



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA AMBIENTAL

**DISTRIBUIÇÃO FITOPLANCTÔNICA ASSOCIADA À DINÂMICA
FÍSICO-QUÍMICA NO EMBAIAMENTO DE TUBARÃO – OCEANO
ATLÂNTICO OESTE**

Fernanda Perassoli

Dissertação de Mestrado

VITÓRIA

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA

Fernanda Perassoli

**DISTRIBUIÇÃO FITOPLANCTÔNICA ASSOCIADA À
DINÂMICA FÍSICO-QUÍMICA NO EMBAIAMENTO DE
TUBARÃO – OCEANO ATLÂNTICO OESTE**

Trabalho apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental do Departamento de Oceanografia e Ecologia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Oceanografia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Renato David Ghisolfi

VITÓRIA

2017

Fernanda Perassoli

DISTRIBUIÇÃO FITOPLANCTÔNICA ASSOCIADA À DINÂMICA
FÍSICO-QUÍMICA NO EMBAIAMENTO DE TUBARÃO – OCEANO
ATLÂNTICO OESTE

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Oceanografia Ambiental do Departamento de Oceanografia e Ecologia da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Oceanografia Ambiental.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Renato David Ghisolfi - UFES
Orientador

Prof. Dr. Camilo Dias Junior - UFES
Examinador Interno

Dr. Guilherme Nogueira Mill - COPPE/ UFRJ
Examinador Externo

Agradecimentos

Não teria como iniciar qualquer tipo de agradecimento se não primeiramente a Deus. Ele é a fortaleza de tudo e a força maior para que tudo tenha chegado ao final de forma tranquila e possível. Em seguida, aos meus pais pela força e pela confiança depositada em mim e por acreditarem que sou capaz, por me ouvir, me apoiar e fazer meus sonhos se tornarem reais. Aos meus anjos da guarda, Dani e avós, que lá do céu me guiam sempre para o caminho do bem e me escutam no momento de oração. A CAPES pela bolsa concedida e pelos auxílios financeiros. Ao meu orientador, Ghisolfi, pela oportunidade e confiança depositada em mim para que todos os objetivos fossem alcançados. Agradeço ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) e a Marinha do Brasil pela oportunidade oferecida em 2011 para que pudéssemos fazer o levantamento de dados conforme planejado. Aos amigos de trabalho, em especial Tayná, pelo apoio, ajuda e conselhos em vários momentos durante esses 2 anos. Ao Angelo e todos membros do LabPosseidon por toda a ajuda e acolhimento nesse período. Agradeço a Júlia pela força nos momentos em que eu não fazia ideia por onde começar, a Mari e a Lelê pelos conselhos de sempre. A Carol, minha eterna Minion, pela ajuda com a contagem do fitoplâncton, ao LabGam pelo espaço e experiência concedida nas análises de nutrientes. Agradeço também aos bons momentos, companheirismo e ajuda da Fernanda e da Kyssyane e de todos os amigos que a oceanografia me deu e quero que saibam que moram no meu coração e serei eternamente grata por cada momento vivido ao lado de vocês. E por fim, a Regi pela irmandade de sempre.

"Por isso não tema, pois estou com você;
Não tenha medo, pois sou o seu Deus. Eu o fortalecerei e o ajudarei; Eu o segurarei com
a Minha mão direita vitoriosa."

Isaías 41:10

RESUMO

A dinâmica físico-química do oceano controla a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, a distribuição espaço-temporal do fitoplâncton. No Embaiamento de Tubarão a hidrodinâmica é complexa devido a ocorrência de diferentes massas de água e de ressurgência costeira, além da presença do Banco dos Abrolhos e da Cadeia Vitória-Trindade. Como resultado, é esperado um forte controle desta dinâmica na distribuição de nutrientes e, conseqüentemente, na comunidade fitoplanctônica. Com isso, o objetivo do trabalho foi analisar a interação entre a dinâmica físico-química e a dinâmica da comunidade fitoplanctônica. Para esta análise, os dados foram coletados em dois transectos perpendiculares à costa capixaba em dezembro de 2011. Foram realizadas as análises de massa de água via OMP e estimadas as concentrações de nutrientes e o número de organismos fitoplanctônicos. Sobre a plataforma, a presença da Água Costeira (AC), Água Tropical (AT) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS) resultou em maiores concentrações de SiO_2 (AC) e NO_3 (AT e ACAS) e a predominância de Cyanophyceae, Chlorophyceae, Cryptophyceae e do grupo diatomáceas. O processo de ressurgência resultou em maiores concentrações de nutrientes, tanto na porção sul quanto na porção norte da plataforma, e na dominância dos organismos nanofitoplanctônicos nessa região. Na região oceânica a comunidade fitoplanctônica apresentou um comportamento inverso às concentrações de nutrientes. O maior número de organismos fitoplanctônicos ocorreu na camada superior, decrescendo com o aumento da profundidade. Nas camadas inferiores, as concentrações de nutrientes foram maiores e a comunidade fitoplanctônica passou a ser predominantemente de organismos nanofitoplanctônicos heterotróficos e/ou mixotróficos ou até mesmo não observada. A variabilidade do fluxo líquido de calor sazonal teve um papel importante na distribuição vertical de nutrientes, tornando-os dependentes dos processos de mistura para que ocorresse a fertilização da camada superficial e aumento da produção biológica. Além disso, a presença do vórtice ciclônico resultou na ascensão de água através do bombeamento vertical e no aumento da concentração de nutrientes e do número de organismos fitoplanctônicos no oceano.

ABSTRACT

The physical-chemical dynamics of the ocean controls the nutrients availability and thus the spatial and temporal distribution of phytoplankton. In the Tubarão Bight the hydrodynamics is complex due to the occurrence of distinct water masses, coastal upwelling and the presence of the Abrolhos Bank and the Vitória-Trindade Chain. Hence it might be expected a strong control in the spatial and temporal nutrients distribution and, consequently, in the phytoplankton community. In order to verify this hypothesis, the objective of this work was to analyze the interaction between the physical and chemical dynamics and the dynamics of the phytoplankton community. The data were collected in two transects perpendicular to the Espírito Santo coastline in December of 2011. The analysis performed was the determination of water masses using the Optimum MultiParameter approach as well as evaluation of nutrients concentration and the number of phytoplanktonic organisms. On the platform, the presence of Coastal Water (AC), Tropical Water (AT) and Central Atlantic South Water (ACAS) resulted in higher concentrations of SiO_2 (AC) and NO_3 (AT and ACAS) and predominance of Cyanophyceae, Chlorophyceae, Cryptophyceae and cells of the diatomaceous group. The upwelling process resulted in higher concentrations of nutrients, both in the southern and northern portions of the continental shelf, and the dominance of nanophytoplanktonic organisms in this region. On the other hand, in the oceanic portion the phytoplankton community and the nutrient concentration showed an inverted spatial distribution pattern. The highest number of phytoplankton organisms occurred in the upper layer, decreasing with increasing depth. In the deep layers, nutrient concentration was higher and the phytoplankton community was predominantly heterotrophic and/or formed by mixotrophic nanophytoplankton organisms or even not observed. The variability of the liquid seasonal heat flux had an important role in the vertical distribution of nutrients, making them dependent on the mixing processes for surface layer fertilization and increased organic production. In addition, the presence of the cyclonic eddy resulted in the water uplift through vertical pumping and in the increase of the concentration of nutrients and the number of phytoplankton organisms in the ocean.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. METODOLOGIA.....	18
2.1. AQUISIÇÃO DE DADOS.....	18
2.2. MÉTODOS.....	19
2.2.1. Análise Física.....	19
2.2.2. Análise Química.....	22
2.2.3. Análise Fitoplanctônica	22
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
3.1. DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE MASSA D'ÁGUA	24
3.2. PROFUNDIDADE DA CAMADA DE MISTURA (CM) E DA CAMADA ISOTERMICA (CI).....	34
3.3. DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DA CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES	36
3.4. DISTRIBUIÇÃO VERTICAL FITOPLANCTÔNICA.....	44
3.5. INTERAÇÃO FÍSICO-QUÍMICO-BIOLÓGICO	54
3.6. PRESENÇA DO VÓRTICE CICLÔNICO	61
4. CONCLUSÃO.....	66
5. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	68
6. REFERÊNCIAS	69
ANEXOS	81

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de estudo com destaque para a região do Embaiamento de Tubarão (ET).....	11
Figura 2 - Diagrama TS espalhado do Transecto 1 e Transecto 2	25
Figura 3 - Distribuição vertical das massas d'água no Transecto 1 e no Transecto 2.	27
Figura 4 - Distribuição das massas de água sobre a plataforma continental do Transecto 1 e 2.	28
Figura 5 - Distribuição das massas de água na porção oceânica do Transecto 1 e Transecto 2	31
Figura 6 - Profundidade da Camada de Mistura e Camada Isotérmica ao longo do Transecto 1 e Transecto 2.....	34
Figura 7 - Distribuição das concentrações de nutrientes sobre a plataforma continental do Transecto 1 e Transecto 2	36
Figura 8 - Distribuição das concentrações de nutrientes na região oceânica do Transecto 1 e Transecto 2	42
Figura 9 - Distribuição espacial do número de organismos fitoplanctônicos na porção da plataforma continental do Transecto 1 e Transecto 2.....	45
Figura 10 - Distribuição espacial do número de organismos fitoplanctônicos na porção oceânica do Transecto 1 e do Transecto 2	48
Figura 11 - Perfil vertical do número médio de organismos fitoplanctônicos na região oceânica do Transecto 1 e Transecto 2	50
Figura 12 – Distribuição vertical da fluorescência coletado pelo CTD no Transecto 1 e Transecto 2 até 200 dbar.	51
Figura 13 – Profundidade da Camada de Mistura, Camada Isotérmica, da Máxima Fluorescência e da Base da Picnoclina..	58
Figura 14 - Distribuição de clorofila-a no Embaiamento de Tubarão no dia 24 de dezembro de 2011.	60
Figura 15 - Distribuição da velocidade subsuperficial (em 55 m) obtida pelo ADCP no Transecto 2.	61
Figura 16 – Distribuição vertical das massas d'água, do número de organismos fitoplanctônicos totais, concentração de nutrientes no vórtice ciclônico.....	62

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Parâmetros medidos e amostras coletadas nas observações in situ.	18
Tabela 2: Localização das estações amostrais e profundidade de fechamento das garrafas	19
Tabela 3: Testes realizados na classificação de massa de água via OMP.	24
Tabela 4: Parâmetros e valores utilizados na análise via OMP sobre a plataforma continental e sobre a região oceânica nos Transectos 1 e 2.....	26
Tabela 5: Pressão indicativa da interface entre as massas de água na região oceânica do Transecto 1 e Transecto 2.	32
Tabela 6: Concentrações máximas, mínimas, média e desvio padrão da [Nitrato], [Fosfato], [Silicato] em $\mu\text{mol/L}$ e do número de organismos Fitoplanctônicos (ind/L) sobre a Plataforma Continental.	38
Tabela 7: Concentração média da [Nitrato], [Fosfato], [Silicato] em $\mu\text{mol/L}$, [Oxigênio Dissolvido] em $\mu\text{mol/kg}$ e do número de organismos Fitoplanctônicos (ind/L) na Plataforma Continental.....	39
Tabela 8: Concentrações máximas, mínimas, média e desvio padrão de Nitrato, Fosfato, Silicato e de Fitoplâncton na Região Oceânica.....	40
Tabela 9: Concentrações média de Nitrato, Fosfato, Silicato em $\mu\text{mol/L}$ e Fitoplâncton (ind/L) na Região Oceânica.	40
Tabela 10: Percentual do número de organismos das três Classes mais abundantes e do somatório do restante por massa d'água na Plataforma Continental do Embaiamento de Tubarão.....	46
Tabela 11: Percentual do número de organismos das três Classes mais abundantes por massa d'água na Região Oceânica do Embaiamento de Tubarão.....	49

1. INTRODUÇÃO

A avaliação quali e quantitativa da comunidade fitoplanctônica tem se tornado de grande importância para a compreensão da dinâmica do ecossistema pelágico (Ediger *et al.*, 2006). Ao longo da costa brasileira, entre 19°S e 22°S (Figura 1), as águas oceânicas, tipicamente oligotróficas, acabam por apresentar baixa densidade e alta diversidade de organismos constituindo uma comunidade de organismos autotróficos, heterotrófico e mixotróficos e com tamanho variável (Fernandes e Brandini, 2004). Neste ambiente tropical existe a dominância por algumas classes de fitoplâncton, principalmente dos grupos das diatomáceas, células flageladas e do nano e microfitoplâncton pertencentes às classes de Chlorophyceae, Cryptophyceae, Haptophyceae, Prasinophyceae e Dynophyceae (Fernandes e Brandini, 2004). Além disso, a floração e dominância da Cyanophyceae do gênero *Trichodesmium* são também muito comuns ao longo de todo o oceano (Sato *et al.*, 1963; Brandini, 1988, Ganesella-Galvão *et al.*, 1995; Tenenbaum *et al.*, 2006).

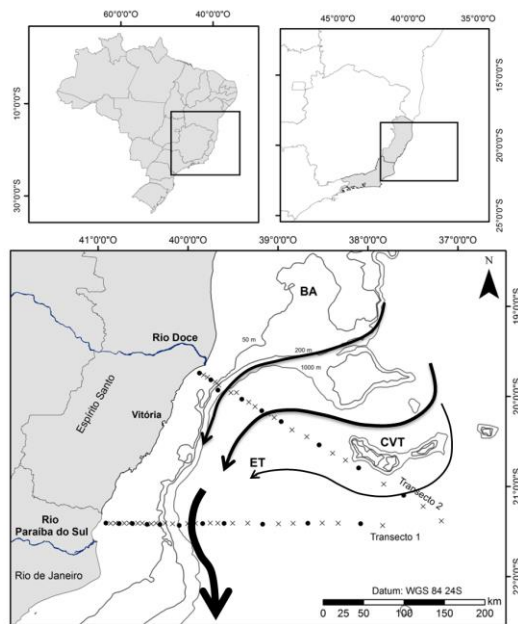


Figura 1 – Área de estudo com destaque para a região do Embaiamento de Tubarão (ET). As linhas contínuas representam as isóbatas de 50, 200 e 1000 de profundidade. Os pontos pretos são referentes às estações amostrais onde foram coletados dados físicos, químicos e biológicos e o “x” são referentes às estações onde foram coletados apenas dados físicos ambos na 2ª Perna da Operação MCTIII. As setas representam os caminhos preferenciais do fluxo da CB segundo Evans e Signorini (1985).

O ET está inserido entre o Banco de Abrolhos (limite sul do banco em 19,3°S) e a Bacia de Campos (no estado do Rio de Janeiro) e delimitado a leste pela Cadeia Vitória-Trindade (CVT) (Muehe, 1998). A largura da plataforma continental varia significativamente ao longo da região passando de 200 km ao longo do Banco de Abrolhos para 40 km, próximo a desembocadura do Rio Doce, aumentando novamente em direção a sul, onde atinge 80 km, próximo ao Cabo de São Tomé - RJ (em torno de 22°S). A profundidade da quebra de plataforma varia entre 60 a 100m ao longo da região (Zembruski, 1979; Castro e Miranda, 1998).

Devido às feições batimétricas na região do ET, ela é considerada complexa a ponto de afetar o fluxo da Corrente do Brasil (CB) no Sistema de Correntes de Contorno Oeste e a distribuição das massas d'água na plataforma continental brasileira. Ao sul do Banco de Abrolhos, a CB se ramifica em dois (Evans *et al.*, 1983) ou três (Evans e Signorini, 1985) fluxos devido aos obstáculos impostos pela Cadeia Vitória-Trindade. A corrente tende a se reorganizar em apenas um ramo sobre o talude continental em torno de 22°S, com consequente aumento de transporte, espessura, largura e velocidade média (Evans *et al.*; 1983; Signorini *et al.*; 1989; Passos, 2011; Pimentel, 2012; Martins, 2014).

Na região do ET, a CB flui em direção sul ao longo da quebra de plataforma brasileira transportando a Água Tropical (AT) e a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) (Stramma e England, 1999). Abaixo da CB, a Corrente de Contorno Intermediária flui para norte transportando a Água Intermediária Antártica (AIA) (Stramma *et al.*, 1990). Abaixo dessas três massas de água flui a Corrente de Contorno Profundo transportando a Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) em direção sul e, abaixo dela, a Corrente de Contorno de Fundo transportando a Água Antártica de Fundo (AAF) como parte da circulação de fundo. Na parte interna da plataforma da costa leste brasileira, a presença da Água Costeira (AC) é resultante da diluição da água oceânica pela descarga de água doce continental (Pereira, 2005). No ET a presença da AC está condicionada aos rios existentes na região, entre eles os dois maiores aportes de descarga continental oriundos do rio Doce e do rio Paraíba do Sul (Figura 1), que resultam na diluição da água oceânica e na formação da AC.

De uma forma geral, a distribuição espaço-temporal do fitoplâncton no oceano é controlada por fatores físico-químicos e pela troca de massa, *momentum* e calor entre a interface oceano-atmosfera. Variáveis identificadas como “controladores ambientais” tais como a temperatura da água do mar, a porção da radiação do espectro visível, a tensão de cisalhamento do vento e a disponibilidade de nutrientes são reconhecidos como fatores físico-químicos importantes que afetam a dinâmica do fitoplâncton marinho (Hays *et al.*, 2005; Mauri *et al.*, 2007; Chavez *et al.*, 2011).

As massas de água são formadas em regiões específicas no oceano e adquirem propriedades características de cada região de formação, tanto de temperatura e salinidade quanto das concentrações de nutrientes e oxigênio dissolvido, sofrendo o processo de mistura ao longo da circulação oceânica. Os processos de mistura não resultam em mudança das propriedades adquiridas na formação de cada massa de água, mas sim uma nova combinação de propriedades não encontradas nas massas precursoras (Poole e Tomczak, 1999).

Um dos métodos utilizados para a análise de massa d'água é a *Optimum Multiparameter Analysis* (OMP), que possui uma abordagem quantitativa inicialmente proposta a partir de dados termohalinos (Shtokman, 1944) permitindo a análise com mais de três massas de água como proposto por Mamayev (1975). A análise de OMP consiste no cálculo da contribuição de cada massa de água em um determinado ponto. Assim é possível determinar a interface representada por no máximo de 50% de mistura entre cada massa de água distribuída verticalmente (Tomczak, 1981; Tomczak e Large, 1989). Além disso, esse novo método de análise permite incluir nos cálculos os nutrientes e os elementos traços, no caso parâmetros não conservativos, que são facilmente alterados por processos biogeoquímicos. Esses parâmetros são importantes para determinar a circulação e os processos de mistura em escala regional, possibilitando estimar a quantidade de massas d'água envolvidas nesses processos de mistura e, assim, identificar os núcleos de cada massa d'água (Tomczak e Large, 1989). No ET, os estudos que analisaram a estrutura vertical e horizontal das massas d'água utilizaram como base de dados apenas os parâmetros termohalinos, e.g. Martins (2014), deixando de lado os

parâmetros não conservativos (nutrientes e oxigênio dissolvido), um dos focos desse trabalho.

Distintamente das regiões de alta latitude, nas porções tropicais da Terra não há limitação na disponibilidade de luz aos organismos fitoplanctônicos. Além disso, a radiação que é incorporada no oceano através da troca de calor entre o oceano e a atmosfera promove o aquecimento e, conseqüentemente, o aumento de temperatura nas camadas superficiais do oceano. A alternância entre os períodos de aquecimento e resfriamento nas porções superficiais dos oceanos que ocorrem ao longo do ano está entre os principais mecanismos reguladores no fornecimento de nutrientes e aumento da biomassa fitoplanctônica nas camadas superficiais (Dandonneau e Gohin, 1984; Jena *et al.*, 2013; Fernandes, 2015).

A entrada de radiação de onda curta é somente um dos componentes do balanço de calor entre o oceano e a atmosfera. De fato, a influência da variação sazonal do balanço de calor e do padrão da tensão de cisalhamento do vento no padrão sazonal de desenvolvimento da camada de mistura (CM) no oceano e de clorofila-*a* sobre o Banco de Abrolhos foi analisado por Ghisolfi *et al.* (2015). Resumidamente, tem-se que no outono o oceano começa a perder calor (balanço líquido de calor negativo) e os ventos predominantes são fracos. No inverno, a perda de calor pelo oceano atinge seu máximo, os ventos aumentam a sua magnitude. É nesse período que o resfriamento radiativo induz um aumento na espessura da camada de mistura em função do aumento da massa específica da camada superficial. A redução na estratificação termohalina facilita a ação da tensão de cisalhamento do vento produzindo um aprofundamento na camada de mistura (Salviato, 2015). É nesse período que ocorrem os máximos sazonais de clorofila-*a* relacionados à introdução de nutrientes para dentro dessa camada através a erosão do topo da termoclina, uma vez que a luz não é considerada limitante nessa região da Terra (Fernandes, 2015). Com a chegada da primavera, o oceano ganha calor e a temperatura da camada oceânica superficial começa a aumentar, a estratificação da coluna de água passa a ser mais forte, os ventos atingem as maiores intensidades e a CM volta a diminuir sua espessura porque as forçantes estratificantes são mais eficientes que aquelas que induzem a mistura. No verão, o fluxo de calor apresenta a maior magnitude em relação à

variação anual, os ventos reduzem sua intensidade em relação à estação anterior e, como resultado, o oceano passa a ser fortemente estratificado isolando a camada superior da camada subsuperficial (Fernandes, 2015; Ghisolfi *et al.*, 2015; Salviato, 2015). Climatologicamente, é também no verão que são observados os maiores volumes de precipitação na área, que resulta em maior diluição da camada superior do oceano e consequente aprofundamento temporário da Camada de Mistura (Miller, 1976).

As maiores concentrações de nutrientes estão em maiores profundidades. A sua presença na região eufótica dos oceanos depende de processos de mistura e da subida de águas ricas em nutrientes (Gonzalez-Rodriguez *et al.*, 1992; Schmid *et al.*, 1995; Rezende *et al.*, 2006). Em estudos realizados por Rezende e colaboradores (2006) foi possível identificar locais com processos de ressurgência formando núcleos de nutrientes e promovendo incremento nas taxas de produção primária realizadas pelo fitoplâncton. Além disso, esses nutrientes essenciais para o fitoplâncton se concentraram em profundidades maiores que 200m e no fundo oceânico, isso porque houve a sedimentação do material que não foi consumido, remineralização e também a dissolução da estrutura de organismos, e.g. diatomáceas, que disponibilizou esse material na coluna de água (Pedrosa *et al.*, 2006).

Processos dinâmicos oceanográficos, como ressurgências costeiras, meandros e vórtices oceânicos, também se tornam importantes fornecedores de nutrientes para a estrutura da comunidade de fitoplâncton. Na costa do Espírito Santo, o processo de ressurgência vem sendo estudado com o intuito de entender a dinâmica e os processos oceanográficos que contribuem no seu desenvolvimento, isto é promovem a subida de água fria e rica em nutrientes para regiões mais rasas contribuindo muito na distribuição de organismos fitoplanctônicos (Rodrigues e Lorenzetti, 2001; Aguiar *et al.*, 2014; Martins, 2014 e Paloczky *et al.*, 2016).

Ao longo do escoamento da CB em direção ao sul dentro do EB é reportada a ocorrência de vórtice(s) ciclônico(s) e anticiclônicos observados *in situ* (por ex. Schmid *et al.*, 1995; Gaeta *et al.*, 1999; Martins 2014) ou identificados em estudos de modelagem numérica (por ex., Campos *et al.*, 1995; Calado, 2001, Servino, 2014). Alguns trabalhos relacionam a topografia local e o fluxo da CB à presença do vórtice, sugerindo que a presença do

vórtice ciclônico um dos processos responsáveis pela ressurgência costeira observada na região (Calado *et al.*, 2010; Aguiar *et al.*, 2014) resultando na elevação das isopicnais (Martins, 2014) e transporte de nutriente de regiões mais profundas para a região eufótica favorecendo a manutenção da comunidade fitoplanctônica (Gaeta *et al.*, 1999). De qualquer forma, a presença de feições vorticiais promove o enriquecimento de clorofila-*a* na camada de mistura e áreas adjacentes evidenciando a fertilização através do bombeamento de águas mais ricas oriundas de regiões mais profundas (Schmid *et al.*, 1995; Gaeta *et al.*, 1999; Martins, 2014).

O estudo desenvolvido por Martins (2014) no Embaiamento de Tubarão utilizou todas as estações amostrais apresentadas na Figura 1 e determinou a distribuição vertical dos dados hidrográficos. A autora mostrou a presença de uma camada superficial homogênea de temperatura conservativa e salinidade absoluta em ambos os transectos amostrados seguido por um forte gradiente termohalino que diminui gradualmente com aumento da pressão. Na região da plataforma continental, a autora ainda observou a entrada de uma água mais fria (identificada pela isoterma de 23°C) em superfície no Transecto 1 e a isoterma de 21°C confinada no fundo sobre a plataforma continental do Transecto 2. A análise de massa d'água realizada neste estudo considerou apenas os pares termohalinos e resultou em um reflexo dos dados hidrográficos. Assim, a AT ocupou a primeira camada do oceano (CM), a ACAS com maior gradiente termohalino ocupou a porção picnoclínica, a AIA se posicionou abaixo em função dos valores mínimos locais de salinidade e, por fim, a APAN com concentrações máximas de oxigênio dissolvido. A autora também observou a presença do Vórtice de Vitória (ou vórtice ciclônico) centrado em 20,45°S e 38,67°O com, aproximadamente, 50 km de diâmetro se estendendo verticalmente até os 300 primeiros metros da coluna d'água. Esse sinal foi coerente nos dados hidrográficos, nos resultados de correntometria e foi também evidenciado pelos dados de fluorescência e altas concentrações de clorofila-*a* na interface AT-ACAS.

Trabalhos anteriores realizados com foco na área de estudo desenvolveram, isoladamente, estudos sobre cada processo citado, tal como análise da dinâmica físico-química, distribuição espacial da comunidade fitoplanctônica e nutrientes até em torno de 500 dbar. Entretanto, o ET ainda é

carente de estudos que relacionem a distribuição espacial de massas d'água e a interação da dinâmica física, química e biológica a ponto de abranger toda a área amostral exposta. Outro ponto que também merece destaque é sobre a influência da presença de vórtices ciclônicos na concentração de nutrientes e o fitoplâncton na porção subpicnoclínica.

Com isso, alguns questionamentos em relação à interação dos processos físico-químico-biológicos que ocorrem dentro do Embaiamento de Tubarão seriam:

1. Qual a distribuição das massas d'água na região do ET utilizando os parâmetros conservativos e não conservativos?
2. Como se dá a dinâmica físico-químico-biológica até a porção subpicnoclínica da coluna de água? Qual o papel do vórtice ciclônico nesta dinâmica?

Com base nos questionamentos levantados, este trabalho tem como objetivo analisar a interação entre a dinâmica físico-química e a dinâmica da comunidade fitoplanctônica ao longo de dois transectos localizados no Embaiamento de Tubarão – ES.

Para isso, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- I. Determinar a distribuição vertical das massas de água a partir da análise de OMP incluindo parâmetros não conservativos;
- II. