



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

**LOREANE DIAS ALVES**

**VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA COMUNIDADE  
FITOPLANCTÔNICA EM UM COMPLEXO ESTUARINO DE  
REGIÃO TROPICAL, NO NORDESTE DO BRASIL**

**Salvador, BA-2017**

**LOREANE DIAS ALVES**

**VARIABILIDADE ESPAÇO-TEMPORAL DA COMUNIDADE  
FITOPLANCTÔNICA EM UM COMPLEXO ESTUARINO DE  
REGIÃO TROPICAL, NO NORDESTE DO BRASIL**

**Este manuscrito representa o trabalho de graduação do Curso de Graduação em Oceanografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Oceanografia. Este trabalho é apresentado em forma de manuscrito que será submetido para a revista Estuarine, Coastal and Shelf Science.**

**Orientador:** Prof<sup>o</sup> Dr. Doriedson Ferreira Gomes

**Co-orientadora:** Dra<sup>a</sup> Angélica Yohana Cardozo Vargas

**Salvador, BA, 2017**

Modelo de ficha catalográfica fornecido pelo Sistema Universitário de Bibliotecas da UFBA para

Alves, Loreane Dias  
Variabilidade espaço-temporal da comunidade fitoplantônica em um  
complexo estuarino de região tropical, no nordeste do Brasil/  
Loreane Dias Alves. -- Salvador, 2016.  
61 f.: il

Orientador: Doriedson Ferreira Gomes  
Co-orientadora: Angélica Cardozo Vargas  
TCC (Graduação - Oceanografia) -- Universidade  
Federal da Bahia, Instituto de Geociências, 2017.

1. Comunidade fitoplanctônica. 2. Zonas costeiras. 3.  
Variabilidade espaço-temporal. 4. Zona de arrebentação. 5.  
Nordeste do Brasil. I. Gomes, Doriedson.F. II. Título.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelas oportunidades e alegrias na minha vida

Aos meus pais por sempre me incentivarem a colocar meus estudos em primeiro lugar, pelo apoio e amor incondicional.

Aos professores do Curso de Oceanografia da UFBA pelos ensinamentos, especialmente aos meus orientadores Prof<sup>o</sup> Dr Doriedson Gomes e a Dra Angélica Vargas pelas oportunidades e apoio.

À turma do EcoPaleo, pelas conversas, ensinamentos, risadas e momentos de descontração.

Aos colegas que fiz durante o curso, obrigada pela companhia e amizade de vocês, principalmente aos meus melhores amigos Saulo Passos, Tamires Santana e Raíza Lopes, que me deram apoio em todos os momentos da minha trajetória dentro da UFBA.

Aos meus 'personal maps', Nailson, Ivan e Pedro pelas diversas ajudas com as confecções dos mapas.

As meninas da Comissão (Lorena Petersen e Fernanda Nereu), pelo incentivo.

À Jorgelina Loiola e José Rogério, pela ajuda com as análises de laboratório.

| As agências PROPCI/UFBA, PIBIC, PIBIC-AF e a FAPESB, pelo financiamento.

## APRESENTAÇÃO

Este trabalho é apresentado em forma de manuscrito que será submetido para a revista *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.

## **Variabilidade espaço-temporal da comunidade fitoplanctônica em um complexo estuarino de região tropical, no nordeste do Brasil.**

### **Resumo:**

A estrutura da comunidade fitoplanctônica no estuário do rio Real e na praia adjacente a ele foi estudada durante quatro campanhas (dois períodos secos e dois períodos chuvosos-2013-2015), de modo a verificar os efeitos de determinadas variáveis ambientais sobre esta comunidade. O fitoplâncton no estuário e na praia esteve representado pelas 64 espécies mais abundantes, e dentre elas o grupo que mais se destacou foi o das diatomáceas, que dominaram em ambos os ambientes, sendo responsáveis pelas altas diversidades observadas no estuário e menores diversidades observadas na praia. Contudo, no estuário do rio Real, uma espécie de dinoflagelado passou a dominar durante o segundo período chuvoso. As concentrações de nutrientes foram mais elevadas nos períodos chuvosos, enquanto os valores de clorofila *a*, temperatura e salinidade foram mais elevados nos períodos secos. É possível observar a alta conectividade desses dois ambientes, pois foi constatado o transporte de espécies entre os dois ambientes, e ambos sofrem influência marinha, especialmente nos períodos secos quando a frequência e abundância de espécies oceânicas aumentam.

**Palavras-chave:** comunidade fitoplanctônica, zona costeira, variabilidade espacial e temporal, zona de arrebentação, nordeste do Brasil.

### **Abstract:**

The structure of the phytoplankton community in the estuary of the Real River and adjacent beach was studied during 4 periods (two dry seasons and two rainy seasons-2013-2015), in order to verify the effects of environmental variables on this community. The phytoplankton in the estuary and on the beach was represented by the 64 more abundant species, and among them the group that stood out the most was the diatoms one, which dominated both environments, being responsible for the high diversity observed in the estuary and smaller diversities observed on the beach. However, in the estuary of the Real River, a species of dinoflagellate dominated during the second rainy season. The concentrations of nutrients were higher in the rainy seasons, while the values of chlorophyll *a*, temperature and salinity were higher in the dry seasons this evidenced the seasonality of the physicochemical variables. It is possible to observe the high connectivity of these two environments, since the transport of species between the two environments has been verified, and both are under marine influence, especially in the dry periods when the frequency and abundance of oceanic species increases.

**Key words:** phytoplankton community, coastal zone, space-time variability, surf zone, northeastern Brazil.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1: Localização das estações de coleta na área de estudo, sendo oito estações ao longo do estuário (R1-R8) e quatro estações na zona de surf (M1-M4). **3**
- Figura 2: Pluviometria (mm), média mensal, para a estação de Itabaianinha/SE, período compreendido entre abril de 1993 a março de 2012 (histograma); e precipitação média mensal de abril de 2013 a março de 2014 (linha azul); e de abril de 2014 a março de 2015 (linha vermelha). Barras em vermelho - meses em que ocorreram as coletas. **5**
- Figura 3: *Box-plots* dos valores de (A)  $\text{SiO}_2$ , (B) PT, e (C)  $\text{NO}_3^-$  para todos os períodos de estudo, no estuário do rio Real. **10**
- Figura 4: *Box-plots* dos valores de (A)  $\text{NH}_4^+$ , (B) NT, e (C) OD% para todos os períodos de estudo, no estuário do rio Real. **11**
- Figura 5: *Box-plots* dos valores de (A) pH, (B) T °C, e (C) salinidade, para todos os períodos de estudo, no estuário do rio Real **11**
- Figura 6: *Box-plots* dos valores de (A) profundidade de Secchi e (B) Chl-a para todos os períodos de estudo, no estuário do rio Real. **12**
- Figura 7: Figura 7 - *Box-plots* dos valores de (A)  $\text{SiO}_2$ , (B) PT, (C)  $\text{NO}_3^-$  para todos os períodos de estudo, na praia adjacente ao estuário do rio real. **13**
- Figura 8: *Box-plots* dos valores de (A) OD %, (B) pH para todos os períodos de estudo, na praia adjacente ao estuário do rio real **13**
- Figura 9: *Box-plots* dos valores de (A) T °C , (B) salinidade para todos os períodos de estudo, no estuário do rio Real **14**
- Figura10: Representatividade taxonômica percentual dos principais grupos fitoplanctônicos do rio Real, em todos os períodos; (A) PCI, (B) PSI; (C) PCII; (D) PSII. **16**
- Figura 11: Concentração de células por litro da comunidade fitoplanctônica no rio Real. Os setores dos gráficos representam a proporção entre os principais táxons no PCI. **17**
- Figura 12: Concentração de células por litro da comunidade fitoplanctônica no rio Real. Os setores dos gráficos representam a proporção entre os principais táxons no PSI. **18**

Figura 13: Riqueza (Número de espécies), Diversidade de Shannon ( $H'$  – bits.cel-1) e Equidade de Pielou ( $J'$ ) e índice de Simpson (1-D) da assembléia fitoplanctônica nos quatro períodos de coleta PCI, PSI, PCII e PSII, estuário do rio Real. **19**

Figura 14: Concentração de células por litro da comunidade fitoplanctônica do rio Real. Os setores dos gráficos representam a proporção entre os principais táxons no PCII. **20**

Figura 15: Concentração de células por litro da comunidade fitoplanctônica do rio Real. Os setores dos gráficos representam a proporção entre os principais táxons no PSII. **21**

Figura 16: Representatividade taxonômica percentual dos principais grupos fitoplanctônicos na praia adjacente ao estuário do rio Real, em todos os períodos; (A) PCI, (B) PSI; (C) PCII; (D) PSII. **22**

Figura 17: Riqueza (Número de espécies), Diversidade de Shannon ( $H''$  – bits.cel-1) e Equidade de Pielou ( $J'$ ) e índice de Simpson (D) da assembléia fitoplanctônica nos quatro períodos de coleta PCI, PSI, PCII e PSII na praia adjacente ao estuário do rio Real. **23**

Figura 18: Diagrama de ordenação das estações produzido pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies em oito estações, para todos os períodos estudados, no estuário do rio Real. Os períodos são representados pelos símbolos da legenda, e as variáveis físicas por vetores. **24**

Figura 19: Diagrama de ordenação das espécies produzido pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies em oito estações, para todos os períodos estudados, no estuário do rio Real., as variáveis físicas são representadas por vetores e as espécies por seus códigos (tabela 3). **25**

Figura 20: Diagrama de ordenação das espécies produzido pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies em quatro períodos estudados, para todos os períodos estudados, na praia adjacente ao estuário do rio real, sem a presença de *A.glacialis*. Os períodos são representados pelos símbolos da legenda, e as variáveis físicas por vetores. **27**

Figura 21: Diagrama de ordenação das espécies produzido pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies em quatro estações, para todos os períodos estudados, na praia adjacente ao estuário do



rio real, sem a presença de *A.glacialis*. As variáveis físicas são representadas por vetores e as espécies por seus códigos (tabela 3). **28**

Figura 22: Diagrama de ordenação das espécies produzido pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies em quatro períodos estudados, para todos os períodos estudados, na praia adjacente ao estuário do rio real, com a presença de *A.glacialis*. Os períodos são representados pelos símbolos da legenda, e as variáveis físicas por vetores. **29**

Figura 23: Diagrama de ordenação das espécies produzido pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies em quatro estações, para todos os períodos estudados, na praia adjacente ao estuário do rio real, com a presença de *A.glacialis*. As variáveis físicas são representadas por vetores e as espécies por seus códigos (tabela 3). **30**

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores máximos, médios, mínimos e desvio padrão das variáveis físico-químicas dentro do ambiente estuarino. **Pág 7**

Tabela 2: Valores máximos, médios, mínimos e desvio padrão das variáveis físico-químicas para a praia adjacente. **Pág 8**

Tabela 3: Taxonomia, ocorrência de frequência (MF-muito frequente, F- frequente, PF- pouco frequente, E-esporádica), Ecologia (P-planctônica, TN- ticoplantônica nerítica, T- ticoplanctônica, PN- Planctônica nerítica, O- oceânica , D-dulciauícola); em que ambientes ocorre (C-compartilhadas, E-estuário , P- praia) e seus respectivos códigos. **Pág 30 a 36**

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>2. METODOLOGIA</b>	<b>2</b>
2.1. Área de estudo	2
2.2. Coleta e análise de dados	3
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>5</b>
3.1. Regime pluviométrico	5
3.2. Espacialização das variáveis físico-químicas	5
3.2.1. Estuário	5
3.2.2. Praia adjacente	7
3.3. Variações interanuais das variáveis físico-químicas	10
3.3.1. Estuário	10
3.3.2. Praia adjacente	13
3.4. Comunidade fitoplanctônica	15
3.4.1. Estuário	15
3.4.2. Praia adjacente	21
<b>4. DISCUSSÃO</b>	<b>37</b>
4.1. Estuário	37
4.2. Praia adjacente	43
<b>5. CONCLUSÕES</b>	<b>45</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>46</b>

## 1. Introdução:

A comunidade fitoplanctônica responde, anualmente, por mais de 45 % da produtividade primária mundial (Field et al, 1998), sendo base das cadeias alimentares oceânicas. O fitoplâncton é afetado por diversos fatores ambientais (temperatura, salinidade, luz, disponibilidade de nutrientes, competição inter e intra-específica e predação) (Grover e Chrzanowski, 2004; Cloern e Dufford, 2005; Spatharis et al, 2007). Por sua vez, ele responde rapidamente a esses diferentes fatores, em função do seu tamanho e ciclo de vida curto (McCormick e Cairns, 1994; Cerveto et al, 2002). Consequente a isso, mudanças na estrutura da comunidade fitoplanctônica podem advir em períodos curtos de tempo em resposta às oscilações ambientais (Litaker et al, 1993; Paerl, 2010), podendo afetar as funções ecológicas do ambiente (Jouenne et al, 2007).

Os fatores ambientais nas zonas costeiras, especialmente nos estuários e nas praias, variam em escala espacial e vertical de curto prazo devido a variações da maré. Por conseguinte, as flutuações diárias nos parâmetros físico-químicos (pH, salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, entre outros) e no transporte de material particulado e dissolvido (sedimentos, nutrientes, contaminantes e organismos) (Cirano e Lessa, 2007; Silva, 2008; Calliari, 2003) são intensos.

Os estuários possuem um elevado transporte de material particulado e dissolvido, oriundos do escoamento continental, devido a sua conexão ao continente, favorecendo o enriquecimento de nutrientes, especialmente após eventos de precipitação (Hubertz e Cahoon, 1999). Assim, este mecanismo, juntamente com o revolvimento dos sedimentos, suportam a produtividade primária local (Hopkinson et al, 2005), tornando-os ambientes altamente produtivos.

As praias sofrem influência tanto continental pelo aporte de material oriundo dos rios, águas subterrâneas e dunas costeiras (deposição eólica), quanto do oceano, através da ação das correntes longitudinais e ressurgência de massas d'água (Campbell, 1996; Odebrecht et al, 1995; Campbell e Bate 1997; Odebrecht et al, 2003; Atkinson, 2010). Elas podem ser classificadas de acordo com suas características morfodinâmicas (reflexivas, intermediárias e dissipativas), o que por sua vez determina se a praia pode ser considerada auto-sustentável ou não (Calliari, 2003; Domingues, 2000).

Praias arenosas com alta energia de onda (intermediárias ou dissipativas) apresentam alta produtividade primária. Nesses ecossistemas, a comunidade fitoplanctônica abastece as cadeias alimentares de regiões adjacentes e são freqüentemente acumuladas na superfície. Na costa brasileira, as investigações sobre a estruturação da

comunidade fitoplanctônica em praias (zonas de arrebentação) podem ser encontrados no Sul e Sudeste do Brasil (Odebrecht et al., 2010, 1995; Piedras and Odebrecht, 2012; Rorig et al., 1997; Odebrecht e Abreu 1997; Rezende e Brandini 1997; Rorig e Garcia 2003; Odebrecht et al, 2013) e nas regiões Norte e Nordeste: Pernambuco (Ferreira et al., 2010; Eskinazi e Sato, 1963/64; Sato et al, 1963/64, Campelo et al, 2001), Pará (Matos et al., 2012; Santana et al, 2005; Melo et al, 2005; Souza et al, 2008; 2009; Costa et al, 2011) e Bahia (Tedesco et al, 2006).

O conhecimento dos padrões espaço-temporais da estrutura e dinâmica do fitoplâncton serve de base para entender a variabilidade dos ecossistemas costeiros (Costanza et al, 1997). Mesmo sendo de suma importância o entendimento desses padrões, os estudos para a costa do estado da Bahia ainda são incipientes, com apenas um estudo na praia de Cururupe, no sul do estado (Tedesco et al, 2006).

Devido aos fatores apresentados acima, o objetivo deste estudo é determinar os padrões de variabilidade espacial e interanual, bem como as variáveis ambientais que estruturam a comunidade fitoplanctônica do estuário do rio Real e da face praial adjacente ao mesmo.

## **2. Materiais e métodos**

### **2.1 Área de estudo**

O estuário do rio Real situa-se entre os estados de Bahia e Sergipe ( $11^{\circ} 18'28''S$ ;  $37^{\circ} 16'45'' W$  e  $11^{\circ} 18' 26''S$  e  $37^{\circ} 30' 17''W$ ) e a praia adjacente localizada na margem direita do estuário. De acordo com a classificação climática Köppen-Geiger (Peel et al, 2007), a região é caracterizada como clima tropical úmido (Afa), sendo que as temperaturas médias anuais variam de 27 a 31°C (máximas) e de 21 a 23°C (mínimas). A pluviosidade média anual apresenta-se acima dos 100 mm, com um período seco (setembro-março) e um chuvoso (abril-agosto). A localidade possui regime de maré semidiurno, com alturas máximas de 2,1 m (sizígia) e de 1,7 m (quadratura) (Femar, 2000). A foz do rio Real está incluída em três áreas de proteção ambiental (APAs) - APA do Litoral Sul de Sergipe (SE), APA Litoral Norte e APA de Mangue-seco (BA) (Menezes et al, 2012).

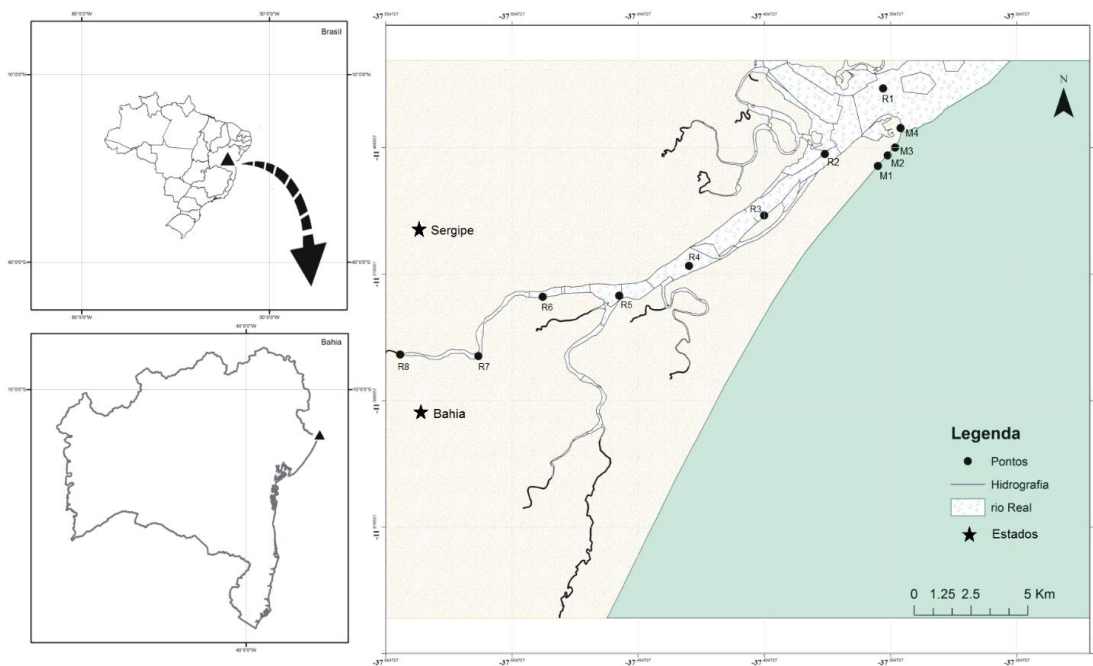


Figura 1 - Localização das estações de coleta na área de estudo, sendo oito estações ao longo do estuário (R1-R8) e quatro estações na zona de surf (M1-M4).

O rio Real apresenta uma área total de 4.968,44 km<sup>2</sup>, dos quais 2.567 km<sup>2</sup> são área de drenagem, 458,06 km<sup>2</sup> de perímetro e 110,7 km<sup>2</sup> correspondem ao seu eixo principal (Rezende et al, 2014). O território que é ocupado pela nascente do rio corresponde a 18,6 % da área total do mesmo e está localizado numa região de clima semiárido. Os sedimentos encontrados no ambiente são oriundos da formação Lagarto (Grupo Estância) e são compostos por arenitos finos, argila, folhelhos e silte (Santos et al, 1998).

A praia adjacente ao rio Real é caracterizada como praia dissipativa, com alta energia de ondas e uma zona de arrebentação definida (Zona de surf). Esta possui também uma larga faixa de areia fina, e face de praia com baixo ângulo de inclinação. A rebentação da onda é do tipo deslizante (MMA, 2003).

## 2.2 Coleta e análise de dados

Foram realizadas quatro campanhas, sendo duas no período seco e duas no período chuvoso. (campanha 1-período chuvoso I – PCI/ julho/2013; campanha 2 -período seco I – PSI/ janeiro/fevereiro/2014; a campanha 3-período chuvoso II – PCII/ julho/2014; e a campanha 4 - período seco II – PSII/janeiro/2015. A coleta qualitativa do fitoplâncton foi

realizada com arrastos horizontais – subsuperficiais - usando rede com malha de 30  $\mu\text{m}$  de diâmetro do poro; estas amostras foram preservadas com solução de transeau. A amostragem quantitativa foi realizada com uma garrafa van Dorn e preservadas com solução lugol. Também foram coletadas amostras de água para análises de nutrientes (fósforo total (PT), ortofosfato ( $\text{PO}_4^+$ ), nitrogênio total (NT), nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), silicato ( $\text{SiO}_2$ ) e clorofila a (Chl-a), as quais também foram armazenadas em garrafas plásticas de um litro. As amostras foram identificadas e armazenadas em caixas isotérmicas a 4°C. As variáveis temperatura, salinidade, sólidos totais dissolvidos (STD), e a taxa de saturação do oxigênio dissolvido (OD%) foram medidas *in situ*, com o auxílio de uma sonda de multiparâmetros HORIBA.

