



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
INSTITUTO CIÊNCIAS DO MAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

**FITOPLÂNCTON COMO INDICADORES DE
ZONAS ESTUARINAS EM SISTEMA
DELTAICO – COSTA EQUATORIAL DO
ATLÂNTICO SUL**

AMANDA LORENA LIMA OLIVEIRA

**SÃO LUÍS
2019**

Amanda Lorena Lima Oliveira

**FITOPLÂNCTON COMO INDICADORES DE ZONAS ESTUARINAS
EM SISTEMA DELTAICO – COSTA EQUATORIAL DO ATLÂNTICO
SUL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão como requisito à obtenção do grau de Mestre em Oceanografia.

Área de Concentração: Oceanografia

Orientador: Prof. Dr. Marco Valério Jansen
Cutrim

Agência de Fomento: Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico do Maranhão (FAPEMA)

SÃO LUÍS – MA

2019

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Núcleo Integrado de Bibliotecas/UFMA

Lima Oliveira, Amanda Lorena.

Fitoplâncton como indicadores de zonas estuarinas em sistema deltaico - costa equatorial do Atlântico Sul / Amanda Lorena Lima Oliveira. - 2019.
100 f.

Orientador(a): Marco Valério Jansen Cutrim.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Oceanografia/ccbs, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

1. Delta das Américas. 2. Espécies bioindicadoras. 3. Fitoplâncton. 4. Gradiente de salinidade. 5. Sistemas deltaicos. I. Jansen Cutrim, Marco Valério. II. Título.

Amanda Lorena Lima Oliveira

**FITOPLÂNCTON COMO INDICADORES DE ZONAS ESTUARINAS
EM SISTEMA DELTAICO – COSTA EQUATORIAL DO ATLÂNTICO
SUL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia da Universidade Federal do Maranhão como requisito à obtenção do grau de Mestre em Oceanografia.

Aprovada em 29/03/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. MARCO VALÉRIO JANSEN CUTRIM

(Orientador/UFMA)

Profª. Dra. ANDREA CHRISTINA GOMES DE AZEVEDO CUTRIM

(1ª Avaliadora - UEMA)

Prof. Dr. CAIO BRITO LOURENÇO

(2º Avaliador - IFMA)

SÃO LUÍS – MA

2019

Dedico este trabalho aos meus pais, Celiane e Valtrido, que sempre me apoiaram e fazem tudo por mim, o possível e o impossível. Espero recompensá-los.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por terem fortalecido minha fé e terem sido meu suporte nesses dois anos de muita luta não só na academia, mas também na vida.

Agradeço aos meus pais, Celiane e Valtrido, por todo apoio incondicional, por todos os momentos que passamos juntos, nesses dois anos passamos por muitos momentos difíceis, mas que fortaleceu mais ainda nossa relação familiar, nos aproximou e nos fizeram entender quem eramos até aquele presente momento. Toda fase difícil tem um propósito que a princípio não entendemos, mas que Deus sabe exatamente o que vai acontecer e o que vai resultar disso tudo. À minha família, em especial aos meus tios Gilson, Gilberto, Roberto, Cássia Maria e Cerlúgia. E a minha cachorrinha Beka mais linda que me alegra todos os dias.

Gostaria de agradecer às minhas amigas, que sempre estiveram do meu lado, às vezes não fisicamente, mas sempre perto pelo celular, para me ouvir e me ajudar. Aprendi muitas coisas com elas, não só na área acadêmica, mas os conselhos sempre muito pertinentes e que sempre chegavam na hora certa. Obrigada minhas amigas Karol, Lis, Jojo, Nágela, Fran e Betty pelas gargalhadas, palhaçadas, pelo aprendizado, pelos sermões, pelas horas tristes, pelas lágrimas e pela torcida, sempre muito positiva.

Ao meu orientador professor Marco, pela oportunidade de aprendizado, pelos questionamentos, pelas lágrimas, por que eu chorei muito, pelos elogios que são tão valiosos e pela nossa relação muito sincera e que me fez crescer muito mais nesses dois anos a mais de convivência. Obrigado por ter apostado em mim!

Às minhas amigas de laboratório, passamos muitas coisas juntas esses dois anos né? Muito sufoco!! Mas sempre ajudando umas às outras, um muito obrigado especial para Denise, onde nossa amizade tomou outras proporções, podemos nos conhecer melhor e torcer um pela outra e para Débora, uma pessoa que aprendi a respeitar e a acreditar no seu potencial, você pode tudo que você quiser! Obrigada também as super comprometidas pela pesquisa e que me ajudaram muito Queydiane, Taiza, Cybelle, Silvinha e Mylene.

À minha amiga de infância Jessica, por sempre está disponível a me ouvir e me aconselhar. Aos meus colegas de turma Igor, Adilson, Jacyara, Hugo, Thamyres e Júlio. Aos colegas do Lhiceai Rômulo, Vinicius e Kassandra pela ajuda nas análises. Ao

professor Francisco José (Franzé) pela disponibilidade e pela pressão que é característica sua!! Ao professor Caio Brito, pela grande ajuda e ensino, por me escutar sempre tão gentil e solícito, sempre ponto para nos aconselhar. Gostaria de agradecer a esses professores, com suas aulas muito engrandecedoras, por serem os melhores professores, por estarem sempre disponíveis para nós alunos e pelas palavras de incentivo: Mariana Basso e Ricardo Luvizotto.

A esta universidade e a FAPEMA pelo auxílio e a todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram para que fosse possível a conclusão desse trabalho.

*Ninguém disse que era fácil. Ninguém
jamais disse que seria tão difícil assim.*

The Scientist - Coldplay

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

$\nabla_H MPS$ - Gradiente horizontal de MPS

$\nabla_H S$ - Gradiente horizontal de salinidade

$\nabla_H T$ - Gradiente horizontal de temperatura

°C - Graus Celsius

°C.km⁻¹ - Graus Celsius por quilômetro

µm - Micrometro

µS.cm⁻¹ - Microsiemens

ACP - Análise de Componentes Principais

ANOVA - Análise de variância

bits.cel⁻¹ - bits por célula

CCM - Complexos Convectivos de Mesoescala Tropicais

cels.L⁻¹ - células por litro

Chu - Período chuvoso

cm.km⁻¹ – centímetros por quilômetro

CTD - *Conductivity, Temperature and Depth*

Dec s/n.º - Decreto

ENSO - El Niño Oscilação Sul

EDRP – Estuário do Delta rio Parnaíba

Est - Período de estiagem

ETM - Turbidez Estuarina Máxima

g.Kg⁻¹ - Gramas por quilograma

g.Kg⁻¹.Km⁻¹ – Gramas por quilograma por quilômetro

H' - índices de Shannon

ha - hectare

IndVal - Índice de Valor Indicador

J - Índice de Equitabilidade

km - Quilômetro

km² - Quilômetro quadrado

log - Logaritmo

$m.s^{-1}$ - Metros por segundo
 $m^3.s^{-1}$ - Metros cúbicos por segundo
 $mg.L^{-1}$ - Miligrama por litro
 $mg.L^{-1}.km^{-1}$ - Miligrama por litro por quilômetro
 $mg.m^{-3}$ - Miligrama por metro cúbico
mm - Milímetros
 $mm.ano^{-1}$ - Milímetros por ano
MPS - Material particulado em suspensão
 NH_4^+ - Íon amônio
NID - Nitrogênio inorgânico dissolvido
 NO_2^- - Nitrito
 NO_3^- - Nitrato
pH - Potencial Hidrogeniônico
PID - Fósforo inorgânico dissolvido
 PO_4^{-3} - Ortofosfato
RDA - Análise de Redundância Canônica
S – Índice de riqueza
S - Salinidade
SID - Silicato inorgânico dissolvido
 SiO_2^- - Silicato
T - Temperatura
Tra - Período de transição;
UNT - Unidades Nefelométricas de Turbidez
ZC - Zona Costeira
ZCIT – Zona de Convergência Intertropical
ZM - Zona de Mistura
ZR - Zona de Maré do Rio
ZTM - zona de turbidez máxima
 $\mu Mol.L^{-1}$ - Micromol por litro

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Valores médios e desvio padrão das variáveis ambientais e biológicas do EDRP. Os asteriscos representam diferença significativa sazonal e entre zonas estuarinas ($p < 0,05$), (*) ANOVA One-Way e (**) teste de Kruskal-Wallis.....	44
Tabela 2	Espécies indicadoras em cada grupo (sazonal e zonas estuarinas) baseada no IndVal (valor indicador), com p-valor.....	48
Tabela 3	Resumo da Análise de Redundância Canônica (RDA) para as variáveis ambientais EDRP.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização dos pontos amostrais no estuário do rio Parnaíba - EDRP, Maranhão/Piauí – Brasil.....	32
Figura 2	Série histórica mensal de chuvas (1994-2018) e total de chuvas registradas para o ano de coleta. Dados climatológicos foram obtidos pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (http://www.inmet.gov.br/).....	33
Figura 3	Transectos longitudinais de salinidade, temperatura e material particulado em suspensão ao longo do EDRP em diferentes marés e períodos sazonais. Onde: Chu - P – Preamar chuvoso; Tra - P – Preamar transição; Est - P – Preamar estiagem; Chu - B – Baixa-mar chuvoso; Tra - B – Baixa-mar transição; Est - B – Baixa-mar estiagem; A à F – Salinidade; G à M – Temperatura; N à S – Material particulado em suspensão.....	39
Figura 4	Distribuição espacial do (A) - íon amônio, (B) - nitrito, (C) - nitrato, (D) - PID, (E) - silicato, (F) – Razão NID:PID (média±desvio padrão) no EDRP nas zonas estuarinas e períodos sazonais. Onde: Chu – período chuvoso; Tra – período de transição; Est – período de estiagem; ZR – zona de rio; ZM – zona de mistura; ZC – zona costeira.....	41
Figura 5	Distribuição espacial da (A) – clorofila <i>a</i> , (B) – nanofitoplâncton, (C) - microfitoplâncton, (D) densidade fitoplanctônica (média±desvio padrão) no EDRP nas zonas estuarinas e períodos sazonais. Onde: Chu – período chuvoso; Tra – período de transição; Est – período de estiagem; ZR – zona de rio; ZM – zona de mistura; ZC – zona costeira.....	43
Figura 6	Análise de Componentes Principais para as variáveis ambientais no EDRP em função dos períodos sazonais, zonas estuarinas e marés. Onde: Chu-Chuvoso; Tra-Transição; Est-Estiagem; ZR-zona de rio; ZM-zona de mistura e ZC-zona costeira; P-Preamar; B-Baixa-Mar; Formas: triângulo-zona de rio; quadrado- zona de mistura; círculo-zona costeira.....	46
Figura 7	Síntese das associações fitoplanctônicas ao longo do EDRP. (A) Agrupamento das amostras a partir da matriz dos táxons fitoplanctônicos e (B) perfis verticais dos agrupamentos da comunidade fitoplanctônica durante os períodos sazonais, zonas estuarinas e marés. Onde: ZR – zona de rio; ZM – zona de mistura e ZC – zona costeira.....	47
Figura 8	Análise de Redundância Canônica (RDA) para as variáveis ambientais e comunidade fitoplanctônica no EDRP. (A) Diagrama com a relação das amostras fitoplanctônicas com as variáveis ambientais, onde: as formas círculo representa preamar e quadrado baixa-mar; as cores representam os grupos formados no dendrograma (Figura 9): cinza, rosa e lilás – ZR; marrom, amarelo e azul claro – ZM; azul escuro, verde e vermelho – ZC e (B) diagrama com a relação dos táxons selecionados com as variáveis ambientais, onde os círculos coloridos são as espécies indicadoras e os círculos vazados são as demais espécies não indicadoras. Os códigos das variáveis são expressos na Tabela 3 e dos táxons selecionados no Apêndice B.....	49

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO GERAL.....	13
2.	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	17
	REFERÊNCIAS.....	21
	ARTIGO NAS NORMAS DA REVISTA ESTUARINE COASTAL AND SHELF SCIENCE.....	27
	DADOS DO ARTIGO.....	28
	RESUMO.....	28
1.	INTRODUÇÃO.....	30
2.	METODOLOGIA.....	31
2.1	ÁREA DE ESTUDO.....	31
2.2	AMOSTRAGEM.....	32
2.3	CARACTERIZAÇÃO METEOLÓGICA.....	33
2.4	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	34
2.5	ANÁLISE HIDROLÓGICA.....	34
2.6	DENSIDADE E COMPOSIÇÃO FITOPLANCTÔNICA.....	35
2.7	BIOMASSA FITOPLANCTÔNICA (CLOROFILA <i>a</i>)	35
2.8	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	36
3.	RESULTADOS.....	37
3.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	37
3.2	CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA.....	40
3.3	NUTRIENTES DA ÁGUA.....	40
3.4	CARACTERIZAÇÃO BIOLÓGICA.....	42
3.5	ESTRUTURA E ECOLOGIA DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA.....	45
3.6	COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA EM RESPOSTA AOS GRADIENTES AMBIENTAIS.....	45
4.	DISCUSSÃO.....	51
4.1	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA.....	51
4.2	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL.....	51
4.3	DISTRIBUIÇÃO DA COMUNIDADE FITOPLANCTÔNICA E SUA RELAÇÃO COM O AMBIENTE.....	53
5.	CONCLUSÃO.....	55
	AGRADECIMENTOS.....	55
	REFERÊNCIAS.....	56
	APÊNDICES.....	66
	ANEXO.....	74

1. INTRODUÇÃO GERAL

Ecossistemas costeiros tais como deltas, baías e estuários são caracterizados pela interação terrestre e processos marinhos, tendo experimentado mudanças ativas em resposta a uma ampla gama de fatores controladores e de origem antrópica (KHIM et al., 2019).

Os deltas marinhos são definidos como morfologias costeiras que representam a predominância fluvial (em termos de oferta de sedimentos) sobre as forças marinhas, as quais formam áreas de baixo relevo com abundante suprimento de água (AQUINO DA SILVA et al., 2019). Estes são identificados como proeminências discretas de linha de costa, formadas pela entrada do rio no mar onde o fluxo de sedimentos fluviais é maior que os processos hidrodinâmicos que os redistribuem (ELLIOTT, 1986; KHIM et al., 2019). De maneira clássica, os deltas podem ser divididos em dominados por rios (por exemplo, Mississippi e Yellow), dominado por ondas (por exemplo, Nilo e Danúbio) e dominado por maré (por exemplo, Amazonas e Yangtze) (GALLOWAY, 1975).

Dentre esses ecossistemas, os estuários são os principais fornecedores de importantes serviços ambientais, como produção de alimentos e ciclagem de nutrientes, o que os torna um dos sistemas mais produtivos do mundo (COSTANZA et al., 1997; AZEVEDO et al., 2008; WATANABE et al., 2014). Estes sistemas apresentam gradientes ambientais em escalas espaciais ou temporais, associados à mistura de água turva, rica em nutrientes com água do mar mais clara e pobre em nutrientes, sendo zonas de transição entre os ambientes dulcícolas e marinhos (SHEN et al., 2011; AZHIKODAN; YOKOYAMA, 2016).

A palavra estuário é derivada do adjetivo latino *aestuarium*, que significa maré ou onda abrupta de grande altura, fazendo referência a um ambiente altamente dinâmico, com mudanças constantes em resposta às forças naturais. Os estuários apresentam várias definições que levam em consideração salinidade, processos físicos atuantes, circulação estuarina, gênese geológica, natureza ecológica e processos regionais (MIRANDA et al., 2002).

Kjerfve (1987) definiu os estuários de uma forma mais ampla levando em consideração fatores climáticos, sedimentação e forças dinâmicas: estuário é um ambiente costeiro que apresenta conexão restrita com o oceano adjacente, tal conexão permanece aberta pelo menos intermitentemente. Este ambiente pode ser dividido em três

zonas distintas: Zona de Maré do Rio (ZR), que corresponde a parte fluvial com salinidade praticamente zero, sujeita à influência da maré; Zona de Mistura (ZM), região onde ocorre a mistura da água fluvial com água do mar; e Zona Costeira (ZC) que corresponde a região costeira adjacente se estendendo até a frente da pluma estuarina. Segundo Frazão (2003), tais zonas estuarinas são dependentes da descarga fluvial e da influência da maré, podendo considerar ainda o gradiente sazonal.

Davies (1964) classificou os estuários de acordo com a altura máxima da maré: micromarés, com alturas menores que 2 m; mesomarés, alturas que variam de 2 a 4 m; macromarés, aqueles com alturas que variam entre 4 a 6 m e hipermarés com alturas maiores que 6 m. Os estuários também podem ser classificados de acordo com a estratificação de salinidade e processos de mistura (PRITCHARD, 1955) cunha salina, moderadamente ou parcialmente misturado, verticalmente bem misturado e lateralmente estratificado e bem misturado.

Há vários gradientes ambientais que são relevantes para o ambiente estuarino, dentre eles está a salinidade que pode ser um gradiente espacial tanto na horizontal quanto vertical, devido à mistura de água do mar e água fluvial. E, gradiente temporal que pode ocorrer quinzenalmente devido à maré e sazonalmente causado pelas mudanças na descarga de água doce (AZHIKODAN; YOKOYAMA, 2016). A temperatura das águas estuarinas é variável devido a essa mistura de massas de água com propriedades físico químicas diferentes (MAURIEL, 2004), quando elevadas pode aumentar a taxa de decomposição da matéria orgânica particulada e de nutrientes dissolvidos utilizados pelo fitoplâncton, ocasionando assim, florações algais que podem reduzir a capacidade da água de dissolver gases e aumentar a chance de esgotamento de oxigênio (WARWICK et al., 2018; BARLETTA et al., 2017; COSTA; BARLETTA, 2016).

A entrada de nutrientes nos estuários pode variar de acordo com a composição e fontes, tais como: escoamento superficial, resíduos domésticos, efluentes industriais e fontes pontuais costeiras. Insumos antropogênicos via rios excedem outras fontes de entrada, como no caso do nitrogênio e fósforo por via deposição atmosférica. Altas cargas de nutrientes geralmente causam distúrbios nos estuários, mas suas propriedades físicas vão determinar os níveis de resposta em relação à produtividade, diluição e eutrofização, sendo o fósforo e nitrogênio os elementos mais importantes envolvidos nesses processos (RABALAIS, 2002; CHOWDHURY et al., 2017; BARLETTA et al., 2019).

Comparado ao escoamento de nitrogênio e fósforo, as concentrações de silício ou sílica permanecem bastante constante ou reduzidas, de modo que a sílica vem se tornando um fator limitante e pode reduzir a produção primária ou alterar a composição de espécies fitoplanctônicas como diatomáceas marinhas, estuarinas e dulcícolas (RABALAIS, 2002; YUAN et al., 2018). Na literatura já é relatada que o nitrogênio é limitante em águas marinhas e o fósforo é limitante em águas fluviais e estuarinas (BHARATHI et al., 2018).

A comunidade fitoplanctônica é um componente biológico importante que alimenta as redes tróficas dos ecossistemas aquáticos, além de ser considerada um excelente bioindicador da qualidade da água, pois apresenta um curto ciclo de vida e responde rapidamente a mudanças ambientais (OTSUKA et al., 2016; RAJANEESH et al., 2018). O desenvolvimento sazonal, espacial e a sucessão das populações fitoplanctônicas sofrem influência da luz, temperatura, salinidade e disponibilidade de nutrientes. Variáveis como regime de maré, condições climáticas e antrópicas locais influenciarão na distribuição e sobrevivência desses organismos, podendo causar modificações na sua composição, biomassa e produtividade (ESKINAZI-LEÇA et al., 2000; REYNOLDS, 2006).

Segundo Branco (1986), existe uma relação estreita entre a composição física e química da água e a frequência de determinados tipos de organismos quanto à composição do meio (quantidade de determinados sais ou substâncias orgânicas, valor osmótico e temperatura) como também às modificações produzidas no ambiente pelos próprios organismos.

O tamanho do fitoplâncton baseado na biomassa é considerado um fator importante, pois influencia no funcionamento do ecossistema aquático, variando de nanofitoplâncton (2 a 20 μm) a microfitoplâncton (> 20 μm). Células grandes de fitoplâncton tendem a ser ingeridas por grandes células de zooplâncton, resultando em teias tróficas mais curtas, simples com alta eficiência e transferência de energia para níveis tróficos superiores (RYTHER, 1969; LIANG et al., 2018; IRWIN et al., 2006).

A dependência do tamanho da aquisição de recursos pode ter um grande efeito sobre a fisiologia e as taxas de crescimento do fitoplâncton e, portanto, pode potencialmente alterar a abundância e a estrutura do tamanho da comunidade (IRWIN et al., 2006). As células pequenas têm um requisito metabólico celular mínimo mais baixo

que permite seletivamente que elas sobrevivam com concentrações de recursos muito menores do que as células maiores de fitoplâncton (SHUTER, 1978; GROVER, 1991).

Em ecossistemas estuarinos deltaicos podem ser encontradas representantes praticamente de todos os grupos de fitoplâncton, com o predomínio de um grupo ou mais, determinado pelas características ambientais locais. As diatomáceas são predominantes em ecossistemas deltaicos como verificado por Ghobara; Salem (2017); El-Din et al. (2015) e Shaaban et al. (2011) no Delta do Nílo; Essien-Ibok (2013) e Ezekiel et al. (2011) no Delta do rio Niger; Wang et al. (2016); Shen et al. (2011) e Huang et al. (2004) no Delta do rio Pearl; Spiridon et al (2015) no Delta do rio Danúbio; Gao et al. (2013) no Delta do rio Yellow e Baker; Baker (1981) no Delta do rio Mississippi.

Esse grupo pode ocorrer solitárias ou em colônias, amplamente distribuídas em ambientes marinhos e dulcícolas, pois apresentam um grande sucesso em colonizar e dominar uma vasta gama de habitats, abrangendo de 10.000 a 12.000 espécies, também são muito abundantes em águas fluviais com hábito planctônico e bentônico (ROUND et al., 1990; NORTON et al., 1996; BELLINGER; SIGEE, 2015).

As clorofíceas são o grupo mais diversos de algas com mais de 17.000 espécies conhecidas pela sua diversidade pois apresentam variados tamanhos, desde de organismos unicelulares microscópicos até grandes colônias globulares e extensos filamentos (GRAHAM; WILCOX, 2000; BELLINGER; SIGEE, 2015).

As cianobactérias ocorrem em ambientes com salinidades reduzidas com tamanho de formas unicelulares a grandes colônias. Frequentemente dominam todos os tipos de ambientes fluviais, incluindo condições salobras, ambientes com alto e baixo teor de nutrientes, podendo resultar em condições de eutrofização (BELLINGER; SIGEE, 2015).

As Euglenofíceas são quase inteiramente organismos unicelulares, com um total de 40 gêneros em todo o mundo, cerca de 900 espécies, sendo a maioria pertencente a ambientes fluviais. São células tipicamente móveis, que se deslocam por de flagelos ou até mesmo com células não flageladas, mas apresentam capacidade de mudar de forma corporal muito devido ao seu metabolismo. Os dinoflagelados são na maioria biflagelados, unicelulares, predominantes em águas superficiais, cerca de 90% são marinhos, com apenas 220 espécies presentes em águas fluviais, tipicamente organismos de células grandes (BELLINGER; SIGEE, 2015).

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A bacia hidrográfica rio Parnaíba apresenta uma área de superfície de 333.056 km² inserida na Região Nordeste do Brasil, estendendo-se pelos estados do Maranhão, Piauí e Ceará, abrangendo 279 municípios. Constitui a quarta maior bacia hidrográfica brasileira, sendo o rio Parnaíba o maior do Nordeste ocidental ou Meio Norte e a mais importante descarga de água doce nessa região com uma extensão de 1.400 km (SZCZYGIELSKI et al., 2015; BRITO, 2016; CODEVASF, 2016).

De acordo com o MMA (2006), a bacia do Parnaíba se divide em três unidades fisiográficas (sub-bacias): baixo, médio e alto Parnaíba. O alto Parnaíba compreende os rios Balsas, Alto Parnaíba (que agrega o rio Uruçuí-Preto), Gurgueia e Itaueiras; O médio Parnaíba com os rios Canindé/Piauí e Poti/Parnaíba; E o baixo Parnaíba com os rios Longá/Parnaíba, sendo que o rio Longá alimenta inúmeras lagoas de pequeno porte, além de ser caracterizado por barragens em dois pontos do seu curso. O rio Parnaíba deságua no oceano Atlântico, formando um delta com cinco canais de maré, Tutóia, Caju, Melancieiras, Canárias e Igarçu que sofrem influência das marés. O Delta do rio Parnaíba é o único em mar aberto do continente americano, que possui dezenas de ilhas e igarapés, cobrindo uma área de 2.700 km² (COSTA, 2015; SZCZYGIELSKI et al., 2015).

Devido a sua importante biodiversidade de fauna e flora, em 1996 foi criada a Área de Proteção Ambiental do Delta do Parnaíba (Dec s/n.º de 28.08.1996), abrangendo uma área aproximada de 313.800 ha, localizada nos municípios de Luís Corrêa, Ilha Grande de Santa Isabel e Parnaíba (no Estado do Piauí); Araiões e Tutóia (no Estado do Maranhão); Chaval e Barroquinha (no Estado do Ceará), e nas águas jurisdicionais. Em 2000, foi criada a Reserva Extrativista Marinha do Delta do Parnaíba nos municípios de Ilha Grande de Santa Isabel (Estado do Piauí), Araiões e Água Doce (Estado do Maranhão) com o objetivo de garantir a exploração autossustentável e a conservação dos recursos naturais renováveis tradicionalmente utilizados pela população extrativista da área (PAULA, 2013).

