.; Walsby, A.E.; Romans, M.; Carpenter, E.J. & Bergman, B. 1995. Cytomorphological characterization of the planktonic diazotrophic cyanobacteria *Trichodesmium* spp. from the Indian Ocean and Caribbean and Sargasso Seas. **Journal of Phycology** **31**: 463-477.
- Koenig, M.L.; Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitão, S.; Macedo, S.J. 2003. Impacts of the construction of the Port of Suape on phytoplankton in the Ipojuca river estuary (Pernambuco – Brasil). **Brazilian Archives of Biology and Technology** **16**(1): 73-81.
- Komárek, J. & Anagnostides, K. 2005. **Cyanoprokaryota: Oscillatoriales, 2. teil**. Süßwasserflora von mitteleuropa. München, Elsevier GmbH.
- Kützing, T.F. 1843. Phycologia Generally Oder Anatomie, **Physiologie und Systemkunde der Tange**. Leipzig..
- Lugomela, C.; Lyimo T.J.; Bryceson, I.; Semesi, A.K. & Bergman, B. 2002. *Trichodesmium* in coastal waters of Tanzania: diversity, seasonality, nitrogen and carbon fixation. **Hydrobiologia** **477**: 1–13.
- Macedo, S.J.; Muniz, K.; & Montes, M.J.F. 2004. Hidrologia da região costeira e plataforma do estado de Pernambuco. Pp. 255-286. In: E. Eskinazi-Leça.; M.F. Costa & S. Neumann Leitão (eds.). **Oceanografia - Um cenário tropical**. Recife, Edições Bagaço.
- Manso, V.A.V.; Valença, L.M.M.; Coutinho, P.N. & Guerra, N.C. 2004. Sedimentologia da plataforma continental de Pernambuco. Pp. 59-86. In E. Eskinazi-Leça.; M.F. Costa & S. Neumann Leitão (eds.). **Oceanografia - Um cenário tropical**. Recife, Edições Bagaço.
- Medeiros, C.; Macedo, S.J.; Feitosa F.A.N. & Koenig M.L. 1999. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of Northeast Brazilian waters. **Archive of Fishery and Marine Research** **47**(2/3): 133-151.
- Montagne, M. In: Comptes Rendus, julho, 1844. and **Annal des Science Natures**.
- Orcutt, K.M.; Rasmussen, U.; Webb, E.A.; Waterbury, J.B.; Gundersen, K. & Bergman, B. 2002. Characterization of *Trichodesmium* spp. by genetic techniques. **Applied and Environmental Microbiology** **68**: 2236–2245.
- Post, A.F.; Dedej, Z.; Gottlieb, R.; L.I, H.; Thomas, D.N.; El-Naggar, M.A.; El-Gharabaw, M.I. & Sommer, U. 2002. Spatial and temporal distribution of *Trichodesmium* spp. in the stratified Gulf of Aqaba, Red Sea. **Marine Ecology** **239**: 241–250.
- Rörlig, L.R.; Yunes, J.S.; Kuroshima, K.N.; Schetinni, C.A.F.; Pezzuto, P.R. & Proença, L.A.O. 1998. Studies on the ecology and toxicity of *Trichodesmium* spp. blooms in southern Brazilian coastal waters. **Harmful Algae**: 22-25.
- Satô, S.; Paranaguá, M.N. & Eskinazi, E. 1963. On the mechanism of red tide of *Trichodesmium* in the Recife, northeastern Brazil, with some considerations of the relation to the human disease, “Tamandaré Fever”, **Trabalhos do Instituto Oceanográfico da Universidade Recife** **5/6**: 7- 49.

- Sassi, R. & Kutner, M.B.B. 1982. Variação sazonal do fitoplâncton da região do Saco da Ribeira. **Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo** 31(2): 29-42.
- Strickland, J.D. & Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. **Bulletin Fisheries Research Board of Canada** 122: 1-172.

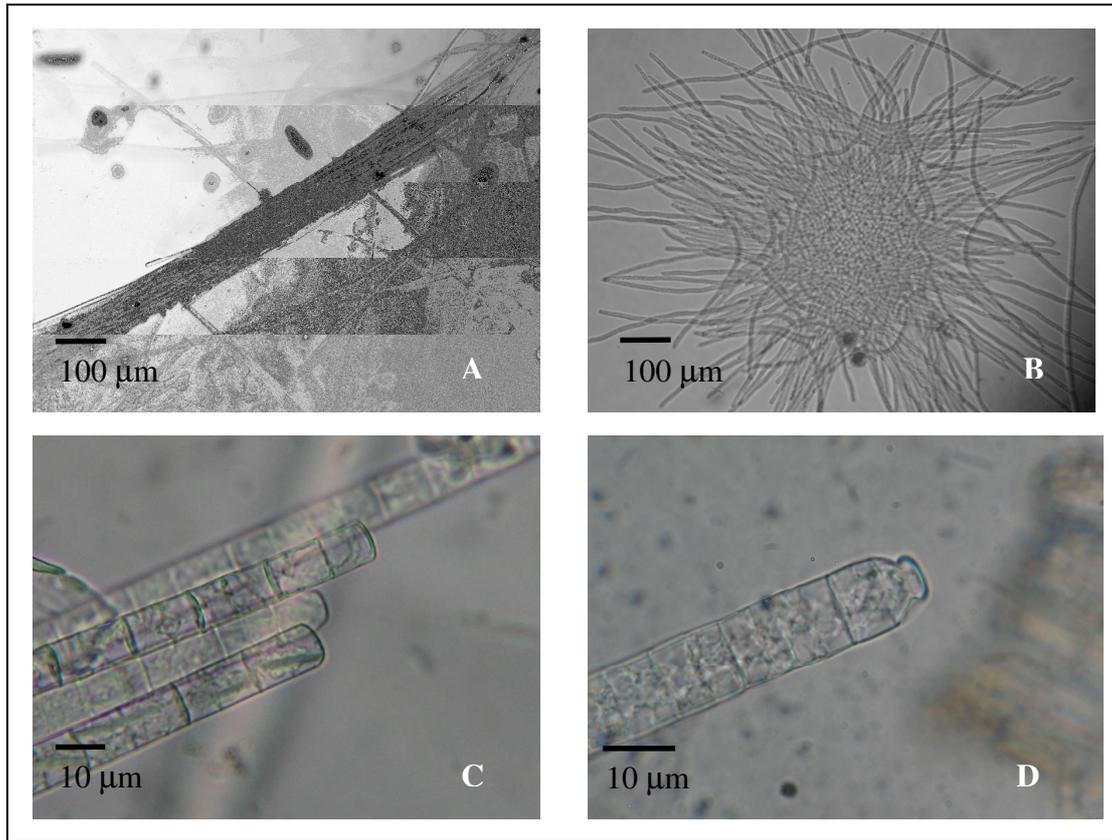


Figura 1 - *Trichodesmium thiebautii* Gomont *ex* Gomont coletada na plataforma continental de Pernambuco, durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006). A = colônia em feixe; B = colônia em tufo; C e D = detalhes dos tricomas e das células apicais.