A identificação dos organismos foi realizada em lâminas úmidas seguindo Witkowski et al, 2000; Semino, 2003; Tenenbaum et al, 2004; Cupp, 1943; James, 1997; e Bigunas, 2005. A contagem das células fitoplanctônicas foi realizada sob câmaras de sedimentação, seguindo a técnica de Uthermol (1958), com o aumento de 400x, em microscópio invertido Olympus CKX41. Os resultados foram expressos na forma de densidade absoluta (células  $\text{L}^{-1}$ ) e abundância relativa. Foram realizadas análises de diversidade das espécies (índice de Shannon-Wiener, 1948), equitabilidade (índice de Pielou, 1966), riqueza de espécies e dominância (índice de dominância de Simpson). As análises de nutrientes ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^+$ , PT e NT) foram feitas de acordo com Korolef (1976) (*apud* Grasshoff e Kremling, 2002). Os dados de pluviosidade da área de estudo foram obtidos na página do Instituto Nacional de Meteorologia de Sergipe (INMET-SE) (INMET, 2017), referentes à estação de Itabaianinha /SE (-11° 11' S; - 37° 81' W), situada a 50 km da área de estudo.

O teste de Kruskal-Wallis (ANOVA) foi aplicado para a análise de ocorrência de variações espaciais e temporais dos parâmetros ambientais. Em seguida foi realizada uma normalização dos dados usando a transformação  $\log(x+1)$  para as variáveis ambientais e raiz quadrada para os dados biológicos, para se obter distribuições perto da normalidade (McCune e Grace, 2002). Na análise de estrutura de comunidade levou-se em conta a contribuição de 99,5% das espécies na abundância total em cada amostra. Posteriormente, para determinar quais variáveis ambientais que condicionaram a comunidade fitoplanctônica, foi realizada uma Análise de Correspondência Canônica (CCA), para qual foram selecionadas as espécies tendo em vista dois critérios: a frequência de ocorrência (acima do 25%) e a contribuição de 95% da abundância total de cada amostra. Após o corte das espécies menos representativas, as amostras que tiveram baixa representatividade foram acrescidas algumas espécies raras para que essa amostra atingisse os 95 % anteriormente estipulados. As análises foram realizadas nos programas Past, versão 3, e o Bioestat 5.3.

### 3. Resultados

#### 3.1 Regime pluviométrico

A partir da análise dos dados pluviométricos dos últimos 22 anos (1993-2015) pode-se observar dois períodos, um período seco (setembro-março) e um chuvoso (abril-agosto). Nos anos de coleta (2013-2015) não foram observadas anomalias, onde as médias mensais obtidas para os meses de coleta foram 241 mm (julho/2013), 22 mm (janeiro/2014), 211,4 mm (julho/2014) e 10,1 mm (janeiro/2015). As médias mensais de pluviosidade obtidas para a região evidencia uma sazonalidade bem definida, com diferenças significativas entres os períodos ( $p=0,04$ ), Figura 2.

#### 3.2 Espacialização das variáveis físico-químicas

##### 3.2.1 Estuário

Ao longo do estuário, para o PCI, os valores de temperatura variaram de 27,3 a 25,9°C; para o PCII, os valores variam de 26,7 e 25,5°C. Já o PSI, a temperatura variou de 29,1 a 27,8 °C. No PSII, as temperaturas variaram de 30,3 a 27,9 °C. (Tabela 1). Os resultados obtidos ao longo do ambiente estuarino, em todas as campanhas, não mostraram diferenças significativas entre os pontos ( $p=0,9$ ).

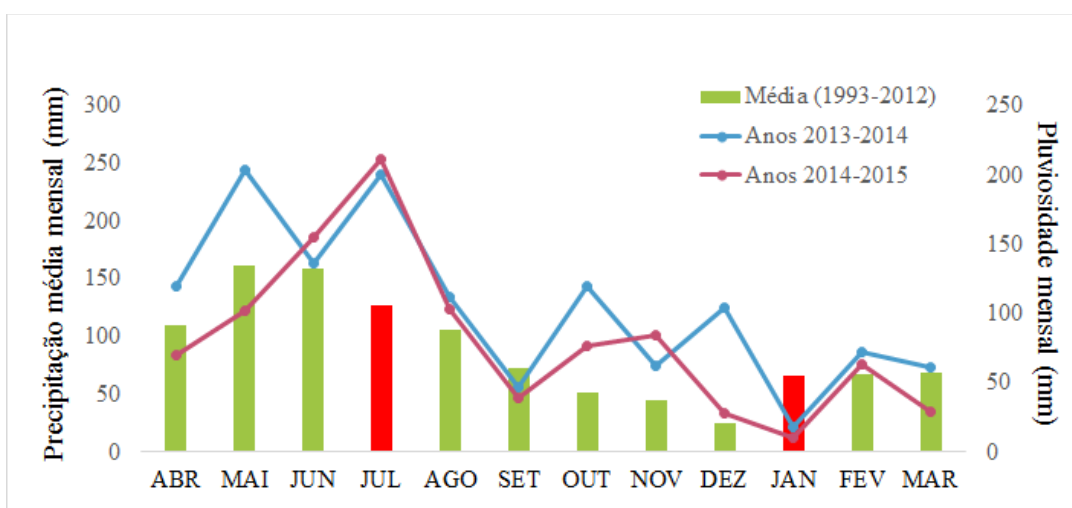


Figura 2 - Pluviometria (mm), média mensal, para a estação de Itabaianinha/SE, período compreendido entre abril de 1993 a março de 2012 (histograma); e precipitação média mensal de abril de 2013 a março de 2014 (linha azul); e de abril de 2014 a março de 2015 (linha vermelha). Barras em vermelho - meses em que ocorreram as coletas.

As concentrações de Chl-a variaram de nd (não detectado) a 0,48 mg.m<sup>3</sup>, no PCI, e de nd a 1,17 mg.m<sup>3</sup>, no PCII. Durante os períodos secos, os valores das concentrações de Chl-a atingiram valores máximos de 1,09 mg.m<sup>3</sup> no PSI e 0,84 mg.m<sup>3</sup> para o PSII. Não houve variações estatisticamente significativas entre os pontos ( $p=0,3$ ) (Tabela 1).



A salinidade ao longo do estuário nos períodos chuvosos PCI e PCII variou de 17,9 a 0,27 e de 27,9 a 0,26, respectivamente. Durante os períodos secos PSI e PSII, a salinidade apresentou variações de 35,7 a 8,3 e de 29,4 a 5,4, respectivamente (Tabela 1). Ao contrário da temperatura, a salinidade apresentou variações significativas entre os pontos ( $p=0,009$ ).

Os valores de OD% para o PCI variaram de 42,5 a 29,6% e de 70 a 29,5 % no PCII. Já no PSI, as variações do OD% foram de 77 a 35%. Durante o PSII, o OD% apresentou variações de 44,1 a 30%; estas, no entanto, não foram variações significativas entre os pontos em nenhum dos períodos estudados ( $p=0,3$ ).

O pH, durante o PCI, variou de 8,1 a 7,6, e no PCII de 8,8 a 7,92. Já para os PSI e PSII, as variações foram de 8,5 a 7,4 e 8 a 6,8, respectivamente (Tabela 1). As variações observadas não foram estatisticamente significativas nos períodos de coleta ( $p=0,11$ ).

A profundidade de Secchi variou de 34 a 112 cm, no PCI, enquanto no PCII variou de 34 a 75 cm. Nos períodos secos, as profundidades máximas foram de 96 cm, no PSI, e 190 cm para o PSII; as mínimas foram de 50 e 32 cm, respectivamente. (Tabela 1). Não houve variações significativas entre os pontos ( $p=0,4$ ).

Para a  $\text{SiO}_2$ , os valores máximos alcançados foram de  $452 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para PCI e  $192 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para o PCII; os valores mínimos foram de 138,5 e  $72,3 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , respectivamente. Os valores máximos alcançados nos períodos secos PSI e PSII foram de  $86,5 \mu\text{mol.L}^{-1}$  e  $109,5 \mu\text{mol.L}^{-1}$  e os valores mínimos foram de 3,9 e  $2,2 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , respectivamente (Tabela 1). Não houve variações significativas entre os pontos ( $p=1$ ).

O nitrogênio ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e NT), no PCI, apresentou as menores concentrações nos pontos onde a salinidade foi maior, com  $12,6 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para o  $\text{NO}_3^-$ ,  $1,2 \mu\text{mol.L}^{-1}$  de  $\text{NH}_4^+$  e  $43,1 \mu\text{mol.L}^{-1}$  de NT. Os valores máximos foram observados nas estações amostrais onde os valores de salinidade foram menores, sendo  $33,0 \mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{NO}_3^-$ ),  $4,7 \mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{NH}_4^+$ ),  $128,8 \mu\text{mol.L}^{-1}$  (NT). Já no PCII, os valores máximos obtidos para esses nutrientes foram observados nas regiões com maior salinidade, quais sejam:  $11,7 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para o  $\text{NO}_3^-$ ,  $2,7 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para a  $\text{NH}_4^+$  e  $238,6 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para o NT; os valores mínimos observados foram de  $0,002 \mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{NO}_3^-$ ),  $0,2 \mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{NH}_4^+$ ) e  $17,6 \mu\text{mol.L}^{-1}$  (NT). No PSI, as concentrações máximas observadas de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e NT foram de 6,6, 2,1 e  $44,2 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , respectivamente. Os valores mínimos foram de 0,4, 0,2 e  $18,3 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , respectivamente. Já no PSII, as variações foram de 0,1 a 5,9.

	Período chuvoso I				Período seco I				Período chuvoso II				Período seco II			
	Max	Min	Média	DP	Max	Min	Média	DP	Max	Min	Média	DP	Max	Min	Média	DP
Chl a (mg.m <sup>-3</sup> )	0,48	nd	0,20	0,55	1,09	nd	0,57	0,29	1,17	nd	0,14	0,40	0,84	nd	0,64	0,30
TDS	5970	10	863,6	2073,9	7218	103	920,2	2544,7	1979	25,6	420	663,7	7906	11,4	1604,0	3048,7
salinidade	17,9	0,3	10,9	7,4	35,8	8,3	24,2	10,7	28	0,3	8,1	9,9	29,4	5,4	18,9	8,7
T °C	27,3	25,6	26,5	0,41	29,1	27,3	28,7	0,5	26,7	25,5	26,1	0,5	30,4	27,5	29	1
DO%	42,5	26,5	34,6	5,8	77	35	52,1	15	70,8	29,5	46,5	14,9	44,1	30	36,6	5,8
Disco de Secchi (cm)	112	34	64	25,5	96	0	60,5	29,4	75	0	34	22,1	190	32	93,3	50
pH	8,2	7,6	7,9	0,2	8,5	7,4	7,9	0,4	8,8	7,9	8,3	0,3	8,1	6,8	7,7	0,39
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µmol L <sup>-1</sup> )	4,7	1,15	2,5	1,32	2,1	0,2	0,9	0,8	2,7	0,2	1,2	0,9	0,8	0,1	0,3	0,3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µmol L <sup>-1</sup> )	33	12,6	19,5	7,8	6,6	0,4	1,6	2,2	11,7	0,002	4	5	6	0,1	1,9	2,3
N <sub>tot</sub> (µmol L <sup>-1</sup> )	128,8	43,1	84,2	34,6	44,2	18,3	28,5	8,4	238,6	17,6	81,8	79	20	6,8	11,2	4,2
PO <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µmol L <sup>-1</sup> )	2,5	0,6	1,1	0,6	2,4	0	1,1	0,8	1	0,2	0,6	0,3	2,2	0,3	1,1	0,7
PT (µmol L <sup>-1</sup> )	3,14	0,9	1,5	0,7	4,6	1,1	2,3	1,2	2,4	0,4	1,9	0,6	23,1	1,5	5,2	7,3
SiO <sub>2</sub> (µmol L <sup>-1</sup> )	452	138,5	236,5	121,3	86,5	3,5	23,5	29	192,1	18,2	124,3	63,4	109,5	2,2	32	41

DP: desvio padrão

Tabela 1 - Valores máximos, médios, mínimos e desvio padrão das variáveis físico-químicas dentro do ambiente estuarino.

[1] Comentário: consertar símbolo desvio padrão, tá errado, colocar dp.

µmol.L<sup>-1</sup> para o NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 0,1 a 0,8 µmol.L<sup>-1</sup> para a NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e de 6,8 a 20 µmol.L<sup>-1</sup> para o NT, respectivamente; não houve variações estatisticamente significativas entre os pontos (p= 0,8- NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e 0,9- NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NT), (Tabela 1).

As concentrações observadas de PT e PO<sub>4</sub><sup>+</sup> para o PCI, variaram de 0,9 a 3,1 µmol.L<sup>-1</sup> e de 0,4 a 2,5 µmol.L<sup>-1</sup>, respectivamente. Durante o PCII, a variação das concentrações de PT e PO<sub>4</sub><sup>+</sup> foram de 0,4 a 2,4 µmol.L<sup>-1</sup> e 0,2 a 0,9 µmol.L<sup>-1</sup>. As concentrações de PT variaram de 1,1 a 4,6 µmol.L<sup>-1</sup> para o PSI e de 1,5 a 23,1 µmol.L<sup>-1</sup> para o PSII. O PO<sub>4</sub><sup>+</sup> apresentou variações de 0,4 a 2,4 µmol.L<sup>-1</sup> para o PSI e de 0,3 a 2,2 para o PSII (Tabela 1). Não houve variações estatisticamente significativas entre as estações amostrais (p=0,6- PT e p=0,4- PO<sub>4</sub><sup>+</sup>).

As concentrações para sólidos totais dissolvidos (STD) variaram de 12,6 a 6x10<sup>3</sup> mg/L no PCI e de 26,6 a 2x10<sup>3</sup> mg/L no PCII. Durante o PSI, a variação na concentração de STD foi de 10,32 a 7x10<sup>3</sup> mg/L e no PSII ela variou de 11,4 a 8x10<sup>3</sup> (Tabela 1). Não houve variações estatisticamente significativas entre os pontos (p=0,6).

### 3.2.2 Praia Adjacente

Durante o PCI, a temperatura da água na praia variou de 27,37 a 26,56 °C. O mesmo ocorreu para o PCII, que também não apresentou variação espacial significativa, já que os valores de temperatura na costa variaram de 26,82 a 25,49 °C. Para os valores de

temperatura para o PSI não houve variação significativa entre os pontos, pois a temperatura variou de 29,13°C a 28,41°C. Contudo, durante o PSII, os valores de temperatura quando comparados com os do ano anterior obtiveram uma maior variação na temperatura, cerca de 2°C na costa. Porém, como no ano anterior, essa variação não foi significativa ( $p=0,9$ ) (Tabela 2).

A salinidade, para o PCI, apresentou uma pequena variação espacial variou de 24 a 28,2 entre as estações 1 e 4. Contudo, para o mesmo período no ano seguinte (PCII), as concentrações superficiais de salinidade na zona de arrebentação apresentaram uma variação de apenas 1. As concentrações de salinidade do PSI apresentaram uma variação espacial de 4 nas estações na costa. Para o PSII, as concentrações de salinidade apresentaram uma variação muito menor que o período seco do ano anterior (0,2). (Tabela 2). Não houve variações estatisticamente significativas entre os pontos em nenhum dos períodos ( $p=0,9$ ).

Variáveis ambientais	Período chuvoso I				Período seco I				Período chuvoso II				Período seco II			
	Max	Min	Média	DP	Max	Min	Média	DP	Max	Min	Média	DP	Max	Min	Média	DP
Chl a (µg.m <sup>-3</sup> )	1,12	nd	0,15	0,61	0,44	0,03	0,08	0,17	0,37	0,13	0,20	0,09	0,31	0,18	0,24	0,05
TDS	21,9	18,6	20	1,6	34,8	30,8	32,9	1,7	5494	10,4	1384,6	2739,6	22,8	17,3	20,2	2,4
Salinidade	28,2	24	25,8	1,3	27,1	22	25,1	2,4	36,1	35,2	35,6	0,4	29,2	29	29,1	0,1
T °C	27,4	26,6	26,8	0,4	29,4	28,4	28,9	0,3	26,8	25,5	26,2	0,5	29,6	27,5	28,7	0,9
DO%	57,1	30,3	40,6	12,9	67,4	56,1	61	5,4	66,1	61,5	64	1,9	45,8	42,7	44	1,3
pH	7,9	7,2	7,5	0,3	9,6	8,4	8,6	0,3	8,4	7,7	8,2	0,3	8,4	7,2	7,8	0,6
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µmol L <sup>-3</sup> )	1,6	0,5	0,9	0,5	7	1,1	3,6	2,5	1,2	0,1	0,7	0,5	2,1	0,3	0,9	0,8
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µmol L <sup>-3</sup> )	7,7	4,4	6	1,5	3,6	0,5	1,4	1,5	3,8	0,5	2,1	1,5	1,6	0,2	1	0,6
N <sub>TOTA</sub> (µmol L <sup>-3</sup> )	27,5	19,8	23,8	3,2	66,2	12,8	35,2	22,4	93	22,1	65	30,2	35,5	6,6	21,2	11,9
PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup> (µmol L <sup>-3</sup> )	0,8	0,5	0,6	0,1	1	0,5	0,8	0,2	0,8	0,3	0,5	0,2	2,2	0,4	1,1	0,7
P <sub>TOTA</sub> (µmol L <sup>-3</sup> )	1,6	0,6	1,2	0,4	12,9	1,9	4,8	5,4	0,5	0,1	0,3	0,2	3,8	2,6	3	0,5
SiO <sub>2</sub> (µmol L <sup>-3</sup> )	71,8	50,3	60,6	10,4	6,9	5	5,7	0,9	14,6	5,6	8,8	4,1	4,9	2,2	3,2	1,2

DP: desvio padrão

Tabela 2 - Valores máximos, médios, mínimos e desvio padrão das variáveis físico-químicas para a praia adjacente.

Os valores de OD% para os períodos chuvosos variaram de 30,3 a 57,1% para o PCI. Já para o PCII, a variação foi de 61,5 a 66,1 %. Já no PSI, as concentrações na zona de surf variaram de 67,4 a 56%. Durante o PSII, a saturação do OD% apresentou variações de 45,8 a 42,7%. (Tabela 2). Não apresentando variações estatisticamente significativas entre os pontos em nenhum dos períodos estudados ( $p=0,5$ ).

[2] Comentário: O mesmo que foi feito para essa tabela. Consertar a paradinha da clorofila a e alterar o símbolo do desvio padrão, que está errado

Durante o PCI, o pH variou de 7,2 a 7,9, e no PCII de 7,7 a 8,4. Para os PSI e PSII, as variações foram de 8,4 a 9,1 e 7,2 a 8,4, respectivamente (Tabela 3). Não houve variações estatisticamente significativas entre as estações ( $p=0,5$ ).

As concentrações de Chl-*a* variaram de nd a 1,12 mg.m<sup>3</sup>, no PCI, e de 0,13 a 37 mg.m<sup>3</sup> no PCII. Durante os períodos secos, os valores das concentrações de Chl-*a* atingiram valores máximos de 0,44 mg.m<sup>3</sup> no PSI e 0,31 mg.m<sup>3</sup> para o PSII; as mínimas foram de 0,03 mg.m<sup>3</sup> (PSI) e de 0,18 mg.m<sup>3</sup> (PSII). Não houve variações significativas estatisticamente entre os pontos ( $p=0,8$ ) (tabela 2).

Nos períodos chuvosos, os valores máximos observados para a SiO<sub>2</sub> foram de 71,8 e 14,5  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o PCI e PCII, e os valores mínimos foram de 50,3 e 5,9  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ . Os valores máximos alcançados para esse nutriente, nos períodos secos, foram de 86,5  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (PSI) e 109,5  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (PSII), e os valores mínimos foram 3,9 e 2,2  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ ; não houve variações significativas, estatisticamente, entre os pontos ( $p=1$ ) (tabela 2).

Para o PCI, as concentrações máximas para as frações de nitrogênio foram nas estações mais próximas a desembocadura do rio com 7,7  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{NO}_3^-$ ), 1,6  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{NH}_4^+$ ) e 27,5  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  NT. As menores concentrações foram observadas nas estações mais distantes, onde as concentrações de  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e NT chegaram a 4,4, 0,5 e 19,8  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ . Os valores máximos obtidos no PCII para esses nutrientes foram de 3,8  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o  $\text{NO}_3^-$ , 1,2  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para a  $\text{NH}_4^+$  e 93  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o NT e os valores mínimos observados foram de 0,5  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{NO}_3^-$ ); 0,9  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{NH}_4^+$ ) e 22,1  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (NT). No PCI, as concentrações máximas observadas para o  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$  e NT foram de 3,6, 6,8 e 66,2  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  e as mínimas foram de 0,2, 0,3 e 12,8  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ . No PCII, as variações foram de 0,2 a 1,6  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{NO}_3^-$ ), 0,3 a 2,1  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{NH}_4^+$ ), e 6,6 a 35,5  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (NT). (Tabela 2). Não houve diferença estatisticamente significativa entre os pontos ( $p=0,5$ -  $\text{NO}_3^-$ ,  $p=0,7$ -  $\text{NH}_4^+$  e  $p=0,06$ - NT).

As concentrações máximas observadas para o fósforo no PCI foram de 0,8  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o  $\text{PO}_4^+$  e 1,  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o PT; as mínimas para o mesmo período foram de 0,5 e 0,1  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ . Já no PCII, as concentrações máximas do PT e  $\text{PO}_4^+$  foram de 0,8 e 0,5  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ , e as mínimas foram 0,1  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{PO}_4^+$ ) e 0,3  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (PT). No período seco, as maiores concentrações desses nutrientes foram de 2,2  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o  $\text{PO}_4^+$  e de 3,8  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o PT; as mínimas foram de 0,4 e 2,6  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (Tabela 2). Não houve variações estatisticamente significativas entre os pontos em nenhum dos períodos estudados ( $p=0,5$ -  $\text{PO}_4^+$ ,  $p=0,8$ - PT).

Durante o PCI, as concentrações de STD na zona de surf variaram de 18,6 a 21,9 mg/L e de 12,1 a  $1 \times 10^3$  mg/L no PCII. As concentrações de STD no PCI variaram de 22 a

27,1 mg/L e no PCII variaram de 17,3 a 22,8 mg/L, sendo que não houve variações estatisticamente significativas entre os pontos ( $p=0,7$ ) (tabela 2).

### 3.3 Variações interanuais das variáveis físico-químicas

#### 3.3.1 Estuário

Ao comparar os PCI e o PSI nota-se uma diferença entre os períodos ( $2,2^{\circ}\text{C}$ ); o mesmo pode ser observado entre os períodos PCII E PSII ( $2,9^{\circ}\text{C}$ ), PCI E PSII ( $2,5^{\circ}\text{C}$ ) e PCII E PSI ( $2,6$ ). Houve uma variação média de  $2,2^{\circ}\text{C}$  entre os períodos, evidenciando uma sazonalidade na temperatura superficial da água, com temperaturas menores nos períodos chuvosos e maiores nos períodos secos. As médias para a temperatura, durante os períodos chuvosos, foram de  $26,5^{\circ}\text{C}$  (PCI) e  $26,1^{\circ}\text{C}$  (PCII), sendo que o primeiro período foi cerca de  $0,4^{\circ}\text{C}$  mais quente que o período seguinte. Contudo, não houve diferenças significativas entre os dois períodos chuvosos ( $p=>0,05$ ). Nos períodos secos, as médias foram de  $28,7^{\circ}\text{C}$  (PSI) e  $29^{\circ}\text{C}$  (PSII). Assim como nos períodos chuvosos, a diferença entre eles foi pequena ( $0,3^{\circ}\text{C}$ ), não sendo grande o suficiente para que houvesse uma diferença significativa entre os períodos secos ( $p=>0,05$ ) (figura 5.B).

As médias da salinidade variaram entre 10,9 e 8,1 para os PCI e PSI, com uma diferença de 2,8 entre os dois períodos; as médias para os períodos secos foram de 24,2 (PSI) e 18,9 (PSII); sendo que a diferença entre eles foi de 0,53. Mesmo apresentando essas diferenças, não houve diferenças significativas entre PSI x PSII e PCI x PCII. Contudo, é possível observar variações entre os períodos secos e chuvosos, pois a diferença média entre os períodos é de 12,3. Esta evidencia uma diferença estatisticamente significativa entre as campanhas ( $p=0,01$ ) (figura 5.B).

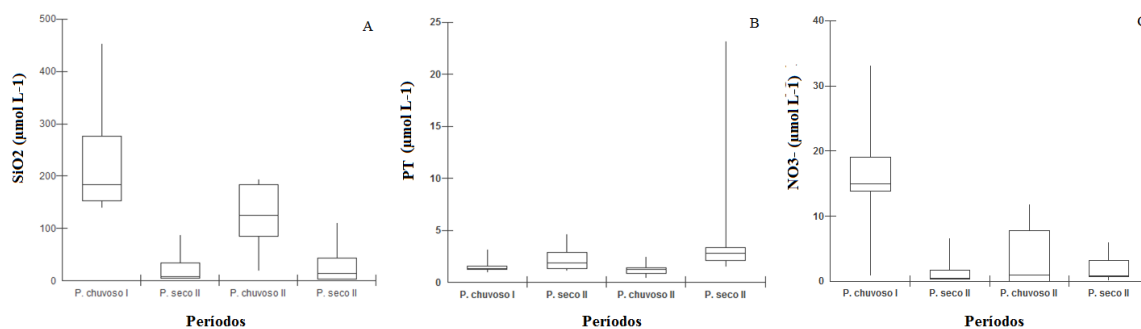


Figura 3 - *Box-plots* dos valores de (A)  $\text{SiO}_2$ , (B) PT, e (C)  $\text{NO}_3^-$  para todos os períodos de estudo, no estuário do rio Real.

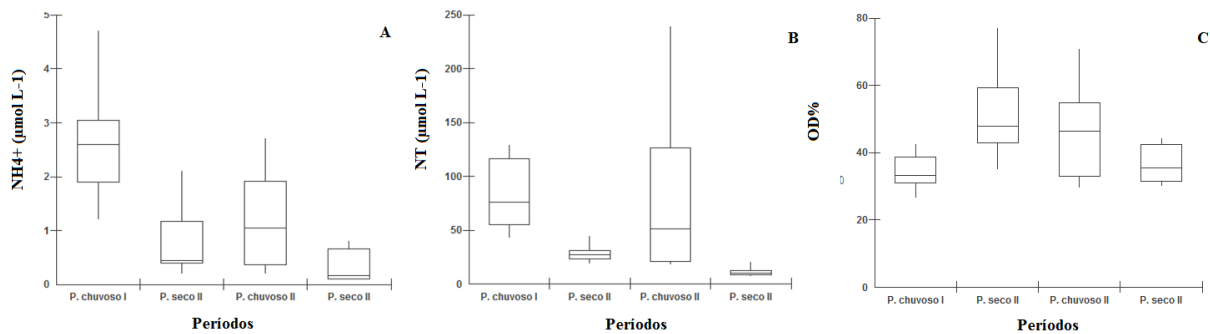


Figura 4 - *Box-plots* dos valores de (A)  $\text{NH}_4^+$ , (B) NT, e (C) OD% para todos os períodos de estudo, no estuário do rio Real.

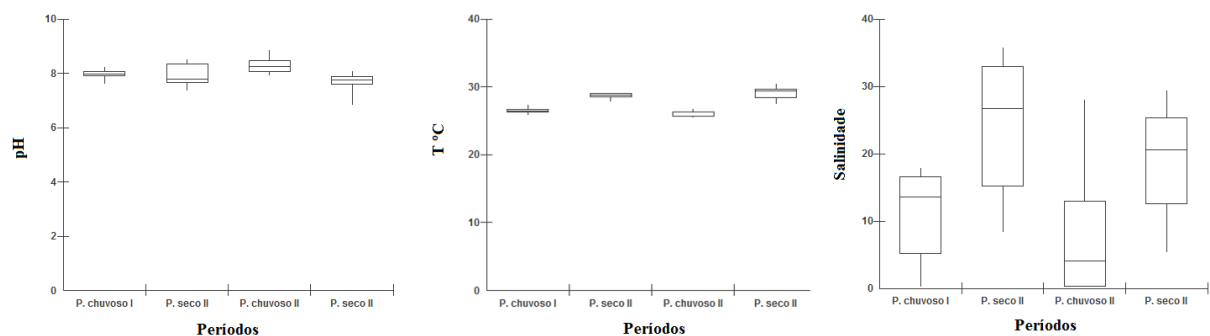


Figura 5 - *Box-plots* dos valores de (A) pH, (B) T °C, e (C) salinidade, para todos os períodos de estudo, no estuário do rio Real.

Durante o PCI, a média de OD% foi de 34,6%, para PCI, e de 46,5 % para o PCII, com uma diferença de 11,9% entre esses períodos. Nos períodos secos, as médias foram de 52,1% para o PSI e de 36,8 para o PSII, com 15,3% de diferença entre os períodos. Entre os períodos chuvosos e secos houve uma diferença média de 17,5%. Podem ser observadas diferenças significativas entre os períodos chuvosos e secos ( $p=0,02$ ) (figura 4.C).

As médias obtidas para o pH, nos períodos chuvosos, foram de 8 (PCI) e 8,3 (PCII) e para os períodos secos foi de 7,9 (PSI) e 7,7 (PSII); não houve diferenças estatisticamente significativas na comparação entre os períodos semelhantes. Contudo, ao se comparar os períodos secos com os chuvosos, percebem-se variações estatisticamente significativas entre os períodos ( $p=0,02$ ) (figura 5.A).

Na primeira e segunda campanhas, os valores médios obtidos para a profundidade de Secchi foram de 66 cm para o PCI e 69,1 cm para o PSI. Já para as campanhas três e

quatro, as médias foram 38,4 (PCII) e 93,3 cm (PSII) (figura 6.A). Foi possível observar variações estatisticamente significativas entre os períodos chuvosos e secos ( $p=0,009$ ).

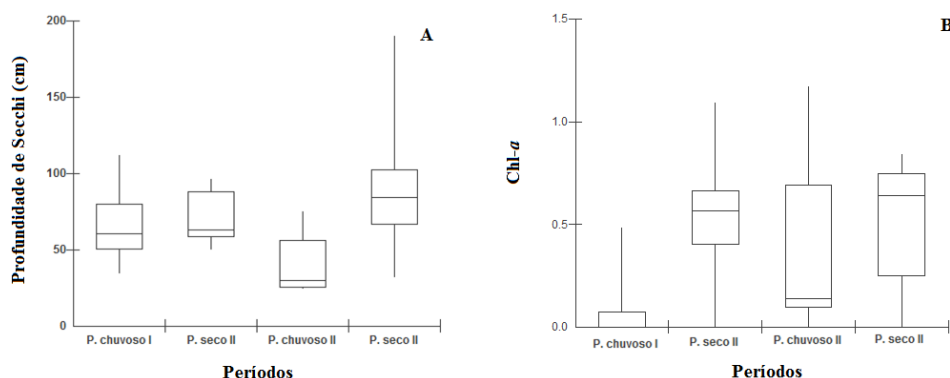


Figura 6 - *Box-plots* dos valores de (A) profundidade de Secchi e (B) Chl-a para todos os períodos de estudo, no estuário do rio Real.

As médias obtidas da Chl-a, para os períodos chuvosos, foram 0,20 mg.m<sup>3</sup> para o PCI e 0,14 mg.m<sup>3</sup> para o PCII, com 0,06 mg.m<sup>3</sup> de diferença entre esses períodos. Já para os períodos secos, as concentrações médias foram de 0,57 mg.m<sup>3</sup> (PSI) e 0,64 mg.m<sup>3</sup> (PSII). Houve variações estatisticamente significativas entre os períodos ( $p=0,03$ ).

Nos períodos chuvosos, as médias observadas para a SiO<sub>2</sub> foram de 236,5 e 124,3  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o PCI e PCII. As médias alcançadas por esse nutriente nos períodos secos foram de 23,5  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (PSI) e 32  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (PSII) (figura 3.A). Houve variações estatisticamente significativas entre os períodos ( $p=0,0001$ ).

Para o PCI, as médias máximas para o nitrogênio foram de 19,5  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 2,7  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e 84,2  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o NT. Os valores das médias obtidas no PCII foram de 4,0  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 1,2  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e 81,8  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o NT. No PSI, as médias observadas para o NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub> e NT foram de 1,6; 0,9 e 28,5  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (figura 3.C). No PSII, as médias foram de 1,8  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), 0,3  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), 11,2  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  (NT) (figura 4.A e B). Sendo que, em todas as campanhas, houve variações significativas entre os períodos ( $p=0,0004$ - NO<sub>3</sub><sup>-</sup>;  $p=0,004$ - NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e  $p=0,0001$ - NT).

As médias observadas para as frações do fósforo para o PCI foram de 1,1  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o PO<sub>4</sub><sup>+</sup> e 1,5  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o PT; no PCII, as médias para o PO<sub>4</sub><sup>+</sup> e PT foram de 0,6 e 1,2  $\mu\text{mol.L}^{-1}$ , respectivamente (figura 3.B). Nas estações secas, as médias desses nutrientes foram 1,1  $\mu\text{mol.L}^{-1}$  para o PO<sub>4</sub><sup>+</sup>, em ambas as campanhas, e de 2,3  $\mu\text{mol.L}^{-1}$

para o PT na PSI e  $5,2 \mu\text{mol. L}^{-1}$  na PSII. O  $\text{PO}_4^+$  não apresentou variações temporais significativas, ao contrário do PT ( $p = 0,3$ ,  $\text{PO}_4^+$ ;  $p = 0,009$  PT).

Durante os PCI e PCII, as médias para STD foram  $863,6$  e  $420 \text{ mg/L}$ . As médias de STD no PSI obteve o valor de  $920, 2 \text{ mg/L}$  e no PSII  $1,604 \text{ mg/L}$ ; em nenhum dos períodos houve variações significativas entre eles ( $p=0,1$ ).

### 3.3.2 Praia adjacente

Para o PCI, a média da temperatura da água na praia foi de  $26,8^\circ\text{C}$ , o segundo período teve um valor médio bem próximo ( $26,2^\circ\text{C}$ ) não apresentando variação temporal significativa entre eles (figura 9.A ). Para as médias de temperatura para o período seco I ( $28,9^\circ\text{C}$ ) e período seco II ( $28,7^\circ\text{C}$ ) não houve variação significativa entre esses

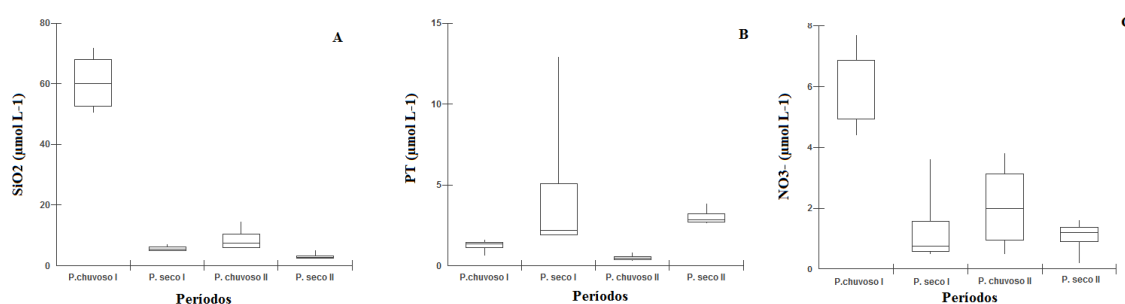


Figura 7 - Box-plots dos valores de (A)  $\text{SiO}_2$ , (B) PT, (C)  $\text{NO}_3^-$  para todos os períodos de estudo, na praia adjacente ao estuário do rio real.

períodos. Ao compararmos os períodos secos e chuvosos podemos verificar que há variação temporal estatisticamente significativa ( $p=0,006$ ).

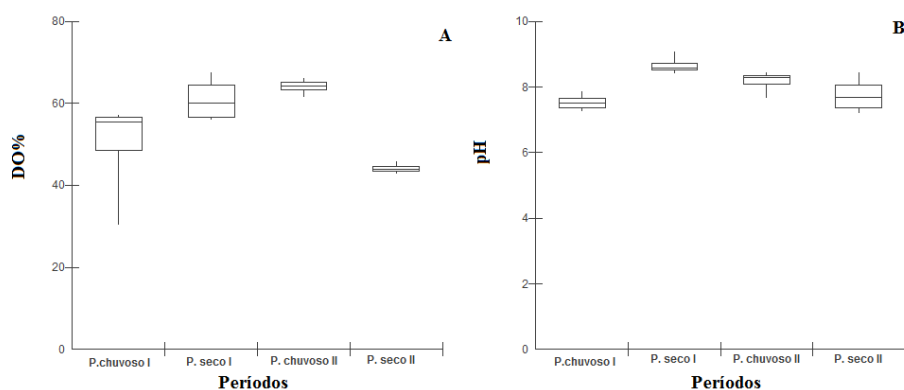


Figura 8 - *Box-plots* dos valores de (A) OD %, (B) pH para todos os períodos de estudo, na praia adjacente ao estuário do rio real.



Figura 9 - *Box-plots* dos valores de (A) T °C , (B) salinidade para todos os períodos de estudo, no estuário do rio Real.

As médias para a salinidade na costa para o PCI foi de 25,8 e para o PCII foi de 35,6. Para o PSI, a média obtida foi de 32,9 e para o PSII foi 29,1 (figura 9.B). A diferença entre os períodos secos e chuvosos indica uma variabilidade temporal significativa dessa variável ( $p=0,002$ ).

Os valores das médias para a OD% dos períodos chuvosos foram de 49,6 e 64% para os PCI e PCII. No PSI, a média foi de 61%; 44,1% durante o PSII (figura 8.A). Houve variações significativas entre os períodos estudados ( $p=0,02$ ).

Durante o PCI, a média do pH foi de 7,5 e no PCII foi de 8. Para os fósforo, as médias foram de 8,6 e 7,8 (figura 8.B). Houve variabilidade temporal estatisticamente significativa entre os períodos estudados ( $p=0,02$ ).

As médias de Chl-a foram de 0,15 mg.m<sup>3</sup> no PCI e 0,20 mg.m<sup>3</sup> no PCII. Durante os períodos secos, os valores médios foram de 0,08 mg.m<sup>3</sup> (PSI) e 0,24 mg.m<sup>3</sup> (PSII); não houve variações estatisticamente significativas entre os períodos ( $p=0,9$ ).

Nos períodos chuvosos, as médias observados para a SiO<sub>2</sub> foram de 60,6 e 5,8 μmol.L<sup>-1</sup> para o PCI e PCII, respectivamente. As médias alcançadas por esse nutriente nos períodos secos foram de 8,8 μmol.L<sup>-1</sup> (PCI) e 3,2 μmol.L<sup>-1</sup> (PCII), sendo que houve diferenças significativas entre os períodos secos e chuvosos ( $p=0,004$ ) (figura 7.A).

Para o PCI, as médias para o nitrogênio foram de 6 μmol.L<sup>-1</sup> para o NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 0,9 μmol.L<sup>-1</sup> para NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e 23,8 μmol.L<sup>-1</sup> NT. Os valores das médias obtidas no PCII foram de 2,1 μmol.L<sup>-1</sup> para o NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 0,7 μmol.L<sup>-1</sup> para NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e 65 μmol.L<sup>-1</sup> para o NT. No PSI, as médias observadas para o NO<sub>3</sub><sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NT foram de 3,8, 1,4 e 35,2 μmol.L<sup>-1</sup>. No PSII, as

médias foram de  $1 \mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{NO}_3^-$ ),  $0,9 \mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{NH}_4^+$ ),  $21,2 \mu\text{mol.L}^{-1}$  (NT). Somente o nitrato apresentou variações estatisticamente significativas entre os períodos estudados ( $p=0,02$ -  $\text{NO}_3^-$ ;  $p=0,07$ -  $\text{NH}_4^+$  e  $p=0,2$ - NT) (Figura 7.C).

As médias observadas para o fósforo foram de  $0,6 \mu\text{mol.L}^{-1}$  (PCI) e  $1,2 \mu\text{mol.L}^{-1}$  ( $\text{PO}_4^+$ ) para o PT. Já no PCII, as médias do PT e  $\text{PO}_4^+$  foram de  $0,3$  e  $0,5 \mu\text{mol.L}^{-1}$ , respectivamente. No PSI, as médias dessas frações foram  $0,8 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para o  $\text{PO}_4^+$  e  $4,8 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para PT. No PSII, as médias foram  $1,1 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para o  $\text{PO}_4^+$  e  $3,0 \mu\text{mol.L}^{-1}$  para PT. Observou-se variações temporais estatisticamente significativas somente para o PT ( $p=0,9$ -o  $\text{PO}_4^+$ ,  $p=0,01$ -PT) (figura 7.B).

Durante o PCI, as médias para STD na zona de arrebentação foram de  $20$  e  $1 \times 10^3 \text{ mg.L}^{-1}$  no PCII. No PSI, a média para o STD foi  $25 \text{ mg/L}$ ; no PSII foi de  $20,2 \text{ mg.L}^{-1}$ , sendo que não houve diferenças estatisticamente significativas entre os períodos ( $p=0,2$ ).

### 3.4 Comunidade fitoplanctônica

A comunidade fitoplanctônica apresentou, nos dois ambientes, cerca de 318 morfoespécies, sendo que para os objetivos apresentados neste artigo foram usadas 64 morfoespécies distribuídos em 6 classes, 25 ordens, 34 famílias e 40 gêneros. Para as análises foram selecionadas as espécies mais representativas (aquelas que apresentam mais de 95 % na abundância total), sendo que 34 delas ocorreram nos dois ambientes. Destas, 19 somente no estuário e 11 somente na praia adjacente (zona de surf). Os grupos mais representativos foram: *Bacillariophyta* (diatomáceas), *Dinophyta* (dinoflagelados), *Cyanophyta* (cianobactérias) e *Chlorophyta* (clorófitas). Segundo a classificação ecológica das espécies, os táxons encontrados em ambas as áreas de estudo são planctônicas neríticas (18), oceânicas (9), ticoplanctônicas (8), ticoplanctônicas neríticas (8), estuarinas (5), planctônicas (4) e dulciaquícolas (2).

#### 3.4,1 Estuário

Na zona estuarina, foram observadas 53 morfoespécies, que se dividiram nos principais grupos citados acima. No PCI, as diatomáceas tiveram uma abundância de 71%, seguidas pelos dinoflagelados com 17%, clorófitas com 9% e cianobactérias com 3%. No PCII houve uma mudança na comunidade. Os dinoflagelados passaram a ter maior ocorrência (94 %), seguidos pelas diatomáceas (6%); as cianobactérias e as clorófitas somadas não alcançaram 1%. Nos períodos secos, houve dominância das diatomáceas com 92 % para o PSI, e de 87% para o PSII; as cianobactérias foram o segundo grupo

mais abundante, representando 6% no PSI e 7% no PSII. Os dinoflagelados representaram 2% no PSI e 5% no PSII. As clorófitas não tiveram representatividade no PSI, e apresentaram somente 1% no PSII (figura 10).

A densidade de células nos períodos chuvosos variou de  $2,6 \times 10^3$  a  $9,2 \times 10^3$  cél.L<sup>-1</sup> no PCI (Figura 11) e de  $1,2 \times 10^4$  a  $1,7 \times 10^6$  cél.L<sup>-1</sup> no PCII (Figura 12). A densidade de células nos períodos secos variou  $1,3 \times 10^4$  a  $1,9 \times 10^5$  no PSI (Figura 14) e de  $3,8 \times 10^3$  a  $1,7 \times 10^4$  cél.L<sup>-1</sup> para o PSII (Figura 15). Durante o PCI, grande parte das espécies, apresentaram abundância baixa, ficando sempre abaixo dos  $10^2$  cél.L<sup>-1</sup>, com exceção de *Coscinodiscus* sp1, *Coscinodiscus* sp2, *Thalassiosira* sp1, *Nitzschia sigmaidea*, *Asterionellopsis glacialis*, penada sp1, penada sp2 e *Peridinium* sp1, que apresentaram concentrações acima de  $10^3$  cél.L<sup>-1</sup>. Todos esses táxons ocorreram em todas as campanhas, com exceção da penada sp2, que ocorreu somente nas duas primeiras campanhas.