A região do baixo Parnaíba onde o estuário se localiza apresenta uma urbanização nas proximidades de Teresina e Parnaíba. As cidades de Parnaíba e Ilha Grande, locais onde os pontos de coleta estão inseridos, apresentam segundo os dados do último censo

do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), uma população de 145.705 habitantes e 8.914 habitantes respectivamente (IBGE, 2018).

Quanto ao esgotamento sanitário da bacia 6,5% da população urbana era atendida em 2012, sendo muito inferior à média nacional que na época era de 42,6% (ANA, 2012). Em estudos realizados por Monteiro (2004), foram identificados 16 pontos de lançamento de esgoto, além da Estação de Tratamento de Esgoto na Zona Centro e Norte da cidade de Teresina. Segundo o mesmo autor, o rio Parnaíba possui menores condições de absorver os níveis de poluição a que é submetido, em razão de possuir vazões bem maiores e elevado poder de diluição e autodepuração.

Conforme um estudo realizado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2010), a região do Parnaíba apresenta uma vazão média de $767 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, disponibilidade hídrica de $379 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. O regime de vazão do rio é perene em função da alimentação dos tributários perenes em seu alto curso onde se localiza uma faixa de regime de chuvas em torno de 1.200 e 1.400 mm anuais e seu médio e baixo curso localizam-se numa área onde há um dos maiores aquíferos regionais da bacia do Parnaíba (LIMA, 2013).

O baixo curso do rio Parnaíba apresenta uma altimetria de até $50 \text{ cm} \cdot \text{km}^{-1}$ e reduzida velocidade de escoamento, em alguns pontos, o seu curso torna-se mais largo com canal do tipo padrão dendrítico, sendo fortemente influenciado por processos climato-meteorológicos costeiros, o que contribui significativamente para a manutenção da umidade e precipitação da região. Outro fator contribuinte é a presença da grande planície de inundação e planície fluviomarinha que compõe o Delta do Parnaíba, o que mantém a umidade da região constante e juntamente com a umidade proveniente do oceano, o que propicia longas precipitações (MMA, 2006; PAULA, 2013).

O estuário do rio Parnaíba é caracterizado com regime de mesomarés, com amplitudes que chegam a 3,7 metros de variação (PAULA, 2013) sendo que em marés de sizígia pode chegar a amplitudes de 3,5 metros e marés de quadratura de 1,1 metros (DHN, 2018), com duas preamares e duas baixa-mares, ou seja marés do tipo semidiurnas com intervalo entre os dois picos, pouco mais de 6 horas. Os ventos são de nordeste, constantes ao longo do ano, com média de velocidades de $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ a $4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (INMET, 2018), com valores mais expressivos no período de outubro a dezembro e velocidades mínimas nos meses de fevereiro e maio. Segundo a classificação de Galloway (1975) e Bhattacharya e Giosan (2003), que se baseia nos padrões de transporte de sedimentos, o

Delta do rio Parnaíba é do tipo “Dominado por ondas”, mas é fortemente influenciado pela maré.

A região do baixo Parnaíba apresenta uma drenagem caracterizada por canais meandantes de alta sinuosidade, composto por canais ativos, representados por barras de acreção lateral, diques marginais e depósitos de transbordamento. Ainda em trechos do principal curso verifica-se a presença de estruturas anastomóticas, que são formas frequentes dos canais de marés. Tais características levam ao rio apresentar elevada produção de sedimentos em média de $399,3 \text{ mg.L}^{-1}$ que percorrem praticamente todo o território piauiense advindo de outras grandes bacias hidrográficas que integram a bacia do Parnaíba (PAULA, 2013).

Em relação à descarga fluvial e a densidade da água do rio e da água do corpo receptor, o Delta do rio Parnaíba é caracterizado como um delta de Condições Hipopicnais onde o efluente do rio tem menor densidade que a água da bacia oceânica receptora. Sendo assim, a propagação de sedimentos em suspensão na água fluvial sobre a água marinha mais densa promove a ampla distribuição de sedimentos finos pela expansão da pluma e migração em ambiente basinais onde os processos físicos, como vento forte, corrente costeira ou alta energia de ondas não permite que a pluma turva fique confinada a uma zona estreita ao longo da costa que pode atingir mais de 10 km ao largo da costa (PAULA, 2013).

A área de estudo abrange a Formação Barreiras que é composta por conglomerados, arenitos grosseiros e finos com intercalações de siltitos e argilitos. Tais depósitos são referentes ao Tércio-Quaternário associado aos depósitos colúvio-aluvionares em época que o nível do mar era mais baixo que o atual. Os depósitos sedimentares do quaternário recobrem toda a planície costeira. Para a área de estudo, inclui-se especificamente os depósitos litorâneos, eólicos litorâneos, fluviomarinho e aluviais. Os depósitos aluviais são constituídos de sedimentos quaternários de aluviões que são representados por todos os depósitos fluviais recentes, que no rio Parnaíba bordeja o baixo curso fluvial. São caracterizados por areias mal selecionadas, argilas, siltes e às vezes cascalhos, de cores escuras (devido a matéria orgânica) ou cores variadas (PAULA, 2013).

Nos depósitos fluviomarinho, os sedimentos são essencialmente argilosos de coloração escura produzida pela decomposição da matéria orgânica resultante de um

ambiente com ações marinhas e fluviais (PAULA, 2013). Depósitos eólicos são compostos por sedimentos mobilizados pela ação dos ventos representados pelos campos de dunas da região, que podem ser recobertos ou não pela vegetação. Na região estuarina do rio Parnaíba esse depósito está voltado para faixa litorânea onde a partir daí parte dos sedimentos volta ao oceano através da descarga fluvial, retroalimentando a costa. Destaca-se ainda a área de interdunas, que segundo Lima e Brandão (2010), são áreas úmidas, que formam lagoas interdunares no período de chuva e marcam os rastros do movimento migratório ao longo do tempo.

Os depósitos litorâneos são contínuos e alongados que se estendem por toda a costa, situado na área de atuação da maré até o limite do início do pós-praia. São caracterizados por areias de textura média a grossa, em geral, moderadamente selecionadas, com abundantes restos de conchas, matéria orgânica e minerais pesados (PAULA, 2013). As planícies fluviais prolongam-se no sentido dos cursos d'água, originadas da deposição de sedimentos aluviais. Ao longo do rio Parnaíba esse depósito se torna mais expressivo tornando-se mais largos (LIMA; BRANDÃO, 2010).

O Delta do Rio Parnaíba está inserido em uma zona climática de transição entre o Pré-Amazônia Úmido e o Semiárido nordestino, também chamado de Meio Norte (ANDRADE JR et al., 2005), com climas tropical e tropical úmido e chuvas de verão, que se prolongam até o junho. Essa região apresenta dois períodos sazonais bem distintos, o período de estiagem de junho a dezembro e o período chuvoso de janeiro a maio, com precipitações anuais em torno de 1.100 a 1.700 mm.ano⁻¹ com chuvas máximas em abril, sendo que nos meses de agosto, setembro, outubro e novembro, a chuva praticamente chega a zero (PAULA, 2013; PAULA FILHO 2014; AQUINO DA SILVA et al., 2015).

No Brasil, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema meteorológico atuante sobre o litoral Nordeste, sendo o norte e centro do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte e os sertões da Paraíba e Pernambuco os estados mais afetados (MELO, 1997; ROSA; SILVA, 2016). Em anos de El Niño, pode haver a redução da formação de nuvens e da descida da ZCIT, diminuindo assim a quantidade de chuvas na região norte do nordeste brasileiro (FERREIRA; MELLO, 2005). A duração de cada estação depende da posição da ZCIT e da ocorrência e intensidade do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENSO) (HASTENRATH, 2006).

No estado do Maranhão encontra-se as maiores áreas contínuas dos manguezais do Brasil, com cerca de 5.000 km² de mangue já o litoral do Piauí conta com apenas 40 km² (BRITO, 2016). Segundo Lugo e Snedaker (1974), os manguezais são classificados como mangues de franja, por se desenvolverem nas margens dos oceanos, de leito de rios e borda de algumas ilhas flúvio-marinhas. Podem ser encontradas as espécies de mangue *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia germinans* que se situam na cota de altitude que varia entre 1 e 4 metros (FSADU, 2003; CAVALCANTI, 2001; CODESVASF, 2016). Há também uma vegetação de influência fluvial e de superfície topograficamente baixa e alagável que servem de suporte para gramíneas aquáticas e carnaubeiras (*Copernicia prunífera*) e macrófitas aquáticas como por exemplo a *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott caracterizada por apresentar porte de 4 a 8 metros de altura (MIRANDA et al., 2015).

REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional. Brasília-DF, Brasil. 2010, p.266.
- ANA – Agência Nacional de Águas. Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil. Brasília-DF, Brasil. 2012, p.266.
- ANDRADE, Jr., A.S., et al. Classificação climática e regionalização do Semi-Árido do Estado do Piauí sob cenários pluviométricos distintos. Revista Ciência Agronômica, v. 36, n.2, p.143–151, 2005.
- AQUINO DA SILVA, A.G., et al. Coastline change and offshore suspended sediment dynamics in a naturally developing delta (Parnaíba Delta, NE Brazil). Marine Geology, v.410, p.1-15, 2019.
- AQUINO DA SILVA, A.G., et al. The influence of climatic variations on river delta hydrodynamics and morphodynamics in the Parnaíba Delta, Brazil. Journal of Coastal Research, v.31, n.4, p.930-940, 2015. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-14-00078.1>
- AZEVEDO, A.C.G.A., FEITOSA, F.A.N., KOENING, M.L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. Acta Botanica Brasilica, v.22, n.3, p.870-877, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062008000300022>
- AZHIKODAN G., YOKOYAMA, K. Spatio-temporal variability of phytoplankton (Chlorophyll-a) in relation to salinity, suspended sediment concentration, and light intensity in a macrotidal estuary. Continental Shelf Research, v.126, p.15-26, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2016.07.006>
- BAKER, K.K., BAKER, A.L. Seasonal succession of the phytoplankton in the upper Mississippi River. Hydrobiologia, v.83, p.295-301, 1981. <https://doi.org/10.1007/BF00008280>

- BARLETTA M., LIMA, A.R.A., COSTA, M.F. Distribution, sources and consequences of nutrients, persistent organic pollutants, metals and microplastics in South American estuaries. *Science of the Total Environment*, v.651, p.1199–1218, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.276>
- BARLETTA, M., et al. Estuarine ecoclines and the associated fauna: ecological information as the basis for ecosystem conservation. In: Finkl, C.W., Makowski, C. (Eds.), *Coastal Wetlands: Alteration and Remediation*. Springer International Publishing AG 2017, pp. 479–512, 2017.
- BELLINGER, E.G., SIGEE, D.C. *Freshwater Algae: identification, enumeration and use as bioindicators*. 2e. Oxford, UK: Wiley Blackwell, p. 275, 2015.
- BHARATHI, M.D., et al. Influence of river discharge on abundance and composition of phytoplankton in the western coastal Bay of Bengal during peak discharge period. *Marine Pollution Bulletin*, v.133, p.671–683, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.032>
- BHATTACHARYA, J.P., GIOSAN, L. Wave-influenced deltas: geomorphological implications for facies reconstruction. *Sedimentology*, v.50, p187-210. 2003. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3091.2003.00545.x>
- BRANCO, E.S. Influência das variáveis ambientais na estrutura da comunidade fitoplanctônica do sistema estuarino de Barras das Jangadas (Pernambuco – Brasil). 2007. 210 f. Tese (Doutorado em Ciências) Programa de Pós-graduação de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.
- BRITO, C.S.F. Ecologia populacional do bivalve, *Cyanocyclas brasiliana* (Deshayes, 1854) no estuário do delta do rio Parnaíba, Piauí, Brasil. 2016. 118f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais) Instituto Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.
- CAVALCANTI, A. P. B. Impactos e Condições Ambientais da Zona Costeira do Estado do Piauí. 2001. Tese (Doutorado em Geografia – Organização do espaço), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2001.
- CHOWDHURY, M., et al. Nutrient stoichiometry and freshwater flow in shaping of phytoplankton population in a tropical monsoonal estuary (Kundalika Estuary). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.198, p.73-91, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.08.019>
- CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Plano nascente Parnaíba: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do rio Parnaíba. Orgs: MOTTA, EJO., GONÇALVES, NEW. Ed. IABS, Brasília-DF, Brasil. p.176, 2016.
- COSTA, A.F. Mamíferos Aquáticos da Costa Amazônica e Delta do Parnaíba: Diversidade e Relações Tróficas. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Universidade Federal do Pará, Bélem, p. 113, 2015.
- COSTA, M.F., BARLETTA, M. Special challenges in the conservation of fishes and aquatic environments of South America. *Journal of Fish Biology*, v.89, p.4–11, 2016. <https://doi.org/10.1111/jfb.12970>

COSTANZA, R., et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v.387, p.253-260, 1997.

DAVIES, J. H. A Morphogenic Approach of World Shorelines. *Zeitschrift für Geomorphologie*, v.8, p.127-142, 1964.

DHN – Diretoria de Hidrografia e Navegação. Dados de Maré. 2018. Disponível em https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-segnav/dados-de-mare-mapa?field_tipo_de_dados_value=T%C3%81BUAS+DE+MAR%C3%89 Acesso em: 21 mai. 2018.

EL-DIN, S.M.B., HAMED, A.H.S., IBRAHIM, A.N., SHATTA, A.K.M., ABO-SEDERA, S.A. Phytoplankton in irrigation and draining water canals of East Nile Delta of Egypt. *Global Journal of Biology, Agriculture & Health Sciences*, v.4 (2), p.56-60, 2015.

ELLIOTT, T., Deltas. In: READING, H.G. (Ed.), *Sedimentary Environments and Facies*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 113–154. 1986.

ESKINAZI-LEÇA, E., KOENING, M.L., SILVA-CUNHA, M.G.G. O fitoplâncton: estrutura e produtividade. In: BARROS, HM., ESKINAZI-LEÇA, E., MACÊDO, SJ, LIMA, T. (Eds.) *Gerenciamento participativo de estuários e manguezais*. Recife, Editora UFRPE, p. 67-73, 2000.

ESSIEN-IBOK, M.A. The phytoplankton community structure of a tropical river in Niger Delta, Nigeria. *Journal of Environment and Earth Science*, v.3, n.8, 2013.

EZEKIEL, E.N., OGAMBA, E.N., ABOWEU, J.F.N. Phytoplankton composition and abundance in Sombreiro river, Niger Delta, Nigeria. *Current Research Journal of Biological Sciences*, v.3(3), p.229-233, 2011.

FERREIRA, A.G., MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. *Revista Brasileira de Climatologia*, vol. 1, 2005. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v1i1.25215>

FRAZÃO, E.P. Caracterização hidrodinâmica e morfosedimentar do estuário Potengi e áreas adjacentes: subsídios para controle e recuperação ambiental no caso de derrames de hidrocarboneto. 2003. 85f. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica) Programa de Pós-graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.

FSADU – Fundação Sousândre. Relatório Final Ilha do Caju. 2003.

GALLOWAY, W.E. Process framework for describing the morphologic and stratigraphic evolution of deltaic depositional systems. In: *Deltas, Models for Exploration* (Ed. M.L. Broussard), Houston Geological Society, Houston, TX. p. 87–98, 1975.

GAO, Y., JIANG, Z., LIU, J., CHEN, Q., ZENG, J., HUANG W. Seasonal variations of net-phytoplankton community structure in the Southern Yellow Sea. *Journal of Ocean University of China*, v.12, p.557-567, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11802-013-2258-x>

GHOBARA, M., SALEM, Z.E. Spatiotemporal fluctuations in phytoplankton communities and their potential indications for the pollution status of the irrigation and drainage water in the middle Nile Delta area, Egypt. In: Negm A.M. (eds) *Conventional*

- Water Resources and Agriculture in Egypt. The Handbook of Environmental Chemistry, v.74. Springer, Cham, 2017. https://doi.org/10.1007/698_2017_1
- GRAHAM, L.E., WILCOX, L.W. Algae. Upper Saddle River, NJ, Prentice Hall. 2000.
- GROVER, J.P. Resource competition in a variable environment: phytoplankton growing according to the variable-internal-stores model. The American Naturalist, v.138, p.811–835, 1991.
- HASTENRATH, S. Circulation and teleconnection mechanisms of Northeast Brazil droughts. Progress in Oceanography, v.70, p.407–415, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2005.07.004>
- HUANG, L., JIAN, W., SONG, X., HUANG, X., LIU, S., QIAN, P., YIN, K., WU, M. Species diversity and distribution for phytoplankton of the Pearl River estuary during rainy and dry seasons. Marine Pollution Bulletin, v.49, p.588–596, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2004.03.015>
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. Brasil/Piauí/Parnaíba. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pi/parnaiba/panorama> Acesso em: 27 abr. 2018.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2018. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 28 dez. 2018.
- IRWIN, A.J., et al. Scaling-up from nutrient physiology to the size-structure of phytoplankton communities. Journal of Plankton Research, v.28, p.459–471, 2006. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbi148>
- KHIM, B.K., SHIN, S., KIM, J.C., TAKATA, H., HYUN, S., CHEONG, D. Sediment properties of lithologic units and their correlation within the lower delta plain of the Nakdong River Delta, southeast Korea. Quaternary International, In Press, Corrected Proof, 2019.
- KJERFVE, B. Estuarine Geomorphology and Physical Oceanography. In: Day Jr. J.W., Hall, C.A.S., Kemp, W.M., Yanez-Arancibia, A. (eds.) Estuarine Ecology. New York, Wiley, p. 47-48, 1987.
- LIANG, W., TANG, D., LUO, X. Phytoplankton size structure in the western South China Sea under the influence of a ‘jet-eddy system’. Journal of Marine Systems, v.187, p.82–95, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2018.07.001>
- LIMA, E.A.M, BRANDÃO, R.L. Mapa de Geologia. In: PFALTZGRAFF, P.A.S., TORRES, F.S.M., BRANDÃO, R.L. (Orgs.) Geodiversidade do Estado do Piauí. Recife: CPRM. 2010.
- LIMA, I.M.M.F. Morfodinâmica e meio ambiente na porção centro-norte do Piauí, Brasil. 2013. 309f. Tese (Doutorado em Geografia), Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.
- LUGO, A.E., SNEDAKER, S.C. The ecology of mangroves. Florida: Ann. Rev. Ecol. & Syst. v.05, p.39-64, 1974.

- MAURIEL, M.C.O. Características biogeoquímicas do canal do funil, estuário do rio São Francisco, SE, Brasil. 2004. 128f. Dissertação (Mestrado em Geociências) Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.
- MELO A.B.C. Previsibilidade da precipitação na Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil, durante a estação chuvosa, em função do comportamento diário das chuvas na pré-estação. 1997. 100f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) Departamento de Ciências Atmosféricas (DCA)). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1997.
- MIRANDA, J.A.L., ROCHA, J.A., ARAÚJO, K.M., QUELEMES, P.V., MAYO, S.J., ANDRADE, I.M. Atividade antibacteriana de estratos de folhas de *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott (Araceae). Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, v.17, n.4, p.1142-1149. 2015.
- MIRANDA, L.B., CASTRO, B.M., KJERFVE, B. Princípios de Oceanografia Física de Estuários. São Paulo: EDUSP, 424p, 2002.
- MMA - Ministério do Meio Ambiente. Caderno da Região Hidrográfica do Parnaíba. Brasília-DF, Brasil. p.184. 2006.
- MONTEIRO, C.A.B. Caracterização do esgotamento sanitário de Teresina: Eficiência, restrições e aspectos condicionantes. 2004. 236f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2004.
- NORTON, T.A., MELKONIAN, M., ANDERSEN, R. A. Algal Biodiversity. Phycologia, v.35, n.50, p.308–326. 1996.
- OTSUKA, A.Y., et al. Dynamics of Chlorophyll *a* and Oceanographic Parameters in the Coastal Zone: Barra das Jangadas-Pernambuco, Brazil. Journal of Coastal Research, v.32, n.3, p.490-499, 2016. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-14-00135.1>
- PAULA FILHO, F.J. Avaliação integrada da bacia de drenagem do rio Parnaíba através de fatores de emissão de cargas de nitrogênio e fósforo e índices de qualidade de águas. 2014. 193f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais), Instituto Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, p.193. 2014.
- PAULA, J.E.A. 2013. Dinâmica morfológica da planície costeira do estado do Piauí: evolução, comportamento dos processos costeiros e a variação da linha de costa. 2013. 242f. Tese (Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais), Instituto Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- PRITCHARD, D.W. Estuarine Circulation Patterns. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, v.81, n.717, p.1-11, 1955.
- RABALAIS, N.N. Nitrogen in Aquatic Ecosystems. Ambio: A Journal of the Human Environment, vol.31, n.2, p.102-112, 2002. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-31.2.102>
- RAJANEESH, K.M., MITBAVKAR, S., ANIL, A.C. Dynamics of size-fractionated phytoplankton biomass in a monsoonal estuary: Patterns and drivers for seasonal and spatial variability. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v.207, p.325–337, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.04.026>
- REYNOLDS, C.S. Ecology of phytoplankton. Cambridge: Cambridge University Press. 2006.

ROSA, M.B., SILVA, L.T. Alguns aspectos climatológicos da ZCIT. 2016. Disponível em <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/RosaeSilva.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2018.

ROUND, F.E., CRAWFORD, R.M., MANN, D.G. The Diatoms – Biology and Morphology of the Genera. Cambridge, UK, Cambridge University Press. 1990.

RYTHER, J.H. Photosynthesis and fish production in the sea. The production of organic matter and its conversion to higher forms of life vary throughout the world ocean. Science (Washington), v.166, p.72–76, 1969.

SHAABAN, A.M., MANSOUR, H.A., SABER, A.A. Relationships between total chlorophyll and phytoplankton individuals of Rosetta branch of River Nile, Egypt. International Research Journal of Biochemistry and Bioinformatics, v.1 (10), p.257-265, 2011.

SHEN, P.P., et al. Spatio-temporal variability of phytoplankton assemblages in the Pearl River estuary, with special reference to the influence of turbidity and temperature. Continental Shelf Research, v.31, p.1672-1681, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2011.07.002>

SHUTER, B.G. Size dependence of phosphorus and nitrogen subsistence quotas in unicellular microorganisms. Limnology and Oceanography, v.23, p.1248–1255, 1978. <https://doi.org/10.4319/lo.1978.23.6.1248>

SPIRIDON, C., TÖRÖK, L., TUDOR, I.M., IBRAM, O., TEODOROF, L., DESPINA, C., SECELEANU ODOR, D., TUDOR, M., GEORDESCU, L.P. Phytoplankton assessment in Danube Delta biosphere reserve. Scientific Annals of the Danube Delta Institute, v.21, 2015. doi:10.7427/DDI.21.10

SZCZYGIELSKI, A., et al. Evolution of the Parnaíba Delta (NE Brazil) during the late Holocene. Geo-Marine Letters, v.35, p.105-117, 2015. DOI 10.1007/s00367-014-0395-x

WANG, C., LI, X., WANG, X., WU, N., YANG, W., LAI, Z., LEK, S. Spatio-temporal patterns and predictions of phytoplankton assemblages in a subtropical river delta system. Fundamental and Applied Limnology, v.187, p. 335-349, 2016. <https://doi.org/10.1127/fal/2016/0866>

WARWICK, R.M., TWEEDLEY, J.R., POTTER, I.C. Microtidal estuaries warrant special management measures that recognize their critical vulnerability to pollution and climate change. Marine Pollution Bulletin, v.135, p.41–46, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.062>

WATANABE, K., et al. Influence of salt-wedge intrusion on ecological processes at lower trophic levels in the Yura Estuary, Japan. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v.139, p.67-77, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.12.018>

YUAN, H., et al. Spatial and seasonal variations, partitioning and fluxes of dissolved and particulate nutrients in Jiaozhou Bay. Continental Shelf Research, v.171, p.140–149, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2018.11.004>

ARTIGO SUBMETIDO

ESTUARINE, COASTAL AND SHELF SCIENCE

Padrões na distribuição de espécies indicadoras da comunidade fitoplanctônica em um estuário no Delta das Américas – Brasil

Amanda Lorena Lima Oliveira^{a*}, Marco Valério Jansen Cutrim^{a,b*}, Francisco José da Silva Dias^{a,b}, Caio Brito Lourenço^c, Lisana Furtado Cavalcanti^d, Ana Karoline Duarte dos Santos Sá^d, Vinicius Henrique Maciel dos Santos^b

^aPrograma de Pós-Graduação em Oceanografia – PPGOceano - UFMA, Cidade Universitária Dom Delgado, Av. dos Portugueses, N°1966, Bacanga - CEP. 65080-805, São Luís - MA, Brasil.

^bInstituto de Ciências do Mar – ICMAR, Cidade Universitária Dom Delgado, Av. dos Portugueses, N°1966, Bacanga - CEP. 65080-805, São Luís - MA, Brasil.

^cInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão – IFMA, Campus Itapecuru, Rua Professor João Batista Pereira dos Santos, s/n, Centro, CEP. 65485-000, Itapecuru Mirim – Maranhão, Brasil.

^dPrograma de Pós-Graduação em Oceanografia – PPGO – UFPE, Cidade Universitária, Av. Prof. Moraes Rego, N°1235 – CEP. 50670-901, Recife – PE, Brasil.