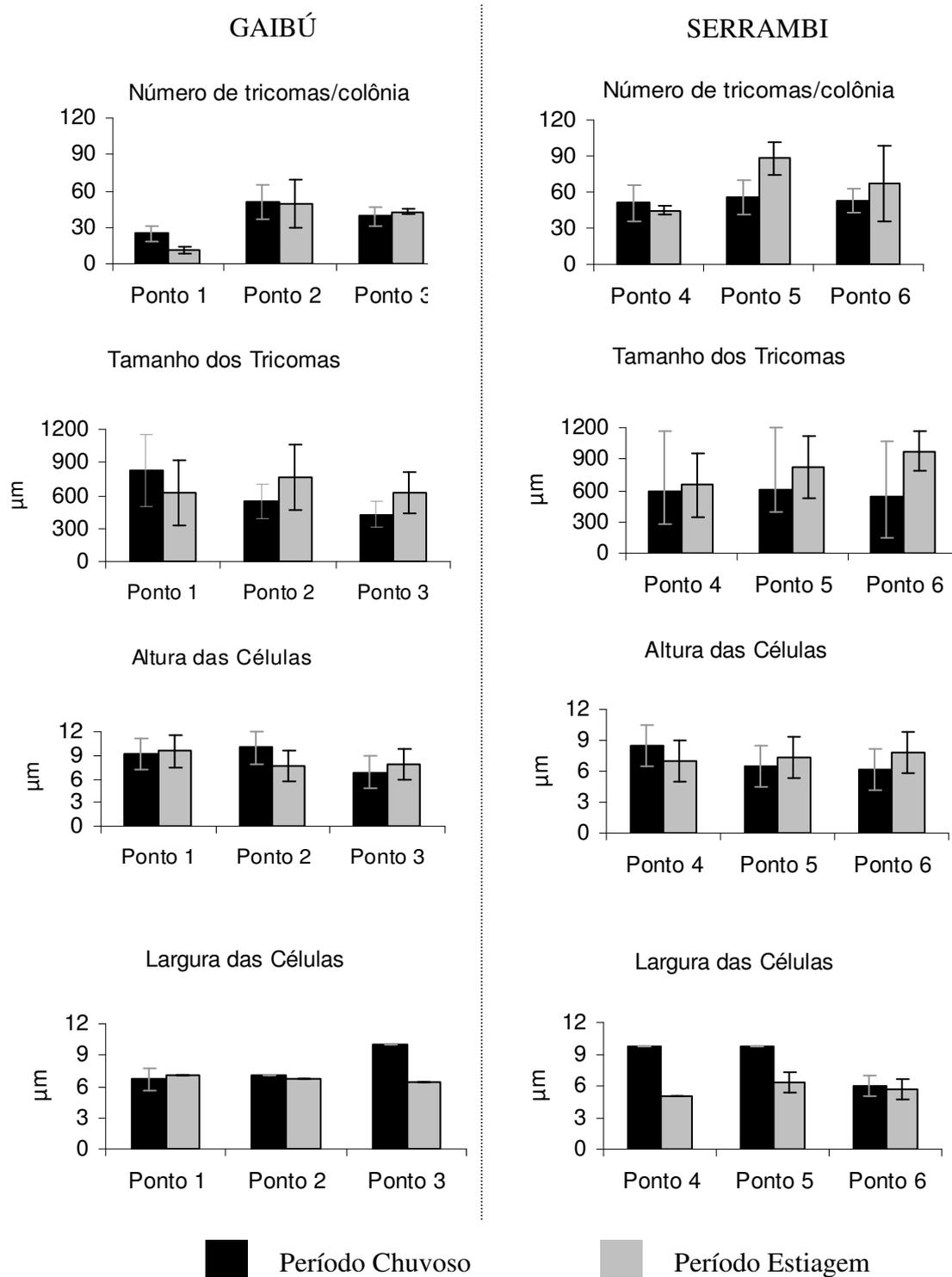


Figura 2 - Variação da média do número de tricomas por colônia, tamanho dos tricomas, altura das células e largura das células em filamentos de colônias de *Trichodesmium thiebautii* Gomont *ex* Gomont, durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006), nos pontos de coleta (Praia de Gaibú e Praia de Serrambi) na plataforma continental de Pernambuco.

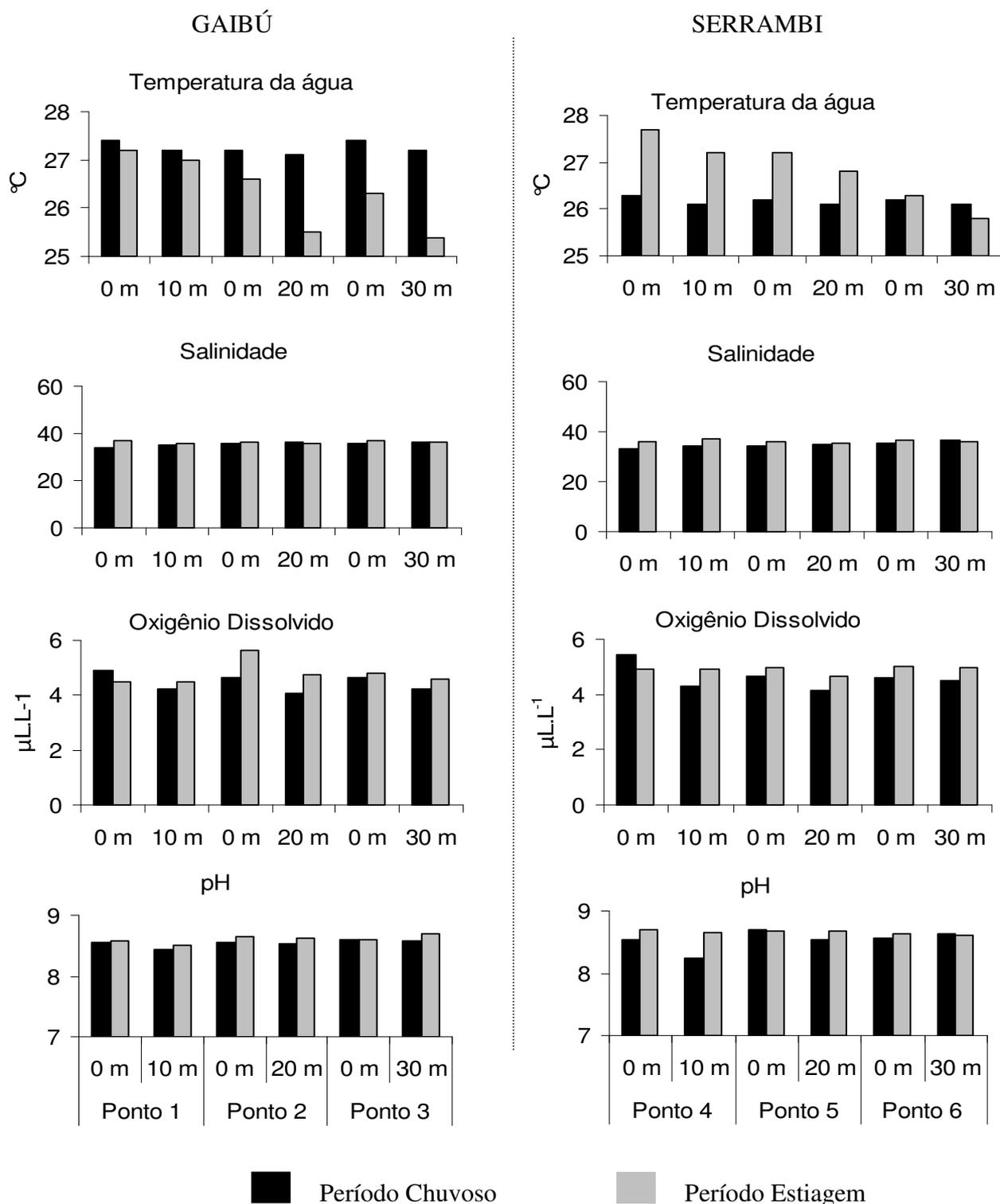


Figura 3 – Variação da temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH, na superfície e fundo, durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006), nos pontos de coleta (Praia de Gaibú e Praia de Serrambi) na plataforma continental de Pernambuco.

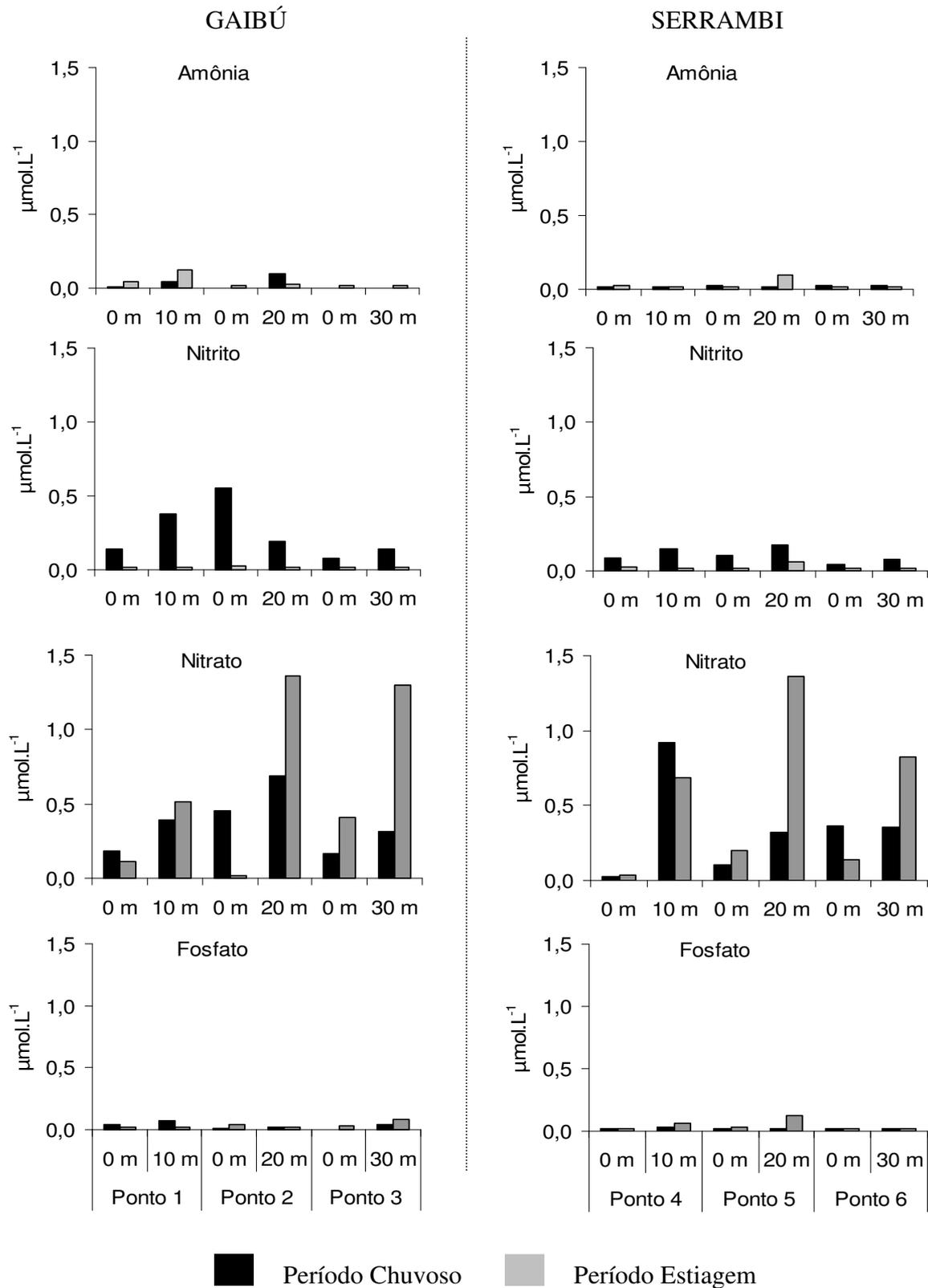


Figura 4 – Variação na concentração de amônia, nitrito, nitrato e fosfato, durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006), nos pontos de coleta (Praia de Gaibú e Praia de Serrambi) na plataforma continental Sul de Pernambuco.

6 - Artigo 2

Estudos ecológicos de *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont (Oscillatoriales - Cyanophyta) na plataforma continental Sul de Pernambuco (Nordeste do Brasil)

Estudos ecológicos de *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont (Oscillatoriales - Cyanophyta) na plataforma continental Sul de Pernambuco (Nordeste do Brasil)¹

José Juarez Ferreira Monteiro^{2,4}, Enide Eskinazi Leça², Maria Luise Koenig³; Silvio José de Macedo³

RESUMO – (Estudos ecológicos de *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont (Oscillatoriales - Cyanophyta) na plataforma continental Sul de Pernambuco (Nordeste do Brasil)). A ocorrência de *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont e a relação de sua distribuição espacial e temporal com as condições hidrológicas foram estudadas na plataforma continental de Pernambuco. As coletas foram realizadas durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006), na superfície e fundo, em seis pontos de amostragem, distribuídos em dois perfis perpendiculares à costa. Os pontos de coleta distaram, aproximadamente, 5, 10, 20 milhas da costa, correspondente às isóbatas de 10, 20, 30 m de profundidade, respectivamente. As coletas de água foram realizadas com garrafa de Niskin para identificação das variáveis hidrológicas e para a quantificação da densidade. As contagens foram realizadas em microscópio invertido e os resultados transformados em filamentos.L⁻¹. *T. thiebautii* ocorreu durante os dois períodos anuais, apresentando menor densidade de filamentos em locais próximos à costa (5 milhas) e valores maiores no período de estiagem em locais mais afastados (20 milhas) e à superfície. A correlação da densidade de *T. thiebautii* mostrou-se positiva com o pH e o oxigênio dissolvido durante o período chuvoso, e com a salinidade e o oxigênio dissolvido durante o período de estiagem.

Palavras-chave: Variação espacial, densidade, distribuição.

ABSTRACT – (Ecological studies of *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont (Cyanophyta) in the south continental shelf of Pernambuco (Northeast, Brazil)). The occurrence of *Trichodesmium thiebautii* Gomont ex Gomont and the relation of its spatial and temporal distribution with the hydrological conditions were studied in the continental shelf of Pernambuco. Samplings were performed during the rainy period (July, 2005) and dry weather period (November, 2006), in the surface and fund, at six stations distributed along two profiles perpendiculars to the coast: in the beach of Gaibú (8°18'S and 34°56'W) and in the beach of Serrambi (8°32'S and 35°00'W). Sampling sites are approximately 5, 10, 20 miles of the coast, corresponding to the isobaths 10, 20, 30 m depth, respectively. The sample of water were accomplished with bottle of Niskin for identification of the variables hydrological and for the

¹Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro Autor

² Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Biologia, Rua Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil

³ Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Oceanografia, Av. Arquitetura s/n, Cidade Universitária, 50670-901 Recife, PE, Brasil.

⁴ monteirojjf@gmail.com

quantification of the density. The accounting was accomplished in inverted microscope and the result transformed in filamentos.L⁻¹. *T. thiebautii* occurred in the two annual periods presenting minimum density of filaments in local close to the coast (5 miles) and value larger in the dry weather period in more distant places (20 miles) and to the surface. The correlation of the density of *T. thiebautii* was shown positive with the pH and the oxygen dissolved during the rainy period, and with the salinity and the oxygen dissolved during the dry weather period.

Keywords: spatial variation, density, distribution

Introdução

Trichodesmium Ehrenberg, gênero frequentemente encontrado em regiões tropicais e subtropicais, é caracterizado por sua alta produtividade e capacidade de assimilar o nitrogênio atmosférico, sendo por este motivo um dos principais produtores em mares oligotróficos. Sua presença e importância ecológica têm sido confirmadas em várias partes do mundo, onde tem sido considerado responsável pela elevação da biomassa planctônica (Gallon *et al.* 1996).

Espécies do gênero podem produzir florações, já confirmadas no Mediterrâneo, Mar Vermelho, Hawai e Caribe (Komárek & Anagnostides 2005), as quais podem afetar as propriedades físicas e químicas das águas de superfície, podendo, às vezes, produzir toxinas que causam impactos ecológicos e à saúde humana (Capone *et al.* 1997).

A primeira citação do gênero *Trichodesmium* em águas brasileiras foi relatada por Darwin (1834) durante sua expedição em passagem no litoral da Bahia, em março de 1832, com descrição de uma floração de *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg. Anos depois, a mesma espécie foi citada para o litoral de Pernambuco, com a descrição de uma floração em áreas próximas às formações recifais, caracterizadas por altas temperaturas e salinidade elevada, estando a presença de *T. erythraeum* associada à doença humana denominada “Febre de Tamandaré” (Satô *et al.* 1963).