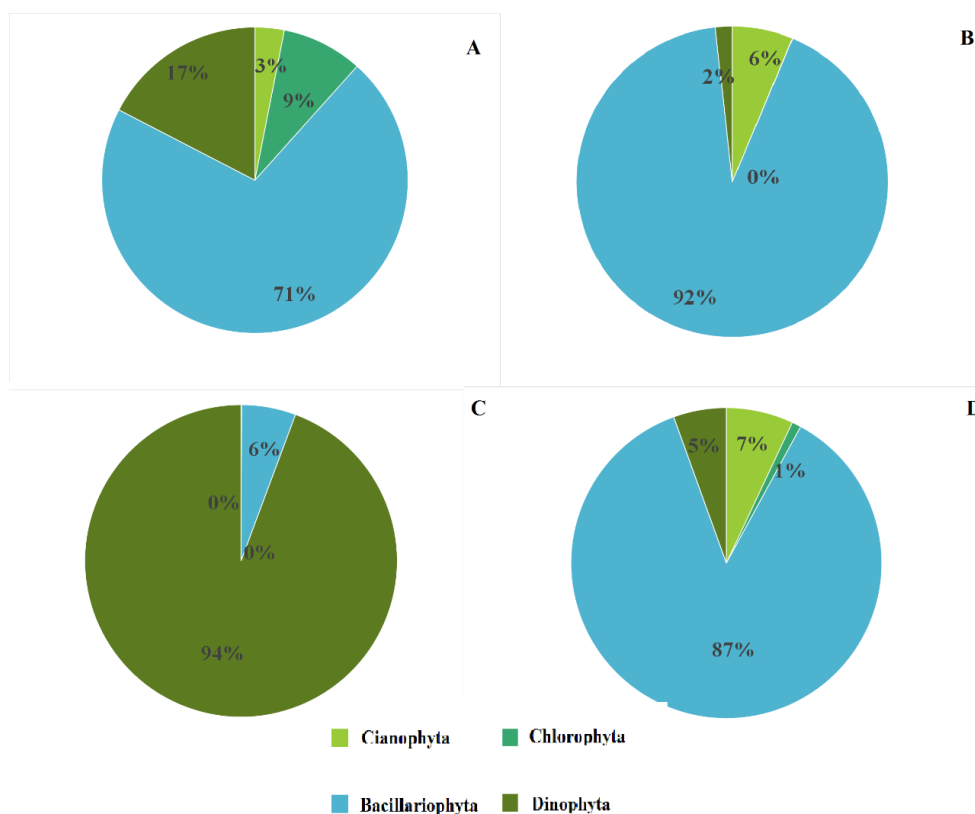


Figura 10 - Representatividade taxonômica percentual dos principais grupos fitoplanctônicos do rio Real, em todos os períodos; (A) PCI, (B) PSI; (C) PCII; (D) PSII.

As espécies que apresentaram baixa abundância na campanha anterior passaram a apresentar maior abundância no PSI, com exceção da indeterminada sp2, que apresentou abundâncias inferiores. Destaca-se, também, que *Komvophoron* sp passou a ser observada a partir dessa campanha. No PCII, foi caracterizado pela alta abundância da *Scrippsiella* sp, que obteve concentrações de  $3,7 \times 10^6$ . No PSII, a grande maioria das morfoespécies apresentaram valores acima dos  $1 \times 10^3$  cél.L<sup>-1</sup>.

Os índices de diversidade variaram de 2,5 a 3,5 bits cél<sup>-1</sup> no PCI e de 2,4 a 3,5 bits cél<sup>-1</sup> no PSI. A diversidade observada no PCII variou de 0,1 a 3,8 bits cél<sup>-1</sup>, e para o PSII a diversidade variou de 2,1 a 3,6 bits cél<sup>-1</sup> (Figura 15). Especialmente e temporalmente não houve diferenças significativas ( $p > 0,05$ ). A equitabilidade, assim como a diversidade,

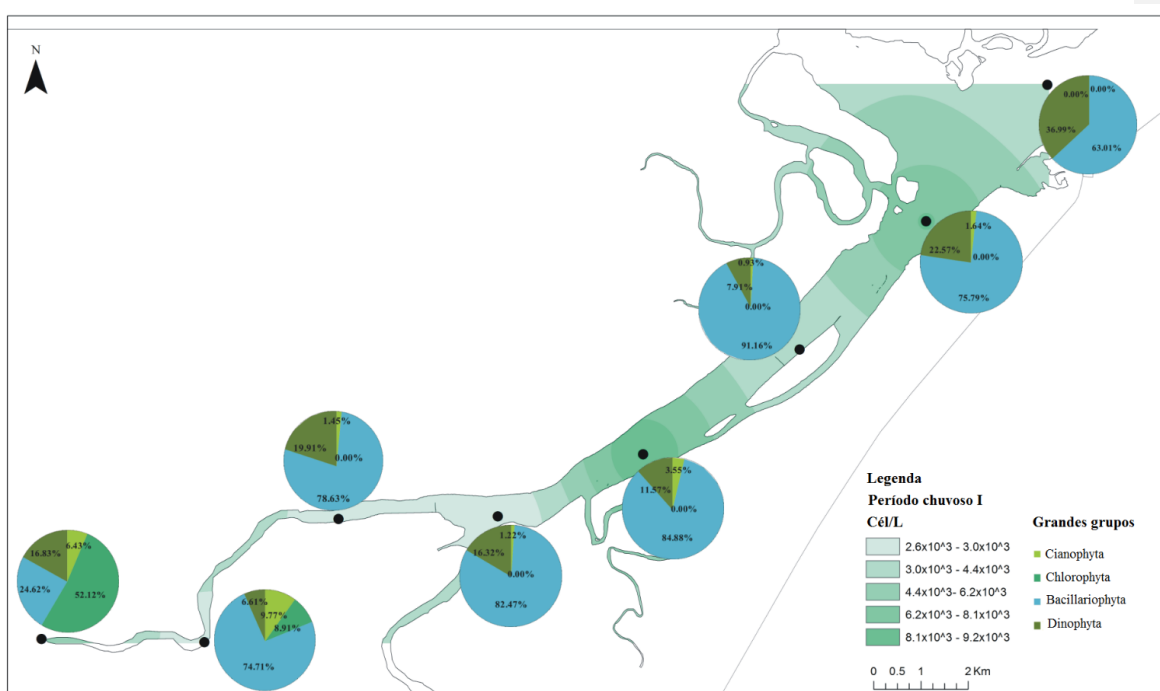


Figura 11 - Concentração de células por litro da comunidade fitoplanctônica no rio Real. Os setores dos gráficos representam a proporção entre os principais táxons no PCI.

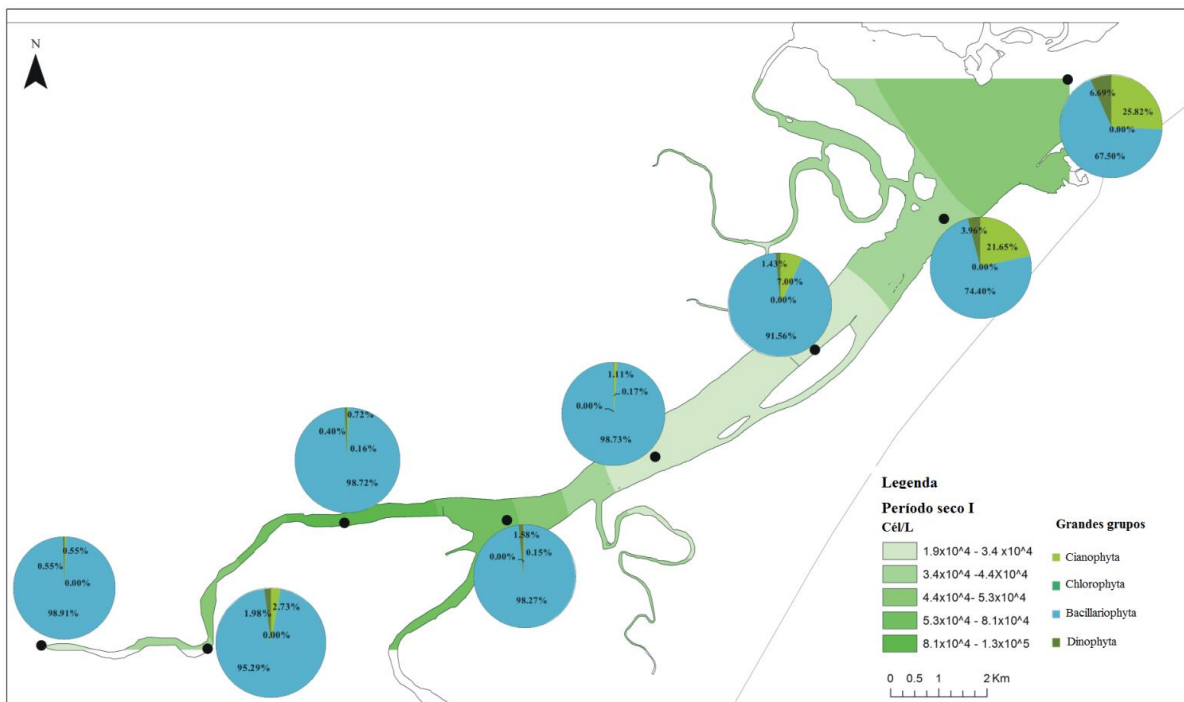


Figura 12 - Concentração de células por litro da comunidade fitoplanctônica no rio Real. Os setores dos gráficos representam a proporção entre os principais táxons no PSI.

apresentou baixos valores no PCII, e acima de 0,5 nos demais períodos. Ao contrário do observado para a diversidade, os valores de equitabilidade mostraram diferenças significativas entre os períodos ( $p < 0,05$ ) (figura 13).

O índice de dominância de Simpson variou de 0,8 a 1 e de 0,03 a 1 no PCI e PCII, respectivamente. No PSI e PSII, a dominância variou de 0,8 a 0,9 e 0,8 a 1, respectivamente. Os valores de riqueza variaram de 32 a 72 morfoespecies no PCI e de 50 a 83 no PSI. Já no PCII os valores de riqueza variaram de 28 a 83 morfoespecies, e no PSII variaram de 45 a 66 (Figura13).

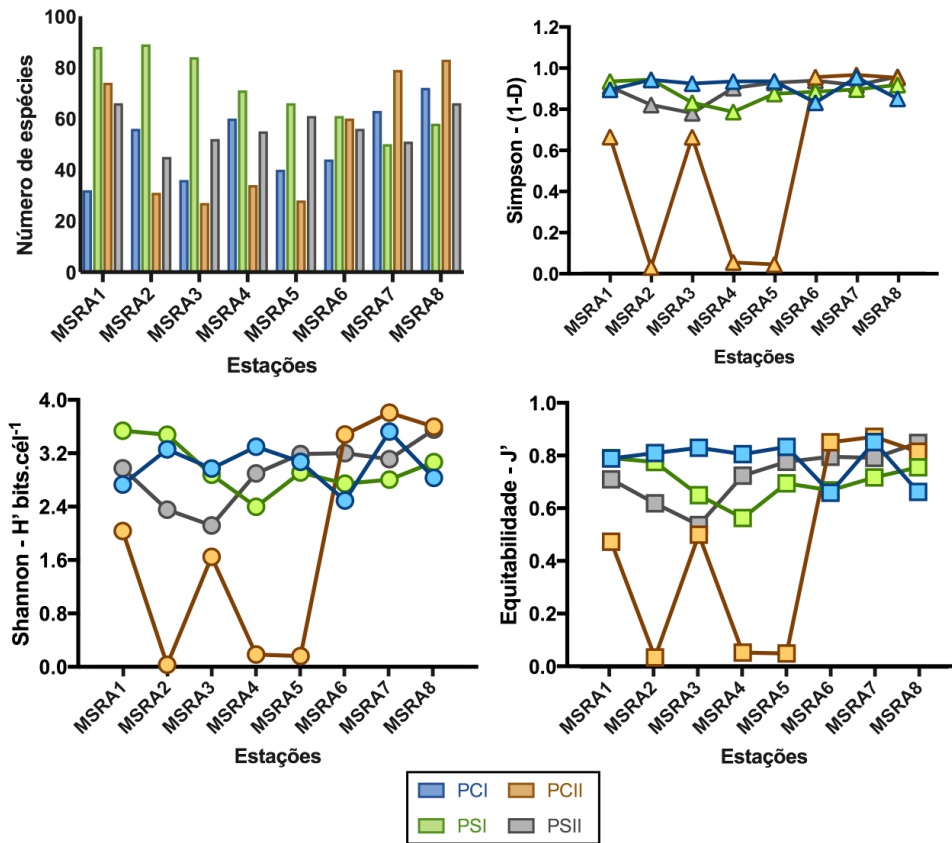


Figura 13 - Riqueza (Número de espécies), Diversidade de Shannon ( $H'$  – bits.cél-1) e Equidade de Pielou ( $J'$ ) e índice de Simpson (1-D) da assembléa fitoplanctônica nos quatro períodos de coleta PCI, PSI, PCII e PSII, estuário do rio Real.

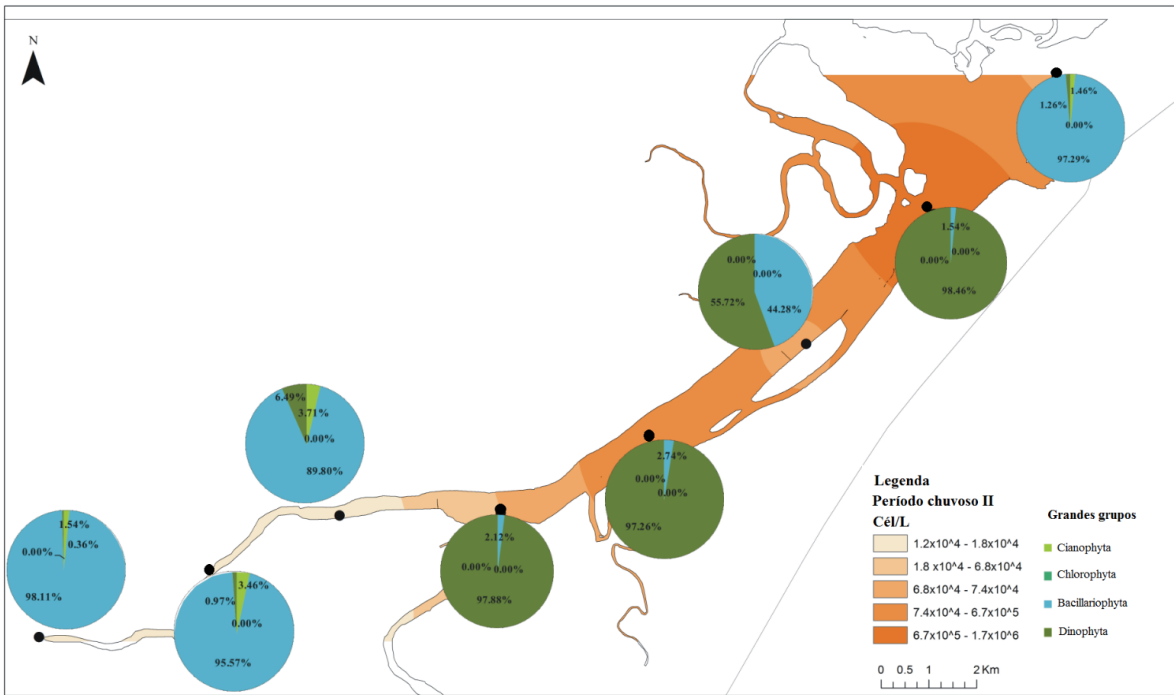


Figura 14 - Concentração de células por litro da comunidade fitoplanctônica do rio Real Os setores dos gráficos representam a proporção entre os principais táxons no PCII.

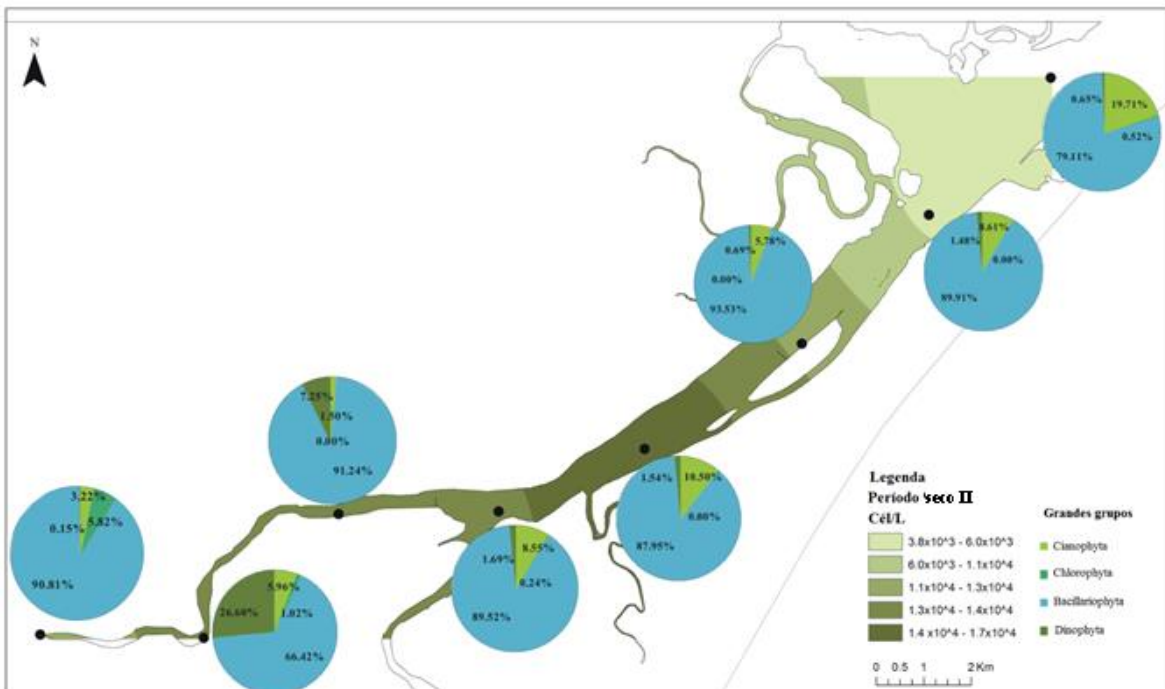


Figura 15 - Concentração de células por litro da comunidade fitoplanctônica do rio Real Os setores dos gráficos representam a proporção entre os principais táxons no PSII.

### 3.4.2 Praia adjacente

Na praia adjacente ao rio real foram observadas 45 morfoespécies, que se dividiram nos principais grupos taxonômicos indicados anteriormente. Em todos os períodos, as diatomáceas tiveram maior abundância, sendo que nos PCI e PSI as diatomáceas estiveram presentes em 100% das amostras. No PCII, as diatomáceas alcançaram 99,86%, seguidas dos dinoflagelados e cianobactérias, que juntos alcançaram 0,14%. No PSII, as diatomáceas tiveram uma contribuição de 98,9% na abundância relativa total, os demais grupos somados chegaram a 1,13% (Figura 15).

A densidade de células nos períodos chuvosos variou de  $6,1 \times 10^3$  a  $7,7 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup> no PCI e de  $1,4 \times 10^4$  a  $7 \times 10^5$  cél.L<sup>-1</sup> para o PCII. A densidade de células nos períodos secos variou de  $1,8 \times 10^4$  a  $1,8 \times 10^6$  no PSI e de  $1,6 \times 10^4$  a  $3 \times 10^6$  cél.L<sup>-1</sup> no PSII.

Para a praia adjacente, os táxons descritos como frequentes foram: *Asterionellopsis glacialis*, *Nitzschia* sp1, *Coscinodiscus* sp2, *Thalassiosira* sp1, *Pleurosigma* sp1, *Cyclotella* sp1, *Paralia sulcata*, *Diploneis* sp1. Os táxons que se enquadraram na categoria de frequentes foram: *Thalassiosira eccentrica*, *Cylindrotheca closterium*, *Odontella* sp1, *Nitzschia sigmaidea*, penada sp5, *Coscinodiscus centralis*, *Coscinodiscus oculus-iridis*, *Pleurosigma* sp2, *Actinoptychus senarius*, *Peridinium* sp, *Scrippsiella* sp. Os demais 26 táxons foram classificados como pouco frequentes (tabela 3).

Em todas as campanhas, a *A. glacialis* apresentou alta densidade de células, alcançando valores de concentração de  $10^6$  cél.L<sup>-1</sup>. As demais espécies representativas, consideradas frequentes e abundantes, apresentaram concentrações de no máximo  $10^3$  cél.L<sup>-1</sup>. O índice de diversidade variou de 0,3 a 3,2 bits cél<sup>-1</sup> no PCI e no PCII variou de 0,05 a 2 bits cél<sup>-1</sup>. Nos períodos secos, a diversidade variou de 0,02 a 2,7 bits cél<sup>-1</sup> no PSI; no PSII variou de 0,07 a 3,2 bits cél<sup>-1</sup> (Fig 17). Não houve variações espaciais significativas ( $p=0,4$ ), sendo os maiores valores nas estações mais próxima da desembocadura do estuário, com exceção do PSI, que apresentou padrão oposto. Temporalmente não houve variações estatisticamente significativas ( $p=0,7$ ).



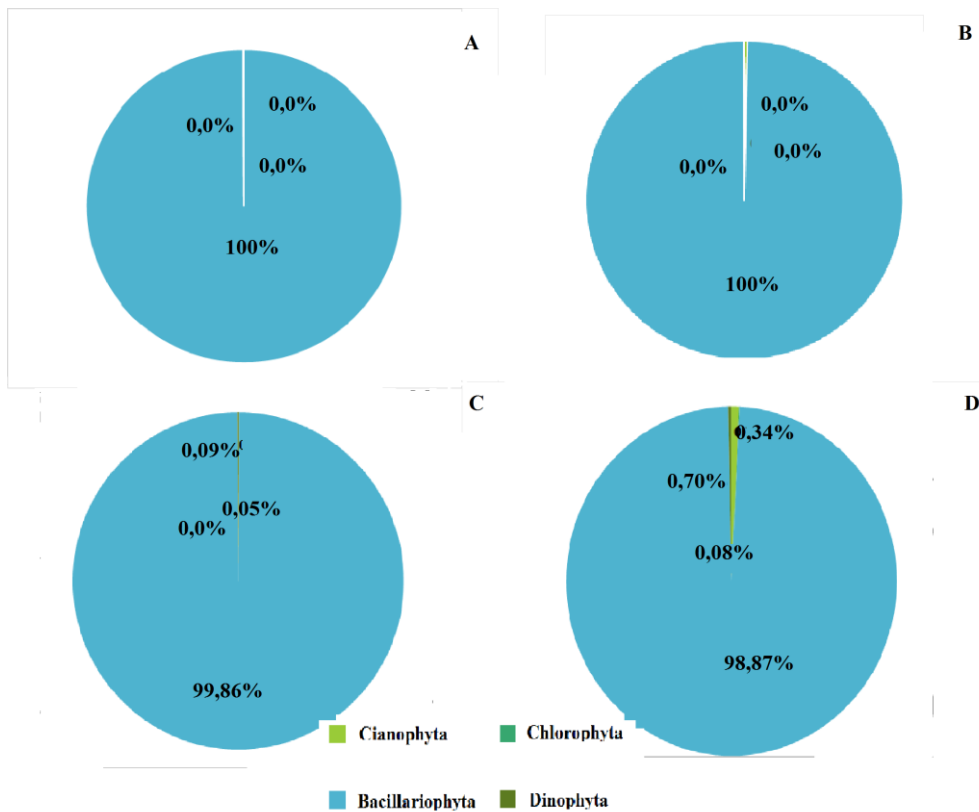


Figura 16 - Representatividade taxonômica percentual dos principais grupos fitoplanctônicos na praia adjacente ao estuário do rio Real, em todos os períodos; (A) PCI, (B) PSI; (C) PCII; (D) PSII.

A equitabilidade apresentou a mesma tendência que a diversidade, com menores valores nas estações mais distantes do estuário. Poucas estações se mostraram pouco equitativas, sendo que a média dos períodos foi menor que 0,5. Assim como a diversidade, não apresentou diferenças significativas temporalmente e espacialmente ( $p=0,4$ - espacial;  $p=0,7$ - temporal), respectivamente. O índice de Simpson variou de 0,02 a 0,9 no PCI e de 0,01 a 0,6 no PCII. A dominância nos períodos secos PSI e PSII variou de 0,004 a 0,9 e 0,01 a 0,9, respectivamente. Não houve variações espaciais e temporais estatisticamente significativas ( $p=0,4$  e  $p=0,7$ ). Os valores de riqueza variaram de 69 a 72 morfoespécies no PCI, de 15 a 56 no PSI. Já no PCII os valores de riqueza variaram de 40 a 54 morfoespécies, e no PSII variaram de 33 a 84 (figura 17)

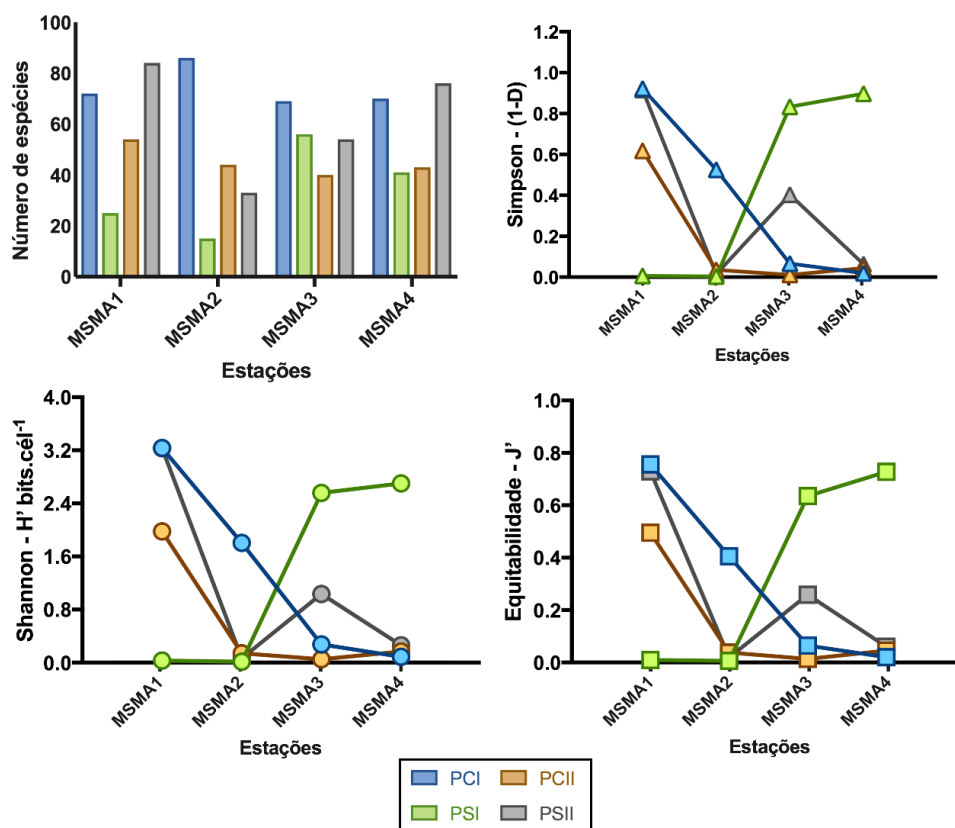


Figura 17 - Riqueza (Número de espécies), Diversidade de Shannon ( $H'$  – bits.cél<sup>-1</sup>) e Equidade de Pielou ( $J'$ ) e índice de Simpson ( $D$ ) da assembléa fitoplanctônica nos quatro períodos de coleta PCI, PSI, PCII e PSII na praia adjacente ao estuário do rio Real.

### 3.4 Relações entre a comunidade e as variáveis ambientais

#### 3.4.1 Estuário

A Análise de Correspondência Canônica (ACC) foi realizada com 10 variáveis ambientais (profundidade de Secchi, temperatura, salinidade,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{PO}_4^+$ , STD, pH, OD%) e 64 espécies, as que mais contribuíram com a abundância da comunidade. Os valores dos eixos 1 e 2 explicaram 37,4 % e 18,6 % da variabilidade nos dados das espécies, respectivamente; 56 % da variância total (Figura 18). A análise gerou a formação de dois grupos bem definidos: Grupo (1) (G1) formado por amostras associadas aos períodos secos, correspondentes às campanhas 2 e 4, e as variáveis associado a este grupo foram temperaturas e salinidade elevadas. Dentre do G1, pode-se observar a formação de dois subgrupos: o primeiro, compreendido pelos pontos A1 a A5 e o A6 (somente para PSI), e o ponto A1 do PCII, está associado a valores altos das seguintes variáveis: salinidade, temperatura e profundidade de Secchi. O segundo

subgrupo, representados pelos pontos A6, A7 e A8 dos PSI, PSII e PCII, manteve-se associado a valores mais elevados de  $\text{PO}_4^+$ .

Grupo (2) (G2) formado por amostras associadas aos períodos chuvosos, correspondentes às campanhas 1 e 3, é caracterizado por temperatura e salinidades baixas e altas concentrações de  $\text{SiO}_2$ . Dentro do G2 há uma formação de dois subgrupos: o primeiro, formado pelos pontos A1 a A5 do PCI, os quais estão associados a valores altos de  $\text{PO}_4^+$  e os pontos A6, A7 e A8 do PCI, associados a altas concentrações de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ . O segundo subgrupo, formado pelos pontos A2 a A5 do PCII, está associado a altas concentrações de oxigênio dissolvido (%) e pH.

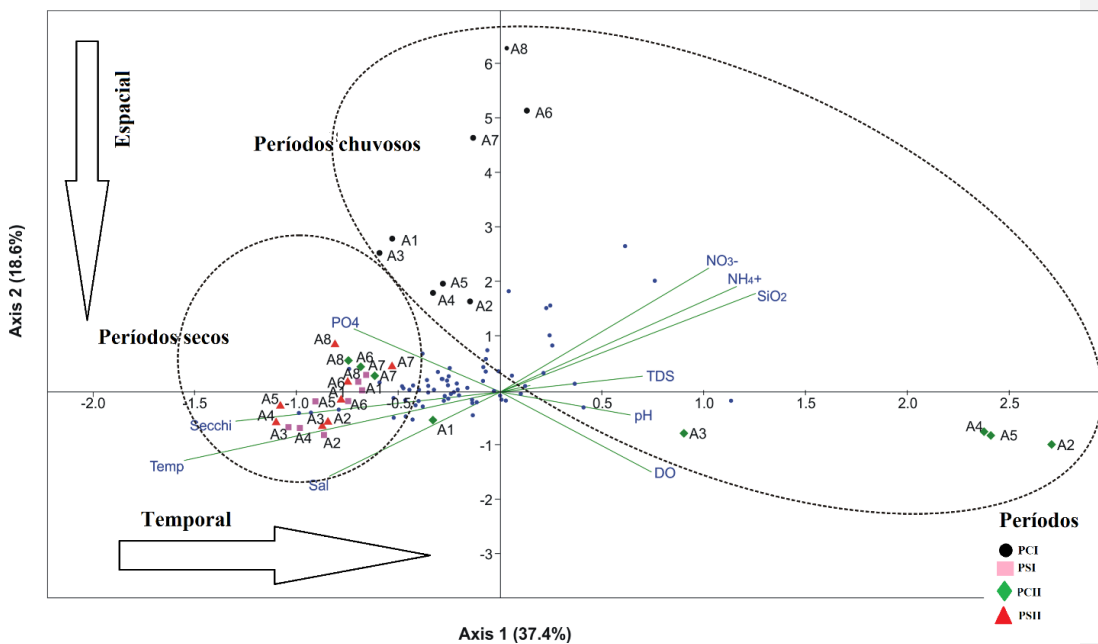


Figura 18 - Diagrama de ordenação das estações produzido pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies em oito estações, para todos os períodos estudados, no estuário do rio Real. Os períodos são representados pelos símbolos da legenda, e as variáveis físicas por vetores.

Além da separação entre os períodos secos e chuvosos, podemos dividir as espécies em quatro grupos. O primeiro é representado pelas espécies *Proboscia alata*, *Surirella fastuosa* e *Coscinodiscus centralis*, que estiveram associadas às altas concentrações de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$ . O segundo grupo representado pela espécie *Asterionellopsis glacialis* e pelas morfoespécies *Coscinodiscus* sp2 e *Scrippsiella* sp, as quais foram associadas aos altos valores de pH e as altas taxas de saturação de oxigênio. Estas associações ocorreram, principalmente, nos períodos chuvosos (Figura 19).

O terceiro grupo surge da associação com as altas temperaturas, salinidades e profundidade de secchi, representado pelas morfoespécies *Komvophoron* sp, penada 4, *Pseudo-nitzschia* sp1, *Bacillaria paxillifera*, *Pseudo-nitzschia* sp2, *Cylindrotheca costerium*, *Cyclotella* sp, *Pleurosigma* sp2, *Coscinodiscus* sp1, *Coscinodiscus oculusiridis*, penada 6 e Cêntrica 3. O quarto grupo esteve associado a valores elevados de  $PO_4^{+}$ . Este foi representado pelas morfoespécies, *Peridinium* sp, *Nitzschia sigmaidea*, Cêntrica 1, *Paralia sulcata*, *Pleurosigma* sp1, *Trichodesmium* sp e *Thalassiosira eccentrica*. Essas espécies estiveram associadas principalmente aos períodos secos (Figura 19).

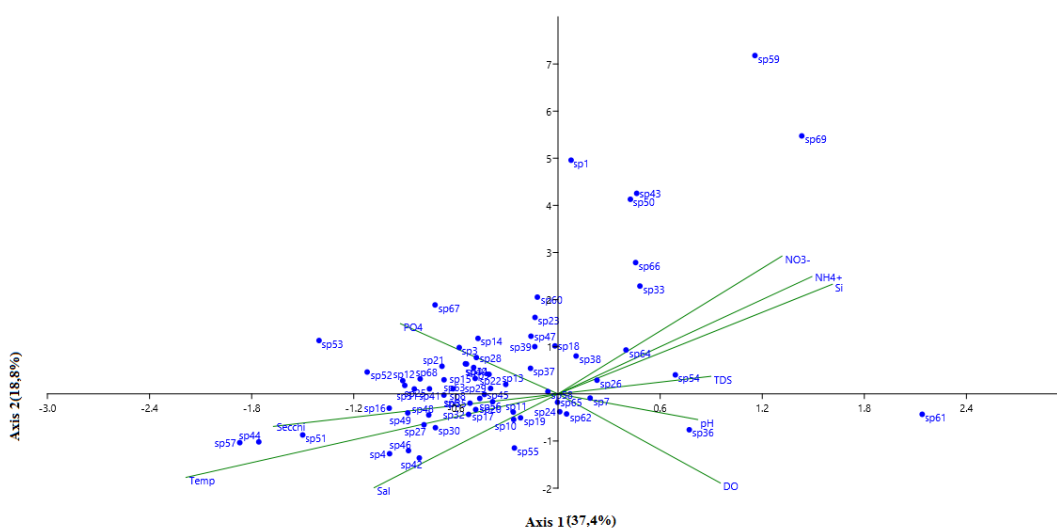


Figura 19 - Diagrama de ordenação das espécies produzido pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies em oito estações, para todos os períodos estudados, no estuário do rio Real., as variáveis físicas são representadas por vetores e as espécies por seus códigos (tabela 3).

### 3.4.2 Praia adjacente

Na praia adjacente foi observada uma dominância da *Asterionellopsis glacialis*, com abundâncias relativas acima de 90% nas quatro campanhas e em todos os pontos. Devido a dominância da *A. glacialis* foram realizadas duas ACCs para observar como esta espécie modifica a associação das espécies com as variáveis ambientais. Desta

forma, foram usadas nove variáveis ambientais ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SiO}_2$ , temperatura, salinidade,  $\text{PO}_4^+$ , TDS, pH e OD%) e um grupo de 45 morfoespécies, as quais foram as mais representativas dentro da comunidade do fitoplâncton presente na praia adjacente.

Na ACC sem a presença de *A. glacialis*, os dois primeiros eixos explicaram 49,8% da variância total, sendo 31,2% explicado pelo primeiro eixo e 18,6% pelo segundo eixo (Figura 20). Como observado para o estuário, houve a separação em períodos secos e chuvosos, formando dois grupos:

Grupo 1 (G1): formado pelos períodos chuvosos, correspondentes às campanhas um e três, e caracterizados por altos valores salinidade, taxa de saturação de oxigênio, e sólidos totais dissolvidos. Dentre do G1 há uma formação de dois subgrupos, o primeiro formado por todos os pontos (A1, A2, A3 e A4) do PCII e o ponto A1 do PSII (Figura 20), que se associaram aos altos valores salinidade, %OD, e STS, dentro deste grupo. O segundo é compreendido por todos os pontos do PCI e o ponto A4 do PSII (Figura 20), e estiveram associados às altas concentrações de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{PO}_4^+$ .

Grupo 2 (G2): formado pelos períodos secos, correspondentes às campanhas dois e quatro, é caracterizado por apresentar valores altos de pH,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^+$  e temperatura. Este grupo esteve formado por todos os pontos, menos os pontos A1 e A4 do PSII, a qual esteve associada ao G1 (Figura 20). Podemos também separar as taxas que mais contribuíram com a estrutura da comunidade, separando-os em quatro grupos.

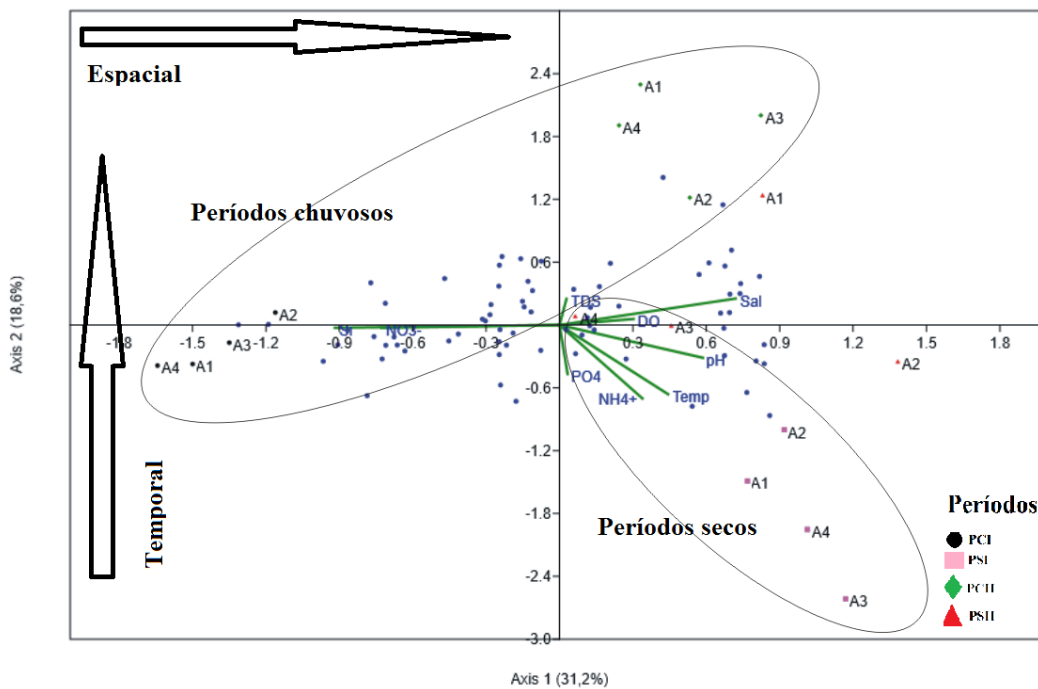


Figura 20 - Diagrama de ordenação das espécies produzido pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies em quatro períodos estudados, para todos os períodos estudados, na praia adjacente ao estuário do rio real, sem a presença de *A. glacialis*. Os períodos são representados pelos símbolos da legenda, e as variáveis físicas por vetores.

O primeiro representado pelas espécies *Paralia sulcata*, *Cylindrotheca closterium*, *Bacillaria paxillifera*, *Dinophysis caudata*, *Gyrodinium spirale*, *Protoperdinium* sp1 e Penada 1, que estiveram associados ao primeiro subgrupo do G1. Com o segundo subgrupo do G1 as morfoespécies que estiveram associadas foram *Coscinodiscus* sp2, *Cyclotella* sp1, *Thalassiosira* sp1, *Nitzschia sigmaidea*, *Trieres mobilienses* e duas penadas, que representam o grupo 3, e a espécie *Thalassiosira eccentrica*, e *Coscinodiscus* sp1 e *Pleurosigma* sp1, e duas cêntricas representantes do grupo 4. E associadas ao G2 o segundo grupo representado pelos morfoespécies *Nitzschia* sp1, *Komvophoron* sp, *Diploneis* sp, *Trichodesmium* sp e cêntrica 1.

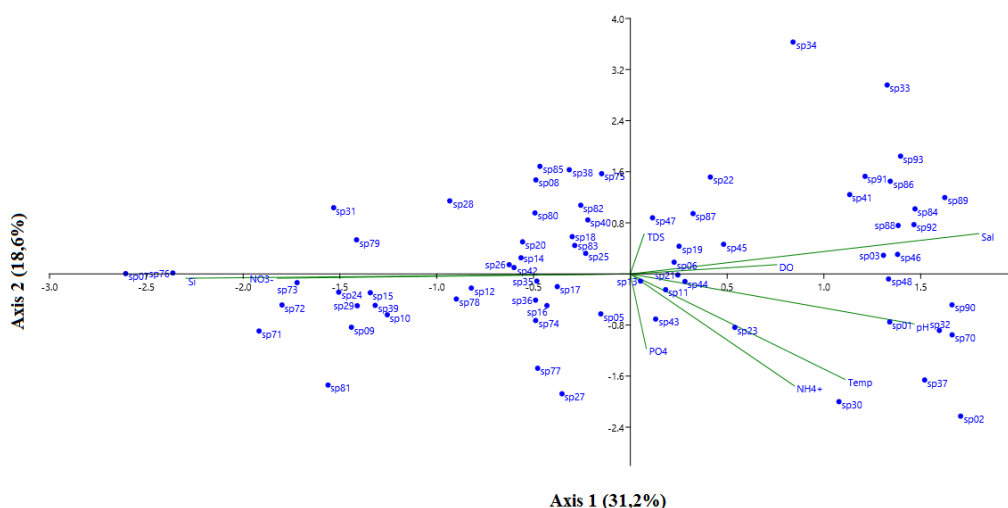


Figura 21 - Diagrama de ordenação das espécies produzido pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies em quatro estações, para todos os períodos estudados, na praia adjacente ao estuário do rio real, sem a presença de *A.glacialis*. As variáveis físicas são representadas por vetores e as espécies por seus códigos (tabela 3).

Na ACC com presença de *A. glacialis* (sp04), os dois primeiros eixos explicaram 64,4% da variância total, sendo 41,2% explicado pelo primeiro eixo e 23,2% pelo segundo eixo (Figura 22). A mesma distinção dos grupos entre períodos chuvosos (G1) e secos (G2) é mantida. Contudo, observam-se mudanças nas associações dos subgrupos. Assim, podemos destacar a associação de quatro grupos, dos quais três estão associados ao grupo G1, período chuvoso, com alguns pontos dos períodos secos. O primeiro subgrupo, compreendido pelo ponto A1 do PCI e PCII está associado a altas concentrações de oxigênio. O segundo grupo, representado pelos pontos A2, A3 e A4, do PCI, se associaram aos altos valores de  $\text{SiO}_2$ , e ao  $\text{NO}_3^-$ . O terceiro grupo, onde os altos valores de  $\text{PO}_4^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ , salinidade e pH estiveram associados com os pontos A3 e A4 do PSI, o ponto A3 do PSII, e os pontos A2 e A3 do PCII. Os pontos A1 e A2 do PSI, os pontos A1, A2 e A4 do PSII e o ponto A4 do PCII fazem parte do quarto grupo, onde os mesmos estavam associados aos sólidos totais em suspensão e a temperatura.

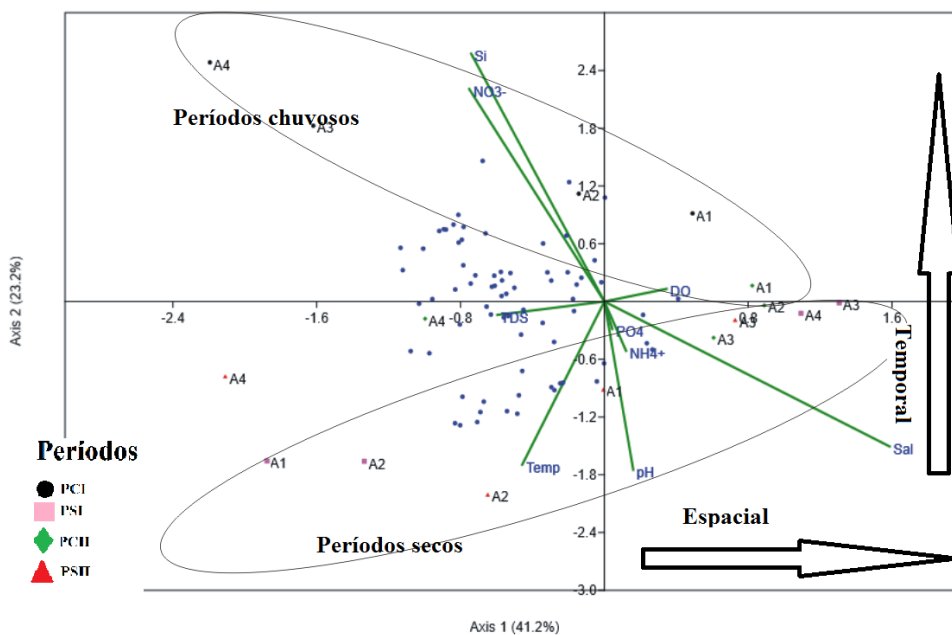


Figura 22 - Diagrama de ordenação das espécies produzido pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies em quatro períodos estudados, para todos os períodos estudados, na praia adjacente ao estuário do rio real, com a presença de *A. glacialis*. Os períodos são representados pelos símbolos da legenda, e as variáveis físicas por vetores.

Em relação à associação das espécies com as variáveis ambientais é possível observar uma mudança das espécies no espaço bidimensional (Figuras 21 e Figura 23, sem e com *A. glacialis*, respectivamente). Isto mostra que a presença de *A. glacialis* condiciona a formação dos grupos das espécies. Nessa análise, as espécies foram reagrupadas. O grupo 1 é representado por *A. glacialis*, que esteve associada a elevados percentuais de OD. O grupo 2 foi representado por *Chaetoceros lorenzianus*, que foi associado altos valores de pH, salinidade,  $PO_4^+$  e  $NH_4^+$ . As morfoespécies *Paralia sulcata*, *Coscinodiscus* sp2, *Trichodesmium* sp, *Cylindrotheca closterium*, *Nitzschia* sp1, *Protoperdinium* sp1, *Bacillaria paxillifera*, *Diploneis* sp1, *Dinophysys caudata*, *Gyrodinium spirale* e *Komvophoron* sp foram representantes do grupo 3, onde o mesmo esteve associado a altos valores temperatura e STS. O grupo 4 foi constituído pelas morfoespécies *Pleurosigma* sp1, penada 8, *Thalassiosira eccentrica*, penada 10, *Cyclotella* sp1, *Trieres mobilienses*, *Nitzschia sigmoidea*, *Thalassiosira* sp1, penada 6 e *Coscinodiscus* sp1.



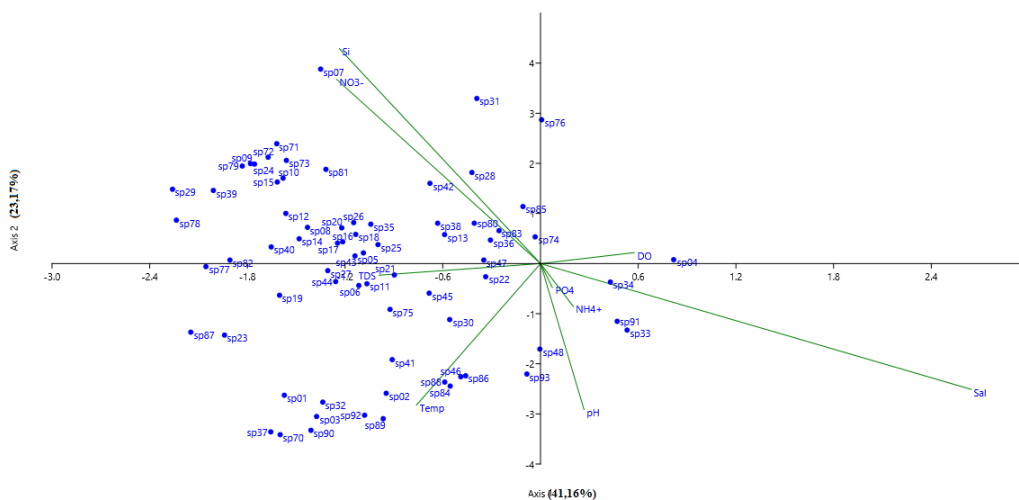


Figura 23 - Diagrama de ordenação das espécies produzido pela análise de correspondência canônica, baseada na distribuição da densidade de espécies em quatro estações, para todos os períodos estudados, na praia adjacente ao estuário do rio real, com a presença de *A.glacialis*. As variáveis físicas são representadas por vetores e as espécies por seus códigos (tabela 3).

Tabela 3 - Taxonomia, ocorrência de frequência (MF-muito frequente, F- frequente, PF-pouco frequente, E-esporádica), Ecologia (P-planctônica, TN- ticoplanctônica nerítica, T-ticoplanctônica, PN- Planctônica nerítica, O- oceânica , D-dulciauícola); em que ambientes ocorre (C-compartilhadas, E-estuário , P- praia) e seus respectivos códigos.

Taxonomia	Frequência de ocorrência	Ecologia	C	E	P
<b>Divisão: CYANOPHYTA</b>					
Classe: Cyanophyceae					
Ordem: Oscillatoriales					
Família: Borziaceae					
<b><i>Komvophoron</i> sp K. Anagostidis e J. Kamarek</b>	PF	T	X		
Família: Microcoleaceae					
<b><i>Trichodesmum</i> sp Ehrenberg ex Gormont</b>	E	P	X		
Família: Oscillatoriales					
<b><i>Phormidium</i> sp1 Kützing ex Gomont</b>	PF			X	
<b>Divisão: CHLOROPHYTA</b>					
Classe: Chlorophyceae					
Ordem: Chlomydomonadales					
Família: Sphaerocystidaceae					
<b><i>Sphaerocystis schroeteri</i> Chodat</b>	E	D	C		

Tabela 3:

Continuação da tabela 3:

Taxonomia	Frequência de ocorrência	Ecologia	C	E	P
<b>Divisão: BACILLARIOPHYTA</b>					
<b>Classe: Flagilariophyceae</b>					
Ordem: flagilariales					
Família: Fragilariaceae					
<b><i>Asterionellopsis glacialis</i> (Castracane) Round</b>	MF	T	X		
<b><i>Staurosira</i> sp1 Erenberg</b>	PF			X	
<b><i>Staurosira</i> sp2 Erenberg</b>	PF				X
Ordem: Thalassionematales					
Família: Thalassionemataceae					
<b><i>Thalassionema nitzschioides</i> (Gronow) Mereschkowsky</b>	PF	O	X		
<b>Classe: Coscinodiscophyceae</b>					
Ordem: Coscinodiscales					
Família: Coscinodiscaceae					
<b><i>Coscinodiscus</i> sp1 Ehrenberg</b>	MF	p	X		
<b><i>Coscinodiscus centralis</i> Ehrenberg</b>	F	O	X		

Continuação da tabela 3:	Taxonomia	Frequência de ocorrência	Ecologia	C	E	P
	<b>Chaetocerus sp2 Ehrenberg</b>	PF				X
	Ordem: Triceratales					
	Família: Triceraticeae					
	<b>Triceratium sp1 Ehrenberg</b>	PF	T		X	
	<b>Trieres mobiliensis (Bailey) M.P.Ashworth e E.C. Theriot</b>	PF	PN			X
	<b>Trieres sinensis (Greville) M.P.Ashworth e E.C. Theriot</b>	PF	PN		X	
	<b>Odontella sp1 C. Agardh</b>	F	P	X		
	Ordem: Hemiaulales					
	Família: Hemiaulaceae					
	<b>Hemiaulus membranaceus Cleve</b>	PF	O		X	
	<b>Hemiaulus hauckii Grunow ex Van Heurck</b>	PF	PN			X
	Ordem: Rhizosoleniales					
	Família: Rhizosoleniaceae					
	<b>Proboscia alata (Brightwell) Sundström</b>	PF	O		X	
	<b>Rhizosolenia robusta G. Norman ex Ralfs</b>	PF	O			X
	<b>Guinardia striata (Stoeterfoth) Hasle</b>	PF	O			X
	Ordem: Biddulphiales					
	Família: Biddulphiaceae					

Taxonomia	Frequência de ocorrência	Ecologia	C	E	P
<b>Biddulphia longicuris Greville</b>	PF	PN			X
<b>Biddulphia alternans (Bailey) Van Heurck</b>	PF	PN			X
<b>Classe: Bacillariophyceae</b>					
Ordem: Bacillariales					
Família: Bacillariaceae					
<b>Nitzschia sigmoidea (Nitzsch) W. Smith</b>	F-MF	O			
<b>Cylindrotheca closterium (Ehrenberg) Reimann e Lewin</b>	F	TN	X		
<b>Nitzschia sp1 Hassal</b>	MF		X		
<b>Pseudo-nitzschia sp1 H. Peragallo</b>	PF	PN	X		
<b>Pseudo-nitzschia sp2 H. Peragallo</b>	PF	PN		X	
<b>Bacillaria paxillifera (O.F.Müller) T. Marsson</b>	F-PF	O	X		

Ordem: Naviculares					
Família: Diploneidaceae					
<b>Diploneis sp1 Ehrenberg ex Cleve</b>	F-MF	T	X		
Família: Pleurosigmataceae					
<b>Pleurosigma sp1 W. Smith</b>	MF		X		
<b>Pleurosigma sp2 W. Smith</b>	F		X		
<b>Pleurosigma sp3 W. Smith</b>	PF		X		

Taxonomia	Frequência de ocorrência	Ecologia	C	E	P
<b>Pleurosigma sp4 W. Smith</b>	F			X	
<b>Gyrosigma balticum (Ehrenberg) Robenhorst</b>	PF	E	X		
<b>Gyrosigma fasciola (Ehrenberg) Griff e Henfrey</b>	F	TN		X	
Ordem: Mastogloiales					
Família: Mastogloiaceae					
<b>Mastogloia sp1</b>	PF	T	X		
Ordem: Surirellales					
Família: Entomoneidaceae					
<b>Entomoneis sp1 Ehrenberg</b>	F	E		X	
<b>Entomoneis sp2 Ehrenberg</b>	PF	E		X	
Família: Surirellaceae					
<b>Surirella fastuosa (Ehrenberg) Ehrenberg</b>	PF	TN	X		
<b>Surirella sp1 Ehrenberg</b>	PF			X	
Ordem: Rhopalodiales					
Família: Rhopalodiaceae					
<b>Rhopalodia musculus</b>	PF	E		X	
Ordem: Lyrellales					
Família: Lyrellaceae					

Taxonomia	Frequência de ocorrência	Ecologia	C	E	P
<b>Lyrella lyra (Ehrenberg) Karajeira</b>	PF	TN			X
Indeterminadas: Centricas					
<b>Centrica 1</b>	F		X		
<b>Centrica 2</b>	PF		X		

<b>Centrica 3</b>	PF		X		
<b>Indeterminadas: penadas</b>					
<b>Penada 1</b>	MF		X		
<b>Penada 2</b>	MF		X		
<b>Penada 3</b>	MF		X		
<b>Penada 4</b>	F		X		
<b>Penada 5</b>	PF		X		
<b>Penada 6</b>	F			X	
<b>Penada 7</b>	PF				X
<b>Penada 8</b>	PF				X
<b>Penada 9</b>	PF				X
<b>Penada 10</b>	PF				X
<b>Penada 11</b>	PF				X
<b>Divisão: DINOPLYTA</b>					

<b>Taxonomia</b>	<b>Frequência de ocorrência</b>	<b>Ecologia</b>	<b>C</b>	<b>E</b>	<b>P</b>
Classe: Dinophyceae					
Ordem: Peridinales					
Família: Peridinaceae					
<b><i>Peridinium</i> sp1 Ehrenberg</b>	F-MF	P	X		
<b><i>Peridinium</i> sp2 Ehrenberg</b>	F			X	
Família: Thoracosphaeroceae					
<b><i>Scrippsiella</i> sp1 Balech ex A.R. Loeblich III</b>	F		X		
Família: Protoperidiniaceae					
<b><i>Protoperidinium</i> sp1 R.S. Bergh</b>	F	P	X		
<b><i>Protoperidinium</i> sp2 R.S. Bergh</b>	PF		X		
Ordem: Prorocentrales					
Família: Prorocentraceae					
<b><i>Prorocentrum micans</i> Ehrenberg</b>	PF	O	X		
Ordem: Gynmodiales					
Família: Gymnodiniaceae					
<b><i>Gyrodinium spirale</i> (Bergh) Kofoid e Swezy</b>	F	PN			

Ordem: Gonyaulacales					
Família: Ceratiaceae					
Taxonomia	Frequência de ocorrência	Ecologia	C	E	P
<i>Tripos muelleri</i> Bory	PF	PN	X		
<i>Tripos hircus</i> (Schröder) F. Gomez	PF	O		X	
Ordem: Dinophysiales					
Família: Dinophysiaceae					
<i>Metadinophysis sinensis</i> Nie et Wang	PF	P		X	
<i>Dinophysis caudata</i> Saville- kent	PF	PN			X

## **4. Discussão**

### **4.1 Pluviosidade**

Com os dados de pluviosidade, obtidos a partir de uma série temporal de 22 anos, o estuário do rio real mostrou uma temporalidade bem marcada, onde os períodos mais chuvosos correspondem aos meses de abril a agosto, e os secos de setembro a março. Nos meses em que ocorreram as coletas, pode-se observar a precipitação acima de 200 mm para as campanhas 1 e 3 e abaixo de 50 mm nas campanhas 2 e 4. A pluviometria da área de estudo mostrou que exerce influência temporal de forma direta ou indireta, sobre as variáveis físico-químicas. Nos períodos chuvosos foram observados valores menores de transparência Secchi, salinidade e temperatura e maiores concentrações de nutrientes quando comparados aos períodos secos e (Tabela 1). Essas mudanças temporais influenciaram consideravelmente a estrutura da comunidade. Nos períodos chuvosos, quando ocorre um maior fluxo de água doce, houve um crescimento na abundância relacionada a espécies dulciaquícolas; nos períodos secos percebeu-se maior abundância de espécies marinhas. Esse padrão do regime pluviométrico e as mudanças que ocorrem no estuário foram observados em outros estudos (Aquino et al., 2015, 2014, 2012; Schettini et al., 2000; Silva et al., 2009; Honorato da Silva et al, 2004; Sousa et al, 2009).

### **4.2 Estuário**

Observou-se, no estuário do rio real, que os valores obtidos para a temperatura apresentaram baixa amplitude térmica (3,6°C), e com variações significativas entre os períodos chuvoso e seco. Diversos estudos realizados na costa do nordeste apresentaram esse padrão, com valores próximos aos obtidos neste estudo (Sena et al., 2015; Honorato da Silva et al, 2004; Grego et al, 2009; Santana et al, 2009). Essas pequenas oscilações da temperatura da água é uma característica de ambientes tropicais (Passavante; Feitosa, 2004).

Diferentemente das outras variáveis, a salinidade mostrou variações espaciais e temporais significativas, tendo sua maior concentração no ponto mais a jusante e menor no ponto mais a montante do estuário do rio Real. Na escala temporal observou-se os maiores valores nos períodos secos, devido à menor pluviosidade e menor descarga do rio, possibilitando a entrada de água salgada nos pontos mais distantes da desembocadura do estuário. Essa variabilidade espaço-temporal da salinidade foi descrita em outros estudos na região costeira dos estados de Pernambuco (rio dos Passos- Honorato da Silva et al, 2004 e Aquino et al, 2015), rio Formoso- Silva et al, 2009), rio Capibaribe- Aquino et al, 2014) e Anjos et al, 2012); Pará (Baía do Guarujá-



Paiva et al, 2006 e estuário Caeté- Sena et al, 2015) e Maranhão (Golfão maranhense- Azevedo et al, 2008). Através dos valores obtidos para esse parâmetro e usando a classificação apresentada por Wolf (1973) podemos indicar que o estuário do rio real, nos períodos chuvosos, varia de polihalino a fluvial, e no primeiro período seco de euohalino a polihalino. Isso influenciou de forma significativa a distribuição das espécies ao longo do estuário. Nos pontos A6, A7 e A8, as espécies dulciaquícolas apresentaram maiores abundâncias; os pontos A4 e A5 foram caracterizados por maiores abundâncias de espécies salobras, e os pontos A1, A2 e A3, as espécies marinhas e oceânicas apresentaram maiores abundâncias.

Diversos fatores podem influenciar a transparência da água, um deles é a chuva, pois acarreta um maior escoamento de material de origem continental no estuário aumentando a quantidade de material em suspensão, reduzindo assim a camada fótica (Silva et al., 2009). Quando comparado os resultados de transparência Secchi obtidos neste estudo com outros estudos para a região nordeste (Aquino et al., 2012; Silva et al., 2009; Anjos et al, 2012; Grego et al, 2009), a transparência é menor e assemelha-se com estuários do norte (Azevedo et al, 2009) e sul (Fujita and Odebrecht, 2007).

Quando comparados com outros estudos (Aquino et al, 2012, Azevedo et al, 2008 Schettini et al, 2000 e Silva et al, 2009), o resultado obtido para o rio Real de saturação de oxigênio mostra que o mesmo apresentou valores baixos de saturação. Com base no sistema de classificação para águas estuarinas proposta por Macêdo e Costa (1978), que têm por base o teor de saturação de oxigênio, poder-se-ia classificar o estuário o rio Real como sendo zona semi-poluída. No entanto, de acordo a outras características tal como a clorofila a este sistema não adequaria nesta classificação; de acordo com os valores de clorofila, o estuário do rio Real poderia ser classificado como oligotrófico. De acordo com (Passavante et al, 2003), as baixas concentrações do oxigênio observadas em sistemas aquáticos não sempre estão associadas a ações antrópicas, pois esta influência tem que ser detectada em outros indicadores de antropização, por exemplo, nas concentrações de clorofila a. Desta forma, os valores relativamente baixos de saturação de oxigênio podem ser explicados pela interação entre o aporte alóctone de matéria orgânica no sistema, e a pouca profundidade do ecossistema, que causariam o transporte de material em decomposição e, por conta disto, com baixa concentração de oxigênio dissolvido para a coluna d'água. De acordo com Sousa et al. (2009), os processos de degradação da matéria orgânica leva a um grande consumo de oxigênio e, por conseguinte, redução da saturação.

Por outro lado, em algumas estações amostrais, as baixas taxas de saturação ou menores salinidades ocorreram junto com menores valores de pH. Contudo, em algumas estações amostrais, principalmente no PCII, os valores de pH mais alcalinos e

maiores taxa de saturação de oxigênio estiveram associados a altas concentrações de células fitoplanctônicas, que durante os processos de produção da matéria orgânica veio a consumir o  $\text{CO}_2$ . O pH dentro ao longo do estuário do rio real se mostrou alcalino, evidenciando uma forte influência marinha. Esse padrão foi observado em outros estudos por Santos et al, (2009) no estuário do rio Pina; Monteiro et al, (2015) estuário do rio Paracauari, (PA); Bastos, RB; Feitosa, FAN, Muniz, (2005) no rio Una (PE), Branco, (2001) em Barra de Jangadas (PE) entre outros.

Podemos destacar em estuários as frações do nitrogênio ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ; NT), a sílica ( $\text{SiO}_2$ ) e as frações do fósforo ( $\text{PO}_4$  e PT), que junto com a luz, podem vir a ser limitantes para a comunidade fitoplanctônica. No estuário do rio Real, podemos observar maiores concentrações desses nutrientes nos períodos chuvosos e menores nos períodos secos, evidenciando as diferenças entre esses períodos. Essas diferenças foram observadas para o  $\text{NH}_4^+$  no Golfão maranhense (MA) (Azevedo et al, 2008),  $\text{PO}_4$  e  $\text{NO}_3^-$  nos estuários dos rios Ariquindá, (PE) (Grego et al, 2009), Formoso, (PE) (Silva et al., 2009) (Honorato da silva et al, 2004) e Cachoeira, (BA) (Santana et al, 2008).

As concentrações de nutrientes neste estudo foram muito maiores em comparação a outros estudos em estuários ao longo da costa brasileira, principalmente a  $\text{SiO}_2$ , que obteve maiores concentrações entre os nutrientes e apresentou concentrações no PCI acima dos  $100 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ , nas outras campanhas as concentrações foram menos elevadas, sendo que as menores concentrações obtidas são próximas a valores obtidos em outros estuários com exemplos os rios Tavares (SC) (Schettini et al., 2000), Cachoeira, (BA) (Souza et al, 2009). Essas altas concentrações observadas no estuário do rio Real podem estar ligadas com ao aporte das águas oriundas do rio, ou seja, concentração elevada de sílica, nomeadamente nos períodos com maior pluviosidade (Bradley e Philip, 1999), é devido à lixiviação continental e da margem do estuário e manguezal, esse mesmo padrão foi observado em estudos feitos no estuário do rio Paracauari (PA) (Monteiro et al., 2015). A sílica espacialmente obteve suas maiores concentrações nos pontos mais a montante (R8) e diminuindo em direção a foz nos períodos chuvosos, sendo que o segundo período chuvoso teve valores semelhantes encontrados por Melo (1998) no estuário do rio Bacanga (MA).

Das frações do nitrogênio, podemos destacar o  $\text{NO}_3^-$ ; que mesmo obtendo maiores concentrações nos períodos chuvosos, algumas das amostras do segundo período chuvoso através da análise de correspondência canônica foram agrupadas com os períodos secos devido às suas baixas concentrações desse nutriente nesses pontos, essa baixa concentração pontual desse nutriente que pode estar associado à desnitrificação ou maior consumo pelo fitoplâncton como foi o caso de grandes densidade do fitoplanctônicas neste pontos. Pode-se observar também que os maiores

valores de nitrato sucederam com os maiores valores de amônio, possivelmente, isso ocorreu devido a um provável aumento na nitrificação impulsionado pela maior concentração de amônia e oxigênio disponível ou a um consumo preferencial do fitoplâncton pelo  $\text{NH}_4^+$ .

Os valores obtidos nesse estudo para o  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  foram baixos quando comparados a estudos realizados por Souza et al (2009) no estuário do rio Cachoeira, (BA) e Schettini et al, (2000) nos estuários dos rios Tavares e Defunto (SC) e dentro das faixas de máximo e mínimo dos valores obtidos em estudos realizados por Bastos et al, (2005) no estuário do rio Una (PE), Nascimento et al, (2000) na bacia do rio Pina e rio Tejiupó (PE).

As frações do fósforo ( $\text{PO}_4^{3-}$  e  $\text{PO}_4^{2-}$ ), tiveram suas maiores concentrações nos períodos secos ao contrário do  $\text{SiO}_2$  e das frações do nitrogênio que tiveram suas maiores concentrações nos períodos chuvosos. Além disso, todos os nutrientes mostraram variações temporais com exceção do  $\text{PO}_4^{3-}$  que não apresentou variações temporais significativas.

De acordo com classificação de Passavante, (2003), o estuário do rio Real pode ser classificado como oligotrófico ou de baixa produção, essas baixas concentrações Chl-a observadas podem estar relacionadas a pouca produtividade do fitoplâncton ou elevada concentração de material em suspensão no estuário, que pode interferir especialmente nas medições da Chl-a. Os valores registrados de Chl-a estiveram próximos aos valores mínimos encontrados em outros estuários como exemplo de Santos et al (2014) no estuário do rio Araguari (MA) (1,7 a  $10 \mu\text{m.L}^{-1}$ ); Silva, (1992) no estuário do rio Paripe (PE) (1,02 a 29,32); Andrade, (1999) no estuário do rio Maracaípe (PE) (1,69 e 19,72  $\mu\text{m.L}^{-1}$ ); Branco, (2001) no sistema estuarino de Barra das Jangadas (0,57 e 49,84  $\mu\text{m.L}^{-1}$ ) entre outros.

Podemos observar que as concentrações de Chl-a assemelham-se a outros estuários sazonalmente com valores mais altos nos períodos secos assim como observado por Feitosa et al, (1999) na Bacia do Pina (PE) e menores nos períodos chuvosos assim como em Branco, (2001) com o sistema estuarino de Barra das Jangadas (PE). Essas maiores concentrações de Chl-a nos períodos mais secos podem estar associadas a maior incidência de luz numa camada fótica mais profunda, já que esses períodos apresentaram maiores profundidades de Secchi. Nas regiões tropicais as máximas obtidas para Chl-a, podem ocorrer tanto nos períodos secos quanto nos chuvosos, pois esse pigmento depende da variabilidade dos parâmetros oceanográficos do local, que podem ser determinados pela pluviosidade que pode contribuir aumentando a

quantidade nutrientes que entra no sistema como pode também vir a limitar a produção primária através do excesso de material particulado em suspensão (Losada, 2000).

Os sólidos totais dissolvidos não apresentaram variações sazonais nem espaciais significativas, contudo, os menores valores obtidos para esse parâmetro foram observados nos períodos de maior pluviosidade assim como na baía do Marajó (PA) (Santos et al, 2008).

As diatomáceas foi o grupo com maior riqueza taxonômica, e abundância relativa na área de estudo, uma grande quantidade desses organismos estão associados a regiões de alta turbulência (Tilstone et al. 2000; Smayda 2002; Reynolds, 1997); sendo que as mesmas predominam em grande parte da costa brasileira (Aquino et al., 2015, 2014; Azevedo et al., 2008; Matos et al., 2011, 2012; Sousa et al. 2008; Santana et al. 2010; Costa et al. 2011; Honorato da Silva et al. 2004). A composição específica das diatomáceas, esteve definida pela presença de, *Coscinodiscus oculusiridis*, *Coscinodiscus* sp1, *Thalassiosira*, *Paralia sulcata* , , *Thalassiosira eccentrica*, *Cylindrotheca Closterium*, *Pleurosigma* sp2, *Nitzschia sigmaidea*, *Pleurosigma* sp1, *Pseudo-nitzschia* sp1, *Chaetocerus lorenzianus*, *Bacillaria Paxillifera*, *Cyclotella* sp, e *Diploneis* sp. Estas espécies geralmente são associadas ao plâncton ou ao microfítobentos de ambientes costeiros, são comumente encontradas em diversos estuários na costa brasileira (Paiva et al., 2006; Monteiro et al 2009, Santiago et al, 2005, Masuda et al., 2011 entre outros). Grande parte das espécies encontradas na área de estudo, são oceânicas ou neríticas, evidenciando a forte influência exercida pelas marés que transporta essas espécies para o interior do estuário.

A *C. closterium* é eurialina, ticoplanctonica e conseqüentemente está associada a ressuspensão de sedimento (Ribeiro et al, 2003). A *B. paxillifera*, foi observada por Fujita e Odebrecht, (2007) (sul) do Brasil nos meses mais quentes onde é influenciada por chuvas sazonais, no nordeste, por Aquino et al, (2015) onde foi descrita como dominante, ocorrendo em águas o profundidade de secchi abaixo de 2 metros, e salinidade inferiores a 27. No rio Real essa espécie esteve associada a altos valores de salinidade e baixa concentração de STD. O *Chaetoceros lorenzianus*, foi observadas neste estudo associado altas salinidades, temperaturas e profundidade de secchi. Também foi registrado por Koeniget al, (2002), no estuário do rio Ipojuca, PE, e Feitosa et al, (1999), no estuário do rio Goiana, PE é encontrada em águas marinhas neríticas (Eskinazi-Leça et al, 2004). O gênero *Cyclotella* esteve associado a altos valores de salinidade, pH e  $PO_4^+$ . Reynolds (2002), diz que *Cyclotella* está associada a sistemas eutróficos pouco profundos. Esse gênero foi registrado também em águas turbulentas e enriquecidas (Soares et al, 2007). A espécie *A. glacialis*, apresentou grande abundância principalmente na entrada do estuário, mas também ocorrendo em

estações amostrais mais a montante. Geralmente, essa espécie é característica de zona de surf de praias com alto dinamismo Campbell, (1996), a presença da mesma mais a montante do estuário está associada ao transporte da mesma pela ação das marés (Silva et al., 2009).

A cianobactéria *Komvophoron* sp, foi pouco frequente e apresentou maiores concentrações de células durante os períodos secos, com as maiores concentrações na desembocadura do estuário, evidenciando uma possível origem do mesmo. Esta morfoespécie esteve associado a altas concentrações de salinidade e altas temperaturas. Já a cianobactéria *Thichodesmium* sp, apresentou maiores concentrações nos períodos secos, associado altas concentrações de  $\text{PO}_4^+$ , já que esse nutriente em concentrações mínimas limitam o crescimento do mesmo.

A presença de dinoflagelados marinhos e oceânicos (*Prorocentrum micans*, *Gyrodinium spirale*, *Protoperdinium* sp, *Scrippsiella* sp, *Dinophysis* sp, *Dinophysis caudata*, *Tripos hircus*, *Tripos mueleri*, e *Peridinium* sp) evidencia ainda mais a influência marinha no sistema, e grande parte desses dinoflagelados estiveram associados com altas concentrações de  $\text{PO}_4^+$ . Com exceção da espécie *Prorocentrum micans* que esteve associada a maiores concentrações de  $\text{NO}_3^-$  e  $\text{NH}_4^+$  e a morfoespécie *Scrippsiella* sp e a espécie *Gyrodinium spirale* estiveram associados a águas com alto pH e alta DO%. Entre esses últimos citados podemos destacar a *Scrippsiella* sp, que obteve grande altas concentrações de células no PCII que apresentou baixa diversidade e equitabilidade.

Villac e Tenenbaum, (2010) em um relato histórico da biodiversidade do fitoplâncton na baía de Guanabara, citam uma floração de *Scrippsiella trochoidea* reportada para a baía por Faria, 1914; que causou a mortandade de peixes devido a depleção do oxigênio, sendo o primeiro recorde de uma floração nociva na costa brasileira com concentrações de  $10^6$  cél.L<sup>-1</sup>. Anderson et al (1987) em experimentos realizados demonstraram para germinação dos cistos de *Scrippsiella trochoidea* é necessário que as condições de luz, pH e oxigênio sejam adequadas. Persich e Garcia (2003), no estudo realizado no sul do Brasil relataram, uma grande quantidade de cistos viáveis no sedimento costeiro a Lagoa dos Patos (RS), estudo também descreve uma rápida germinação do mesmo. Altas concentrações de células de *Scrippsiella* sp, também foram relatados por Castello et al, 1990. Ao contrário do que foi observado nesse estudo, as florações de *Scrippsiella*, geralmente são abundantes no período de verão associadas a altos valores de pH e OD%, mesmo apresentando essa diferença entre períodos, as concentrações obtidas para a costa do Uruguai, são próximas as encontradas no rio Real, chegando as concentrações de  $10^6$  cél.L<sup>-1</sup> (Ferrari e Méndez 2000).

Através das análises ecológicas das espécies, podemos dividir o estuário em três zonas, a primeira (estuário inferior) compreendida entre os pontos A1, A2, A3, sendo caracterizadas por maior abundância de espécies planctônicas marinhas, oceânicas e ticoplanctônicas neríticas. A segunda zona (estuário médio) compreendido pelos pontos A4 e A5, caracterizada pelas maiores abundâncias de espécies salobras tipicamente de ambientes estuarinos, e a terceira (estuário superior) formado pelos pontos A6, A7 e A8 caracterizada por espécies tipicamente dulciaquícolas. Esse padrão também foi encontrado por Almeida et al, (2016) na Baía de Todos os Santos.

#### **4.3 Praia adjacente**

Na zona de arrebentação da praia adjacente do rio real, os valores obtidos para temperatura da água apresentaram oscilações interanuais, variando em média cerca de 2,5 °C entre os períodos. A temperatura da água pode influenciar, o metabolismo dos organismos fitoplanctônicos aumentando sua taxa fotossintética, crescimento e reprodução dos mesmos (Philips et al, 2002). Essa baixa amplitude térmica entre períodos, é tipicamente característico de ambientes costeiros (Sousa et al, 2008; Matos et al, 2011; Sodr e et al, 2011). Assim como para temperatura, a salinidade apresentou diferenças entre os períodos. Os valores mais baixos obtidos para a salinidade foram encontrados nas estações amostrais mais próximas da desembocadura do rio Real, mostrando uma influência direta do aporte de água doce, oriunda da descarga do rio. Esse mesmo padrão foi observado por Tedesco et al, (2006) na praia de Cururupe, litoral sul da Bahia.

Os valores obtidos para taxa de OD% neste estudo, assemelham-se aos valores mínimos obtidos em outros estudos (Matos et al, 2012, Cordeiro et al, 2014), apresentou uma diferença significativa entre os períodos. Essas baixas concentrações podem ser decorrentes da influência fluvial que leva uma grande quantidade de matéria orgânica para a costa, diminuindo a concentração de oxigênio na coluna d'água devido ao uso do mesmo no processo de degradação da matéria orgânica. Os valores de pH para a área de estudo, mostrou uma variação temporal significativas e valores alcalinos, que podem estar associados com uma alta produtividade fotossintética, que é característica de praias com alta energia de onda (Talbot et al, 1990) e/ou pelo efeito tampão exercido pela água marinha, observado em outros ambientes costeiros (Mafalda Jr. et al, 2004; Costa et al, 2009; Sodr e et al, 2011).

A Chl-a, não apresentou variações temporais ou espaciais significativas, contudo, ela foi um pouco mais elevada durante o PSII quando comparada com os outros períodos analisados. Durante períodos secos, aumenta a incidência de luz, e diminui a quantidade de material em suspensão oriundo da descarga fluvial, padrão oposto foi observado por Grego, (2004); Matos et al, (2011); Sousa et al, (2008); Costa et al, (2011) e Eskinazi-Leça et al, (2004) em estudos na costa norte e nordeste do Brasil.

No caso das densidades fitoplanctônicas, não houve variação temporal significativa, as concentrações de células se mantiveram constantes em todos os períodos estudados, com médias de  $10^5$  cél.L<sup>-1</sup>, valores próximos foram encontrados em outras praias da costa brasileira, contudo, as máximas concentrações de células nessas praias ocorreram durante os períodos de maior precipitação ou entrada de frentes frias no sistema (Odebrecht et al, 1995; Rorig et al, 1997; Tedesco et al, 2006).

A SiO<sub>2</sub>, PT e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, apresentaram variações temporais significativas enquanto que NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e PO<sub>4</sub><sup>+</sup>, não apresentaram. Outro ponto importante, é que as séries fosfatadas tiveram suas maiores concentrações nos períodos secos, enquanto que os demais, tiveram sua maior concentração do período chuvosos, devido a uma influência significativa do aumento da descarga do rio. A média dos valores dos nutrientes, obtidos para esse estudo estiveram próximos a valores mínimos encontrados por Ferreira et al, (2010) e Matos et al, (2012). Os sólidos totais dissolvidos, não apresentaram variações espaciais, contudo, as concentrações observadas foram ligeiramente mais elevadas nos períodos secos.

A comunidade fitoplanctônica na zona de arrebentação, foi dominada pelas diatomáceas que contribuíram com mais de 95% da abundância relativa na área de estudo. A dominância das diatomáceas é comum em zonas de arrebentação, pois esse tipo de ambiente proporciona as diatomáceas a turbulência necessária para a manutenção da mesma na coluna d'água (Falkowski et al, 2004; Reynolds, 1997; Tilstone et al, 2000; Smayda, 2002).

Essas altas concentrações de diatomáceas na zona de arrebentação, são observadas nas praias do mundo todo (Odebrecht et al, 2014; Brown e McLachlan, 1990; Campbell, 1990). De acordo com Talbot et al, (1990), essas populações são responsáveis por abastecer numerosas cadeias alimentares, podendo ser acumuladas na superfície (formando manchas) proporcionando a essas praias auto sustentabilidade. Netto and Meneghel, (2014), em estudos em praias arenosas no sul do Brasil, afirmaram que as altas acumulações de diatomáceas na zona de arrebentação, ao encalhar na praia, aumenta a densidade e diversidade da comunidade infaunal.

A elevada abundância das diatomáceas, especialmente de *A. glacialis*, acarretou numa baixa diversidade e equitabilidade durante todo estudo. A dominância desta espécie chegou a registrar concentrações de  $10^6$  cél.L<sup>-1</sup>, essas altas concentrações já foram

observada em diversas praias na costa brasileira ( $10^7$  cél.L<sup>-1</sup> –Tedesco et al, (2006);  $10^8$  cél.L<sup>-1</sup>– Odebrecht et al, (1995); Abreu et al, (2003); Rorig e Garcia, (2003).

No sul do país, essa espécie foi associada a ocorrência de manchas, onde o evento foi registrado na praia do Cassino (RS), e estudos específicos, mostraram um padrão sazonal nas ocorrências das altas acumulações, associando a maior pluviosidade e ação dos ventos (Odebrecht et al, 1995). Em grande parte das praias brasileiras *A.glacialis*, co-ocorre com outras espécies, como mostrado na praia dos Navegantes (SC) (Rorig et al., 1997) e na Praia do Pontal do Sul (PR) onde *A.glacialis* co-ocorre com a *Anaulus australis*, na praia do futuro (CE) (Tahim et al, 1990) com a co-ocorrência com a *Eunotogramma* sp, onde as concentrações observadas foram de  $10^4$  cél.L<sup>-1</sup>, em estudos realizados em algumas praias do litoral de Pernambuco, a *A.glacialis* foi dominante nos períodos chuvosos, enquanto que nos períodos secos houve a dominância de *Helicotheca tamesis* (Ferreira et al, 2010). No presente estudo a *A.glacialis*, foi dominante em todos os períodos estudados não mostrando nenhum padrão sazonal, e nenhuma outra co-ocorreu com a *A. glacialis*.

As grandes concentrações de *A. glacialis* e a característica não sazonal da mesma apresentada neste trabalho, pode estar associada a dinâmica local da praia. Que de acordo com a classificação de Calliari et al, (2003) a praia adjacente do rio Real é caracterizada como praia dissipativa com alta frequência de ondas, estes tipos de praias mantém a mesma dinâmica durante todo o ano, esta característica pode ter favorecido a presença e dominância de *A. glacialis*. Nos estudos realizados ao longo da costa do Brasil, foram realizados em praias intermediárias, essas praias possuem características sazonais, onde em períodos chuvosos apresentam características de praias dissipativas, com baixo ângulo de inclinação e maior incidência de ondas, enquanto que em períodos secos elas apresentam características de praias reflexivas com menor incidência de ondas e maior ângulo de inclinação (MMA, 2003), as características dinâmicas dessas praias, podem ter influenciado nas sucessões observadas por diversos autores, onde a *A.glacialis* tem sua maior abundância nos períodos de chuva, enquanto que nos períodos secos a comunidade é dominada por outra espécie (Ferreira et al, 2010; Odebrecht et al, 2010, 1995; Rorig et al, 2014; Rorig et al, 1997).

## 5 Conclusões

- Em ambos os ambientes, as diatomáceas foram as principais constituintes da comunidade fitoplanctônica, sendo as mesmas responsáveis pelas maiores abundâncias e alta diversidade específica dentro do estuário e altas



abundâncias e menor diversidade específica na zona de arrebentação devido a dominância de *A.glacialis*.

- O estuário do rio real, a partir do estudo da ecologia das espécies pode ser dividido em estuário inferior, médio e superior.
- A ocorrência da floração de *Scrippsiella* sp, com os resultados obtidos nesse estudo não pode ser considerado como evento isolado, tendo a necessidade, da continuação do monitoramento, pois esse padrão, pode se repetir sendo uma característica do ambiente.
- Os ambientes estudados influenciam um ao outro de forma significativa, pois é observado o transporte de espécies entre os dois ambientes e ambos os ambientes sofrem significativa influência marinha, principalmente nos períodos secos, onde a frequência e abundância de espécies oceânicas aumenta.
- Dentre as variáveis mensuradas as que mais influenciaram na estruturação da comunidade foram a salinidade serviu como barreira ecológica, estruturando zona estuarina de acordo com a tolerância das espécies a salinidade, os altos valores de pH, que estiveram associados com as altas concentrações de *Scrippsiella* sp no PCII, os altos valores de  $PO_4^+$  e transparência de Secchi que influenciou a abundância de espécies marinhas nos PSI e PSII.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, D.M; Taylor, C.D e Armbrust, V. 1987. The effects of darkness and anaerobiosis on dinoflagellate cyst germination. *Limnol. Oceanogr.*, 32(2):340-351
- Abreu, P.C., L.R. Rörig, V.M. Garcia, C. Odebrecht, and B.B. Biddanda. 2003. Decoupling between bacteria and surf-zone diatom *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) in Cassino Beach, Brazil. *Aquatic Microbial Ecology* 32: 219–228. doi:10.3354/ame032219..
- Anjos, D. L; Passavante, J.Z.Q; Silva-Cunha, M.G.G; Honorato da Silva, M. b2012.Biomassa fitoplanctonica correlacionada aos fatores hidrologicos no estuário do rio Capibaribe (Recife, Pernambuco, Brasil). *Tropical Oceanography, Recife*, v. 40, n. 1, p. 167-184, 2012.
- Aquino, E.P., Borges, G.C.P., Honorato-Da-Silva, M., Passavante, J.Z.O., Cunha, M.G.G.S., 2014. Microphytoplankton community and environmental variables in an urban eutrophic estuary (Capibaribe River, Northeast Brazil). *Panam. J. Aquat. Sci.* 9, 267–277.

- Aquino, E.P., Figueiredo, L.G.P., Anjos, D.L. dos, Passavante, J.Z.D.O., Silva-Cunha, M.D.G.G. Da, 2012. Biomassa fitoplanctônica e fatores ambientais em um estuário tropical do Brasil. *Trop. Oceanogr. (Revista Online)* 40, 17–28. doi:10.5914/1679-3013.0061
- Aquino, E.P., Guedes, L., Figueiredo, P., Cristina, G., 2015. Seasonal and spatial variation in phytoplankton community structure of an estuary in Northeastern Brazil. *Estuaries and Coasts* 38, 125–131.
- Azevedo, A.A.C.G. De, Feitosa, F. a. N.F., Koenig, M.L.M., Christina, A., Azevedo, G. De, Nascimento, F.A., Luise, M., 2008. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. *Acta Bot. Brasilica* 22, 870–877. doi:10.1590/S0102-33062008000300022
- Azevedo, A.C.G. de; Feitosa, F.A.N. & Koenig, M.L. 2008. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Golfão Maranhense, Brasil. *Acta Botanica Brasilica* 22(3): 870-877
- Ayres, M. M., Ayres, J. R., Ayres, D. L. & Santos, A. S. 2007. *BioEstat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas de ciências biológicas e médicas*. Instituto de Desenvolvimento Mamirauá, Belém.
- Bastos, RB; Feitosa, FAN, Muniz, K., 2005. Variabilidade Espaço-Temporal Da Biomassa Fitoplanctônica E Hidrologia No Estuário Do Rio Una ( Pernambuco – Brasil ). *Trop. Oceanogr.* 33, 1–18.
- Branco, E. S. Aspectos ecológicos da comunidade fitoplanctônica no sistema estuarino de Barra das Jangadas (Jaboatão dos Guararapes - Pernambuco – Brasil). Recife, 2001. 125f. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Pernambuco.
- Brown, A.C., and A. McLachlan. 1990. *Ecology of Sandy Shores*. Amsterdam: Elsevier.
- Calliari, L.J; Muehc. D, Gemael H. F & Toldo E. Morfodinâmica praias: uma breve revisão *Rev. bras, oceanogr.* 51(único):63-78. 2003.
- Cahoon, L. B e Hubertz, E. D. Short-term Variability of Water Quality Parameters Estuaries of North Carolina.
- Campelo, M.J.A.; Passavante, J.Z.O. & Koenig, M.L. 1999. Biomassa fitoplanctônica (clorofila a) e parâmetros ambientais na praia de Carne de Vaca, Goiana, Pernambuco, Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* 27(2): 27-41.

- Campbell, E., 1996. The global distribution of surf diatom accumulations. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 495–501. doi:10.1111/j.1095-8649.1986.tb05146.x
- Campbell, E.E. & Bate, G.C. 1997. Coastal features associated with diatom discoloration of surf-zones. *Botanica Marina* 40: 179-185.
- Castello, J.P, Duarte, A.K; Möller JR, O.O; Niencheski, L.F; Odebrecht, C. Weiss, G; Habiaga, R.P; Bellotto, V.R; Kitzmann, D; Souto, D; Souza, R.B; Ciotti, A.M; Fillmann, G; Schwingel, P.R; Bersano, J.G; Cirano, M; Freire, K; Lima, I; Mello, R; Monteiro, A; Resgala, C.J.R; Soares, I; e Suzuki. M. 1990. On the importance of coastal and subantarctic waters for the shelf ecosystem off Rio Grande do Sul. *Publ. Acad. Ciências Est. S. Paulo*, 71: 112-129,.
- Cerveto, G.; Mesones, C.; Calliari, D. 2002. Phytoplankton biomass and its relationship to environmental variables in a disturbed coastal area of the Rio de la Plata, Uruguay, before the new sewage collector system. *Atlântica*. 24: 45-54.
- Cirano, M., Lessa, G.C., 2007. Oceanographic Characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. *Rev. Bras. Geofísica* 25, 363–387. doi:http://dx.doi.org/10.1590/S0102-261X2007000400002
- Costa, R.M. da; Leite, N.R. & Pereira, L.C.C. 2009. Mesozooplankton of the Curuçá Estuary (Amazon Coast, Brazil). *Journal of Coastal Research* SI 56: 400-404.
- Costa, A. J. G.; Costa, K. G.; Pereira, L. C. C.; Sampaio, M. I.; Costa, R. M. da. Dynamics of hydrological variables and the fish larva community in an Amazonian estuary of northern Brazil. *Journal of Coastal Research*, v. SI 64, p. 1960-1964, 2011.
- Cloern, J. E. & R. Dufford. 2005. Phytoplankton community ecology: principles applied in San Francisco Bay. *Marine Ecology Progress Series* 285: 1128.
- Cloern, J.E., Foster, S.Q., Kleckner, A.E., 2014. Phytoplankton primary production in the world's estuarine-coastal ecosystems. *Biogeosciences* 11, 2477–2501. doi:10.5194/bg-11-2477-2014
- Costanza, R; Arge, R; Groot, R. D; Farberk, S; Grasso, M; Hannon, B; Limburg, K; Naeem, S; Neill, R. V. O; Paruelo, J; Raskin, R. G; Suttonkk, P. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260.
- C. M. Menezes et al. Florística e fitossociologia em um trecho de restinga no Litoral Norte do Estado da Bahia, *Biotemas*, 25 (1), 31-38, março de 2012 31

- Dominguez, J.M.L. 2000. Projeto Costa do Descobrimento: avaliação da potencialidade mineral e de Subsídios ambientais para o desenvolvimento sustentado dos municípios de Belmonte, Santa Cruz Cabralia, Porto Seguro e Prado; organizado por José Maria Landim Dominguez. – Salvador: CBPM, 2000. 163p.
- Eskinazi, E. & Satô, S. 1963/64. Contribuição das diatomáceas da praia de Piedade (Pernambuco – Brasil). *Trabalhos Oceanográficos* 5/6: 73-114.
- Eskinazi-Leça, E.; Koenig, M.L. & Silva-Cunha, M.G.G. 2004. Estrutura e dinâmica da comunidade fitoplanctônica. Pp. 353-373. In: E. Eskinazi-Leça; S. Neumann-Leitão; M.F. Costa (Orgs.). *Oceanografia um cenário tropical*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco.
- Falkowski, P.G., Katz, M.E., Knoll, A.H., Quigg, A., Raven, J. a, Schofield, O., Taylor, F.J.R., 2004. The Evolution of Modern Eukaryotic. *Science* (80-. ). 305, 354–360. doi:10.1126/science.1095964
- Feitosa, F. A. N.; Nascimento, F. C. R. & Costa, K. M. P. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros hidrológicos na bacia do Pina (Recife-PE). *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, Recife* v.27, n.2, p.1-13, 1999.
- FEMAR. 2000. Catálogo de Estações Maregráficas Brasileiras. Fundação de Estudos do Mar. Publicação Online. <https://www.fundacaofemar.org.br/biblioteca/emb/tabelas/134.html-acesso> em 16 de julho de 2017, às 14:00 hs.
- Ferrari, G & S Méndez. 2000. Report of phytoplankton species producing coastal water discoloration in Uruguay. *Iheringia, Sér. Bot.*, 54: 3-18.
- Ferreira, L.C., Cunha, M.D.G.G.D.S., Koenig, M.L., Feitosa, F.A.D.N., Santiago, M.F., Muniz, K., 2010. Variação temporal do fitoplâncton em três praias urbanas do litoral sul do estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Acta Bot. Brasilica* 24, 214–224. doi:10.1590/S0102-33062010000100021
- Field, C. B;. Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components. *Science*, 281, 237. 1998
- Fujita, C.C., Odebrecht, C., 2007. Phytoplankton short term variability short term variability of chlorophyll a and phytoplankton composition in a shallow area of the patos lagoon estuary ( southern brazil ). *Atlântica* 29, 93–106. doi:10.5088/atlantica.v29i2.694

- Koenig, M. L.; Eskinazi-Leça, E.; Neumann-Leitão, S., and Macedo, S. J., 2002. Impactos da construção do Porto de Suape sobre a comunidade fitoplanctônica no estuário o rio Ipojuca (Pernambuco-Brasil). *Acta Botanica Brasilica*, 16(4), 1-16.
- Grasshoff, K.; Ehrardt, M.; Kremeling, K. *Methods of sea water analysis*, 2. Verlag Chemie, 317 p., New York, 1983.
- Grego, C.K. da S., 2004. Distribuição espacial e sazonal da composição e biomassa fitoplanctônica correlacionadas com a hidrologia do Rio Timbó (Paulista, Pernambuco) 117.
- Honorato-da-Silva, M.; Passavante, J. Z. O.; Silva-Cunha, M. G. G.; Nascimento Vieira, D. A.; Grego, C. K. S.; Muniz, K. Distribuição espacial e sazonal da biomassa fitoplanctônica e dos parâmetros hidrológicos no estuário do rio Formoso (Rio Formoso, Pernambuco, Brasil). *Tropical Oceanography*, v. 32, n. 1, p. 89-106, 2004.
- Honorato-da-Silva, M.; Silva-Cunha, M. G. G.; Passavante, J. Z. O.; Grego, C. K. S.; Muniz, K. Estrutura sazonal e espacial do microfítoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 23, n. 2, p. 355-368, 2009.
- Hopkinson, C. J., Smith, E. M., del Giorgio, P. A., and Williams, P. J. le B.: Estuarine respiration: an overview of benthic, pelagic and whole system respiration, in: *Respiration in Aquatic Ecosystems*, edited by: del Giorgio, P. A. and Williams, P. J. le B., Oxford University Press, New York, 2005.
- Instituto Nacional de Meteorologia- INMET Acesso em 15 de julho de 2017, às 10:00 hs. <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>.
- James P. Grover and Thomas H. Chrzanowski Source: Limiting resources, disturbance, and diversity in phytoplankton communities. *Ecological Monographs*, Vol. 74, No. 3 (Aug., 2004), pp. 533-551
- Jouenne, F; Lefebvre, S; Lagadeuc, V. Y.. Phytoplankton community structure and primary production in small intertidal estuarine-bay ecosystem (eastern English Channel, France), *Mar Biol* (2007) 151:805–825
- Litaker, W; Duke, C. S; Kenney, B. E. e Ramus, J. **Short-term environmental variability and phytoplankton abundance in a shallow tidal estuary. II. Spring and fall** *Marine Ecology Progress Series* Vol. 94, No. 2 (April 13 1993), pp. 141-154.
- Losada, A. P. M. Biomassa fitoplanctônica relacionada com parâmetros abióticos nos estuários dos Rios Ilhetas e Mamucaba e na Baía de Tamandaré (Pernambuco-

- Brasil). Recife: 2000. 88f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) Departamento de Oceanografia. Universidade Federal de Pernambuco.
- Macedo, SJ & KMP Costa. 1978. Estudo ecológico da região de Itamaracá Pernambuco – Brasil, condições hidrológicas do estuário do rio Botafogo. *Cienc. Cult.* 30(7): 346-368.
- Mafalda Jr., P.O., Sinque, C., Brito, R.R.C., Santos, J.J., 2004. Biomassa planctônica, hidrografia e pluviosidade na costa norte da Bahia, Brasil. *Trop. Oceanogr.* 32, 143–158.
- Matos, J., Sodr e, D., Costa, K., 2011. Spatial and temporal variation in the composition and biomass of phytoplankton in an Amazonian estuary. *J. Coast. Res.* 1525–1529.
- Matos, J.B., Iris, N.I.S. da, Pereira, L.C.C., Costa, R.M. da, 2012. Caracteriza o qualitativa do fitoplâncton da zona de arrebenta o de uma praia amazônica. *Acta Bot. Brasilica* 26, 979–990. doi:10.1590/S0102-33062012000400028
- Melo, N.F.A.C.; Paiva, R.S. & Silva, M.M.T. 2005. Varia o diurna da densidade planct nica na região intertidal da praia de Ajuruteua (Bragança-Pará). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências Naturais* 1(2): 153-180
- McCormick, P.V e Cairns Jr, J. Algae as indicators of environmental change. *Journal of Applied Phycology* 6: 509-526, 1994.
- Monteiro, S.M., El-Robrini, M., Alves, I.C.C., 2015. Dinâmica sazonal de nutrientes em estuário amazônico. *Mercator* 151–162. doi:10.4215/RM2015.1401. 0010
- MMA (Ministério do Meio Ambiente). Projeto de gerenciamento costeiro: Diagnóstico Costeiro e Diagnóstico oceanográfico e Proposi o de disciplinamento de usos da faixa marinha do Litoral Norte do estado da Bahia. Coordenado por José Maria Landim Dominguez. – Salvador, Bahia, 2003. 134p
- Netto, S.A., Meneghel, A., 2014. Pulse of marine subsidies: the role of surf diatom *Asterionellopsis glacialis* accumulations in structuring the meiofauna of sandy beaches. *Mar. Biodivers.* 44, 445–457. doi:10.1007/s12526-014-0253-0
- McCune, B e Grace, J.B. 2002. *Analysis of ecological communities*. MJM, Gleneden Beach, Oregon.
- Nascimento, F. C; Muniz, K; Feitosa, F.A.N; Silva . R, Silca G. Disponibilidade nutricional da bacia do pina e rio tejiupi  (recife- pe- brasil) em rela o aos nutrientes

e biomassa primária (setembro/2000) *Tropical Oceanography*, Recife: v. 31, n. 2, p. 149–169, 2003.

- Odebrecht, C.; Abreu, P.C.; Fujita, C.C. & Bergesch, M. 2003. The impact of mud deposition on the long term variability of the surf-zone diatom *Asterionellopsis glacialis* (Castracane) Round at Cassino Beach, Brazil. *Journal of Coastal Research* 35: 486-491.
- Odebrecht, C., Bergesch, M., Rörig, L.R., Abreu, P.C., 2010. Phytoplankton interannual variability at Cassino Beach, Southern Brazil (1992-2007), with emphasis on the Surf Zone Diatom *Asterionellopsis glacialis*. *Estuaries and Coasts* 33, 570–583. doi:10.1007/s12237-009-9176-6
- Odebrecht, C., Du Preez, D.R., Abreu, P.C., Campbell, E.E., 2014. Surf zone diatoms: A review of the drivers, patterns and role in sandy beaches food chains. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 150, 24–35. doi:10.1016/j.ecss.2013.07.011
- Odebrecht, C., Segatto, a Z., Freitas, C. a, 1995. Surf-Zone Chlorophyll-a Variability At Cassino Beach, Southern Brazil. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 41, 81–90. doi:10.1006/ecss.1995.0054
- Paiva, R.S., Eskinazi-Leça, E., Passavante, J.Z.D.O., Silva-Cunha, M.D.G.G. Da, Melo, N.F.A.C. De, 2006. Considerações ecológicas sobre o fitoplâncton (Pará, da baía do Guajará e foz do rio Guamá (Pará, Brasil). *Bol. do Mus. Para. Emílio Goeldi* 1, 133–146.
- Padisák, J., Crossetti, L. O. & Naselli-Flores, L. (2009). Use and misuse in the application of the phytoplankton functional classification: a critical review with updates. *Hydrobiologia*, 621: 1-19
- Passavante, José Zanon de Oliveira. Produção fitoplanctônica do estuário do rio Capibaribe (Recife, Pernambuco, Brasil). In: Congresso Nordeste de Ecologia, 10, 2003, Recife. Anais... 2003. v. CD
- Passavante, J. Z. O.; Feitosa, F. A. N. Dinâmica da produtividade fitoplanctônica na zona costeira marinha. In: Eskinazi-Leça, E.; Newmann-Leitão, S.; Costa, M. F. (Ed.). *Oceanografia: um cenário tropical*. Recife: Edições Bagaço, 2004. p. 425-440.
- Pereira, L.C.C.; Jiménez, J.A.; Koenig, M.L.; Porto Neto, F.F.; Medeiros, C. & Costa, R.M. 2005. Effect of Coastline Properties and Wastewater on Plankton Composition and Distribution in a Stressed Environment on the North Coast of Olinda-PE (Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48(6): 1013-1026.

- Perkins, E.J. Inorganic Wastes In: Lenihan, J.; Fletcher, W. W. (eds.) The Marine Environment. Glasgow: Blackie & Son limited, 1977. p. 70-101.
- Piedras, F.R., Odebrecht, C., 2012. The response of surf-zone phytoplankton to nutrient enrichment (Cassino Beach, Brazil). J. Exp. Mar. Bio. Ecol. 432–433, 156–161. doi:10.1016/j.jembe.2012.07.020
- Phlips, E.J.; Badylak, S. & Grosskopf, T. 2002. Factors affecting the abundance of phytoplankton in a restricted subtropical lagoon, the Indian river lagoon, Flórida, USA. Estuarine, Coastal and Shelf Science 55: 385-402.
- Rezende, K.R.V. & Brandini, F.P. 1997. Variação sazonal do fitoplâncton da zona de arrebentação da praia de Pontal do Sul (Pontal do ParanáPR). Nerítica 11: 49-62.
- Rezende, L; Melo, F.; Nataro, K; Gusão, A; Neto, V. 2014). Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Real, Se, VII encontro de Recursos hídricos em Sergipe-19 e 20 de Março de 2014, Aracaju, Sergipe.
- Reynolds, C.S. 1997. Vegetation processes in the pelagic: a model for ecosystem theory. Pp: 223-247. In: Kinne, O. (Ed.). Excellence in Ecology. Oldendorf, Ecology Institute Publisher.
- Reynolds, C.S., 2002. Towards a functional classification of the freshwater phytoplankton. J. Plankton Res. 24, 417–428. doi:10.1093/plankt/24.5.417
- Rörig, A.L.R., Almeida, T.C.M. De, Garcia, V.M.T., 2014. Structure and Succession of the Surf-Zone Phytoplankton in Cassino Beach, Southern Brazil content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms Phytoplankton in Cassino II, 1246–1250.
- Rorig, L.R., Resgalla Jr., C., Pezzuto, P.R., Alves, E.S., Morelli, F., 1997. ANÁLISE ECOLÓGICA DE UM PROCESSO DE ACUMULAÇÃO DA DIATOMÁCEA *Anaulus* sp. NA ZONA DE ARREBENTÇÃO DA PRAIA DE NAVEGANTES (SANTA CATARINA, BRASIL). Oecologia Bras. 3, 29–43. doi:10.4257/oeco.1997.0301.03
- Rorig, L. e Garcia, V. M. T. Accumulations of the surf-zone diatom *Asterionellopsis glacialis* (CASTRACANE) ROUND in Cassino Beach, Southern Brazil, and its relationship with environmental factors. Journal of coastal Research. 2003. 167-177.
- Santana, L. M; Moraes, M. E. B; Silva, D. M. L.; e Ferragut. C. Spatial and temporal variation of phytoplankton in a tropical river. Braz. J. Biol., 2016, vol. 76, no. 3, pp. 600-610.



- Santos, M.L.S.; Medeiros, C.; Muniz, M.; Feitosa, M.L.S.; Schwamborn, R. & Macedo, S.J. 2008. Influence of the Amazon and Pará Rivers on water composition and phytoplankton biomass on the adjacent shelf. *Journal of Coastal Research* 24(3): 585-593. Santos-Fernandes, T.L.; Passavante, J.Z.O.; Koenig, M.L. & Macêdo, S. J. 1998. Fitoplâncton do estuário do rio Jaguaribe (Itamaracá, Pernambuco, Brasil): Biomassa. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco* 26: 1-18.
- Santos, R.A; Martins, A.M; Neves, J.P; Leal, M. (ORG). *Formações Superficiais. Geologia e Recursos Minerais do Estado de Sergipe, Brasília: CPRM-CODISE, 1998.*
- Santana, D. S.; Paiva, R. S.; Melo, N. F. A. C. Diatomácias cêntricas da região da praia de Ajuruteua (Bragança, Pará). *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Série Ciências Naturais*, v. 1, n. 3, p. 109-116, 2005. SASSI
- Satô, S.; Paranaguá, M.N. & Eskinazi, E. 1963/64. On the mechanism of red tide of *Trichodesmium* in Recife Northeastern Brazil, with some considerations of the relation to the human disease, "Tamandaré fever". *Trabalho do Instituto Oceanográfico co Universidade do Recife* 5/6: 7-49.
- Schettini, C. a F., Pereira Filho, J., Spillere, L., 2000. Caracterização oceanográfica e biogeoquímica dos estuários dos rios Tavares e Defuntos , reserva extrativista de Pirajubaé, Florianópolis, SC. *Notas Técnicas da FACIMAR* 4, 11–28. doi:10.14210/bjast.v4n1.p11-28
- Sena, B.A., Bandeira, V., Nakayama, L., Martins, R., 2015. Composition of microphytoplankton of an estuarine Amazon River , Pará , Brazil. *Biota Amaz.* 5, 1–9.
- Semina, H. J. Sem-studied diatoms of different regions of the World ocean. Lange-Bertalot (ed.). *Iconographia Diatomologica* v10. Königstein, Ganter Verlag. 362 p. 2003.
- Silva, M.H. Da, Silva-Cunha, M.D.G.G. Da, Passavante, J.Z.D.O., Grego, C.K.D.S., Muniz, K., 2009. Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. *Acta Bot. Brasilica* 23, 355–368. doi:10.1590/S0102-33062009000200007
- Sousa, E. B.; Costa, V. B.; Pereira, L. C. C.; Costa, R. M. da. Microfitoplâncton de águas costeiras amazônicas: Ilha Canela (Bragança, PA, Brasil). *Acta Botanica Brasilica*, v. 22, n. 3, p. 626-636, 2008.

- Sousa, E. B.; Costa, V. B.; Pereira, L. C. C.; Costa, R. M. da. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança, PA, Brasil). *Acta Botanica Brasilica*, v. 23, n. 4, p. 1084-1095, 2009.  
SOUSA
- Sodré, D.K.L.; Matos, J.B.; Costa, K.G.; Pereira, L.C.C. & Costa, R.M. da. 2011. Tide-induced changes in the phytoplankton communities of three Amazon estuaries (Pará-Northern Brazil). *Journal of Coastal Research* SI 64: 1574- 1578.
- Smayda, T. J. (2002) Turbulence, watermass stratification and harmful algal blooms: an alternative view and frontal zones as “pelagic seed banks”. *Harmful Algae*, 1, 95–112.
- Shannon, L. E. A mathematical theory of communication. *Bull. of System Tecnology Journal*, Curitiba, v. 27, p. 379-423, 1948
- Spatharis, S; Tsirtsis, G; Danielidis, D. B; Chi, T. D; Mouillot. D. Effects of pulsed nutrient inputs on phytoplankton assemblage structure and blooms in an enclosed coastal área. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 73 (2007) 807e815
- Talbot, M.M.B.; Bate, G.C. & Campbell, E.E. 1990 A review of the ecology of surf zone diatoms, with special reference to *Anaulus australis*. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review* 28: 155–175.
- Tedesco, E.C., Bahia, I., Ba, I., 2006. Estudo Das Diatomáceas Da Zona De Arrebentação Da Praia Do Cururupe , Ilhéus – Ba. 82 p.
- Tilstone, G.H.; Míguez, B.M.; Figueiras, F.G. & Fermín, E.G. 2000. Diatom dynamics in a coastal ecosystem affected by upwelling: coupling between species succession, circulation and biogeochemical processes. *Marine Ecology Progress Series* 205: 23-41.
- Utermöhl, H. 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton Methodik. *Mitteilung Internationale Vereinigung für Theoretische Angewandte Limnologie* 9: 68-72.
- Villac, M.C. & Tenenbaum, D.R. The phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil. I. Historical account of its biodiversity. *Biota Neotrop.* 10(2): <http://www.biotaneotropica.org.br/v10n2/en/abstract?inventory+bn02410022010>