*Autores correspondentes:

E-mail: cutrim@ufma.br (Cutrim, M.V.J); amandalimaa2792@gmail.com (Oliveira, A.L.L)

RESUMO

O Delta do rio Parnaíba é o único em mar aberto do continente americano com uma área de 2.700 km². O rio está situado no Nordeste do Brasil, sendo o segundo maior em termos de largura, descarga e tamanho da bacia de drenagem. Apresenta um regime de mesomareés, sujeito à atuação do fenômeno El Niño Oscilação Sul. O trabalho objetiva

investigar a comunidade fitoplanctônica e identificar espécies indicadoras de zonas estuarinas influenciadas pela sazonalidade local. Para a realização do estudo foram feitas análises das variáveis físicas e químicas, nutrientes, clorofila *a* e densidade fitoplanctônica durante 2018 considerando o ciclo de maré (baixa-mar e preamar) e períodos sazonais (chuvoso, de transição e estiagem), com uma prévia caracterização física do estuário. A partir dos dados obtidos verificou-se uma zonação nítida do estuário em preamar, enquanto que em baixa-mar o fluxo fluvial domina o sistema no período chuvoso, com salinidades e temperaturas típicas de ambientes fluviais. A precipitação pluviométrica, altera o gradiente de salinidade, concentrações de nutrientes, turbidez e MPS, reduzindo a disponibilidade de luz que juntamente com a entrada da maré são fatores condicionantes para a distribuição da comunidade. Quanto as variáveis biológicas, a abundância foi maior na ZR (zona de rio) e de clorofila *a* na ZC (zona costeira). As espécies bioindicadoras no período chuvoso em baixa-mar foram *Planktolyngbya limnetica*, *Strombomonas fluviatilis* na ZR e *Strombomonas* sp. na ZM (zona de mistura). Em preamar *Chaetoceros lorenzianus* e *Coscinodiscus* sp. típicas de ambiente marinho, se destacaram na ZC. No período de transição, *Cyclotella meneghiniana*, *Cylindrotheca closterium*, *Coscinodiscus oculus-iridis* e *Chroococcus* sp. espécies adaptadas a ambientes turvos e com turbulência da água, características da ZM e ZC. Na estiagem, em baixa-mar, foram selecionadas *Staurastrum asteroideum*, *Pseudanabaena* sp., *Trachelomonas volvocina* (ZR) e *Trichodesmium erythraeum* (ZC). Tais resultados contribuem para o conhecimento dos fatores condicionantes na determinação de padrões espaciais e temporais neste ecossistema deltaico com marcada influência sazonal.

Palavras-chaves: fitoplâncton, gradiente de salinidade, espécies bioindicadoras, sistemas deltaicos, Delta das Américas.

1. Introdução

Ambientes costeiros tais como deltas, baías e estuários são caracterizados pela interação terrestre e processos marinhos, tendo experimentado mudanças ativas em resposta a uma ampla gama de fatores controladores e de origem antrópica (Khim et al., 2019).

Os ecossistemas deltaicos marinhos são morfologias costeiras que representam a predominância fluvial (em termos de oferta de sedimentos) sobre as forças marinhas, as quais formam áreas de baixo relevo com abundante suprimento de água (Aquino da Silva et al., 2019). Dentre esses ecossistemas, os estuários são os principais fornecedores de importantes serviços ambientais, como produção de alimentos e ciclagem de nutrientes, o que os torna um dos sistemas mais produtivos do mundo (Costanza et al., 1997; Azevedo et al., 2008).

Levando em consideração fatores climáticos, sedimentação e forças dinâmicas, este ambiente pode ser dividido em três zonas distintas: zona com maior influência fluvial (zona de maré do rio), região onde ocorre a mistura da água fluvial com água do mar (zona de mistura) e a região costeira adjacente se estendendo até a frente da pluma estuarina (zona costeira) (Kjerfve, 1987).

Estas zonas estuarinas apresentam flutuações das variáveis condicionadas pela precipitação pluviométrica (sazonalidade), gradiente de salinidade e influxo de maré (Vajravelu et al., 2018; Madhu et al., 2017), fatores que desempenham um papel crítico afetando a produção biológica, a qualidade da água, o transporte e a dispersão de materiais nesse ambiente e interferindo na distribuição de variáveis químicas e biológicas (Zhou et al., 2016).

Outro fator potencialmente importante nesse sistema, são os nutrientes que apresentam variações interanuais e sazonais, que podem advir de origem urbana,

industrial ou agrícola estimulando a produção primária, o que pode induzir a problemas ambientais a médio prazo, tais como eutrofização, hipóxia, proliferação de algas potencialmente tóxicas, alterações na estrutura da cadeia trófica e limitar a taxa de crescimento do fitoplâncton (Bargu et al., 2019; Kasai et al., 2010).

Essa comunidade desempenha uma importante função nas redes tróficas como produtores primários aquáticos, além de interagir fortemente com fatores químicos e biológicos do meio (Chai et al., 2016; Cavalcanti et al., 2018). Por apresentar um ciclo de vida curto, responder rapidamente às mudanças ambientais e poder indicar o estado trófico do ambiente (Otsuka et al., 2016; Zhou et al., 2016), a comunidade fitoplanctônica é considerada uma boa indicadora de qualidade da água. Dessa forma, este trabalho objetiva investigar a comunidade fitoplanctônica e identificar espécies indicadoras de zonas estuarinas influenciadas por uma marcante sazonalidade em um ecossistema deltaico na costa equatorial do Atlântico Sul.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

O Delta do rio Parnaíba deságua no oceano Atlântico sendo o único em mar aberto do continente americano, constituído por cinco canais de maré, possuindo dezenas de ilhas e igarapés e cobrindo uma área de 2.700 km². O estuário do Delta do rio Parnaíba (EDRP) está situado na região Nordeste do Brasil, entre os estados do Maranhão e Piauí, sendo o segundo maior rio em termos de largura, descarga e tamanho da bacia de drenagem com extensão aproximada de 1400 km (Aquino da Silva et al., 2015; Szczygielski et al., 2015).

O estuário é caracterizado por apresentar um regime de mesomarés tipo semidiurna com amplitudes que chegam a 3,7 metros de variação. O clima da região está

inserido em uma zona climática de transição entre o Pré-Amazônia Úmido e o Semiárido nordestino, representado por dois períodos sazonais: chuvoso (janeiro a maio) e estiagem (junho a dezembro) (Aquino da Silva et al., 2015; 2019).

2.2 Amostragem

Três campanhas foram realizadas em 2018, considerando o ciclo de maré em cenário lunar de quadratura em baixa-mar e preamar durante o período chuvoso (fevereiro), de transição (agosto) e estiagem (outubro). Ao longo do estuário, oito pontos foram estabelecidos com distâncias equidistantes de 3km. (Figura 1).

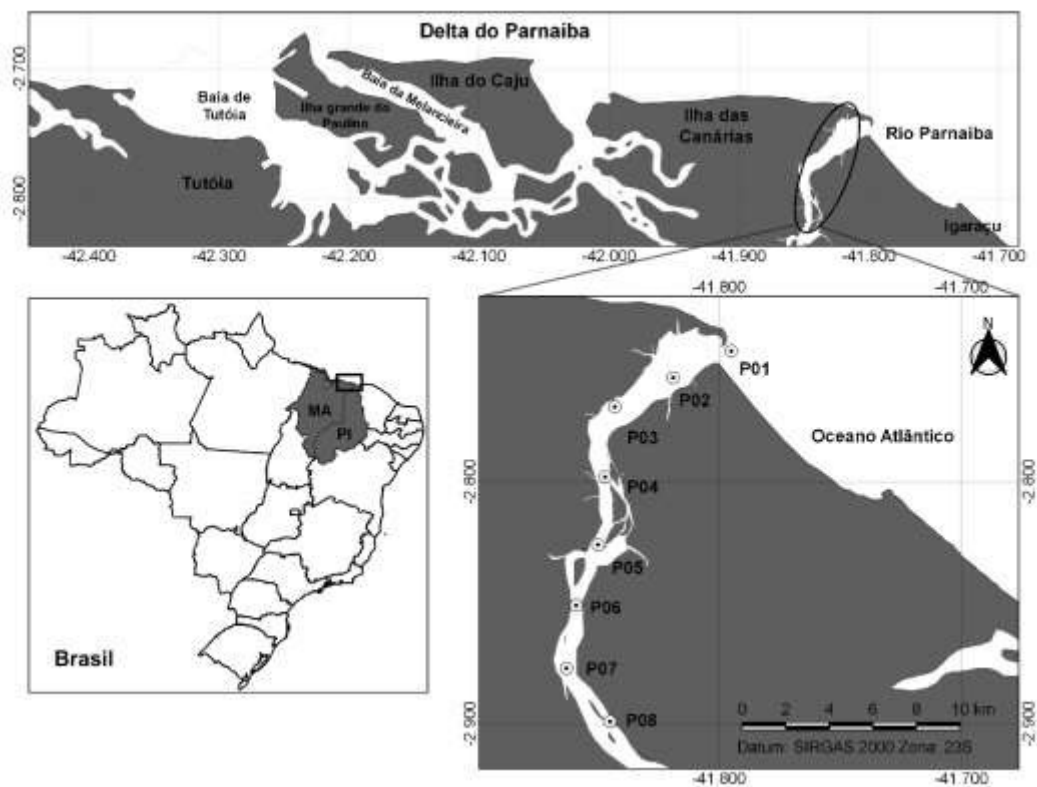


Figura 1. Localização dos pontos amostrais no estuário do Delta do rio Parnaíba - EDRP, Maranhão/Piauí – Brasil.

2.3 Caracterização meteorológica

Os dados meteorológicos dos últimos 24 anos revelam um ciclo sazonal típico para a região com dois períodos bem distintos: o período chuvoso com maiores precipitações em abril (223,61 mm) e o período de estiagem com menor precipitação (0,93 mm) em setembro. O ano de 2018 registrou maiores precipitações em fevereiro com 384,6 mm não acompanhando a série histórica, mostrando que esse ano a precipitação foi muito maior que a média registrada para esse mês (172,43 mm), com permanência do fenômeno La Niña de fraca intensidade (CPC, 2018). A velocidade dos ventos em 2018 registrou maior valor em novembro com 4,59 m.s⁻¹ e menor em fevereiro com 1,90 m.s⁻¹. (Figura 2).

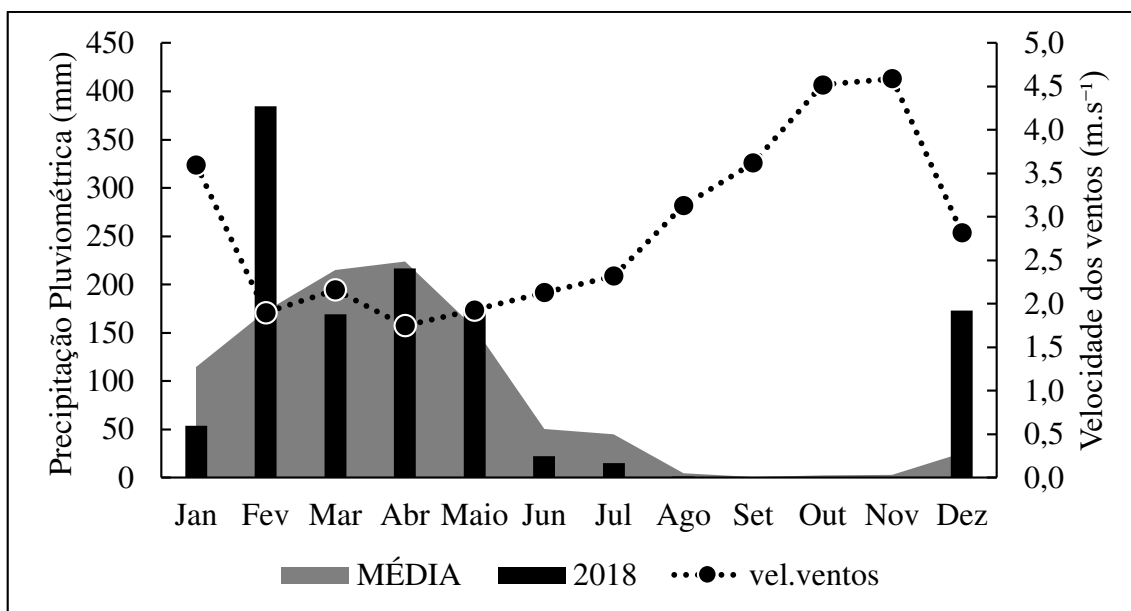


Figura 2. Série histórica mensal de chuvas (1994-2018) e total de chuvas registradas para o ano de coleta. Dados climatológicos foram obtidos pelo site do Instituto Nacional de Meteorologia (<http://www.inmet.gov.br/>).

O El-Niño Oscilação Sul (ENOS) é o principal fator climático que controla os padrões de precipitação, sendo a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o sistema

meteorológico atuante sobre o litoral do nordeste do Brasil, onde está inserida a área de estudo (Hastenrath, 2006; Rosa & Silva, 2016; Aquino da Silva et al., 2019).

2.4 Caracterização Física

Os seguintes parâmetros foram mensurados *in situ*: profundidade, temperatura, salinidade e condutividade, através de uma perfilagem vertical da coluna d' água com o auxílio do perfilador CTD-YSI EXO 2 (*Conductivity, Temperature and Depth*).

2.5 Análise Hidrológica

As amostras de água para análise dos parâmetros físico e químicos foram coletadas em dois estratos da coluna d' água: sub-superfície (0,5 m) e meio da coluna d' água de acordo com a profundidade local. Oxigênio dissolvido e pH foram mensurados através da sonda multiparamétrica (Hanna – modelo HI9828). Em laboratório foram determinados o material particulado em suspensão (MPS) de acordo com Strickland & Parsons (1972) e turbidez com o auxílio do turbídímetro (Lamotte 2020).

Para determinação dos nutrientes em $\mu\text{Mol.L}^{-1}$ as seguintes metodologias foram usadas: íon amônio (NH_4^+) (Koroleff, 1983), nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-) (Strickland & Parsons, 1972), ortofosfato (PO_4^{-3}) e silicato (SiO_2^-) por Grasshoff et al., (1983). Quantificação do nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) foi obtido pela soma de $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$, silicato inorgânico dissolvido (SID) pelo SiO_2^- e fósforo inorgânico dissolvido (PID) por PO_4^{-3} , seguindo a metodologia descrita em APHA (2012).

2.6 Densidade e Composição Fitoplanctônica

Para o estudo da estrutura da comunidade e densidade fitoplanctônica, foram coletadas amostras de água em dois estratos da coluna d'água (sub-superfície e meio) com auxílio da garrafa de *van Dorn* e coradas com solução de Lugol. Para a determinação da densidade fitoplanctônica, seguiu-se o método de Utermöhl (Utermöhl, 1958). As contagens foram realizadas em invertoscópio (ZEISS Axiovert 100) em uma ampliação de 400x, empregando-se a contagem em cruz mínima de 100 campos usando câmara de sedimentação de 10 ml para cada amostra. O número de células foi aplicado na equação de Villafañe & Reid (1995), onde os resultados foram expressos em células por litro (cels.L⁻¹).

A diversidade do fitoplâncton foi analisada através dos índices de Shannon (H') (Shannon, 1948), equitabilidade (J) (Pielou, 1966) e riqueza (S) (Margalef, 1958).

A identificação taxonômica foi baseada em bibliografias especializadas, e a atualização dos táxons seguiram o sistema de classificação do banco de dados internacional ALGAEBASE (Guiry & Guiry, 2018).

2.7 Biomassa Fitoplanctônica (Clorofila *a*)

A biomassa fitoplanctônica foi estimada pela concentração de clorofila *a* (mg.m⁻³). Amostras de água (2L) foram coletadas na sub-superfície e no estrato do meio da coluna d'água com auxílio da garrafa de *van Dorn*. As amostras foram filtradas através de filtros de fibra de vidro Whatman GF/F e a extração do pigmento foi realizada com acetona 90%. Para a separação das frações do fitoplâncton, microfitoplâncton (> 20 µm) e nanofitoplâncton (<20 µm), as amostras foram filtradas em tela de 20 µm. As concentrações do pigmento foram mensuradas usando o método espectrofotométrico (UNESCO, 1966) de acordo com Parsons & Strickland (1963).

2.8 Análise Estatística

Com o propósito de avaliar as diferenças significativas das variáveis ambientais e biológicas entre os períodos sazonais e zonas estuarinas foi aplicado a análise de variância (ANOVA One-Way) e seu respectivo teste não-paramétrico Kruskal-Wallis, com nível de significância definida em $p < 0,05$. Para cada variável foi testada a normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade (Teste de Levene), e em seguida transformados a log $(x + 1)$. A Análise de Componentes Principais (ACP) foi realizada como objetivo de identificar padrões sazonais e espaciais relacionados aos gradientes ambientais.

A Análise de Cluster, baseada na distância Euclidiana e método de Ward, determinou a dissimilaridade das amostras em relação a estrutura da comunidade fitoplanctônica por meio da densidade celular, onde as matrizes originais dos táxons foram previamente reduzidas, eliminando-se os táxons poucos frequentes ($< 2\%$) e pouco abundantes ($< 4,8 \times 10^3 \text{ cel.L}^{-1}$) para diminuir o ruído nas análises (Legendre & Legendre, 1998), onde foi realizada a transformação de Hellinger.

O IndVal (Índice de Valor Indicador) foi utilizado para selecionar os indicadores potenciais das zonas do EDRP. O método é determinado com base na fórmula proposta por Dufrene & Legendre (1997) e combina a abundância de uma espécie com sua frequência de ocorrência dos pontos amostrados, considerando a especificidade e fidelidade. O valor do índice foi expresso em porcentagem, o nível de significância foi avaliado através do teste de permutação aleatória de Monte Carlo, onde as espécies com IndVal significativo ($p < 0,05$) e $> 40\%$ foram consideradas como boas espécies indicadoras.

A Análise de Redundância Canônica (RDA) foi aplicada para avaliar as relações entre os grupos fitoplanctônicos e as variáveis ambientais. Nesse método uma matriz de espécies é analisada em relação a uma matriz de variáveis ambientais, sendo possível

observar a influência das variáveis ambientais significativas ($p < 0,05$) na distribuição dos táxons fitoplanctônicos através de um teste de permutação de Monte Carlo. As análises estatísticas foram realizadas usando os softwares PAST 3.0, CANOCO 4.5, PC-Ord 6.0 e Matlab R2013b.

3. Resultados

3.1 Caracterização Física

A salinidade, temperatura e MPS apresentaram diferenças significativas sazonal ($p < 0,01$) e entre zonas ($p < 0,01$).

Durante o período chuvoso, em preamar, o gradiente horizontal de salinidade ($\nabla_H S$) foi de aproximadamente de $1,46 \text{ g.Kg}^{-1}.\text{Km}^{-1}$ (Figura 3A). Entretanto, em baixa-mar o $\nabla_H S$ foi apenas de $0,12 \text{ g.Kg}^{-1}.\text{Km}^{-1}$ com variação de $0,03 \text{ g.Kg}^{-1}$ a $0,13 \text{ g.Kg}^{-1}$ no fundo da coluna d'água (Figura 3B). No período de transição em preamar o $\nabla_H S$ foi o mesmo observado para o período chuvoso com variação de $0,1 \text{ g.Kg}^{-1}$ a $32,4 \text{ g.Kg}^{-1}$ (Figura 3C). Em baixa-mar o $\nabla_H S$ foi de $1,12 \text{ g.Kg}^{-1}.\text{Km}^{-1}$ com variação de $0,06 \text{ g.Kg}^{-1}$ a $24,7 \text{ g.Kg}^{-1}$ (Figura 3D). No período de estiagem em preamar e baixa-mar o $\nabla_H S$ observado foi de $1,55 \text{ g.Kg}^{-1}.\text{Km}^{-1}$ em ambas as marés com variação de $0,03$ a $34,2 \text{ g.Kg}^{-1}$ (Figura 3E e 3F).

No geral, este comportamento sugere que o estuário apresenta três zonas estuarinas baseadas no gradiente de salinidade: Zona Costeira (ZC – ponto 1; $S \geq 30 \text{ g.Kg}^{-1}$); Zona de Mistura (ZM – pontos 2 e 3; $15 > S < 30 \text{ g.Kg}^{-1}$) e Zona de Rio (ZR – pontos 4 ao 8; $S \leq 15 \text{ g.Kg}^{-1}$). No entanto, durante o período chuvoso foi evidenciado apenas uma zona estuarina em baixa-mar: ZR.

A temperatura da água, em período chuvoso na baixa-mar apresentou amplitude térmica de $2,2 \text{ }^\circ\text{C}$, com gradiente horizontal ($\nabla_H T$) de $0,07 \text{ }^\circ\text{C.km}^{-1}$ onde observa-se águas

mais quentes ($T > 31^{\circ}\text{C}$) na parte mais interna do estuário e águas mais frias ($T < 30^{\circ}\text{C}$) na região da foz (Figura 3G). O mesmo comportamento foi observado em preamar, com $\nabla_H T$ de $0,05^{\circ}\text{C.km}^{-1}$ (Figura 3H). No período de transição, a amplitude térmica observada em preamar foi a mesma da estação chuvosa, enquanto que em baixa-mar a amplitude térmica foi de $2,0^{\circ}\text{C}$. Os $\nabla_H T$ foram praticamente iguais, aos observados no período chuvoso ($0,07^{\circ}\text{C.km}^{-1}$ e $0,05^{\circ}\text{C.km}^{-1}$) para ambas as marés (Figura 3I e 3J). No período de estiagem, em preamar, observa-se que a região da foz apresentou um $\nabla_H T$ de $0,05^{\circ}\text{C.km}^{-1}$, enquanto que em baixa-mar registrou um $\nabla_H T$ de $0,14^{\circ}\text{C.km}^{-1}$ (Figura 3L e 3M).

O material particulado em suspensão (MPS), durante a estação chuvosa em preamar apresentou maiores concentrações na região interna (60 a 80 mg.L^{-1}) e menores valores na região da foz ($19,3\text{ mg.L}^{-1}$) (Figura 3N). Em baixa-mar, devido a menor influência da maré, o aporte continental aumentou as concentrações de MPS na região interna (78 a 98 mg.L^{-1}) e a região da foz apresentou concentrações de MPS junto ao fundo cinco vezes maior do ocorrido em preamar (Figura 3O). Os gradientes horizontais ($\nabla_H MPS$) variaram de $2,6\text{ mg.L}^{-1}.\text{km}^{-1}$ a $1,5\text{ mg.L}^{-1}.\text{km}^{-1}$ em preamar e baixa-mar respectivamente. No período de transição, em preamar, o MPS variou de $22,2\text{ mg.L}^{-1}$ nas ZM e ZR a $70,2\text{ mg.L}^{-1}$ na ZC, já em baixa-mar variou de $34,1\text{ mg.L}^{-1}$ (ZR) a $20,9\text{ mg.L}^{-1}$ (ZM). O $\nabla_H MPS$ aumentou 67% do gradiente de MPS em preamar quando comparado ao observado em baixa-mar (Figura 3P e 3Q).

No período de estiagem, em preamar o MPS variou de $23,1\text{ mg.L}^{-1}$ na ZR e ZM a $43,1\text{ mg.L}^{-1}$ na ZC, resultando em um $\nabla_H MPS$ de $0,9\text{ mg.L}^{-1}.\text{km}^{-1}$, em baixa-mar com máximos obtidos na região da foz foi de $31,3\text{ mg.L}^{-1}$, resultando em um $\nabla_H MPS$ de $0,04\text{ mg.L}^{-1}.\text{km}^{-1}$. O valor de $\nabla_H MPS$ em preamar é praticamente o dobro do encontrado em baixa-mar (Figura 3R e 3S).

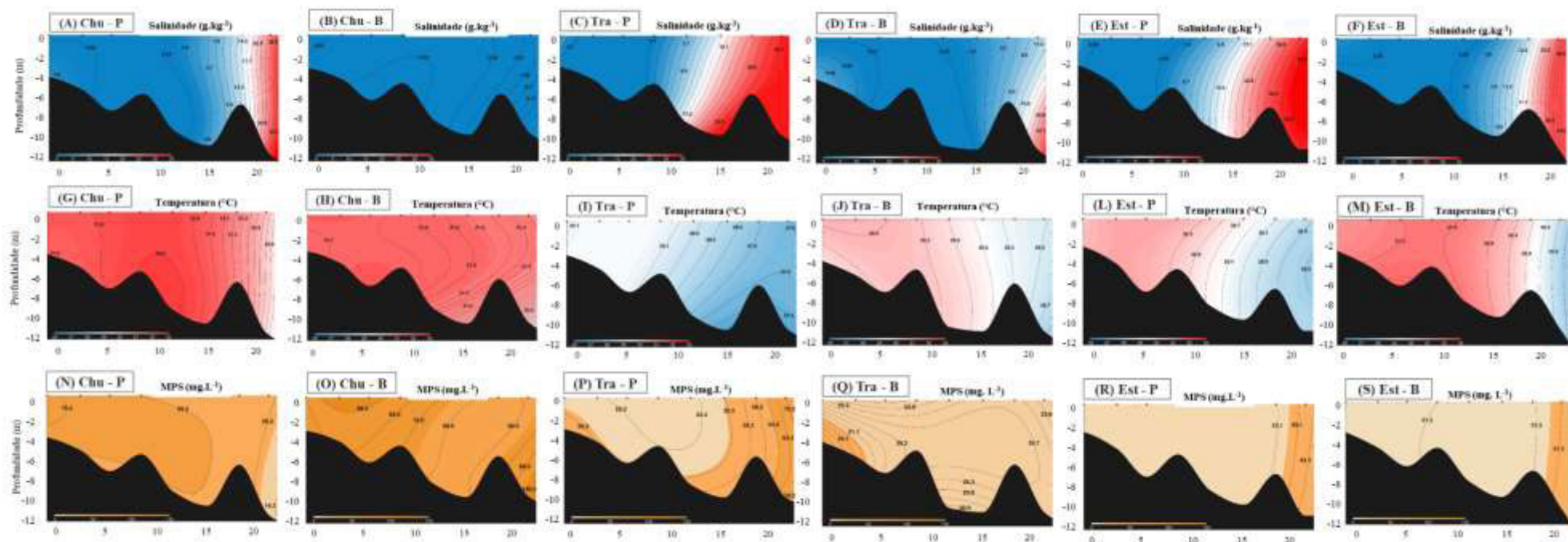


Figura 3. Transectos longitudinais de salinidade, temperatura e material particulado em suspensão ao longo do EDRP em diferentes marés e períodos sazonais.

Onde: Chu - P – Preamar chuvoso; Tra - P – Preamar transição; Est - P – Preamar estiagem; Chu - B – Baixa-mar chuvoso; Tra - B – Baixa-mar transição; Est - B – Baixa-mar estiagem; A à F – Salinidade; G à M – Temperatura; N à S – Material particulado em suspensão.

3.2 Caracterização Hidrológica

Os valores das variáveis ambientais, biológicas e nutrientes da água estão resumidas na tabela 1 com diferença significativa ($p < 0,05$) sazonal e entre zonas estuarinas.

A condutividade elétrica apresentou maiores valores no período de estiagem ($11.148 \pm 18.428,81 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), e especialmente na ZC ($33.047,43 \pm 22.607,20 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Esse parâmetro apresentou diferença significativa sazonal ($p < 0,01$) e entre zonas ($p < 0,01$). A turbidez registrou as maiores concentrações no período chuvoso ($114,22 \pm 40,76 \text{ UNT}$) sendo uma consequência da maior precipitação nesse período, especialmente a ZR apresentou maiores valores ($58,16 \pm 58,03 \text{ UNT}$). Diferenças significativas foram observadas entre períodos sazonais ($p < 0,01$) e entre zonas ($p < 0,01$). O período de transição registrou as maiores concentrações de oxigênio dissolvido ($6,78 \pm 0,96 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) e especialmente a ZC foi a zona com maior concentração ($6,61 \pm 0,92 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$). O pH apresentou maiores valores no período de transição ($7,93 \pm 0,42$) e especialmente na ZM ($7,22 \pm 0,80$), com diferenças significativas sazonal ($p < 0,05$) e entre zonas ($p < 0,05$).

3.3 Nutrientes da Água

Quanto aos nutrientes, nitrito ($0,22 \pm 0,11 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $p < 0,01$), nitrato ($19,56 \pm 3,95 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $p < 0,01$) e silicato ($3,43 \pm 0,55 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$; $p < 0,01$) apresentaram diferenças significativas sazonais com maiores concentrações no período chuvoso. O íon amônio apresentou diferença significativa somente entre zonas ($p < 0,05$) com maiores concentrações na ZM ($0,19 \pm 0,10 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) e o PID foi o único a apresentar diferença significativa entre zonas ($p < 0,05$) e sazonal ($p < 0,05$) com maiores concentrações no período de estiagem ($0,38 \pm 0,29 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) e na ZC ($0,58 \pm 0,41 \mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$) (Figura 4).

Em relação a razão de Redfield NID:PID em todos os períodos sazonais, a proporção foi maior que 16:1 (chuva 100% dos dados, transição 54,2% e estiagem 78,1%), demonstrando que o fósforo é o fator limitante. A razão NID:SID no período chuvoso (100% dos dados) e de estiagem (96,9% dos dados) a proporção foi maior que 1 indicando uma limitação por silicato enquanto que no período de transição 87,5% dos dados estiveram menores que 1 indicando limitação por nitrogênio.

Quanto à razão SID:PID no período chuvoso, 81,3% dos pontos estiveram maiores que 16 indicando uma limitação por fósforo, enquanto que no período de estiagem 90,6% dos pontos estiveram menores que 16 indicando limitação por silicato. Já no período de transição foi constatado uma colimitação por fósforo e silicato, já que metade dos pontos estiveram com valores menores 16.

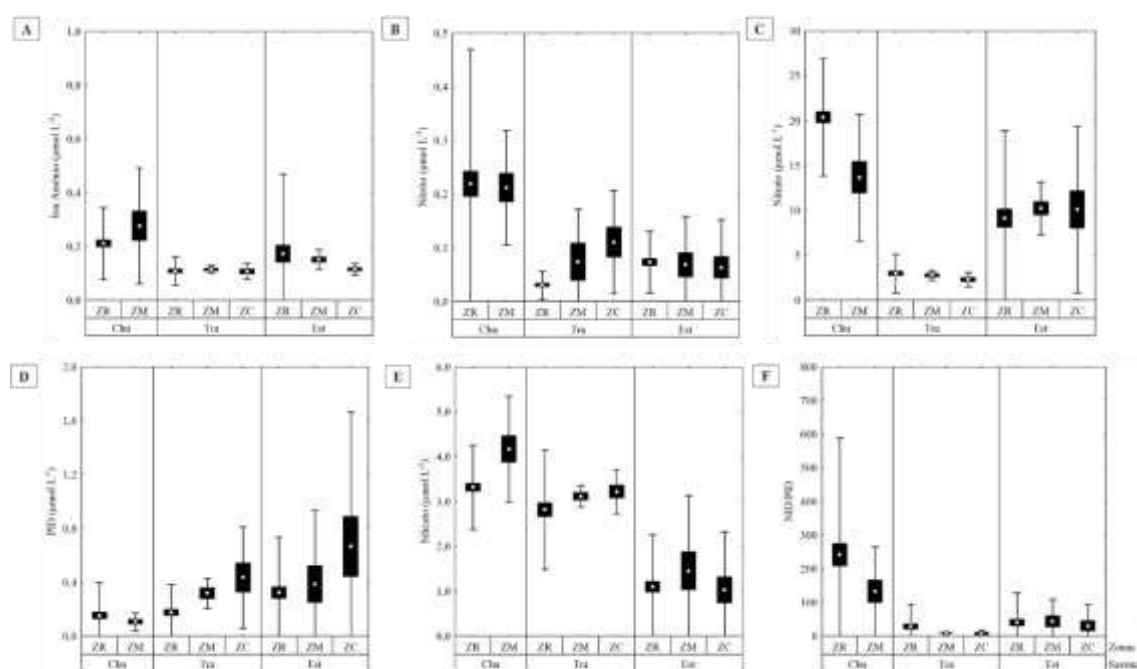


Figura 4. Distribuição espacial do (A) - íon amônio, (B) - nitrito, (C) - nitrato, (D) - PID, (E) - silicato, (F) – Razão NID:PID (média±desvio padrão) no EDRP nas zonas estuarinas e períodos sazonais. Onde: Chu – período chuvoso; Tra – período de transição; Est – período de estiagem; ZR – zona de rio; ZM – zona de mistura; ZC – zona costeira.

3.4 Caracterização Biológica

As concentrações de clorofila *a* não apresentaram diferenças significativas em relação a sazonalidade e entre zonas ($p > 0,05$). Houve uma tendência de menores valores no período de estiagem ($8,94 \pm 17,28 \text{ mg.m}^{-3}$), seguido pelo período chuvoso ($16,04 \pm 8,90 \text{ mg.m}^{-3}$) e um acentuado aumento no período de transição ($21,74 \pm 23,49 \text{ mg.m}^{-3}$). Especialmente a ZC apresentou maiores concentrações de clorofila *a* ($18,38 \pm 30,61 \text{ mg.m}^{-3}$) (Figura 5).

Em relação ao fracionamento do fitoplâncton, o nanofitoplâncton apresentou menores valores no período de estiagem ($5,43 \pm 15,97 \text{ mg.m}^{-3}$) e maiores valores no período chuvoso ($9,37 \pm 3,14 \text{ mg.m}^{-3}$). Especialmente, a ZC apresentou maiores concentrações de nanofitoplâncton ($14,64 \pm 31,58 \text{ mg.m}^{-3}$). O microfitoplâncton registrou menores concentrações no período de estiagem ($3,51 \pm 7,52 \text{ mg.m}^{-3}$) e um aumento das concentrações no período de transição ($12,17 \pm 19,26 \text{ mg.m}^{-3}$). Especialmente, a ZM registrou maiores concentrações ($8,30 \pm 12,50 \text{ mg.m}^{-3}$) (Figura 5). No período chuvoso, 72% dos pontos o nanofitoplâncton foi dominante, na transição 52% correspondeu ao microfitoplâncton e na estiagem 55% ao nanofitoplâncton.

A densidade fitoplanctônica apresentou diferença significativa entre períodos sazonais ($p < 0,05$) e entre zonas ($p < 0,05$) com menores valores registrados no período chuvoso ($20,5 \pm 5,0 \times 10^4 \text{ cel.L}^{-1}$), seguido pelo período de transição ($124,5 \pm 83,5 \times 10^4 \text{ cel.L}^{-1}$) e um aumento significativo durante a estiagem ($157,4 \pm 91,3 \times 10^4 \text{ cel.L}^{-1}$). Especialmente foi observado um gradiente crescente da ZC para a ZR, com maior registro de densidade da comunidade ($116,8 \pm 94,5 \times 10^4 \text{ cel.L}^{-1}$) (Figura 5).

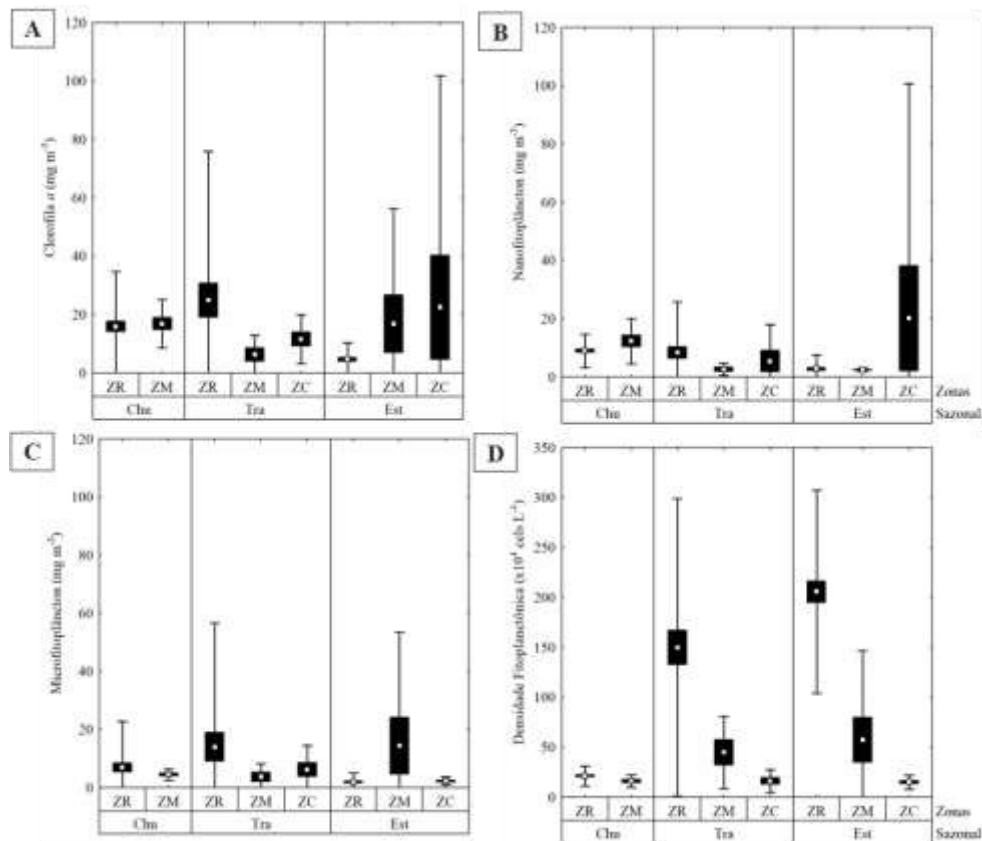


Figura 5. Distribuição espacial da (A) – clorofila *a*, (B) – nanofitoplâncton, (C) – microfitoplâncton, (D) densidade fitoplânctônica (média±desvio padrão) no EDRP nas zonas estuarinas e períodos sazonais. Onde: Chu – período chuvoso; Tra – período de transição; Est – período de estiagem; ZR – zona de rio; ZM – zona de mistura; ZC – zona costeira.

Os índices ecológicos apresentaram padrões semelhantes, com menores valores no período chuvoso e maiores na estiagem (Tabela 1). Espacialmente, a ZC apresentou média diversidade ($2,27 \pm 0,18$ bits.cel⁻¹) enquanto que a ZR apresentou grande riqueza de espécies ($6,02 \pm 2,37$). A diversidade específica, equitabilidade e riqueza de espécies apresentaram diferença significativa entre períodos sazonais ($p < 0,05$), enquanto que a equitabilidade apresentou somente para zonas estuarinas ($p < 0,01$).

Variáveis Ambientais e Biológicas	Média ± Desvio Padrão						Sazonal p - valor			Zonas
	Chuvoso	Transição	Estiagem	ZR	ZM	ZC	Chuvoso	Transição	Estiagem	p - valor
Salinidade (g.Kg ⁻¹)	2,59±7,39	8,86±12,44	8,42±12,67	1,21±3,13	21,85±7,21	32,74±0,33	0,0006**	0,0029**	0,0000**	0,0000**
Temperatura (°C)	31,59±0,44	29,21±0,92	29,36±0,90	30,50±1,10	29,25±1,39	28,00±0,66	0,0013**	0,0035**	0,0001**	0,0000**
Conductividade (µS.cm ⁻¹)	5,448,58± 14.516,37	9.985,17± 17.691,54	11.148,71± 18.428,81	2.461,24± 9.318,26	31.904,32± 15.023,44	33.047,43± 22.607,20	0,0014**		0,0000**	0,0000**
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	5,67±0,24	6,78±0,96	6,22±0,77	6,10±0,83	6,25±0,52	6,61±0,92	0,0000†			
pH	7,21±0,40	7,93±0,42	6,57±0,43	7,18±0,66	7,22±0,80	6,89±0,70	0,0109**		0,0000**	0,0000**
MPS (mg.L ⁻¹)	71,70±24,21	30,48±14,87	21,89±9,55	43,55±30,51	31,04±16,75	45,97±17,70	0,0043**	0,0032**	0,0236**	
Turbidez (UNT)	114,22±40,7 6	16,30±10,11	10,65±4,46	58,16±58,03	23,84±20,83	9,70±6,09	0,0014**		0,0004**	0,0037**
Íon amônio (µmol.L ⁻¹)	0,22±0,07	0,11±0,02	0,16±0,13	0,17±0,10	0,19±0,10	0,11±0,01				0,0397**
Nitrito (µmol.L ⁻¹)	0,22±0,12	0,04±0,04	0,07±0,03	0,12±0,12	0,13±0,09	0,08±0,05		0,0058**		
Nitrato (µmol.L ⁻¹)	19,56±3,95	2,88±0,98	9,44±4,47	11,98±8,11	10,13±4,75	7,19±5,36	0,0030**			
NID (µmol.L ⁻¹)	20,42±4,60	3,03±0,98	9,66±4,46	12,51±8,56	10,06±4,56	7,38±5,35	0,0043**			
PID (µmol.L ⁻¹)	0,15±0,12	0,22±0,14	0,38±0,29	0,22±0,17	0,26±0,21	0,58±0,41		0,0291**		0,0312**
Silicato (µmol.L ⁻¹)	3,43±0,55	2,89±0,61	1,13±0,61	2,46±1,12	2,87±1,42	1,85±1,24	0,0103**			
Clorofila a (mg.m ⁻³)	16,04±8,90	21,74±23,49	8,94±17,28	14,67±16,43	14,72±12,54	18,38±30,61				
Nanofitoplâncton (mg.m ⁻³)	9,37±3,14	7,53±8,11	5,43±15,97	6,76±5,71	6,42±5,58	14,64±31,58				
Microfitoplâncton (mg.m ⁻³)	6,67±7,45	12,17±19,26	3,51±7,52	7,21±12,89	8,30±12,50	3,74±3,04				
Densidade Fitoplantônica (cels.L ⁻¹)	20,5±5,0 × 10 ⁴	124,5±83,5 × 10 ⁴	157,4±91,3 × 10 ⁴	116,8±94,5 × 10 ⁴	38,3±33,1 × 10 ⁴	15,4±4,0 × 10 ⁴	0,0103**	0,0126**	0,0000**	0,0000**
Diversidade (bits.cel ⁻¹)	1,52±0,56	2,37±0,33	2,59±0,24	2,11±0,67	2,26±0,56	2,27±0,18			0,0083**	
Equitabilidade	0,53±0,14	0,66±0,09	0,69±0,07	0,60±0,12	0,77±0,05	0,71±0,12	0,0325**		0,0010**	0,0000**
Riqueza	3,73±1,63	6,45±1,55	7,30±1,66	6,02±2,37	5,06±1,82	4,44±0,53		0,0103**	0,0007**	

Tabela 1. Estatística descritiva das variáveis ambientais e biológicas do EDRP com seus respectivos valores médios e desvio padrão. Os asteriscos representam diferença significativa sazonal e entre zonas estuarinas ($p < 0,05$), (†) ANOVA One-Way e (**) teste de Kruskal-Wallis.

3.5 Estrutura e Ecologia da Comunidade Fitoplanctônica

No EDRP foram identificados 279 táxons distribuídos em seis divisões taxonômicas, as quais incluíram a divisão Chlorophyta (49,1%), Bacillariophyta (28,0%), Cyanophyta (12,5%), Euglenophyta (8,6%), Dinophyta (1,4%) e Cryptophyta (0,4%). Dentre estas, Chlorophyta foi a mais representativa com 137 táxons, seguida por Bacillariophyta com 78 táxons (Apêndice A). Quanto ao número de espécies, ficou evidenciado um gradiente crescente em função da sazonalidade, no período chuvoso 128 espécies foram identificadas, na transição 148 espécies e na estiagem 196 espécies identificadas (Apêndice A).

Os organismos com maiores densidade foram cianobactérias no EDRP com média de $39,5 \times 10^4 \text{ cel.L}^{-1}$, seguidas pelas diatomáceas $38,6 \times 10^4 \text{ cel.L}^{-1}$ e clorofíceas $19,2 \times 10^4 \text{ cel.L}^{-1}$. As espécies com maiores densidades celulares foram *Pseudanabaena* sp. ($36,0 \times 10^4 \text{ cel.L}^{-1}$), *Aulacoseira granulata* ($28,2 \times 10^4 \text{ cel.L}^{-1}$) e *Chroococcus minimus* ($20,9 \times 10^4 \text{ cel.L}^{-1}$) (Apêndice B).

Quanto à ecologia das 279 espécies identificadas, 199 foram enquadrados em três categorias ecológicas, com o predomínio das dulcícola (82,9%), seguidas das marinhas (11,6%) e estuarinas (5,5%) (Apêndice A). Os demais táxons não se enquadraram na classificação ecológica.

3.6 Comunidade fitoplanctônica em resposta aos gradientes ambientais

De acordo com a Análise de Componentes Principais (ACP), 52,47% das variações foram expressas nos dois primeiros eixos (Figura 6). O eixo 1 com 37,40% e o eixo 2 com 15,02%. O eixo 1 explica a correlação entre o período de chuva e o período de estiagem, onde durante o período de maior precipitação a ZR se destaca principalmente na baixa-mar se associando com turbidez (0,42), temperatura (0,41), MPS (0,36), nitrato

(0,35) e nitrito (0,31) e a ZM em preamar se correlaciona com as concentrações de silicato (0,25). Enquanto que, no período de estiagem, a ZM e a ZC em ambas as marés se correlacionam inversamente com oxigênio dissolvido (-0,26), salinidade (-0,24) e PID (-0,22). O eixo 2 explica a correlação do período de transição, onde a ZR em baixa-mar se associa com pH (0,55) e clorofila *a* (0,42).

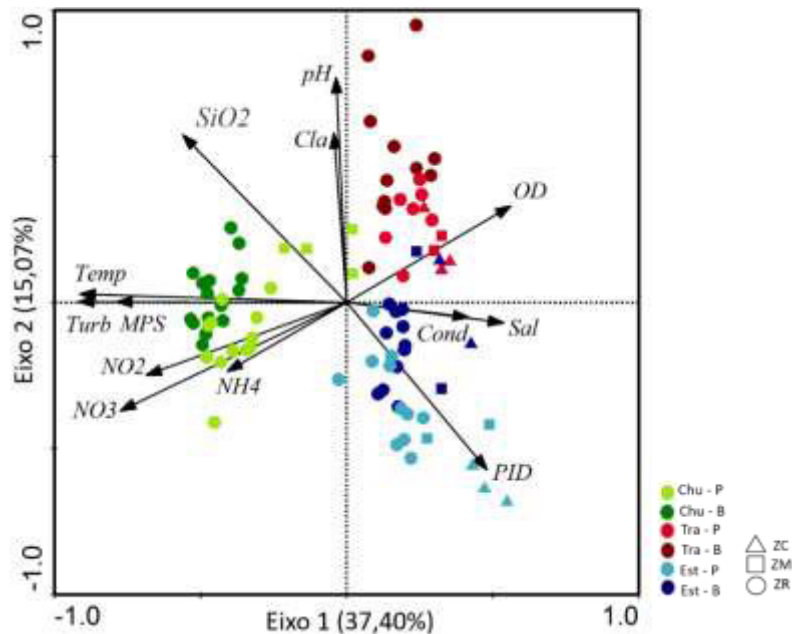


Figura 6. Análise de Componentes Principais para as variáveis ambientais no EDRP em função dos períodos sazonais, zonas estuarinas e marés. Onde: Chu – Chuvoso; Tra – Transição; Est – Estiagem; ZR – zona de rio; ZM – zona de mistura e ZC – zona costeira; P – Preamar; B – Baixa-Mar; Formas: triângulo – zona de rio; quadrado – zona de mistura; círculo – zona costeira.

A partir da análise de agrupamento, uma distribuição da comunidade fitoplanctônica foi identificada em relação aos períodos sazonais e gradiente salino (zonas estuarinas). Houve a formação de nove grupos, com nível de dissimilaridade de 9%, os quais tiveram relacionados aos períodos sazonais: chuvoso, transição e estiagem (Figura

7A). A partir das associações da comunidade fitoplanctônica, foram elaborados perfis verticais indicando a localização dos mesmos (Figura 7B).

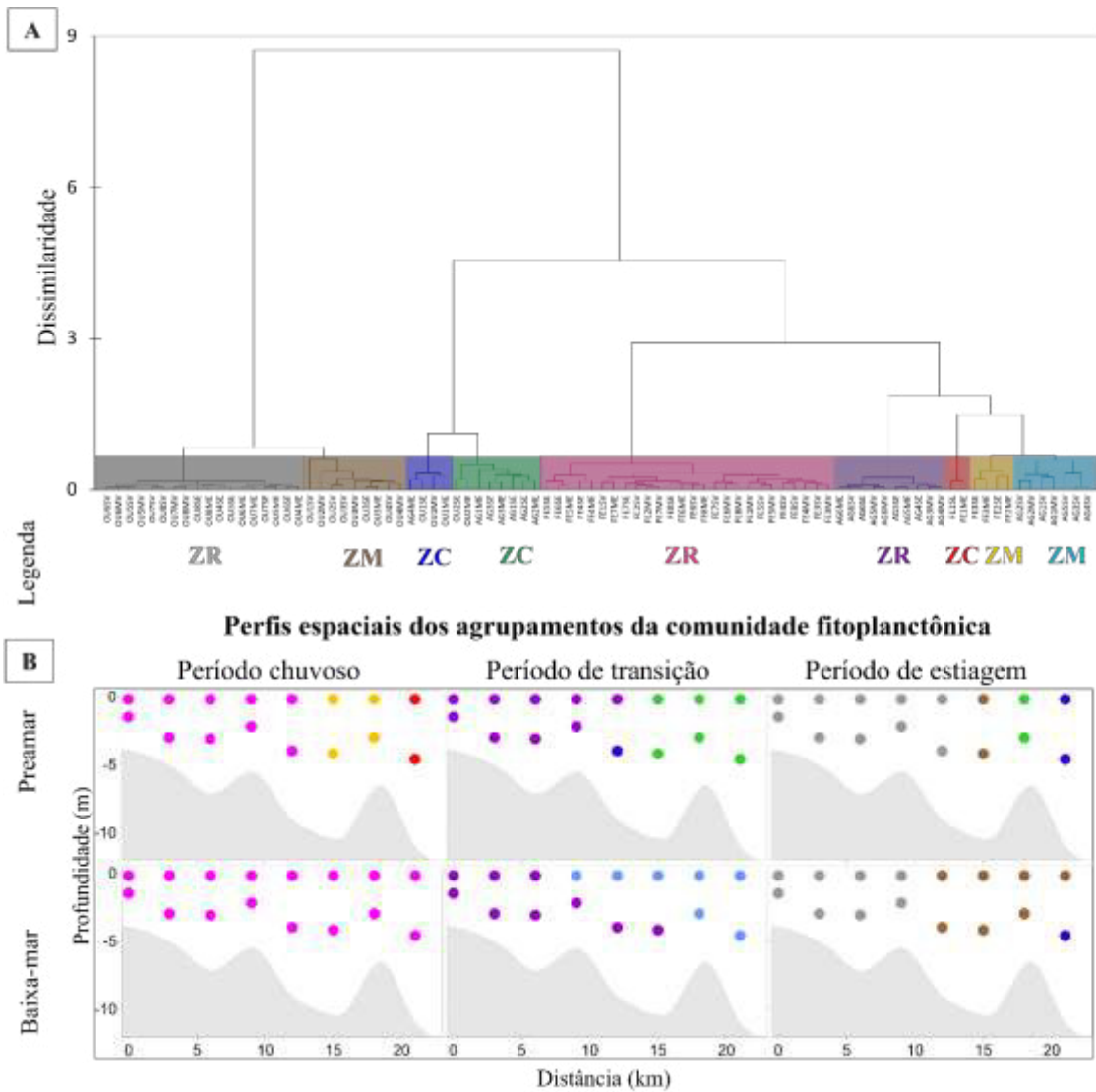


Figura 7. Síntese das associações fitoplanctônicas ao longo do EDRP. (A) Agrupamento das amostras a partir da matriz dos táxons fitoplanctônicos e (B) perfis verticais dos agrupamentos da comunidade fitoplanctônica durante os períodos sazonais, zonas estuarinas e marés. Onde: ZR – zona de rio; ZM – zona de mistura e ZC – zona costeira.

Baseado no IndVal, um total de 35 espécies indicadoras foram identificadas, distribuídas em nove grupos (Tabela 2).

Grupos	Sazonal	Zonas	Espécies indicadoras	Valor Indicator (%)	p-valor
1	Chuvoso	ZR	<i>Planktolybbya limnetica</i>	25,5	0,05
1	Chuvoso	ZR	<i>Strombomonas fluviatilis</i>	22,3	0,05
3	Chuvoso	ZM	<i>Strombomonas</i> sp.	43,4	0,00
2	Chuvoso	ZC	<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	94,5	0,00
2	Chuvoso	ZC	<i>Coscinodiscus</i> sp.	34,5	0,05
2	Chuvoso	ZC	<i>Pinnularia pulchella</i>	30,3	0,05
5	Transição	ZR	<i>Closterium kuetzingii</i>	64,1	0,00
5	Transição	ZR	<i>Staurastrum chaetoceras</i>	54,9	0,01
5	Transição	ZR	<i>Staurastrum dorsidentiferum</i>	51,7	0,00
5	Transição	ZR	<i>Coelastrum indicum</i>	50,7	0,01
5	Transição	ZR	<i>Craticula ambigua</i>	50,4	0,00
5	Transição	ZR	<i>Monactinus simplex</i>	47,2	0,00
5	Transição	ZR	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	40,3	0,04
5	Transição	ZR	<i>Radiocystis fernandoi</i>	40,2	0,02
4	Transição	ZM	<i>Chroococcus</i> sp.	79,8	0,00
4	Transição	ZM	<i>Cylindrotheca closterium</i>	62,2	0,01
4	Transição	ZM	<i>Eudorina elegans</i>	49,9	0,03
4	Transição	ZM	<i>Chlamydomonas</i> sp.	42,9	0,01
4	Transição	ZM	<i>Ulnaria ulna</i>	42,9	0,02
6	Transição	ZC	<i>Coscinodiscus oculusiridis</i>	76,5	0,00
9	Estiagem	ZR	<i>Staurastrum asteroideum</i>	73,0	0,00
9	Estiagem	ZR	<i>Hyalotheca</i> sp.	63,9	0,00
9	Estiagem	ZR	<i>Eucapsis densa</i>	59,4	0,00
9	Estiagem	ZR	<i>Spondylosium moniliforme</i>	58,0	0,00
9	Estiagem	ZR	<i>Scenedesmus</i> sp.	57,6	0,00
9	Estiagem	ZR	<i>Nephrocytium</i> sp.	50,0	0,01
9	Estiagem	ZR	<i>Sellaphora</i> sp.	47,7	0,01
9	Estiagem	ZR	<i>Amphora</i> sp.	43,9	0,02
9	Estiagem	ZR	<i>Discostella stelligera</i>	42,4	0,00
9	Estiagem	ZR	<i>Pseudanabaena</i> sp.	74,9	0,00
9	Estiagem	ZR	<i>Chroococcus turgidus</i>	53,8	0,00
9	Estiagem	ZR	<i>Chroococcus minimus</i>	44,0	0,00
9	Estiagem	ZR	<i>Trachelomonas volvocina</i>	64,6	0,00
8	Estiagem	ZM	<i>Cosmarium</i> spp.	64,4	0,00
7	Estiagem	ZC	<i>Trichodesmium erythraeum</i>	46,5	0,00

Tabela 2. Espécies indicadoras em cada grupo (sazonal e zonas estuarinas) baseada no IndVal (valor indicador), com p-valor.

A Análise de Redundância Canônica (RDA) avaliou a relação entre as variáveis ambientais e os táxons fitoplanctônicos selecionados, evidenciando a influência sazonal e espacial na distribuição de 10 variáveis significativas ($p < 0,05$) das 15 variáveis testadas, com 50,3% da variação explicada para os dois primeiros eixos (Figura 8 e Tabela 3).

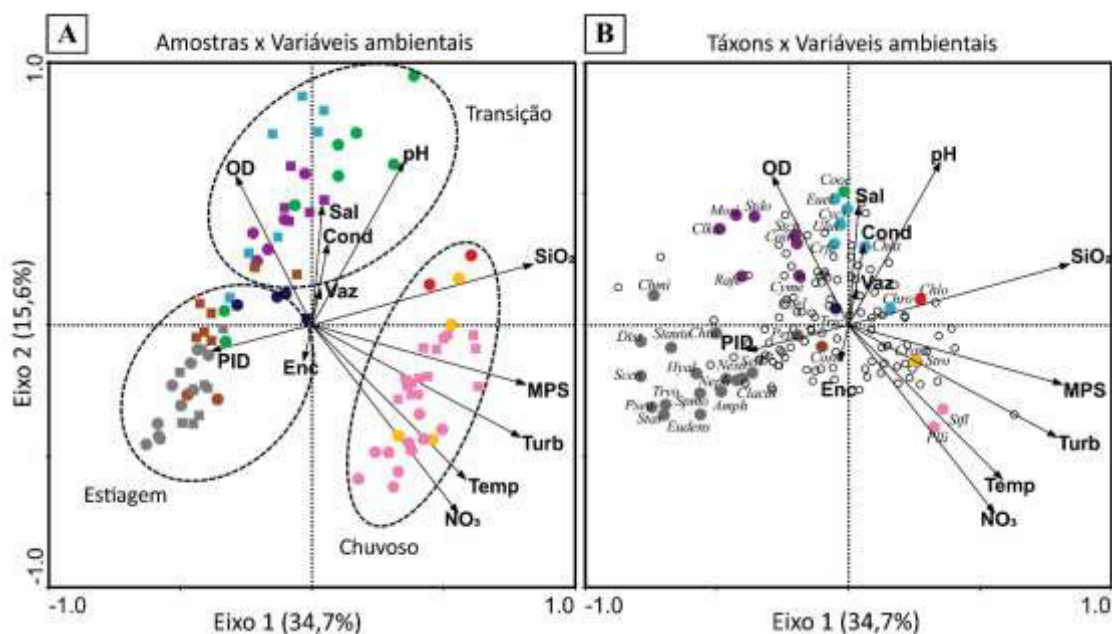


Figura 8. Análise de Redundância Canônica (RDA) para as variáveis ambientais e comunidade fitoplanctônica no EDRP. (A) Diagrama com a relação das amostras fitoplanctônicas com as variáveis ambientais, onde: as formas círculo representa preamar e quadrado baixa-mar; as cores representam os grupos formados no dendrograma (Figura 8): cinza, rosa e lilás – ZR; marrom, amarelo e azul claro – ZM; azul escuro, verde e vermelho – ZC e (B) diagrama com a relação dos táxons selecionados com as variáveis ambientais, onde os círculos coloridos são as espécies indicadoras e os círculos vazados são as demais espécies não indicadoras. Os códigos das variáveis são expressos na Tabela 3 e dos táxons selecionados no Apêndice B.

O eixo 1 explicou 34,7% das variâncias dos dados, indicando que as condições ambientais são influenciadas pelas concentrações de silicato, MPS, turbidez, temperatura e nitrato. Este eixo agrupou as amostras pertencentes ao período chuvoso. Esse período foi influenciado diretamente na distribuição das espécies *P. limnetica*, *S. fluviatilis*, *C. ambigua* e *C. lorenzianus*. O eixo 2, por sua vez, explicou 15,6% da variabilidade dos dados, sendo caracterizado principalmente pelo pH, concentrações de oxigênio

dissolvido, salinidade, condutividade se correlacionando com o período de transição e PID se associando com o período de estiagem.

O período de transição agrupou as espécies *C. oculus-iridis*, *E. elegans*, *C. closterium*, *U. ulna*, *Crucigenia fenestrata*, *Chlamydomonas* sp., *Chroococcus* sp., *C. kuetzingii*, *S. chaetoceros*, *S. dorsidentiferum*, *C. indicum*, *M. simplex*, *C. meneghiniana* e *R. fernandoi*. Já o período de estiagem agrupou as espécies *T. erythraeum*, *Cosmarium* spp., *Pseudanabaena* sp., *S. asteroiderum*, *T. volvocina*, *Hyalotheca* sp., *E. densa*, *S. moniliforme*, *Scenedesmus* sp., *C. turgidus*, *Nephrocytium* sp., *Sellaphora* sp., *Closterium acutum*, *Pectinodesmus pectinatus*, *Neglectella solitaria*, *C. minimus*, *Amphora* sp., *D. stelligera* e *Stauridium tetras*.

Variáveis ambientais	Abreviações	Eixo 1 34,7%	Eixo 2 15,6%	P
Salinidade	Sal	0,04	0,42	0,0001
Temperatura	Temp	0,55	-0,54	0,0001
Condutividade elétrica	Cond	0,06	0,29	0,03
Oxigênio Dissolvido	OD	-0,27	0,53	0,008
Material Particulado em Suspensão	MPS	0,76	-0,21	0,0001
Turbidez	Turb	0,74	-0,40	0,0001
Nitrato	NO3	0,52	-0,66	0,008
Fósforo Inorgânico Dissolvido	PID	-0,36	-0,09	0,05
Silicato	SiO2	0,79	0,22	0,0001
pH	pH	0,33	0,58	0,008
Maré Enchente	Enc	-0,03	-0,13	0,05
Maré Vazante	Vaz	0,03	0,13	0,05

Tabela 3. Resumo da Análise de Redundância Canônica (RDA) para as variáveis ambientais no ERP.

4. Discussão

4.1 Caracterização Física

No EDRP durante a preamar, observou-se uma zonação nítida onde a ZC é caracterizada com águas salinas e temperaturas mais baixas, associada a menores concentrações de MPS. Na ZM, ocorre a presença de águas estuarinas com valores de salinidade reduzindo rio acima e temperaturas mais altas devido ao aporte continental, enquanto que, na ZR evidenciou-se o aporte fluvial significativo em função da salinidade bastante reduzida e águas mais quentes além de altas concentrações de MPS.

A presença dessa massa de água marinha que adentra o sistema em preamar, a partir do período de transição, aumenta as concentrações de MPS especialmente na ZC, sendo depositado no fundo, devido à elevação da densidade do fluido e da incapacidade desse material em transpor o barramento hidráulico gerada pelo aumento da densidade da água como verificado por Corrêa et al. (2019).

Em baixa-mar, no período chuvoso, o maior fluxo fluvial sobre a maré determina o sistema com salinidades e temperaturas típicas de ambientes fluviais, associadas a altos valores de MPS, cenário semelhante ao observado por Menéndez et al. 2016; Choudhury & Pal, 2014. Enquanto que, no período transicional houve a diminuição das concentrações de MPS e a ZC foi advectada muito provavelmente para a Plataforma Continental Interna (PCI) ficando o estuário restrito a região da ZM. Na estiagem, o barramento hidráulico permanece, onde é possível ser observado pelo aumento de concentrações de MPS na ZC.

4.2 Caracterização Ambiental

A influência da ZCIT, associada ao fenômeno La Niña de fraca intensidade, proporcionou o aumento da precipitação nessa escala de tempo amostrado (CPC, 2018),

determinando o regime de precipitação no EDRP, com maiores pluviosidades nos meses de janeiro a maio e menores nos demais meses do ano (Silva et al., 2012; Aquino da Silva et al., 2015).

Essas variações na precipitação pluviométrica causam mudanças na dinâmica do EDRP e conseqüentemente, na comunidade fitoplanctônica, alterando o gradiente de salinidade, concentrações de nutrientes, turbidez e MPS e reduzindo assim, a disponibilidade de luz que atua como fator limitante para o desenvolvimento do fitoplâncton (Vajravelu et al., 2018). Esse padrão ambiental também foi observado em outros ecossistemas estuarinos (Domingues et al., 2011; Morelle et al., 2018).

A maior disponibilidade de luz e de nutrientes no período de menor precipitação, possibilitou maiores concentrações de clorofila *a*. Essa tendência é ocasionada pelo fator climatológico e variações de marés (Teixeira et al., 1988; Azevedo et al., 2008; Madhu et al., 2017).

Em relação aos nutrientes, altas concentrações podem limitar o crescimento do fitoplâncton (Wu & Chou, 2003). No EDRP, o fósforo é um fator limitante para o fitoplâncton em todo o período de estudado como observado em outros ecossistemas estuarinos e em regiões deltaicas com grandes descargas de rios (Gang et al., 2014; Madhu et al., 2017; Sylvan et al., 2006). Essa limitação por fósforo é mais evidente durante períodos de maior fluxo de água fluvial que tendem a ser enriquecidas em nitrogênio (Bargu et al., 2019), além da sua possível adsorção na matéria orgânica e sua imobilização no sedimento (Liu et al., 2018; Trommer et al., 2013). A diminuição da abundância das diatomáceas no período de estiagem deveu-se principalmente a limitação de silicato no ambiente, pois a relação SID:PID apresentou valores menores que 16 também verificados por Wu & Chou, (2003); Garnier et al. (2010); Vajravelu et al. (2018).

A distribuição espacial da clorofila *a*, apresentou maiores valores na ZC, possivelmente devido a maior concentração do nanofitoplâncton, que são seletivamente mais adaptados a assimilarem nutrientes que microfitoplâncton (Irwin et al., 2006; Geyer et al., 2018). Sazonalmente, o nanofitoplâncton apresentou maiores concentrações no período chuvoso assim como registrado por Teixeira et al. (1988); Azevedo et al. (2008); Soria-Piriz et al. (2017) que podem ter sido transportados por meio do fluxo fluvial.

A densidade fitoplanctônica não acompanhou o padrão espacial da clorofila *a*, onde foi possível perceber que a ZR, apresentou maiores abundâncias, associando-se a disponibilidade de nutrientes (Domingues et al., 2011; Chowdhury et al., 2017).

Os movimentos periódicos das marés contribuem também para variações de salinidade, temperatura, MPS e conseqüentemente na distribuição do fitoplâncton e no deslocamento das zonas estuarinas (Blauw et al., 2012; Zhou et al., 2016; Cordeiro et al., 2018).

4.3 Distribuição da comunidade fitoplanctônica e sua relação com o ambiente

O grupo das clorofíceas foi o predominante no EDRP, corroborando com Rodrigues et al. (2007), entretanto numa visão global, as diatomáceas são predominantes em ecossistemas deltaicos como verificado por El-Din et al., 2015 no Delta do Nilo; Essien-Ibok (2013) e Ezekiel et al. (2011) no Delta do rio Niger; Wang et al. (2016) e Shen et al. (2011) no Delta do rio Pearl e Gao et al. (2013) no Delta do rio Yellow.

Na baixa-mar do período chuvoso, as espécies bioindicadoras da ZR (*P. limnetica* e *S. fluviatilis*) e ZM (*Strombomonas* sp.) apresentam uma ampla gama de tolerância a distúrbios físicos, como nível de flutuação da água, grandes quantidades de sólidos suspensos, baixa transparência da água (Reynolds et al., 2002; Albany & Akcaalan, 2003).

Enquanto que em preamar, as bioindicadoras da ZC (*C. lorenzianus* e *Coscinodiscus* sp.) espécies típicas de ambientes com maior transparência da água e altas salinidades (Tas & Hernandez-Becerril, 2017) e *P. pulchela* espécie dulcícola de hábito bentônico que pode ter se deslocada do estrato com a oscilação das marés (Pereira et al., 2012).

Na transição, as bioindicadoras *C. meneghiniana*, *C. closterium* e *C. oculus-iridis*, são diatomáceas de ambientes turvos e enriquecidos de nutrientes, capazes de sobreviver à turbulência da água (Reynolds et al., 2002; Najdek et al., 2005), enquanto as clorofíceas *C. kuetzingii* e *Chlamydomonas* sp., e a cianobactéria *Chroococcus* sp., são espécies que toleram uma ampla variação de salinidade (Feder et al., 2013; Xie et al., 2018).

No período de estiagem em baixa-mar, as bioindicadoras (*S.asteroideum*, *Pseudanabaena* sp. e *T. volvocina*) são espécies cosmopolitas com bom desenvolvimento em regiões tropicais e em ecossistemas estuarinos (Komárek & Anagnostidis, 2005; Souza & Melo, 2011), assim como a cianobactéria marinha *T. erythraeum* que é encontrada em regiões tropicais e subtropicais com elevadas temperaturas da água (>20°C) e forte estratificação da coluna d' água sob alta intensidade de luz (Detoni et al., 2016).

No EDRP *A. granulata* foi uma das mais abundantes e mais frequente, sendo referida como uma espécie cosmopolita e dominante de águas continentais com elevado estado trófico e capacidade de se adaptar às variações do fluxo da água e baixa luminosidade (Wang et al., 2009; Houssou et al., 2017; Wang et al., 2017; Wang et al., 2016). No entanto, tal espécie não foi eleita como bioindicadora de uma zona devido à sua elevada abundância e constante frequência ao longo de todo o estuário.

As cianobactérias *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Raphidiopsis mediterranea*, muito frequentes no EDRP, são mencionadas em vários estudos como potencialmente

tóxicas (Namikoshi et al., 2003; Watanabe et al., 2003; Moustaka-Gouni et al., 2009; McGregor et al., 2011). *C. raciborskii* ocorreu a partir do período de transição e com maior abundância na ZR. Engström-Öst et al. (2015) relata que essa espécie apresenta excelente capacidade de armazenar fósforo e nitrogênio e preferência por temperaturas maiores que 25 °C. Nossos registros são consistentes com esse estudo.

5. Conclusão

A entrada da maré é o fator condicionante para a estruturação da comunidade fitoplanctônica no estuário do Delta rio Parnaíba, assim como a sazonalidade da região. No período chuvoso em baixa-mar o estuário é dominado pela zona de rio, onde os principais grupos fitoplanctônicos bioindicadores são as euglenófitas, cianobactérias e diatomáceas. Já no período de transição é gerada uma barreira hidráulica devido ao aumento da densidade da água, com o predomínio de espécies com maiores tolerâncias a salinidade, enquanto que no período de estiagem em ambas as marés ocorre a distribuição de espécies pertencentes as três zonas estuarinas, indicando que a comunidade fitoplanctônica varia com a disponibilidade de recursos e condições hidrológicas.

Agradecimentos

Os autores agradecem Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (BM-02180/18 - FAPEMA) pelo suporte financeiro ao primeiro autor.

Referências

Albany, M., Akcaalan, R. 2003. Comparative study of periphyton colonisation on common reed (*Phragmites australis*) and artificial substrate in a shallow lake, Manyas, Turkey. *Hydrobiologia*, 506, 531–540.

APHA. 2012. Standard methods for the examination of water and wastewater, 22 nd Ed.: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. Washington, DC.

Aquino Da Silva, A.G., Stattegger, K., Schwarzer, K., Vital, H., Heise, B. 2015. The influence of climatic variations on river delta hydrodynamics and morphodynamics in the Parnaíba Delta, Brazil. *Journal of Coastal Research*, 31 (4): 930-940. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-14-00078.1>

Aquino da Silva, A.G., Stattegger, K., Vital, H., Schwarzer, K., 2019. Coastline change and offshore suspended sediment dynamics in a naturally developing delta (Parnaíba Delta, NE Brazil). *Marine Geology*, 410, 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2018.12.013>

Azevedo, A.C.G.A., Feitosa, F.A.N., Koenig, M.L. 2008. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplancônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 22 (3): 870-877. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-3306200800030002>

Bargu, S., Justin, D., White, J.R., Lane, R., Day, J., Paerl, H., Raynie, R. 2019. Mississippi River diversions and phytoplankton dynamics in deltaic Gulf of Mexico estuaries: A review. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.02.020>

Blauw, A.N., Benincaà, E., Laane, R.W.P.M., Greenwood, N., Huisman, J. 2012. Dancing with the Tides: Fluctuations of Coastal Phytoplankton Orchestrated by Different Oscillatory Modes of the Tidal Cycle. *PLoS ONE*, 7, e49319 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0049319>

Cavalcanti, L.F., Azevedo-Cutrim, A.C.G., Oliveira, A.L.L., Furtado, J.A. Araújo, B.O., Sá, A.K.D.S., Ferreira, F.S., Santos, N.G.R., Dias, F.J.S., Cutrim, M.V.J. 2018.

Structure of microphytoplankton community and environmental variables in a macrotidal estuarine complex, São Marcos Bay, Maranhão - Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, 66, 283-300. <http://dx.doi.org/10.1590/s1679-87592018021906603>

Chai, C., Jiang, T., Cen, J., Ge, W., Lu, S. 2016. Phytoplankton pigments and functional community structure in relation to environmental factors in the Pearl River Estuary. *Oceanologia*, 58, 201-211 <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2016.03.001>

Choudhury, A.K., Pal, R. 2014. Seasonal dynamics of surface micro phytoplankton assemblages in an understudied tropical estuarine station along the Bhagirathi-Hooghly estuary, India. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 84(3), 635-647. DOI 10.1007/s40011-013-0275-6

Chowdhury, M., Hardikar, R., Kesavan, H. C., Thomas, J., Mitra, A., Rokade, V.S., Sukumaran, N.S. 2017. Nutrient stoichiometry and freshwater flow in shaping of phytoplankton population in a tropical monsoonal estuary (Kundalika Estuary). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 198, 73-91. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.08.019>

Cordeiro, I.A., Feitosa, F.A.N., Flores-Montes, M.J., Otsuka, A.Y., Silva, A.C. 2018. Environmental conditions of the Suape estuarine-port complex área (Pernambuco, Brazil): phytoplankton biomass and hydrological parameters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1-11. <https://doi.org/10.1017/S0025315418000176>

Corrêa, M.C., Serejo, J.H.F., Rangel, T.P., Oliveira, B.C.V., Almeida, M.G., Dias, F.J. S., Rezende, C.E. 2019. Caracterização biogeoquímica da matéria orgânica em um estuário de macromaré localizado na interface Amazônia-semiárido no nordeste do Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, 33(1): 107-120. DOI:10.21715/GB2358-2812.2019331107

Costanza, R., D'Arge, R., Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., Van Den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.

CPC – Climate Prediction Center. 2018. Cold & Warm Episodes by Season. Disponível em <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/>. Acesso em 28 de novembro de 2018.

Detoni, A.M.S., Costa, L.D.F., Pacheco, L.A., Yunes, J.S. 2016. Toxic *Trichodesmium* bloom occurrence in the southwestern South Atlantic Ocean. *Toxicon*, 110, 51-55. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2015.12.003>

Domingues, R.B., Anselmo, T.P., Barbosa, A.B., Sommer, U., Galvão, H.M. 2011. Light as a driver of phytoplankton growth and production in the freshwater tidal zone of a turbid estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 91, 526-535. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.12.008>

Dufrêne, M., Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67, 345-366. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1997\)067\[0345:SAAST\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1997)067[0345:SAAST]2.0.CO;2)

El-Din, S.M.B., Hamed, A.H.S., Ibrahim, A.N., Shatta, A.K.M., Abo-Sedera, S.A. 2015. Phytoplankton in irrigation and draining water canals of East Nile Delta of Egypt. *Global Journal of Biology, Agriculture & Health Sciences*, 4 (2), 56-60.

Engström-Öst, J., Rasic, I.S., Brutemark, A., Rancken, R., Simić, G.S., Laugen, A.T. 2015. Can *Cylindrospermopsis raciborskii* invade the Baltic Sea? *Environmental Reviews*, 23, 1–9. <https://doi.org/10.1139/er-2014-0062>

Essien-Ibok, M.A. 2013. The phytoplankton community structure of a tropical river in Niger Delta, Nigeria. *Journal of Environment and Earth Science*, v.3, n.8.

Ezekiel, E.N., Ogamba, E.N., Aboweu, J.F.N. 2011. Phytoplankton composition and abundance in Sombreiro river, Niger Delta, Nigeria. *Current Research Journal of Biological Sciences*, 3(3), 229-233.

Feder, F., Delfino, D.O., Wanderley, M.D., Silva-Silva, L.H. 2013. Cyanobacterial Composition of Microbial Mats, Found in Brejo do Espinho and in Artificial Saline of Araruama, RJ, Brazil. *Advances in Microbiology*, 3, 47-54. <http://dx.doi.org/10.4236/aim.2013.36A006>

Gang, L., Qiang, L., Junda, L., Xingyu, S., Yehui, T., Liangmin, H. 2014. Environmental gradients regulate the spatial variations of phytoplankton biomass and community structure in surface water of the Pearl River estuary. *Acta Ecologica Sinica*, 34, 129–133. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2014.01.002>

Gao, Y., Jiang, Z., Liu, J., Chen, Q., Zeng, J., Huang W. 2013. Seasonal variations of net-phytoplankton community structure in the Southern Yellow Sea. *Journal of Ocean University of China*, 12, 557-567. <https://doi.org/10.1007/s11802-013-2258-x>

Garnier, J., Billen, G., Némery, J., Sebilo, M. 2010. Transformations of nutrients (N, P, Si) in the turbidity maximum zone of the Seine estuary and export to the sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 90, 129-141. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2010.07.012>

Geyer, N., Huettel, M., Wetz, M.S. 2018. Phytoplankton Spatial Variability in the River-Dominated Estuary, Apalachicola Bay, Florida. *Estuaries and Coasts*, 41, 2024–2038. <https://doi.org/10.1007/s12237-018-0402-y>

Grasshoff, K., Ehrhardt, M., Kremling, K. 1983. *Methods of Sea Water Analysis*. 2 ed. Verlag Chemie, New York, v. 16, n. 3, p.581-614.

Guiry, M.D., Guiry, G.M. 2018. *AlgaeBase: World-wide electronic publication*. National University of Ireland, Galway. Disponível em: <http://www.algaebase.org/> Acesso em: 12 de dezembro de 2018.

Hastenrath, S. 2006. Circulation and teleconnection mechanisms of Northeast Brazil droughts. *Progress in Oceanography*, 70(2–4), 407–415. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2005.07.004>

Houssou, A.M., Montchowui, E., Bonou, C.A. 2017. Composition and structure of phytoplankton community in Ouémé River basin, Republic of Benin. *International Journal Aquatic Biology* 5(6): 413-424. <https://doi.org/10.22034/ijab.v5i6.327>

Irwin, A.J., Finkel, Z.E.V., Schofield, O.M.E., Falkowski, P.G. 2006. Scaling-up from nutrient physiology to the size-structure of phytoplankton communities. *Journal of Plankton Research*, 28, 459–471. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbi148>

Kasai, A., Kurikama, Y., Ueno, M., Robert, D., Yamashita, Y. 2010. Salt-wedge intrusion of seawater and its implication for phytoplankton dynamics in the Yura Estuary, Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 86, 408–414. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.06.001>

Khim, B.K., Shin, S., Kim, J.C., Takata, H., Hyun, S., Cheong, D. 2019. Sediment properties of lithologic units and their correlation within the lower delta plain of the Nakdong River Delta, southeast Korea. *Quaternary International*, In Press, Corrected Proof. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.02.044>

Kjerfve, B. 1987. Estuarine Geomorfology and Physical Oceanography. In: Day Jr. JW., Hall, CAS., Kemp WM., Yanez-Aranciba, A. (eds.) *Estuarine Ecology*. New York, Wiley, p. 47-48.

Komárek, J., Anagnostidis, K. 2005. Cyanoprokaryota. pt.2 Oscillatoriales. In *Süsswasserflora von Mitteleuropa* (Büdel, B., Krienitz, L., Gärtner, G. & Schagerl, M., eds.). Elsevier, München, 19/1, 759 p.

Koroleff, K. 1983. Determination of phosphorus. In: Grasshoff, K., Ehrhardt, M., Kremling, K. (Eds). *Methods of sea water analysis*. 2ed. Verlag Chemie, Weinheim, 9, 125-39.

Legendre, P., Legendre, L. 1998. *Numerical Ecology*. Developments in Environmental Modelling 20. Elsevier Science. Amsterdam. p .853.

Liu, Z., Zhang, Y., Han, F., Yan, P., Liu, B., Zhou, Q., Min, F., He, F., Wu, Z. 2018. Investigation on the adsorption of phosphorus in all fractions from sediment by modified maifanite. *Scientific Reports*, 8:15619. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34144-w>

Madhu, N.V., Martin, G.D., Haridevi, C.K., Nair, M., Balachandran, K.K., Ullas, N. 2017. Differential environmental responses of tropical phytoplankton community in the southwest coast of India. *Regional Studies in Marine Science*, 16, 21–35. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2017.07.004>

Margalef, R. 1958. Temporal sucession and spatial heterogeneity in phytoplankton. In: Buzzati-Traverso, A. A. (Ed.). *Perspectives in Marine Biology*. Berkeley: Universidade California Press, p.323-349.

McGregor, G.B., Sendall, B.C., Hunt, L.T., Eaglesham, G.K. 2011. Report of the cyanotoxins cylindrospermopsin and deoxy-cylindrospermopsin from *Raphidiopsis mediterranea* Skuja (Cyanobacteria/Nostocales). *Harmful Algae*, 10, 402–410. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2011.02.002>

Menéndez, M.C., Delgado, A.L., Berasategui, A.A., Piccolo, M.C., Hoffmeyer, M.S. 2016. Seasonal and tidal dynamics of water temperature, salinity, chlorophyll-*a*, suspended particulate matter, particulate organic matter, and zooplankton abundance in a shallow, mixed estuary (Bahía Blanca, Argentina). *Journal of Coastal Research*, 32(5), 1051-1061. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-14-00236.1>

Morelle J., Schapira, M., Françoise, S., Courtay, G., Orvain, F., Claquin, P. 2018. Dynamics of exopolymeric carbon pools in relation with phytoplankton succession along the salinity gradient of a temperate estuary (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 209, 18–29. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.05.008>

Moustaka-Gouni, M., Kormas, K.A., Vardaka, E., Katsiapi, M., Gkelis, S. 2009. *Raphidiopsis mediterranea* Skuja represents non-heterocytous life-cycle stages of *Cylindrospermopsis raciborskii* (Woloszynska) Seenayya et Subba Raju in Lake Kastoria (Greece), its type locality: Evidence by morphological and phylogenetic analysis. *Harmful Algae*, 8, 864–872. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2009.04.003>

Najdek, M., Blazina, M., Djakovac, T., Kraus, R. 2005. The role of the *Cylindrotheca closterium* in a mucilage event in the northern Adriatic Sea: coupling with high salinity water intrusions. *Journal of Plankton Research*, 27, 851-862. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbi057>

Namikoshi, M., Murakami, T., Watanabe, M.F., Oda, T., Yamada, J., Tsujimura, S., Nagai, H., Oishi, S. 2003. Simultaneous production of homoanatoxin-a, anatoxina-a, and a new nontoxic 4-hydroxyhomoanatoxin-a by the cyanobacterium *Raphidiopsis mediterranea* Skuja. *Toxicon*, 42, 533–538. [https://doi.org/10.1016/S0041-0101\(03\)00233-2](https://doi.org/10.1016/S0041-0101(03)00233-2)

Otsuka, A.Y., Feitosa, F.A.N., Flores-Montes, M.J., Silva, A. 2016. Dynamics of chlorophylla *a* and oceanographic parameters in the coastal zone: Barra das Jangadas-

Pernambuco, Brazil. Journal of Coastal Research, 32, 490-499. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-14-00135.1>

Parsons, T.R., Strickland, J.D.H. 1963. Discussion of spectrophotometric determination of marine plankton pigments, with revised equations of ascertaining chlorophyll *a* and carotenoids. Journal of Marine Research, 21, 155-163.

Perreira, A.C., Torgan, L.C., Melo, S. 2012. *Pinnularia* (Bacillariophyta) do curso inferior do rio Negro, Amazonas, Brasil: taxonomia e distribuição temporal. Acta Amazonica, 42(3), 305 – 314. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672012000300001>.

Pielou, E.C. 1966. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession. Journal Theoretical Biology, 10, 370-383. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90133-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90133-0)

Reynolds, C.S., Huszar, V., Kruk, C., Naselli-Flores, L., Melo, S. 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. Journal of Plankton Research, 24, 417–428. <https://doi.org/10.1093/plankt/24.5.417>

Rodrigues, S.C., Torgan, L., Schwarzbald, A. 2007. Composição e variação sazonal da riqueza do fitoplâncton na foz de rios do delta do Jacuí, RS, Brasil. Acta Botanica Brasilica, 21 (3), 707-721. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062007000300017>.

Rosa, M.B., Silva, L.T. 2016. Alguns aspectos climatológicos da ZCIT. Disponível em <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/RosaeSilva.pdf>. Acesso em 20 de dezembro de 2018.

Shannon, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. Bell System Technical Journal, 27, 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>

Shen, P.P., Li, G., Huang, L.M., Zhang, J.L., Tan, Y.H. 2011. Spatio-temporal variability of phytoplankton assemblages in the Pearl River estuary, with special reference to the influence of turbidity and temperature. Continental Shelf Research, 31, 1672–1681. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2011.07.002>

Silva, M.F.S., Andrade, I.M., Mayo, S.J. 2012. Geometric morphometrics of leaf blade shape in *Montrichardia linifera* (Araceae) populations from the Rio Parnaíba Delta,

north-east Brazil. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 170, 554–572.
<https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2012.01309.x>

Soria-Piriz, S., García-Robledo, E., Papaspyrou, S., Agular, V., Seguro, I., Acuña, J., Morales, A., Corzo, A. 2017. Size fractionated phytoplankton biomass and net metabolism along a tropical estuarine gradient. *Limnology and Oceanography* 62, 309–326. <https://doi.org/10.1002/lno.10562>

Souza, K.F., Melo, S. 2011. Levantamento taxonômico de desmídias (Chlorophyta) do lago Novo (Amapá, Brasil): Gêneros *Staurastrum*, *Staurodesmus* e *Xanthidium*. *Acta Amazonica*, 41(3): 335 – 346. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672011000300002>

Strickland, J.D.H., Parsons, T.S. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bulletin Fisheries Research Board of Canada*, Ottawa, 167, 1-205.

Sylvan, J.B., Dortch, Q., Nelson, D.M., Brown, M., Morrison, W., Ammerman, J.W. 2006. Phosphorus limits phytoplankton growth on the Louisiana Shelf during the period of hypoxia formation. *Environmental Science & Technology*, 40, 7548-7553. 10.1021/es061417t <https://doi.org/10.1021/es061417t>

Szczygielski, A., Stattegger, K., Schwarzer, K., Aquino da Silva, A.G., Vital, H., Koenig, J. 2015. Evolution of the Parnaíba Delta (NE Brazil) during the late Holocene. *Geo-Marine Letters*, 35, 105-117. <https://doi.org/10.1007/s00367-014-0395-x>

Tas, S., Hérnandez-Becerril, D.U. 2017. Diversity and distribution of the planktonic diatom genus *Chaetoceros* (Bacillariophyceae) in the Golden Horn Estuary (Sea of Marmara). *Diatom Research*, 32. <https://doi.org/10.1080/0269249X.2017.1360800>

Teixeira, C., Aranha, F. J., Barbieri, R., Melo, O.T. 1988. Produção primária e clorofila – a do fitoplâncton e parâmetros físico-químicos do estreito dos coqueiros – Maranhão, Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*, 48 (1):29-39.

Trommer, G., Leynaert, A., Klein, C., Naegelen, A., Beker, B. 2013. Phytoplankton phosphorus limitation in a North Atlantic coastal ecosystem not predicted by nutrient load. *Journal of Plankton Research*, 35 (6): 1207-1219. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbt070>

UNESCO. 1966. Determination of photosynthetic pigments in sea water, report of SCOR/UNESCO Working group 17 with meet from 4 to 6 June 1964, Paris, 66 p. (Monographs on Oceanology Methodology).

Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommung der quantitativen phytoplanktonmethodik. Mitteilungen, Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 9, 1-38.

Vajravelu, M., Martin, Y., Ayyappan, S., Mayakrishnan, M. 2018. Seasonal influence of physico-chemical parameters on phytoplankton diversity, community structure and abundance at Parangipettai coastal waters, Bay of Bengal, South East Coast of India. *Oceanologia*, 60, 114-127. <https://doi.org/10.1016/j.oceano.2017.08.003>

Villafañe, V.E., Reid, F.M.H. 1995. Métodos de microscopia para la cuantificación del fitoplancton. In: Alvear, K., Ferrario, ME., Oliveira-Filho, EC., Sars, E. (Eds.). Manual de métodos ficológicos. Chile: p. 169-185. Universidad de Concepción.

Wang, C., Lek, S., Lai, Z., Tudesque, L. 2017. Morphology of *Aulacoseira* filaments as indicator of the aquatic environment in a large subtropical river: The Pearl River, China. *Ecological Indicators*, 81, 325–332. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.020>

Wang, C., Li, X., Lai, Z., Tan, X., Pang, S., Yang, W. 2009. Seasonal variations of *Aulacoseira granulata* population abundance in the Pearl River Estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85, 585–592. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2009.09.031>

Wang, C., Li, X., Wang, X., Wu, N., Yang, W., Lai, Z., Lek, S. 2016. Spatio-temporal patterns and predictions of phytoplankton assemblages in a subtropical river delta system. *Fundamental and Applied Limnology*, 187, 335-349. <https://doi.org/10.1127/fal/2016/0866>

Watanabe, M.F., Tsujimura, S., Oishi, S., Niki, T., Namikoshi, M. 2003. Isolation and identification of homoanatoxin-a from a toxic strain of the cyanobacterium *Raphidiopsis mediterranea* Skuja isolated from Lake Biwa, Japan. *Phycologia*, 42: 364–369. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-42-4-364.1>

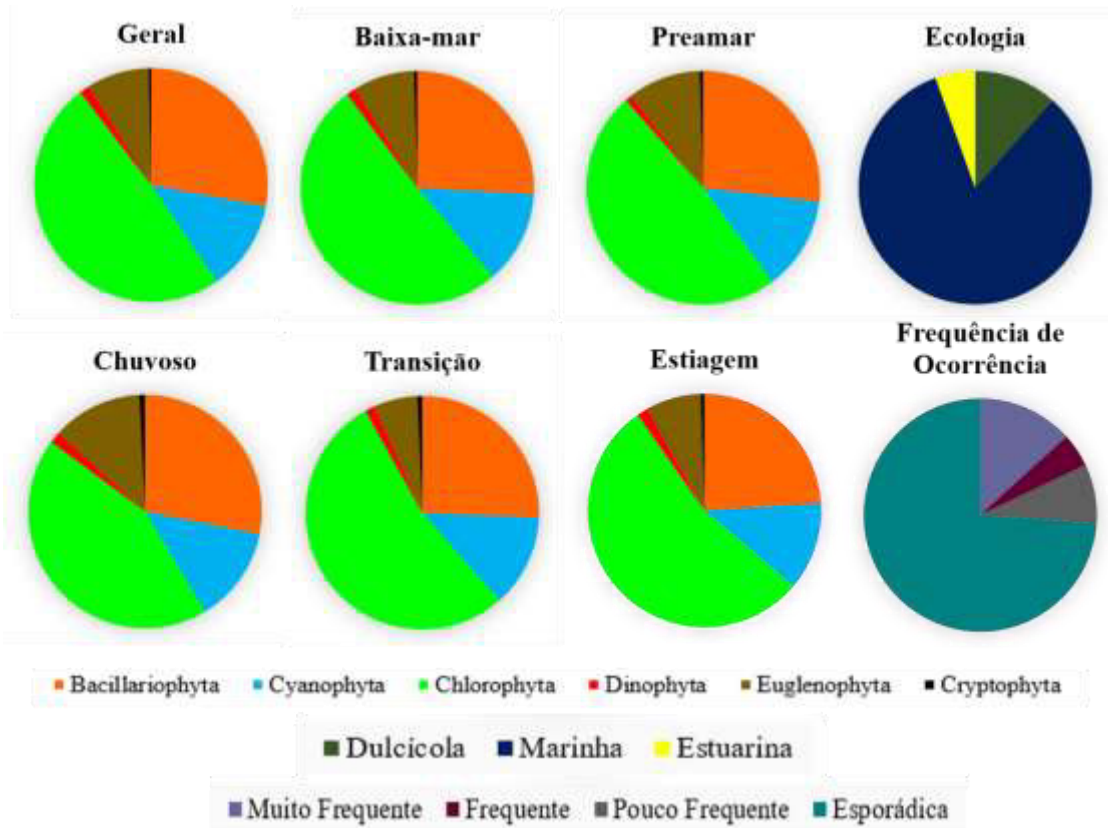
Wu, J. T., Chou, T.L. 2003. Silicate as the limiting nutrient for phytoplankton in a subtropical eutrophic estuary of Taiwan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58, 155–162. [https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(03\)00070-2](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(03)00070-2)

Xie, Y., Lu, K., Zhao, X., Ma, R., Chen, J., Ho, S. 2018. Manipulating Nutritional Conditions and Salinity-Gradient Stress for Enhanced Lutein Production in Marine Microalga *Chlamydomonas* sp. *Biotechnology Journal*, <https://doi.org/10.1002/biot.201800380>

Zhou W., Gao J., Liao J., Shi R., Li T., Guo Y., Long A. 2016. Characteristics of Phytoplankton Biomass, Primary Production and Community Structure in the Modaomen Channel, Pearl River Estuary, with Special Reference to the Influence of Saltwater Intrusion during Neap and Spring Tides. *PLoS ONE* 11(12): e0167630. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167630>

APÊNDICES

Apêndice A. Distribuição geral dos grupos taxonômicos e em relação às marés e períodos sazonais, ecologia das espécies e frequência de ocorrência.



Apêndice B. Composição Fitoplanctônica e densidade média ($\times 10^4$ cel L⁻¹) nos períodos sazonais e zonas estuarinas do EDRP. Onde: Chu – período chuvoso; Tra – período de transição; Est – período de estiagem; ZR – zona de rio; ZM – zona de mistura; ZC – zona costeira; F.O – frequência de ocorrência; E – esporádica; F – frequente; PF – pouco frequente e MF – muito frequente.

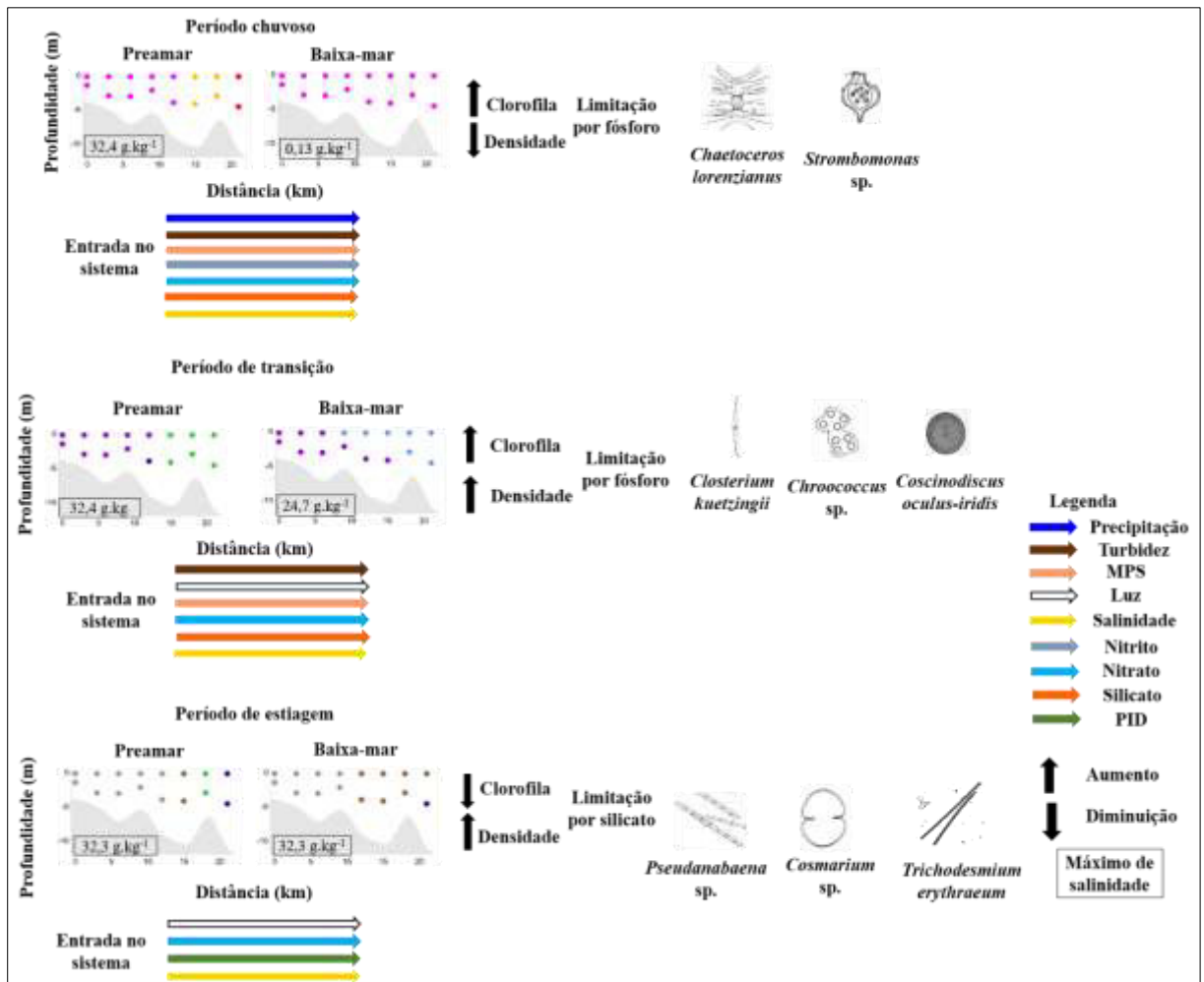
Táxons	Cod	C	T	E	ZR	ZM	ZC	DM (10 ⁴)	F.O	Táxons	Cod	C	T	E	ZR	ZM	ZC	DM (10 ⁴)	F.O	
Bacillariophyta										<i>Fragilaria</i> sp.	<i>Frgi</i>		*		*				0,2	E
<i>Amphora delplinea</i>	<i>Amd e</i>			*		*		0,2	E	<i>Frustulia interposita</i>	<i>Frin</i>			*	*			0,2	E	
<i>Amphora ovalis</i>	<i>Amo v</i>	*	*	*	*			0,4	E	<i>Frustulia</i> sp.	<i>Frus</i>			*	*			0,2	E	
<i>Amphora proteus</i>	<i>Amp r</i>			*		*		0,2	E	<i>Gomphonema</i> sp.	<i>Gom p</i>			*	*			0,4	E	
<i>Amphora</i> sp.	<i>Amp h</i>	*	*	*	*		*	0,7	F	<i>Grammatophora marina</i>	<i>Grm a</i>			*			*	0,2	E	
<i>Aulacoseira granulata</i>	<i>Augr</i>	*	*	*	*	*	*	28,2	MF	<i>Gyrosigma balticum</i>	<i>Gyba</i>	*	*	*	*		*	0,3	E	
<i>Caloneis permagna</i>	<i>Cape</i>			*	*			0,2	E	<i>Hantzschia amphioxys</i>	<i>Haa m</i>	*		*	*			0,5	E	
<i>Caloneis</i> sp.	<i>Calo</i>			*	*			0,4	E	<i>Helicotheca tamensis</i>	<i>Heta</i>	*		*				0,2	E	
<i>Campylodiscus neofastuosus</i>	<i>Cane</i>	*			*			0,2	E	<i>Iconella linearis</i>	<i>Icli</i>		*	*	*			0,2	E	
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>	<i>Chlo</i>	*				*		5,8	MF	<i>Lithodesmium undulatum</i>	<i>Liun</i>	*		*				0,2	E	
<i>Chaetoceros teres</i>	<i>Chte</i>	*				*		0,6	E	<i>Melosira undulata</i>	<i>Meu n</i>	*		*				0,2	E	
<i>Cocconeis placentula</i>	<i>Copl</i>			*		*		0,2	E	<i>Navicula cryptocephala</i>	<i>Nacr</i>	*		*				0,3	E	
<i>Coscinodiscus oculus-iridis</i>	<i>Cooc</i>	*	*	*	*	*	*	4,3	MF	<i>Navicula lanceolata</i>	<i>Nala</i>			*	*			0,2	E	
<i>Coscinodiscus</i> sp.	<i>Cosc</i>	*	*		*	*		0,2	E	<i>Navicula radiosa</i>	<i>Nara</i>	*		*				0,2	E	
<i>Craticula ambigua</i>	<i>Cra m</i>	*	*	*	*			0,4	PF	<i>Navicula symmetrica</i>	<i>Nasy</i>	*		*	*			0,3	E	
Complexo	<i>Cocy</i>	*	*	*	*	*	*	2,5	MF	<i>Navicula tripunctata</i>	<i>Natri p</i>	*	*	*	*	*	*	0,5	F	
<i>Cyclotella</i>	<i>Cona</i>	*	*	*	*	*	*	0,7	MF	<i>Navicula trivialis</i>	<i>Natri v</i>	*		*				0,2	E	
<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Cyme</i>	*	*	*	*	*	*	4,2	MF	<i>Nitzschia acicularis</i>	<i>Niac</i>		*	*				1,1	E	
<i>Cyclotella striata</i>	<i>Cystr i</i>	*	*		*	*		0,3	PF	<i>Nitzschia scalpelliformis</i>	<i>Nisc</i>	*		*		*		0,2	E	
<i>Cyclotella stylorum</i>	<i>Cystyl</i>		*	*	*			0,5	E	<i>Nitzschia sigma</i>	<i>Nisi</i>	*						0,2	E	
<i>Cylindrotheca closterium</i>	<i>Cycl</i>		*	*	*	*	*	0,9	PF	<i>Nitzschia</i> sp.	<i>Nitz</i>	*	*	*	*	*	*	0,5	MF	
<i>Cymbella</i> sp.	<i>Cymb</i>			*	*			0,2	E	<i>Odontella aurita</i>	<i>Odau</i>		*	*				0,5	E	
<i>Cymbella suburgidula</i>	<i>Cysu</i>		*	*	*	*	*	0,3	E	<i>Pinnularia pulchella</i>	<i>Pipu</i>	*		*	*	*		0,4	PF	
<i>Cymbopleura angustata</i>	<i>Cyan</i>			*	*			0,2	E	<i>Pinnularia</i> sp.	<i>Pinn u</i>	*	*	*	*			0,4	PF	
<i>Diploneis</i> spp.	<i>Dipl</i>	*			*			0,2	E	<i>Placoneis clementis</i>	<i>Plcl</i>			*	*			0,2	E	
<i>Diploneis weissflogii</i>	<i>Diwe</i>		*			*		0,2	E	<i>Placoneis placentula</i>	<i>Plpl</i>	*	*	*	*		*	0,6	MF	
<i>Discostella stelligera</i>	<i>Dist</i>		*	*	*		*	2,2	MF	<i>Placoneis</i> sp.	<i>Plac o</i>			*	*			0,6	E	
<i>Epithemia</i> sp.	<i>Epit</i>			*	*			0,2	E	<i>Pleurosigma formosum</i>	<i>Plfo</i>			*	*			0,2	E	
<i>Eunotia arcus</i>	<i>Euar</i>	*			*			0,2	E	<i>Pleurosigma normanii</i>	<i>Plno</i>		*	*	*		*	0,2	E	
<i>Eunotia</i> sp.	<i>Euno</i>			*		*		0,2	E	<i>Pleurosigma</i> sp.	<i>Pleu</i>			*	*			0,2	E	
<i>Fragilaria acus</i>	<i>Frac</i>	*	*		*	*		1,3	PF	<i>Proboscia alata</i>	<i>Pral</i>	*				*		0,4	E	

<i>Rhizosolenia imbricata</i>	Rhim	*	*		0,2	E	<i>Peranema</i> sp.	Pera	*	*		0,2	E	
<i>Sellaphora</i> sp.	Sell	*	*		0,4	PF	<i>Phormidium</i> sp.	Phor	*	*		0,8	E	
<i>Skeletonema costatum</i>	Skco	*		*	0,2	E	<i>Planktolynbya limnetica</i>	Plli	*	*	*	0,5	E	
<i>Surirella amphioxys</i>	Suam	*	*		0,4	E	<i>Planktolynbya</i> sp.	Plantoly	*	*	*	*	7,8	MF
<i>Surirella angusta</i>	Suan	*	*	*	0,4	E	<i>Planktothrix</i> sp.	Plan	*		*		0,3	E
<i>Surirella febigeri</i>	Sufe	*		*	0,2	E	<i>Pseudanabaena mucicola</i>	Psmu	*	*	*		0,2	E
<i>Surirella librile</i>	Suli	*	*		0,2	E	<i>Pseudanabaena</i> sp.	Pseu		*	*	*	36,0	MF
<i>Surirella robusta</i>	Suro	*	*		0,2	E	<i>Radiocystis fernandoi</i>	Rafe	*	*	*	*	0,4	F
<i>Surirella</i> sp.	Suri	*	*	*	0,2	E	<i>Raphidiopsis mediterranea</i>	Rame	*	*	*	*	5,5	MF
<i>Synedra</i> sp.	Syne	*	*	*	0,3	E	<i>Romeria victoriae</i>	Rovi	*		*		0,2	E
<i>Ulnaria ulna</i>	Ulul	*	*		0,6	E	<i>Spirulina</i> sp.	Spir	*		*		0,2	E
<i>Stauroneis</i> sp.	Stau	*	*		0,2	E	<i>Synechocystis aquatilis</i>	Syaq		*	*	*	0,7	MF
<i>Terpisinoë musica</i>	Temu	*	*		0,2	E	<i>Synechocystis</i> sp.	Synech	*		*		0,2	E
<i>Thalassionema nitzschioides</i>	Thni	*	*	*	0,5	E	<i>Trichodesmium erythraeum</i>	Tric		*		*	0,6	E
<i>Thalassiosira rotula</i>	Thro	*	*		0,2	E	Chlorophyta							
<i>Thalassiosira subtilis</i>	Thsu	*		*	0,2	E	<i>Actinastrum hantzschii</i>	Acha	*		*		0,2	E
<i>Tryblionella angustata</i>	Tran	*	*		0,2	E	<i>Actinotaenium turgidum</i>	Actu		*	*		0,3	E
Cyanophyta							<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	Anfa	*	*	*	*	0,3	E
<i>Anabaena</i> sp.	Anab	*	*	*	0,4	E	<i>Ankistrodesmus</i> sp.	Anki		*	*		0,2	E
<i>Aphanocapsa annulata</i>	Apan	*	*	*	0,5	MF	<i>Carteria globulosa</i>	Cagl		*	*		0,2	E
<i>Aphanocapsa delicatissima</i>	Apde	*	*	*	7,9	MF	<i>Carteria</i> sp.	Cart		*	*		0,2	E
<i>Aphanocapsa</i> sp.	Apha	*	*	*	0,3	E	<i>Chlamydomonas</i> sp.	Chla	*	*	*	*	0,9	MF
<i>Chroococcus limneticus</i>	Chli	*	*		0,7	E	<i>Closteriopsis acicularis</i>	Claci		*	*		0,5	E
<i>Chroococcus minimus</i>	Chmi	*	*	*	20,9	MF	<i>Closterium acerosum</i>	Clacer		*	*		0,2	E
<i>Chroococcus</i> sp.	Chro	*	*	*	5,4	MF	<i>Closterium acutum</i>	Clacut	*	*	*	*	2,3	MF
<i>Chroococcus turgidus</i>	Chtu	*	*	*	1,5	MF	<i>Closterium acutum</i> var. <i>variabile</i>	Clacva	*	*	*	*	0,8	MF
<i>Cylindropermopsis raciborskii</i>	Cyra	*	*	*	5,2	MF	<i>Closterium ehrenbergii</i>	Cleh		*		*	0,2	E
<i>Dolichospermum circinalis</i>	Doc		*	*	0,2	E	<i>Closterium intermedium</i>	Clin	*		*		0,2	E
<i>Dolichospermum macrosporum</i>	Dom		*	*	0,3	E	<i>Closterium kuetzii</i>	Clku		*	*	*	6,1	MF
<i>Dolichospermum</i> sp.	Doli		*	*	0,5	E	<i>Closterium moniliferum</i>	Clmo	*		*	*	0,2	E
<i>Dolichospermum spiroides</i>	Dosp		*	*	0,2	E	<i>Closterium setaceum</i>	Clse		*	*		0,2	E
<i>Geitlerinema</i> sp.	Geit	*		*	0,2	E	<i>Closterium</i> sp.	Clos	*	*	*	*	0,8	MF
<i>Komvophoron schmidlei</i>	Kosc		*	*	0,2	E	<i>Coelastrum cambricum</i>	Coca	*		*		0,2	E
<i>Leptolyngbya</i> sp.	Lept		*	*	0,9	E	<i>Coelastrum indicum</i>	Coin		*	*	*	0,7	F
<i>Microcystis aeruginosa</i>	Miae		*	*	0,4	PF	<i>Coelastrum microporum</i>	Comi	*	*	*	*	0,4	PF
<i>Microcystis</i> sp.	Micr	*		*	0,2	E	<i>Coelastrum</i> sp.	Coel		*	*	*	0,4	E
<i>Merismopedia tenuissima</i>	Mete	*	*	*	1,6	MF	<i>Coelomorion tropicale</i>	Cotr	*		*		0,5	E
<i>Oscillatoria princeps</i>	Ospi	*	*	*	0,4	E	<i>Comasiella arcuata</i>	Coar		*	*		0,9	E
<i>Oscillatoria</i> sp.	Osci	*	*	*	0,6	MF								

<i>Comasiella arcuata</i> var. <i>platydisca</i>	<i>Coarpl</i>	*	*	*	*	*		0,3	E	<i>Lemmermannia komarekii</i>	<i>Leko</i>	*	*	*	*		0,7	PF
<i>Cosmarium botrytis</i>	<i>Cobo</i>	*	*		*			0,2	E	<i>Messastrum gracile</i>	<i>Megr</i>	*	*	*	*	*	0,3	PF
<i>Cosmarium contractrum</i>	<i>Coco</i>	*			*			0,2	E	<i>Micractinium pusillum</i>	<i>Mipu</i>	*	*	*	*	*	0,5	F
<i>Cosmarium hammeri</i>	<i>Coha</i>	*			*			0,2	E	<i>Monactinus simplex</i>	<i>Mosi</i>		*	*	*		0,6	MF
<i>Cosmarium minimum</i>	<i>Comini</i>	*	*	*	*		*	0,6	MF	<i>Monoraphidium contortum</i>	<i>Moco</i>	*	*		*		0,5	E
<i>Cosmarium reniforme</i>	<i>Core</i>			*	*			0,2	E	<i>Monoraphidium griffithii</i>	<i>Mogr</i>	*	*	*	*	*	0,6	MF
<i>Cosmarium</i> spp.	<i>Cosm</i>	*	*	*	*			0,4	PF	<i>Monoraphidium irregulare</i>	<i>Moir</i>	*	*		*		0,2	E
<i>Crucigenia fenestrata</i>	<i>Crfe</i>		*		*			0,4	E	<i>Monoraphidium mirabile</i>	<i>Momi</i>		*	*	*		0,3	E
<i>Crucigenia</i> sp.	<i>Cruc</i>			*		*		1,0	E	<i>Monoraphidium sp.</i>	<i>Mon</i>			*	*		0,2	E
<i>Desmodesmus abundans</i>	<i>Deab</i>		*	*	*			0,3	E	<i>Monoraphidium tortile</i>	<i>Moto</i>	*		*	*		0,3	E
<i>Desmodesmus armatus</i>	<i>Dear</i>	*	*	*	*	*	*	0,9	MF	<i>Mucidosphaerium pulchellum</i>	<i>Mupu</i>	*	*	*	*		0,4	PF
<i>Desmodesmus armatus</i> var. <i>bicaudatus</i>	<i>Dearbi</i>		*	*	*			0,2	E	<i>Neglectella solitaria</i>	<i>Neso</i>		*	*			0,8	PF
<i>Desmodesmus bicaudatus</i>	<i>Debi</i>			*	*			0,4	E	<i>Nephrocytium limneticum</i>	<i>Neli</i>		*	*	*		0,3	E
<i>Desmodesmus communis</i>	<i>Deco</i>		*		*			0,2	E	<i>Nephrocytium</i> sp.	<i>Neph</i>			*	*		0,9	PF
<i>Desmodesmus denticulatus</i>	<i>Dede</i>		*		*			0,2	E	<i>Oocystis borgei</i>	<i>Oobo</i>	*	*	*	*	*	0,5	MF
<i>Desmodesmus intermedius</i>	<i>Dein</i>		*		*			0,2	E	<i>Oocystis lacustris</i>	<i>Oola</i>	*	*	*	*	*	0,4	PF
<i>Desmodesmus maximus</i>	<i>Dem</i>		*		*			0,2	E	<i>Oocystis marssonii</i>	<i>Ooma</i>		*		*		0,4	E
<i>Desmodesmus opolinensis</i>	<i>Deop</i>	*	*	*	*			0,3	E	<i>Oocystis parva</i>	<i>Oopa</i>	*	*	*	*	*	0,7	MF
<i>Desmodesmus perforatus</i>	<i>Depe</i>	*	*	*	*			0,5	F	<i>Oocystis pusilla</i>	<i>Oopu</i>	*			*		0,2	E
<i>Desmodesmus protuberans</i>	<i>Depr</i>		*		*			0,4	E	<i>Oocystis</i> sp.	<i>Oocy</i>	*	*	*	*	*	0,4	F
<i>Desmodesmus serratus</i>	<i>Dese</i>		*	*	*			0,5	E	<i>Oocystis submarina</i>	<i>Oosu</i>		*	*	*		0,5	PF
<i>Desmodesmus</i> sp.	<i>Desm</i>		*		*			0,2	E	<i>Pectinodesmus pectinatus</i>	<i>Pepe</i>		*	*	*	*	0,4	F
<i>Desmodesmus spinosus</i>	<i>Desp</i>		*		*			0,5	E	<i>Pectinodesmus regularis</i>	<i>Pere</i>	*		*	*		0,2	E
<i>Desmodesmus spinulatus</i>	<i>Despinul</i>		*		*			0,3	E	<i>Pectinodesmus</i> sp.	<i>Pect</i>	*			*		0,2	E
<i>Dictyosphaerium</i> sp.	<i>Dict</i>		*		*			0,2	E	<i>Pediastrum bivae</i>	<i>Pebi</i>		*	*	*		0,6	E
<i>Elakatothrix gelatinosa</i>	<i>Elge</i>		*	*	*			0,6	F	<i>Pediastrum duplex</i>	<i>Pedu</i>		*	*			0,2	E
<i>Elakatothrix</i> sp.	<i>Elak</i>	*	*	*	*	*		0,7	MF	<i>Pediastrum</i> sp.	<i>Pedi</i>	*		*	*		0,4	E
<i>Euastrum denticulatum</i>	<i>Eudent</i>		*		*			0,2	E	<i>Penium</i> sp.	<i>Peni</i>	*		*	*	*	0,2	E
<i>Euastrum gayanum</i>	<i>Euga</i>		*		*			0,2	E	<i>Planktophaeria gelatinosa</i>	<i>Plge</i>		*	*			1,0	E
<i>Eucapsis densa</i>	<i>Eudens</i>		*		*			1,5	MF	<i>Planktosphaeria</i> sp.	<i>Plantoph</i>		*	*			0,9	E
<i>Eudorina elegans</i>	<i>Euel</i>	*	*	*	*	*	*	0,6	MF	<i>Pseudosphaerocystis lacustris</i>	<i>Psla</i>		*	*			1,2	E
<i>Eudorina</i> sp.	<i>Eudo</i>		*	*	*			0,2	E	<i>Quadrigula chodatii</i>	<i>Quch</i>		*	*	*	*	0,6	F
<i>Gregiochloris lacustris</i>	<i>Grla</i>		*	*	*			0,4	E	<i>Quadrigula pfitzeri</i>	<i>Qupf</i>		*	*		*	0,6	E
<i>Gonatozygon pilosum</i>	<i>Gopi</i>	*			*			0,2	E	<i>Quadrigula</i> sp.	<i>Quad</i>	*	*	*	*		0,3	E
<i>Hyalotheca</i> sp.	<i>Hyal</i>	*	*	*	*	*	*	3,4	MF	<i>Rhysamphichloris similis</i>	<i>Rhsi</i>		*		*		0,2	E
<i>Kirchneriella lunaris</i>	<i>Kilu</i>		*	*	*		*	0,3	E	<i>Scenedesmus acunae</i>	<i>Scac</i>		*		*	*	0,4	E
<i>Lagerheimia</i> sp.	<i>Lage</i>	*			*			0,2	E	<i>Scenedesmus ecornis</i>	<i>Scac</i>		*		*		0,3	E
										<i>Scenedesmus indicus</i>	<i>Sceni</i>	*		*			0,2	E

<i>Scenedesmus obtusus</i>	<i>Scob</i>	*	*		0,5	E	<i>Xanthidium trilobum</i>	<i>Xatr</i>	*	*	*	0,3	E	
<i>Scenedesmus quadricauda</i>	<i>Scqu</i>	*	*	*	*	*	<i>Westella</i> sp.	<i>West</i>	*	*		0,2	E	
<i>Scenedesmus</i> sp.	<i>Scen</i>	*	*	*	*	*	<i>Willea apiculata</i>	<i>Wiap</i>	*	*		0,2	E	
<i>Schroederia indica</i>	<i>Schri n</i>	*	*	*	*		<i>Willea rectangularis</i>	<i>Wire</i>	*	*		0,7	E	
<i>Schroederia setigera</i>	<i>Scse</i>	*	*	*	*	*	Dinophyta						E	
<i>Schroederia</i> sp.	<i>Schr</i>	*	*	*	*		<i>Protoperidinium</i> sp.	<i>Prot</i>	*	*	*	*	0,3	E
<i>Schroederia spiralis</i>	<i>Scsp</i>	*	*	*	*	*	<i>Gymnodinium</i> sp.	<i>Gym n</i>	*		*		0,2	E
<i>Sphaerocystis schroeteri</i>	<i>Spse</i>	*	*	*			<i>Peridinium</i> sp.	<i>Peri</i>	*		*		0,2	E
<i>Sphaerocystis</i> sp.	<i>Spha</i>	*	*	*			<i>Prorocentrum micans</i>	<i>Prmi</i>	*	*	*	*	0,2	E
<i>Spondylosium moniliforme</i>	<i>Spmo</i>	*	*	*			Cryptophyta							
<i>Spondylosium</i> sp.	<i>Spon</i>	*	*				<i>Cryptomonas</i> sp.	<i>Cryt</i>	*	*	*	*	1,0	PF
<i>Staurastrum asteroideum</i>	<i>Stas</i>	*	*		*		Euglenophyta							
<i>Staurastrum chaetoceras</i>	<i>Stch</i>	*	*	*	*		<i>Euglena acus</i> var. <i>detonii</i>	<i>Euac de</i>	*		*		0,3	E
<i>Staurastrum dorsidentiferum</i>	<i>Stdo</i>	*	*	*	*	*	<i>Euglena gracile</i>	<i>Eugr ac</i>	*	*			0,2	E
<i>Staurastrum indentatum</i>	<i>Stin</i>	*	*	*			<i>Euglena</i> spp.	<i>Eugl</i>	*	*	*	*	0,3	E
<i>Staurastrum iotantum</i>	<i>Stio</i>	*	*				<i>Euglena granulata</i>	<i>Eugr an</i>	*	*			0,2	E
<i>Staurastrum leptocladum</i>	<i>Stle</i>	*	*	*			<i>Euglenaformis proxima</i>	<i>Eupr</i>	*	*	*	*	0,3	PF
<i>Staurastrum longiradiatum</i>	<i>Stlo</i>	*	*				<i>Lepocinclis acus</i>	<i>Leac</i>	*	*	*		0,3	E
<i>Staurastrum manfeldtii</i> var. <i>pseudosebaldii</i>	<i>Stma ps</i>	*	*				<i>Lepocinclis oxyuris</i>	<i>Leox</i>	*	*			0,3	E
<i>Staurastrum pseudoarthrodemus</i>	<i>Stps</i>	*	*				<i>Phacus acuminatus</i>	<i>Phac um</i>	*	*			0,2	E
<i>Staurastrum rotundatum</i>	<i>Staur otu</i>	*	*				<i>Cryptoglena skujae</i>	<i>Crsk</i>	*	*	*		0,3	E
<i>Staurastrum sebaldi</i>	<i>Stse</i>	*	*	*	*		<i>Phacus longicauda</i>	<i>Phlo</i>	*	*			0,2	E
<i>Staurastrum</i> sp.	<i>Staur a</i>	*	*	*			<i>Phacus</i> spp.	<i>Phac</i>	*	*	*	*	0,3	E
<i>Stauridium tetras</i>	<i>Staut e</i>	*	*	*	*		<i>Phacus onyx</i>	<i>Phox</i>	*	*			0,2	E
<i>Staurodesmus</i> sp.	<i>Staur o</i>	*	*	*			<i>Strombomonas fluviatilis</i>	<i>Stfl</i>	*	*			0,3	E
<i>Tetrademus obliquus</i>	<i>Teob</i>	*	*				<i>Strombomonas gibberosa</i>	<i>Stgi</i>	*	*			0,2	E
<i>Tetraedron minimum</i>	<i>Temi</i>	*	*	*			<i>Strombomonas rotunda</i>	<i>Stror o</i>	*	*			0,2	E
<i>Tetrastrum homoiacanthum</i>	<i>Teho</i>	*	*				<i>Strombomonas</i> sp.	<i>Stro</i>	*	*	*		0,2	E
<i>Tetrastrum</i> sp.	<i>Tetra str</i>	*	*	*			<i>Strombomonas tetraptera</i>	<i>Strot e</i>	*	*			0,2	E
<i>Tetraselmis</i> sp.	<i>Tetra s</i>	*	*				<i>Trachelomonas armata</i>	<i>Trar</i>	*	*	*	*	0,3	E
<i>Treubaria setigera</i>	<i>Trse</i>	*	*	*	*	*	<i>Trachelomonas hispida</i>	<i>Trhi</i>	*	*	*	*	0,5	PF
<i>Treubaria</i> sp.	<i>Treu</i>	*	*				<i>Trachelomonas lacustris</i>	<i>Trla</i>	*	*			0,4	E
<i>Volvox aureus</i>	<i>Voau</i>	*	*				<i>Trachelomonas oblonga</i> var. <i>pulcherrima</i>	<i>Trobu pu</i>	*	*			0,2	E
<i>Xanthidium regulare</i> var. <i>astepum</i>	<i>Xare as</i>	*	*				<i>Trachelomonas similis</i>	<i>Trsi</i>	*	*			0,2	E
<i>Xanthidium</i> sp.	<i>Xant</i>	*	*				<i>Trachelomonas</i> spp.	<i>Trac</i>	*	*	*	*	0,6	F
							<i>Trachelomonas volvocina</i>	<i>Trvo</i>	*	*	*	*	1,8	MF

Apêndice C. Resumo gráfico

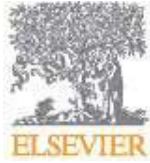


Apêndice D. Destaques

HIGHLIGHTS

- A entrada da maré condiciona a estrutura e a distribuição da comunidade fitoplanctônica
- A zona de rio apresentou maiores abundâncias de espécies
- As espécies estão adaptadas a distúrbios físicos, alta concentração de turbidez, MPS e nutrientes além de disponibilidade de luz
- São espécies indicadoras de zonas estuarinas do estuário do rio Parnaíba:
Chaetoceros lorenzianus, *Chroococcus* sp., *Coscinodiscus oculus-iridis* e *Pseudanabaena* sp.

ANEXO



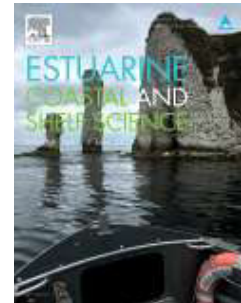
ESTUARINE, COASTAL AND SHELF SCIENCE

In association with the [Estuarine Coastal Sciences Association \(ECSA\)](#)

AUTHOR INFORMATION PACK

TABLE OF CONTENTS

•	Description	p.1
•	Audience	
•	Impact Factor	p.2
•	Abstracting and Indexing	p.2
•	Editorial Board	p.2
•	Guide for Authors	p.6



ISSN: 0272-7714

DESCRIPTION

Estuarine, Coastal and Shelf Science is an international multidisciplinary journal devoted to the analysis of **saline water** phenomena ranging from the outer edge of the **continental shelf** to the upper limits of the **tidal zone**. The journal provides a unique forum, unifying the multidisciplinary approaches to the study of the oceanography of **estuaries, coastal zones, and continental shelf seas**. It features original research papers, review papers and short communications treating such disciplines as zoology, botany, geology, sedimentology, physical oceanography.

Data reports of mainly local interest are discouraged.

Research areas include:

- Numerical modelling of estuarine and coastal marine ecosystems
- Species distribution in relation to varying environments
- Effects of waste disposal
- Groundwater runoff and Chemical processes
- Estuarine and fjord circulation patterns
- Meteorological and oceanic forcing of semi-enclosed and continental shelf water masses
- Sea-surface and sea-bed processes
- Estuarine and coastal sedimentary processes and geochemistry
- Brackish water and lagoon phenomena
- Transitional waters

Reviewer recognition

To download a certificate of your review, please go to your Reviewer Recognition Profile (RRP). You can access this with the email address you used for your review here: reviewerrecognition.elsevier.com.

Benefits to authors

We also provide many author benefits, such as free PDFs, a liberal copyright policy, special discounts on Elsevier publications and much more. Please click here for more information on our [author services](#).

Please see our [Guide for Authors](#) for information on article submission. If you require any further

information or help, please visit our [Support Center](#)

AUDIENCE

Marine biologists and ecologists, physical, chemical and biological oceanographers, marine sedimentologists, geologists and geochemists.

IMPACT FACTOR

2017: 2.413 © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2018

ABSTRACTING AND INDEXING

Scopus
BIOBASE
CAB International
Chemical Abstracts
Current Awareness in Biological Sciences
Current Contents ASCA/Engineering Technology & Applied Science/Science Citation Index/SCISEARCH Data
Current Contents/Agriculture, Biology & Environmental Sciences
Current Contents/Physics, Chemical, & Earth Sciences
Engineering Index
Environmental Periodicals Bibliography
Geo Bib & Index
INSPEC Data/Cam Sci Abstr
Marine Literature Review
Oceanbase
Research Alert
SciSearch
Meteorological and Geostrophysical Abstracts
Oceanographic Literature Review
BIOSIS databases/Zoological Records

EDITORIAL BOARD

Editors

D. Baird, University of Stellenbosch, Matieland, South Africa

Estuarine and coastal ecosystem theory, dynamics and modelling; Ecological Network Analysis; Nutrient dynamics and cycling in estuarine and marine ecosystems; Water quality assessments; Coastal fisheries

D.J. Burdige, Old Dominion University, Norfolk, Virginia, USA

Chemical oceanography; Biogeochemistry of marine and estuarine sediments, including sediment contaminants; Global change

M. Elliott, University of Hull, Hull, UK

Life Sciences (ecology, biology, ecosystems); Biota-Chemistry links; Human impacts; Ecosystem Management; Natural science - social science links

T. Jennerjahn, Leibniz Centre for Tropical Marine Research, Bremen, Germany

Biogeochemical cycling in rivers/estuaries; Mangroves; Seagrasses and coastal seas; Organic matter

diagenesis; Tropical coastal ecosystems; Eutrophication; Paleoreconstruction; Nutrient cycling;
Carbon cycling

S. Mitchell, University of Portsmouth, Portsmouth, UK

estuarine sediment transport; Dynamics of turbidity maxima in estuaries; Civil engineering hydraulics;
Coastal morphodynamics

Honorary Editor

E. Wolanski

Associate Editors

R. Asmus, Alfred-Wegener Institut - Helmholtz-Zentrum für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven, Germany

Coastal ecology; Food web analysis; Primary production of seagrasses; Microphytobenthos and phytoplankton; Nutrient dynamics; Benthic - pelagic coupling

M.M. Baskaran, Wayne State University (WSU), Detroit, Michigan, USA

U-Th series radionuclides as tracer in aqueous system; scavenging of particle-reactive radionuclides and species in marine environment; dating of marine sediments using short-lived radionuclides (Pb-210, Cs-137, Pu); sediment focusing/erosion using radionuclides; Atmospheric studies using progeny of radon

A. Borges, Université de Liège, Liège, Belgium

carbon and carbonate cycling across aquatic systems including freshwater ecosystems (lakes and rivers), coastal ecosystems (estuaries, seagrass beds, mangroves and continental margins), and open ocean with particular emphasis on the exchange of CO₂ with the atmosphere and on the coupling between inorganic carbon dynamics and biological processes

J. Bowen, Northeastern University (NU), Nahant, MA, USA

Estuarine microbial ecology; estuarine nitrogen cycling; salt marsh ecology

D. Bowers, Bangor University, Menai Bridge, Wales, UK

Marine optics; Remote sensing of suspended sediments and CDOM; Physical oceanography of estuaries and shelf seas; Suspended sediments and marine turbulence

L. Chicharo, Universidade do Algarve (UALg), Faro, Portugal

Estuarine fisheries; Food web; Salt marsh; Integrated river basin management; Ecohydrology

F. De Serio, Politecnico di Bari, Bari, Italy

Hydrodynamics of coastal areas; Breaking turbulence and sediment transport; Data analysis and numerical models in lagoons and estuaries; Turbulence transport and dispersion in vegetated channels

Q. Fang, Xiamen University, Xiamen, China

Strategic environmental assessment; Regional environmental planning; Marine environmental policy

R. Feagin, Texas A&M University, College Station, Texas, USA

Spatial analysis of the erosion in wetlands; Dunes; Beaches (This includes the use of GIS)

A. Franco

Fish ecology; Community structure and functioning; Estuaries, lagoons and coastal waters; Numerical/quantitative ecology and statistics

J French, University College London (UCL), London, UK

C.K. Harris, Virginia Institute of Marine Science, Gloucester Point, Virginia, USA

Sediment transport; Numerical models; Estuaries; Continental shelves

L. Harris, University of Maryland, Solomons, Maryland, USA

systems ecology; estuarine biogeochemistry, ecological modeling (ecosystem, biological-physical models, individual-based models); primary producers from phytoplankton to macrophytes; lagoon ecology; mass balance nutrient budgets; time series analysis

W. Huang, Florida State University, Tallahassee, Florida, USA

Coastal hazards; Coastal hydrodynamics and ecosystems; Computational fluid dynamics and turbulence modeling

E. Jackson, Central Queensland University, Gladstone, Queensland, Australia

seagrass ecosystems, marine landscape and spatial ecology, marine plant sediment interactions, marine protected area networks, coastal ecology, estuaries

L. Karczmarski, School of Biological Sciences, University of Hong Kong and Cetacea Research Institute, Hong Kong

Marine megafauna - Behaviour and behavioural ecology; Marine mammals - Cetaceans, Socio- spatial ecology, Population processes and demography, Range use and habitat selection, Conservation ecology.

J. Lambrechts, Université Catholique de Louvain (UCL), Louvain-la-Neuve, Belgium

Estuarine and shelf oceanographic modelling; Cohesive fine sediment modelling; Modeling the dispersion of waterborne particles with/without a special behavior (e.g. swimming for fish larvae and turtle hatchlings, additional wind drift for floating debris)

A. Manning, HR Wallingford Ltd, Oxfordshire, England, UK

Cohesive sediment transport; Flocculation process; Mixed sediment dynamics; Nearshore physical oceanography

R.N. Mead, University of North Carolina Wilmington (UNCW), Wilmington, North Carolina, USA

P. Meire, Universiteit Antwerpen, Antwerpen, Belgium

Estuarine dynamics; Nutrient cycling; Restoration techniques; Birds; Ecosystem services; Dredging; Ecology

C. Osburn, North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA

Dissolved and particulate organic matter; Photochemistry; Absorbance; Fluorescence; Stable isotopes; Biomarkers

J.L. Pinckney, University of South Carolina, Columbia, South Carolina, USA

Marine Ecology; Phytoplankton; Microphytobenthos; Ecosystem processes

V. Quintino, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal

Benthic ecology (mainly Atlantic, intertidal sandy and rocky shores and subtidal estuarine and coastal shelf areas); Bioassessment or biomonitoring (namely sediment ecotoxicology, including integrated approaches such as the sediment quality triad, biotic indicators and indices); Community level responses to natural and anthropogenic factors

I. Santos, Southern Cross University, Coffs Harbour, New South Wales, Australia

Biogeochemistry; Coastal carbon cycle; Submarine groundwater discharge; Isotopic tracers; Land-ocean interactions.

A.M. Shiller, University of Southern Mississippi, Stennis Space Center, Mississippi, USA

Trace element chemistry; Biogeochemical cycling; Methane; Carbon cycling

S.A. Skrabal

Trace metal speciation and behavior; Sediment-water interactions; Effects of sunlight on inorganic and organic components in sediments

I. Telesh, Zoological Institute of the Russian Academy of Sciences, St. Peterburg, Russian Federation Plankton ecology; Biodiversity; Biological invasions; Trophic interactions in plankton; Triggers and drivers of plankton dynamics; Environmental gradients; Response of aquatic biota to salinity stress

M.A. Teodósio, Universidade do Algarve (UAlg), Faro, Portugal

Planktonic ecology; Jellyfish blooms ecology; Fish larvae and recruitment; Estuarine and coastal trophic ecology; Ocean acidification; Indicators and ecophysiological indices

S. Vizzini, Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italy

C and N stable isotopes; Food webs; Seagrasses; Blue carbon; Contaminant trophic transfer; Aquaculture; Ocean acidification

S. von der Heyden, University of Stellenbosch, Matieland, South Africa

Marine; Genetics; Genomics; Conservation; Estuaries; Fisheries; Environmental DNA; Biodiversity

X.H. Wang, UNSW Australia, Canberra, New South Wales, Australia

Coastal oceanography; Numerical modelling; Sediment transport dynamics

A. Whitfield, South African Institute for Aquatic Biodiversity (SAIAB), Grahamstown, South Africa

Biology and ecology of fishes in estuaries

J.G. Wilson, Trinity College, Dublin, Ireland

Bioindicators and coastal management; Aquatic systems analysis; Estuarine pollution; heavy metals and nutrients; Biota/sediment/water interactions; Ecophysiology and energetics

M. Xia, University of Maryland Eastern Shore, Princess Anne, Maryland, USA

River plume and estuary dynamics; Ecological, biogeochemistry and larval transport process; TMDL modeling; Nearshore wave-current dynamics and sediment transport process; River watershed modeling

K. Xu, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, USA

Geological oceanography; Coastal morphodynamics; Observation and numerical modeling of sediment transport; Sediment dynamics of bottom boundary layer; Sedimentary geology; Coastal processes

A. Zaiko, Cawthron Institute, Nelson, New Zealand

Marine ecology and biosecurity; Ecology and impacts of; Invasive species; Ecosystem functioning; Environmental health assessment; Environmental DNA barcoding and biomonitoring; High throughput sequencing; Ecology of benthic communities; Ballast water and shipping introduction pathways

W. Zhang, East China Normal University, Shanghai, China

Heavy metal pollution; Sediment tracing using magnetic and geochemical methods; Coastal environmental changes

Editorial Board

M. Alber, University of Georgia, Athens, Georgia, USA

Estuarine ecology; Salt marsh ecology; Coastal policy

W.R. Boynton, University of Maryland, Solomons, Maryland, USA

estuarine ecology, eutrophication/water quality; nutrient cycling; nutrient mass balances

O. Defeo, UNDECIMAR, Montevideo, Uruguay

small-scale fisheries: assessment, management

M. Devlin, James Cook University, Townsville, Queensland, Australia

eutrophication, water quality, phytoplankton, remote sensing, Great Barrier Reef, Water Framework Directive

Q. Dortch, National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, Maryland, USA

phytoplankton ecology, Harmful Algal Blooms, and eutrophication

J. Gomes Ferreira, Universidade NOVA de Lisboa, Monte de Caparica, Portugal

Ecological modelling of estuarine and coastal systems, particularly in the fields of aquaculture and eutrophication

R. Gowen, Agri-Food and Biosciences Institute, Belfast, Northern Ireland, UK

Phytoplankton and zooplankton ecology; Marine eutrophication; Harmful algal blooms; Marine ecosystem structure and functioning

F.L. Hellweger, Technische Universität Berlin (TUB), Berlin, Germany

Surface water quality; Microbial ecology; Mathematical modeling

O. Iribarne, Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina

Estuarine and coastal ecology; Community ecology; Food webs; Coastal fisheries

E. Jaramillo, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile

D.S. McLusky, University of Stirling, Stirling, UK

Definition of estuaries and transitional waters; Effects of salinity on estuarine invertebrates; Estuarine ecosystems, and the impact of pollution on them

A.J. Mehta, University of Florida, Gainesville, Florida, USA

coastal Hydraulics; cohesive sediment transport

G. Millward, Plymouth University, Plymouth, UK

Estuarine and marine biogeochemistry, specifically reaction kinetics in aquatic systems, involving particle-water interactions; Behaviour and transport of radionuclides in estuaries.

G. M. E. Perillo, Instituto Argentino de Oceanografía, Bahía Blanca, Argentina

Geomorphology and Dynamics of Estuaries and Coastal Wetlands - Dynamics of sediment transport - Physical-Biological interactions

D. Prandle

Observational, modelling and theoretical studies of: Tide and storm surge propagation; Tidal energy extraction; Circulation and mixing; Temperatures; Sedimentation and water quality in shelf seas and their coastal margins

J. Romero Martinengo, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain

Seagrass biology and ecology; Benthic community ecology

Y. Saito, Shimane University, Matsue, Japan

Delta, Coast, Sedimentation, Asia

Your Paper Your Way

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

To find out more, please visit the [Preparation section below](#).

Types of paper

Estuarine, Coastal and Shelf Science is an international multidisciplinary journal devoted to the analysis of saline water phenomena ranging from the outer edge of the continental shelf to the upper limits of the tidal zone. The journal provides a unique forum, unifying the multidisciplinary approaches to the study of the oceanography of estuaries, coastal zones, and continental shelf seas. It features original research papers, review papers and short communications treating such disciplines as zoology, botany, geology, sedimentology, physical oceanography. Data reports of mainly local interest are discouraged. An original research paper should not contain more than 8000 words, and no more than 8 figures and 3 tables. A **research note/short communication** should not contain more than 4,000 words and no more than 3 figures and 1 table. The Journal also welcomes suggestions from leading and internationally renowned scientists for in-depth **Reviews and Invited Feature Articles** on wide-ranging and contemporary topics. These Reviews can be approx. 12,000 words but the suggestions should be discussed with one of the Editors-in-Chief in the first instance.

Research areas include: Numerical modelling of estuarine and coastal marine ecosystems; Species distribution in relation to varying environments; Effects of waste disposal; Groundwater runoff and Chemical processes; Estuarine and fjord circulation patterns; Meteorological and oceanic forcing of semi-enclosed and continental shelf water masses; Sea-surface and sea-bed processes; Estuarine and coastal sedimentary processes and geochemistry; Brackish water and lagoon phenomena; Transitional waters.

*Up-front rejections of papers submitted to *Estuarine, Coastal and Shelf Science**

ECSS handles about 1000 papers per year and over 3000 reviewers are involved in assisting the journal each year.

As editors we follow the declared guidelines for the journal and we also receive advice and comments from the publishers, and members of the editorial board as well as reviewers. The consistent advice that we have received from everyone is that the editors should reject papers which are likely to be rejected at the beginning of the process rather than sending them out for review, knowing what the answer is likely to be. Over 25% of papers are now rejected at the editorial submission phase.

The papers are subject to an initial technical pre-screening process by the publisher. This process checks on submission format and examines matters such as the provision of suitable keywords and legible figures. It also tries to check up on the standard of English, as it is totally inappropriate to expect a reviewer to undertake linguistic revision.

The pre-screening process however makes no judgement on the suitability of the paper for ECSS. This judgement is made by one of the editors who will up-front reject a paper judged unsuitable without going to review. These up-front rejections are due to three principal reasons:

Firstly, we receive several papers each year that have been submitted to the "wrong journal". We have received, for example, papers on inland freshwater lakes or palaeontology, and other topics which are clearly beyond the scope of the journal. As a simple guide, if there is no mention of any previous ECSS paper in the reference list, it strongly suggests that the paper has been submitted to the wrong journal.

Secondly, papers that are "data reports" or "reports of local interest" will be rejected up-front. Papers in this category may describe a particular estuary in great detail, but fail to advance estuarine, coastal and shelf science. The overwhelming feeling when reading such a paper is "so-what!"

Thirdly, other reasons for up-front rejection can be a lack of a valid Discussion which integrates the study with the peer-reviewed literature or else relies on excessive self-citation, or a lack of appropriate statistical analysis, or purely statistical analyses without considering processes.

We at ECSS seek that all papers are based on hypothesis testing and that the hypotheses should be of general and international interest. We are interested in contributions that add to general knowledge, and move the field forward.

By up-front rejection we hope to give the authors a chance to quickly submit to a more appropriate journal. We do accept that we will sometimes make mistakes in this process, but we do this to protect the reviewers by offering them only relevant papers that are potentially publishable in ECSS. Up-front rejected papers will not be reconsidered for publication and we have a similar policy for papers rejected after review.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print *Graphical Abstracts / Highlights files* (where applicable) *Supplemental files* (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our [Support Center](#).

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

Please see our information pages on [Ethics in publishing](#) and [Ethical guidelines for journal publication](#).

Declaration of interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential competing interests include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double-blind) or the manuscript file (if single-blind). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. This summary statement will be ultimately published if the article is accepted. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. [More information](#).

Submission declaration

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder.

Submission Declaration and Verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <https://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <https://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The cover letter must include a declaration that all authors agree to the submission

Preprints

Please note that [preprints](#) can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's [sharing policy](#). Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information).

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Articles should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader, should contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of race, sex, culture or any other characteristic, and should use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, for instance by using 'he or she', 'his/her' instead of 'he' or 'his', and by making use of job titles that are free of stereotyping (e.g. 'chairperson' instead of 'chairman' and 'flight attendant' instead of 'stewardess').

Contributors

Each author is required to declare his or her individual contribution to the article: all authors must have materially participated in the research and/or article preparation, so roles for all authors should be described. The statement that all authors have approved the final article should be true and included in the disclosure.

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Article transfer service

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. [More information.](#)

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see [more information](#) on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. [Permission](#) of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has [preprinted forms](#) for use by authors in these cases.

For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' ([more information](#)). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of [user license](#).

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. [More information](#).

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can [share your research](#) published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the gold open access publication fee. Details of [existing agreements](#) are available online.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through our [universal access programs](#).
- No open access publication fee payable by authors.
- The Author is entitled to post the [accepted manuscript](#) in their institution's repository and make this public after an embargo period (known as green Open Access). The [published journal article](#) cannot be shared publicly, for example on ResearchGate or Academia.edu, to ensure the sustainability of peer-reviewed research in journal publications. The embargo period for this journal can be found below. **Gold open access**
- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- A gold open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their research funder or institution.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For gold open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following [Creative Commons user licenses](#):

Creative Commons Attribution (CC BY)

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The gold open access publication fee for this journal is **USD 3250**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <https://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Green open access

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our [open access page](#) for further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. [Find out more](#).

This journal has an embargo period of 24 months.

Elsevier Researcher Academy

[Researcher Academy](#) is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars, downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease.

Language and language services

Manuscripts should be written in English. Authors who are unsure of correct English usage should have their manuscript checked by someone proficient in the language. Manuscripts in which the English is difficult to understand may be returned to the author for revision before scientific review.

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who require information about language editing and copyediting services pre- and post-submission please visit <https://www.elsevier.com/languagepolishing> or our customer support site at service.elsevier.com for more information. Please note Elsevier neither endorses nor takes responsibility for any products, goods or services offered by outside vendors through our services or in any advertising. For more information please refer to our Terms & Conditions: <https://www.elsevier.com/termsandconditions>.

Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

In the case of Special Issues, authors should ensure that they submit manuscripts and meet any additional requirements in line with deadlines set by the Guest Editor(s) to ensure that the entire Special Issue can be published in a timely fashion.

The above represents a very brief outline of this type submission. It can be advantageous to print this "Guide for Authors" section from the site for reference in the subsequent stages of article preparation.

Note: electronic articles submitted for the review process may need to be edited after acceptance to follow journal standards. For this an "editable" file format is necessary. See the section on "Electronic format requirements for accepted articles" and the further general instructions on how to prepare your article below.

Please submit, with the manuscript, the names and addresses of 4 potential Referees. You may also mention persons who you would prefer not to review your paper.

After peer review, authors will have a 60 days period for submitting their revised manuscript.

Submit your article

Please submit your article via <http://ees.elsevier.com/ecss/>

When submitting a manuscript, the author must carefully select the type of paper because several options are possible including normal research papers, short contributions, invited feature papers, review papers, invited editorials, and Special Issues. In the case of Special Issues, several Special issues may be in preparation at the same time and therefore authors must be very careful to select the correct Special Issue.

Referees

Please submit, with the manuscript, the names, addresses and current email addresses of four experts on the topic of the manuscript. To fit the broad scope of the journal, possible reviewers should include experts from a range of regional and international locations. You may also mention, with a brief reason, persons whom you would prefer not to review your paper.

PREPARATION

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

REFERENCES_YPYW

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, v1. <http://dx.doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Please ensure the text of your paper is double-spaced and includes page numbers this is an essential peer review requirement.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file. The corresponding caption should be placed directly below the figure or table.

Peer review

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. [More information on types of peer review.](#)

REVISED SUBMISSIONS

Use of word processing software

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Guide to Publishing with Elsevier](#)). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2 ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to "the text". Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature. However, if the paper reads better with a combined section and this prevents an undue amount of repetition then we allow a joint section.

Conclusions

A short Conclusions section can be presented at the end of the Discussion.

Place Acknowledgements, including information on grants received, before the references in a separate section, and not as a footnote on the title page. Figure captions, tables, figures and schemes should be presented in this order at the end of the article. They are described in more detail below.

Glossary

Please supply, as a separate list, the definitions of field-specific terms used in your article if applicable.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Paper length

The paper should not contain more than 8000 words, and not more than 8 figures and 3 tables.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view [example Highlights](#) on our information site.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

A graphical abstract is mandatory for this journal. It should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

Authors can make use of Elsevier's [Illustration Services](#) to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements.

Keywords

Authors must provide 4 to 6 keywords plus regional index terms. At least four of the subject keywords should be selected from the Aquatic Science & Fisheries Thesaurus. An electronic version of the Thesaurus can be found at <http://www.csa.com/csa/support/demo.shtml>. You may also find a paper version in your library. The Regional Terms should be provided as a hierarchical string (e.g.: USA, California, Monterey Bay). Authors are also encouraged to submit geographic bounding coordinates at the end of the keyword string. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article if applicable.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Reporting of Salinity Measurements

In articles in ECSS, salinity should be reported using the Practical Salinity Scale. In the Practical Salinity Scale salinity is defined as a pure ratio, and has no dimensions or units. By decision of the Joint Panel of Oceanographic Tables and Standards it does not have any numerical symbol to indicate parts per thousand. Salinity should be reported as a number with no symbol or indicator of proportion after it. In particular, it is not correct to add the letters PSU, implying Practical Salinity Units, after the number.

An example of correct phrasing is as follows: 'The salinity of the water was 34.2'. It is reasonable to state at some point early in the paper that salinity was measured using the Practical Salinity Scale.

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. You are urged to consult [IUPAC: Nomenclature of Organic Chemistry](#) for further information.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

Artwork *Electronic*

artwork General

points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.

- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.

- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files. A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF, EPS or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to "gray scale" (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Responsibility for the accuracy of bibliographic citations lies entirely with the Author(s). Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text as "unpublished results" or "personal communication". Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication. Papers which have been submitted are not valid as references until accepted.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support [Citation Style Language styles](#), such as [Mendeley](#). Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. [More information on how to remove field codes from different reference management software](#).

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/estuarine-coastal-and-shelf-science>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

All citations in the text should refer to: 1. Single Author's name (without initials) and year of publication. 2. Two Authors' names and the year of publication. 3. Three or more Authors; first Author's name followed by "et al." and the year of publication. In the list of references names of authors and all co-authors must be given in full.

References in the text should be arranged chronologically.

References in the Reference List should be arranged first alphabetically, and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same Author(s) in the same year must be identified by the letters "a", "b", "c", etc., placed after the year of publication.

Examples:

References to a journal publication:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Journal name (given in full), volume number: first and last page numbers of the paper.

Gooday, A.J., Bett, B.J., Shires, R., Lambshead, P.J.D., 1998. Deep-sea benthic foraminiferal species diversity in the NE Atlantic and NW Arabian sea: a synthesis. *Deep Sea Research Part II* 45, 165-201.

References to a book:

Names and initials of all authors, year. Title of the book. Publisher, location of publisher, total number of pages.

Fennel, W. and Neumann, T., 2004. *Introduction to the Modelling of Marine Ecosystems*. Elsevier, Amsterdam, 297 pp.

Reference to a chapter in an edited book:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Names and initials of the volume editors, title

of the edited volume. Publisher, location of publisher, first and last page numbers of the paper.

Thomas, E., 1992. Middle Eocene-late Oligocene bathyal benthic foraminifera (Weddell Sea): faunal changes and implications for ocean circulation. In: Prothero, D.R., Berggren, W.A. (Eds.), *Eocene Oligocene Climatic and Biotic Evolution*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ, pp. 245-271.

Conference proceedings papers:

Names and initials of all authors, year. Title of paper. Name of the conference. Publisher, location of publisher, first and last page numbers of the paper.

Smith, M.W., 1988. The significance of climatic change for the permafrost environment. Final Proceedings International Conference on Permafrost. Tapir, Trondheim, Norway, pp. 18-23.

Unpublished theses, reports, etc.: Use of unpublished theses and reports is strongly discouraged. If they are essential and the editors agree, you must supply:

Names and initials of all authors, year. Title of item. All other relevant information needed to identify the item (e.g., technical report, Ph.D. thesis, institute, current status i.e. in press/unpublished etc.).

Moustakas, N., 1990. Relationships of Morphological and Physiochemical Properties of Vertisols under Greek Climate Conditions. Ph.D. Thesis, Agricultural Univ. Athens, Greece, unpublished.

In the case of publications in any language other than English, the original title is to be retained. Titles of publications in non-Latin alphabets should be transliterated, and a note such as '(in Russian)' or '(in Japanese, with English Abstract)' should be added at the end of the reference.

The following provide examples of appropriate citation formats for non-text and electronic-only information. However, it is requested that a Web site address or list server message is given as a reference ONLY where the information is unavailable in a more permanent form. If such sources are given, then please give as complete information as possible.

Jones, P., 1996. Research activities at Smith Technology Institute. WWW Page, http://www.sti.com/about_us/research.

Smith, F., Peabody, A.N., 1997. Hydrographic data for the Sargasso Sea, July-September 1993, SarSea mission. (Deep-Sea Data Centre, Hull, UK), online, dataset, 740 MB, <http://www.dcdc.gov>.

Green, A., 1991. Deformations in *Acanthaster planci* from the Coral Sea, observed during UEA Special Project 7, July 1978. *Journal of Pollution Research* 14 (7) suppl., CD-ROM, photographic images, 240 MB.

James, Z., 1997. Ecological effects of sea wall construction during 1994 at Bridlington, UK. List server Message, Eco-list, 20 October 1995.

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including [ScienceDirect](#). Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our [video instruction pages](#). Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Data visualization

Include interactive data visualizations in your publication and let your readers interact and engage more closely with your research. Follow the instructions [here](#) to find out about available data visualization options and how to include them with your article.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to

supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data](#) page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking page](#).

For [supported data repositories](#) a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to *Mendeley Data*. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals page](#).

Data in Brief

You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into one or multiple data articles, a new kind of article that houses and describes your data. Data articles ensure that your data is actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and publicly available to all upon publication. You are encouraged to submit your article for *Data in Brief* as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to *Data in Brief* where it will be editorially reviewed and published in the open access data journal, *Data in Brief*. Please note an open access fee of 500 USD is payable for publication in *Data in Brief*. Full details can be found on the [Data in Brief website](#). Please use [this template](#) to write your Data in Brief.

MethodsX

You have the option of converting relevant protocols and methods into one or multiple MethodsX articles, a new kind of article that describes the details of customized research methods. Many researchers spend a significant amount of time on developing methods to fit their specific needs or setting, but often without getting credit for this part of their work. MethodsX, an open access journal, now publishes this information in order to make it searchable, peer reviewed, citable and reproducible. Authors are encouraged to submit their MethodsX article as an additional item directly alongside the revised version of their manuscript. If your research article is accepted, your methods article will

automatically be transferred over to MethodsX where it will be editorially reviewed. Please note an open access fee is payable for publication in MethodsX. Full details can be found on the [MethodsX website](#). Please use [this template](#) to prepare your MethodsX article.

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

AFTER ACCEPTANCE

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive a customized [Share Link](#) providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](#). The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's [Webshop](#). Corresponding authors who have published their article gold open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

Author's Discount

Contributors to Elsevier journals are entitled to a 30% discount on most Elsevier books, if ordered directly from Elsevier.

Author Inquiries

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission where available) please visit this journal's homepage. You can track accepted articles at <https://www.elsevier.com/trackarticle> and set up e-mail alerts to inform you of when an article's status has changed. Also accessible from here is information on copyright, frequently asked questions and more. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher.

Please contact the Journal Manager for any queries on manuscript, offprints and special issues. For technical help, please visit our [Support Center](#).

© Copyright 2018 Elsevier | <https://www.elsevier.com>