Outros registros do gênero foram feitos para o litoral norte do estado de São Paulo (Sassi & Kutner 1982; Giancesella-Galvão *et al.* 1995), como também para o litoral de Santa Catarina (Rörig *et al.* 1998), com relatos de florações de *T. erythraeum* e *Trichodesmium thiebautii* Gomont *ex* Gomont, respectivamente.

Siqueira *et al.* (2006), também confirmaram que na plataforma interna do estado do Paraná, *T. erythraeum* é capaz de sobreviver em condições ambientais relativamente inóspitas devido à sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e efetuar a fotossíntese em altas intensidades de luz.

O presente trabalho tem por finalidade quantificar a densidade de *T. thiebautii* Gomont *ex* Gomont na plataforma continental de Pernambuco e correlacionar sua distribuição espacial e temporal às condições hidrológicas da área.

Material e métodos

O litoral do estado de Pernambuco estende-se entre as Coordenadas 7° 32' - 8° 56' S e 34° 49' - 35° 11' W e encontra-se localizado em região com clima As' (pseudo tropical) da Classificação de Köppen. A temperatura da água apresenta uma média anual de 27°C e a salinidade varia entre 35 e 37 (Macedo *et al.* 2004). As precipitações pluviométricas caracterizam dois períodos anuais: um período chuvoso, compreendido entre março e agosto, com maiores precipitações entre os meses de maio, junho e julho, e um período de estiagem, compreendido entre os meses de setembro e fevereiro, sendo outubro, novembro e dezembro os meses mais secos. A precipitação média é de 2.106 mm anuais (CPRH 2003).

Os rios que fertilizam as águas da plataforma são de pequeno porte, e o fluxo continental não ultrapassa 4 milhas da costa, sendo mais eficiente durante o período de chuvas. Em áreas mais afastadas, o suprimento de nutrientes depende das correntes costeiras (Macedo *et al.* 2004).

As coletas foram realizadas em seis pontos, distribuídos em dois perfis perpendiculares à costa, localizados no litoral sul do Estado: um em frente à praia de Gaibú (8°18' S, 34°56' W), e outro em frente à praia de Serrambi (8°32' S, 35°00' W). Os Pontos distaram, aproximadamente, 5, 10 e 20 milhas da costa, correspondendo às isóbatas de 10, 20 e 30 m de profundidade (Fig.1).

As amostras foram coletadas na superfície e fundo de cada ponto de coleta, durante o mês de julho de 2005, referente ao período chuvoso, e em novembro de 2006, referente ao período de estiagem, utilizando-se uma garrafa de Niskin. Parte de cada amostra foi conservada sob refrigeração e destinada às análises das variáveis abióticas, discriminadas na tabela 1. Outra parte foi conservada com lugol acético e destinada às análises quantitativas, as quais foram realizadas em microscópio óptico invertido da marca Zeiss, modelo Axiovert 135M, em aumento de 400X. Para as contagens dos filamentos e colônias foram utilizadas câmaras de sedimentação de 10 ml e a densidade (filamento.L⁻¹) estimada segundo método descrito por Villafañe & Reid (1995).

Os valores obtidos das variáveis abióticas e bióticas foram submetidos à análise de correlação (NTSYSpc - 2.10t) tendo sido realizadas matrizes de correlação linear.

Resultados

A densidade dos filamentos de *Trichodesmium thiebautii*, apresentou variações espaciais e temporais, com valor mínimo de 100 filamentos.L⁻¹, observados nos locais mais próximos da costa, e o máximo de 1.700 filamentos.L⁻¹ em pontos mais afastados.

Nos pontos localizados no perfil Gaibú a espécie apresentou maiores densidades na superfície tanto no período chuvoso como no período de estiagem. O número máximo de filamentos ocorreu na superfície do Ponto 2, com 1.000 filamentos.L⁻¹. Neste perfil os valores mínimos foram sempre encontrados nas camadas mais profundas, tendo sido o mínimo de 100 filamentos.L⁻¹ observado nos Pontos 1, 2 (período de estiagem) e no Ponto 1, durante o período chuvoso (Fig. 2). De uma maneira geral, valores mais elevados foram sempre observados durante o período estiagem e na camada superficial.

Nos Pontos localizados no perfil Serrambi, o número máximo de filamentos também apresentou variações entre a superfície e o fundo. A densidade máxima (1.700 filamentos.L⁻¹) ocorreu na superfície do Ponto 5, durante o período de estiagem, enquanto a mínima (100 filamentos.L⁻¹) foi observada no fundo dos Pontos 4, 5 e 6, no período de estiagem, como também nos Pontos 4 e 6 durante o período chuvoso (Fig. 3).

Considerando-se os dois perfis analisados, pode-se observar que maiores concentrações de filamentos foram sempre encontradas à superfície durante o período de estiagem.

A temperatura da água variou entre 25,40°C, na profundidade de 30 m do Ponto 3, e 27,70°C, na superfície do Ponto 4, não tendo sido caracterizada uma estratificação térmica nos pontos amostrais (Fig. 4). A salinidade mostrou pequenas variações anuais com um mínimo de 33,19, na superfície do Ponto 4, e o máximo de 37,22, na superfície do Ponto 3. Os teores de oxigênio dissolvido e o pH apresentaram o mesmo padrão de variação das variáveis anteriores, ou seja, pequenas variações anuais entre a superfície e fundo e entre os seis Pontos de coleta (Fig. 4)

Baixos valores de sais nutrientes foram observados em ambos os períodos, com exceção do nitrato que variou entre 0,02 µmol.L⁻¹, na superfície do Ponto 4 durante o período chuvoso, e 1,36 µmol.L⁻¹ na profundidade do Ponto 2, durante o período de estiagem (Fig. 5).

A análise de correlação entre as concentrações de *Trichodesmium thiebautii* e as variáveis abióticas possibilitou a interpretação simultânea dos dados, a qual revelou uma correlação positiva entre a densidade de filamentos, o pH e o oxigênio dissolvido, durante o período chuvoso, e com a densidade de filamentos, salinidade e oxigênio dissolvido no período de estiagem. Em ambos os períodos ocorreram correlações negativas entre a densidade, temperatura e nutrientes (Fig. 6).

Discussão

O gênero *Trichodesmium* é considerado um componente importante na flora planctônica do Atlântico tropical, onde ocorre, algumas vezes, em densas florações nas camadas superiores da zona fótica. Sua contribuição para a produção primária neste oceano é bem maior que em outros oceanos onde seus representantes estão presentes (Tyrrell *et al.* 2003). No Oceano Atlântico Norte, a densidade média

de *T. thiebautii*, na superfície, foi de 2.250 filamentos.L⁻¹ (Carpenter *et al.* 2004), enquanto que ao leste do mar da China, Marumo & Asaoka (1974) encontraram densidades variando entre 100 a 1000 filamentos.L⁻¹, demonstrando grandes diferenças entre os dois locais amostrados.

No Brasil, o gênero está representado pelas espécies *T. erythraeum*, *T. hildebrandtii* Gomont e *T. thiebautii*, entre as quais *T. hildebrandtii* tem sido considerada como a espécie mais freqüente e abundante no litoral de Santa Catarina, onde produz florações com conotações tóxicas, evidenciadas em bioensaios com moluscos (Rörig *et al.* 1998). Essas florações ocorrem durante o final da primavera e início do outono, associadas a altas temperaturas (acima de 20°C) e altas salinidades (34). Entretanto, altas concentrações de *T. erythraeum* também têm sido observadas em outras áreas costeiras e oceânicas localizadas no Sudeste e Sul do Brasil como, por exemplo, no litoral do estado de São Paulo, onde as florações ocorrem durante períodos de tempo bom e mar calmo e, neste caso, os tricomas e feixes concentram-se na superfície da água, atingindo concentrações de clorofila *a* em torno de 400 mg.m³ (Gianesella-Galvão *et al.* 1995). No litoral do estado do Paraná, as concentrações de *T. erythraeum* ocorrem durante o verão com cerca de 300.000 filamentos.L⁻¹

No Nordeste do Brasil, *T. erythraeum* tem sido freqüentemente citada tanto para áreas costeiras como oceânicas. Segundo Satô *et al.* (1963), altas concentrações da espécie ocorrem no litoral de Pernambuco em períodos que sucedem chuvas atemporais, com representativo aumento de nitrogênio na água. Medeiros *et al.* (1999) também citaram a mesma espécie para áreas oceânicas do Estado, com densidades em torno de 300.000 filamentos.L⁻¹, significando que a plataforma continental do Estado apresenta boas condições para o desenvolvimento da espécie (Siqueira *et al.* 2006).

Além de *T. erythraeum* nenhuma outra espécie havia sido citada para o Nordeste brasileiro, representando o presente trabalho a primeira citação de *T. thiebautii* para a região. A espécie foi assinalada na plataforma continental de Pernambuco durante os dois períodos anuais (estiagem e chuvoso) e esteve presente em todo o trecho onde as coletas foram realizadas. Entretanto, as maiores densidades estiveram concentradas na superfície e no período de estiagem.

De acordo com Carpenter (1983) e Carpenter *et al.* (1987), florações de *Trichodesmium* ocorrem na superfície e durante períodos de alta intensidade luminosa e por este motivo, seus representantes são, freqüentemente, dominantes no plâncton de mares tropicais e subtropicais. Alguns autores acreditam que outros fatores como mar calmo com pouca ação de ondas, salinidade e temperatura alta, ventos fracos e a presença de ferro também contribuem para o estabelecimento e florações de espécies de *Trichodesmium*. Níveis elevados de luminosidade, ortofosfatos e nitrogenados também estão correlacionados com estas florações (Gianesella-Galvão *et al.* 1995; Lugomela *et al.* 2002; Carpenter *et al.* 2004).

Apesar da plataforma continental de Pernambuco apresentar condições oceanográficas favoráveis ao desenvolvimento de espécies de *Trichodesmium*, ou seja, mar calmo com ondas e ventos fracos, temperatura e salinidade alta e baixas concentrações de nutrientes, as densidades dos filamentos e

colônias de *T. thiebautii*, presentemente encontrados, representam valores relativamente baixos, quando comparados àqueles encontrados por Medeiros *et al.* (1999) para *T. erythraeum*.

Em geral, os valores quantitativos encontrados na área presentemente analisada foram semelhantes àqueles encontrados por Marumo & Asaoka (1974), ao leste do Mar da China, cuja densidade de *T. thiebautii* variou de 100 a 1.000 filamentos.L⁻¹, durante o verão. Os mesmos autores encontraram no Oceano Pacífico densidades entre 10 e 50 filamentos.L⁻¹ em profundidades acima de 30 m, e de 100 filamentos.L⁻¹ abaixo dos 50 m de profundidade. Os valores observados no Ponto 5 durante o período de estiagem, mostraram-se próximos dos observados por Carpenter *et al.* (2004) em estudo realizado no Oceano Atlântico Norte, onde os autores observaram uma densidade média, na superfície, de 2.250 filamentos.L⁻¹ entre maio e junho de 1994, o que significa que variações quantitativas de *T. thiebautii* podem ocorrer em diversas partes do mundo, em função das condições ambientais.

Maiores concentrações de filamentos encontrados na superfície e em mar aberto demonstram uma preferência da espécie por águas oceânicas superficiais, o que também foi observado por Post *et al.* (2002) na baía de Agaba (Mar Vermelho), onde foi confirmada a presença da espécie durante todo o ano com maiores concentrações sempre na superfície, inclusive, com florações. Para Lugomela *et al.* (2002), apesar da espécie ocorrer durante todo o ano, sua presença em áreas costeiras da Tanzânia está, principalmente, relacionada a uma maior concentração de nutrientes, o qual em seu estudo ocorreu durante o período de chuvas.

A correlação negativa observada durante o período chuvoso e o período de estiagem entre a densidade de *Trichodesmium thiebautii* com nutrientes dissolvidos, confirma a associação feita por Marumo & Asaoka (1974), onde a presença da espécie foi associada à quantidade quase inexistente de nitrato e nitrito e uma concentração muito pequena de amônia e fosfato.

Agradecimentos

Trabalho realizado dentro do Projeto “**Biodiversidade e diversidade genética de algas marinhas de Pernambuco**”, financiado pela FACEPE/CNPq/PRONEX.

Referências bibliográficas

- Capone, D.G.; Zehr, J.; Paerl, H.W.; Bergman, B. & Carpenter, E.J. 1997. *Trichodesmium*, a globally significant marine cyanobacterium. **Science** **276**: 1221-1229.
- Carpenter, E.J. 1983. Nitrogen in the marine environment. In: E.J. Carpenter & D.G. Capone (eds.) New York, **Academic Press**.

- Carpenter, E.J.; Scranton, M.I.; Novelli, P.C. & Michaels A. 1987. Validity of N₂ fixation rate measurements in marine *Oscillatoria* (*Trichodesmium*). **Journal of Plankton** **9**: 1047-1056.
- Carpenter, E.J.; Subramaniam, A. & Capone, D.G. 2004. Biomass and primary productivity of the cyanobacterium *Trichodesmium* spp. in the tropical N Atlantic ocean. **Deep-Sea Research** **51**: 173–203.
- CPRH - Companhia Pernambucana do Meio Ambiente. 2003. **Diagnóstico sócio ambiental do litoral sul de Pernambuco**. Recife, CPRH.
- Darwin, C. 1834. **The Beagle diary**. Cambridge, Cambridge University Press.
- Gallon, J.R.; D.A. Jones & Page, T.S. 1996. *Trichodesmium*, the paradoxical diazotroph. **Algal Studies** **83**: 215–243.
- Gianesella-Galvão, S.M.F; Costa, M.P.F. & Kutner, M.B.B. 1995. Bloom de *Oscillatoria* (*Trichodesmium*) *erythraeum* (Ehrenberg) Kutzing in coastal waters of the Southwest Atlantic. **Publicação Especial Instituto do Oceanográfico** **11**: 133-140.
- Komárek, J. & Anagnostides, K. 2005. **Cyanoprokaryota: Oscillatoriales, 2. teil**. Süßwasserflora von mitteleuropa. München, Elsevier GmbH.
- Lugomela, C.; Lyimo T.J.; Bryceson, I.; Semesi, A.K. & Bergman, B. 2002. *Trichodesmium* in coastal waters of Tanzania: diversity, seasonality, nitrogen and carbon fixation. **Hydrobiologia** **477**: 1–13.
- Macedo, S.J.; Muniz, K.; & Montes, M.J.F. 2004. Hidrologia da região costeira e plataforma do estado de Pernambuco. Pp. 255-286. In: E. Eskinazi-Leça.; M.F. Costa & S. Neumann Leitão (eds.). **Oceanografia - Um cenário tropical**. Recife, Edições Bagaço.
- Marumo, R. & Asaoka, O. 1974. *Trichodesmium* in the east China Sea. **Journal of Oceanographical Society of Japan** **30**: 298-303.
- Medeiros, C.; Macedo, S.J.; Feitosa F.A.N. & Koenig, M.L. 1999. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of north-east brazilian waters. **Archive of Fishery and Marine Research** **47(2/3)**: 133-151.
- Post, A.F.; Dedej, Z.; Gottlieb, R.; LI, H.; Thomas, D.N.; El-Naggar, M.A.; El-Gharabaw, M.I. & Sommer, U. 2002. Spatial and temporal distribution of *Trichodesmium* spp. in the stratified Gulf of Aqaba, Red Sea. **Marine Ecology** **239**: 241–250.
- Rörig, L.R.; Yunes, J.S.; Kuroshima, K.N.; Schetinni, C.A.F.; Pezzuto, P.R. & Proença, L.A.O. 1998. Studies on the ecology and toxicity of *Trichodesmium* spp. blooms in southern Brazilian coastal waters. **Harmful Algae**: 22-25.
- Satô, S.; Paranaguá, M.N. & Eskinazi, E. 1963. On the mechanism of red tide of *Trichodesmium* in the Recife, northeastern Brazil, with some considerations of the relation to the human disease, “Tamandaré Fever”, **Trabalhos do Instituto Oceanográfico da Universidade Recife** **5/6**: 7- 49.

- Sassi, R. & Kutner, M.B.B. 1982. Variação sazonal do fitoplâncton da região do Saco da Ribeira. **Boletim do Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo** 31(2): 29-42.
- Siqueira, A.; Kolm, E.H. & Brandini, F.P. 2006. Offshore distribution patterns of the cyanobacterium *Trichodesmium erythraeum* Ehrenberg and associated phyto and bacterioplankton in the southern atlantic coast (Paraná, Brazil), **Brazilian Archives of Biology and Technology** 49(2): 323-337.
- Strickland, J.D. & Parsons, T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. **Bulletin Fisheries Research Board of Canada** 122: 1-172.
- Tyrrell, T.; Marañón, E.; Pouton, A.J.; Bowie, A.R.; Harbour, D.S. & Woodw, E.M.S. 2003. Large-Scale latitudinal distribution of *Trichodesmium* spp. in the Atlantic Ocean. **Journal of Plankton** 25(4): 405-416.
- Villafañe, V. E. & Reid, M. H. F, 1995. Métodos de microscopia para la cuantificación del fitoplâncton. Pp.169 -185. In: K. Alveal; M. E. Ferrario; E. C. Oliveira & E.Sar. (eds) **Manual métodos ficológicos**. Concepcion, Universidad de Concepcion.

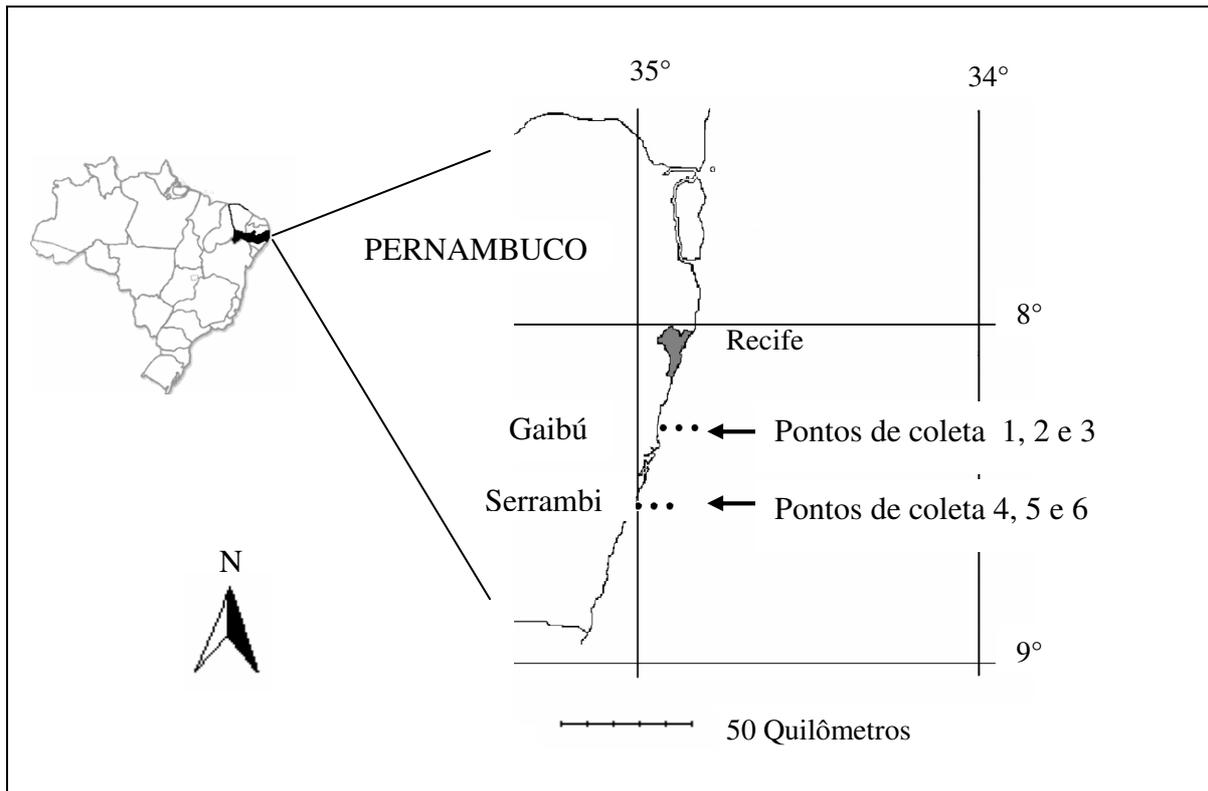


Figura 1 – Localização dos pontos de coleta das amostras para obtenção dos dados hidrológicos e morfológicos na plataforma continental de Pernambuco.

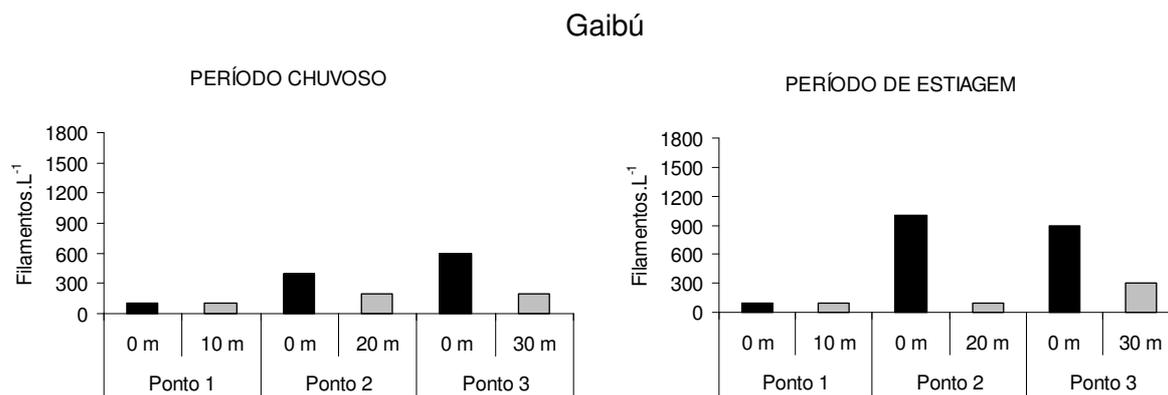


Figura 2 - Número de filamentos.L⁻¹ de *Trichodesmium thiebautii* Gomont *ex* Gomont na superfície e fundo nos pontos de coleta no Perfil Gaibú, durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006).

Serrambi

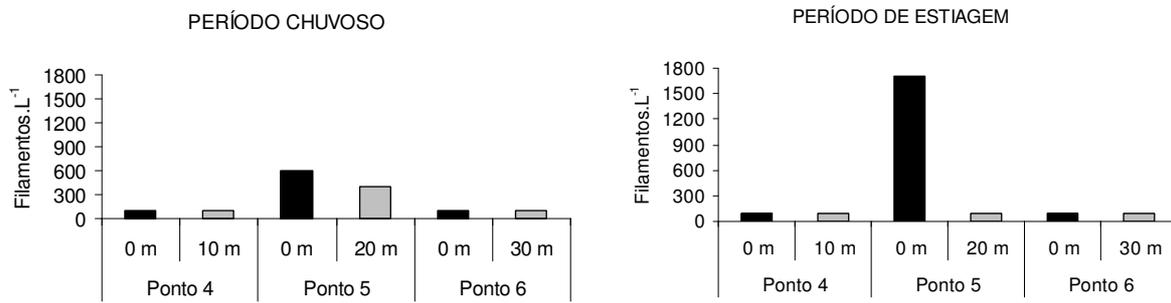


Figura 3 - Número de filamentos.L⁻¹ de *Trichodesmium thiebautii* Gomont *ex* Gomont na superfície e fundo nos pontos de coleta do perfil Serrambi, durante o período chuvoso (julho de 2005) e período de estiagem (novembro de 2006).

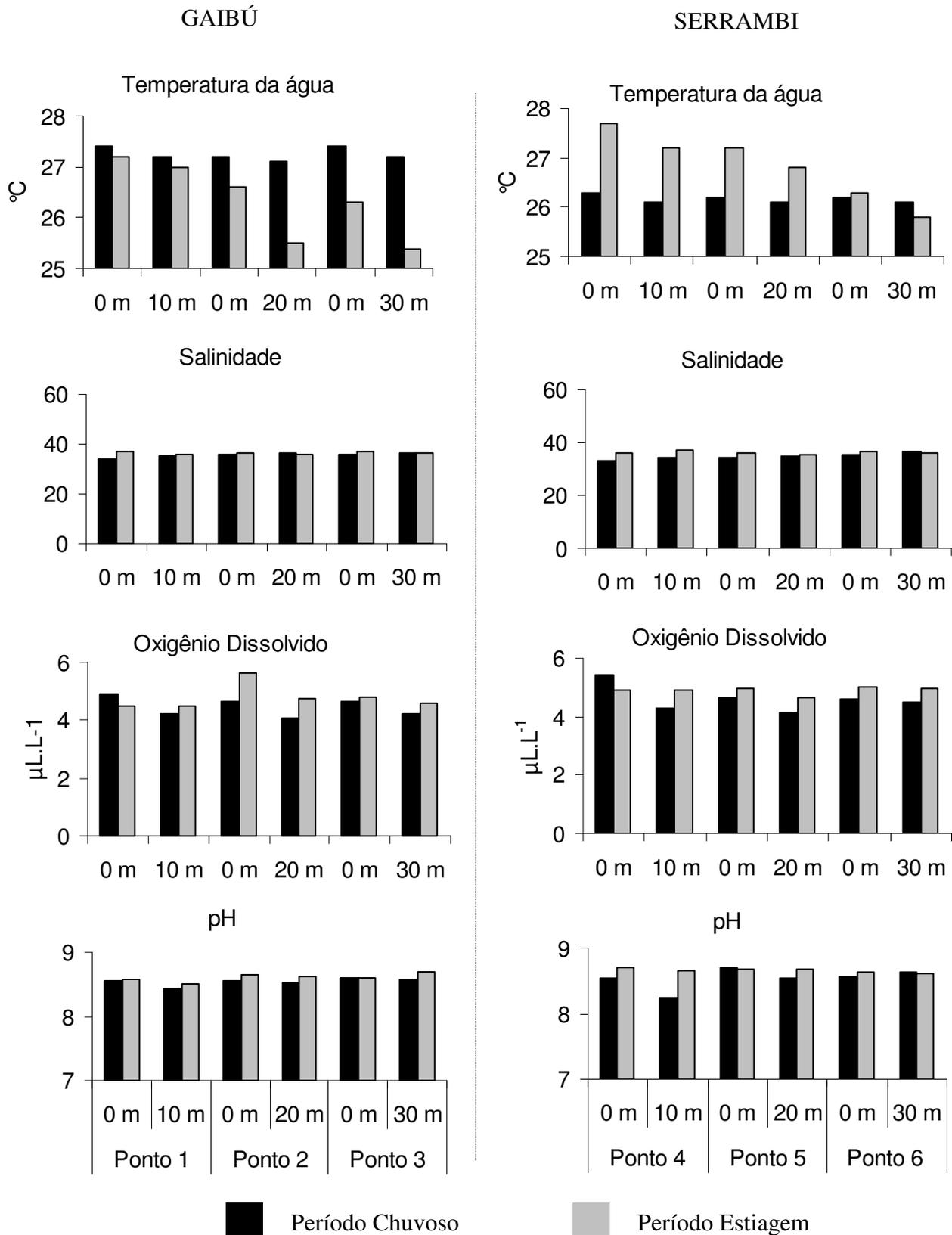


Figura 4 – Variação da temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH, na superfície e fundo (perfil Gaibú e Serrambi – PE), durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006).

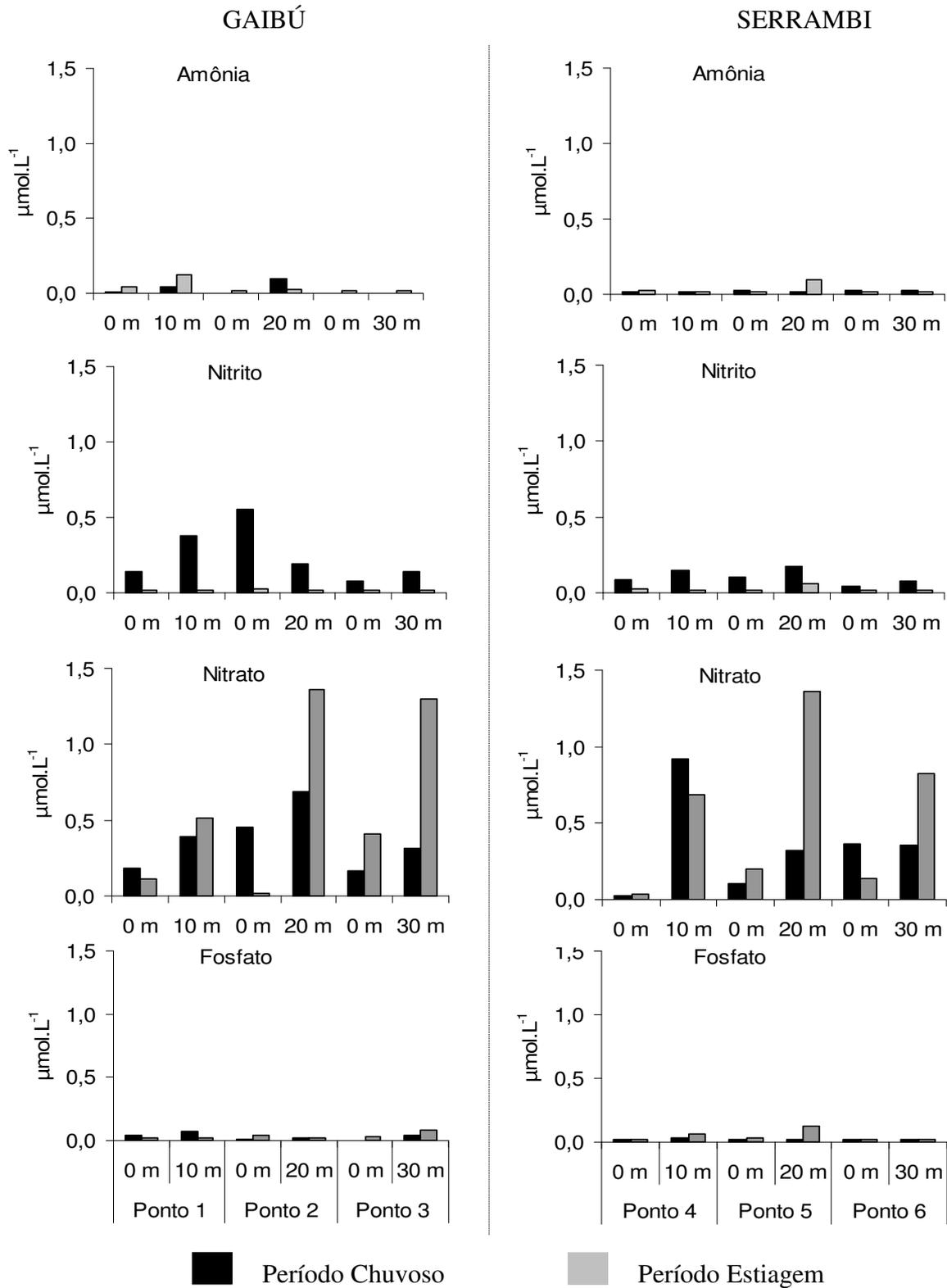


Figura 5 – Variação na concentração de amônia, nitrito, nitrato, e fosfato (perfil Gaibú e Serrambi – PE), durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006).

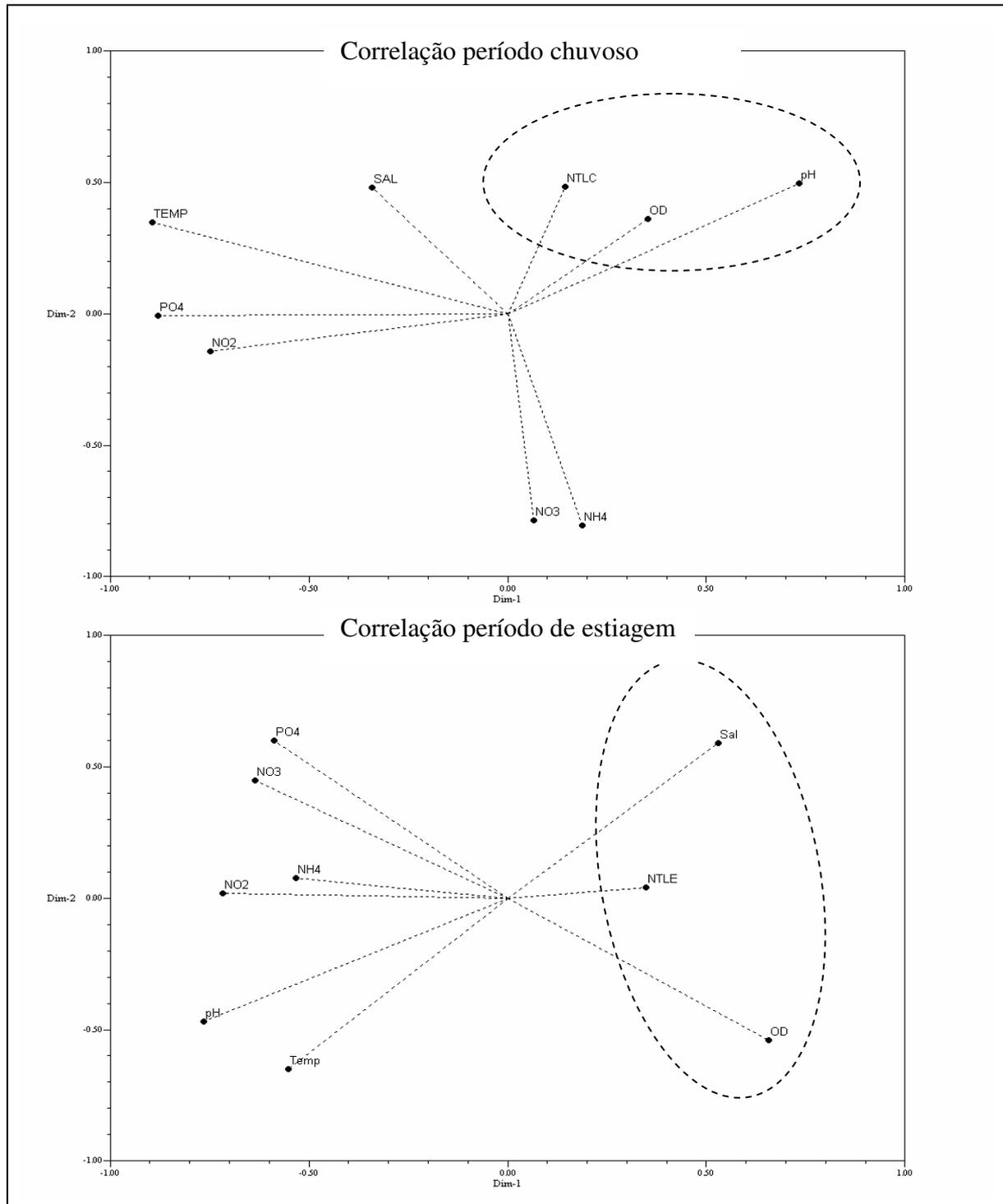


Figura 6 – Correlação entre a densidade de *Trichodesmium thiebautii* Gomont *ex* Gomont e os fatores abióticos, correspondentes às coletas do período chuvoso (julho de 2005) e estiagem (novembro de 2006) nos perfis Gaibú e Serrambi, (NTLC – número de tricomas por litro no período chuvoso, NTLE – número de tricomas por litro no período de estiagem, Temp – temperatura, Sal - salinidade, OD – oxigênio dissolvido, pH – potencial hidrogeniônico, NH₄ – amônia , NO₂ – nitrito, NO₃ – nitrato, PO₄ – fosfato).

Tabela 1 – Metodologia utilizada para a obtenção de dados hidrológicos na plataforma continental de Pernambuco, durante o período chuvoso (julho de 2005) e o período de estiagem (novembro de 2006).

Variáveis	Unidade	Metodologia
Temperatura da água	°C	Termômetro oceanográfico de Inversão (<i>in situ</i>)
Salinidade		Mohr-Knudsen, descrito por Strickland & Parsons (1972)
Oxigênio Dissolvido	mL.L ⁻¹	Winkler, modificado por Strickland & Parsons (1972)
pH		Potenciômetro Metronal E-120
Amônia (NH ₄ -N)	µmol.L ⁻¹	Strickland & Parsons (1972)
Nitrito (NO ₂ -N)	µmol.L ⁻¹	Strickland & Parsons (1972)
Nitrato (NO ₃ -N)	µmol.L ⁻¹	Strickland & Parsons (1972)
Fosfato (PO ₄ -P)	µmol.L ⁻¹	Strickland & Parsons (1972)

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gênero *Trichodesmium* é considerado um componente importante na flora planctônica do Atlântico tropical, onde ocorre, algumas vezes, em densas florações nas camadas superiores da zona fótica. Sua contribuição para a produção primária neste oceano é bem maior que em outros oceanos onde seus representantes estão presentes. A ocorrência de *Trichodesmium thiebautii* na plataforma continental de Pernambuco amplia a distribuição da espécie para o Nordeste brasileiro, que se encontrava restrita para o Sul do Brasil.

Os aspectos morfológicos dos indivíduos estudados no presente trabalho correspondem às descrições existentes na literatura especializada. *T. thiebautii* apresentou tricomas homocitados, dispostos em colônias, em tufo arredondados ou raramente em colônias em forma de feixes contorcidos, sendo observada sua presença durante os dois períodos anuais e em todos os pontos de coletas. Os filamentos, cilíndricos, retos, apresentaram células quadráticas ou levemente mais longas, sendo uniformes em tricomas numa mesma colônia e, algumas vezes, maiores no período de estiagem, mostrando diferenças significativas (<0.001 , altamente significativo) entre a altura e largura de células e tamanho dos tricomas coletados em diferentes pontos de coleta. Essas diferenças não foram significativas quando considerados os tricomas de uma mesma colônia, mas altamente significativas quando comparados tricomas entre os dois períodos anuais.

A densidade dos filamentos variou entre os pontos de coleta e os dois períodos anuais. Maiores concentrações foram encontradas em locais mais afastados da costa e na camada superficial da coluna d'água, indicando que variações quantitativas de *T. thiebautii* podem ocorrer em regiões oceânicas em função das condições ambientais, principalmente alta luminosidade.

As variáveis hidrológicas apresentaram pequenas variações com pequenas diferenças entre a superfície e o fundo. A temperatura da água não mostrou estratificação térmica em nenhum dos pontos, o mesmo acontecendo com a salinidade, com o oxigênio dissolvido e o pH.

Pequenas concentrações de nutrientes foram observadas, com exceção do nitrato que apresentou teores mais elevados.

A densidade de filamentos de *Trichodesmium thiebautii* demonstrou uma correlação positiva com o pH e o oxigênio dissolvido, durante o período chuvoso, e com salinidade e oxigênio dissolvido no período de estiagem. Em ambos (períodos) estiveram correlacionadas inversamente aos teores de nutrientes.

Os resultados obtidos e apresentados no presente trabalho comprovam a obtenção dos objetivos propostos na parte inicial desta Dissertação. Foi registrada a presença de *Trichodesmium thiebautii* e os padrões de variação espacial e temporal da espécie em águas da plataforma continental de Pernambuco.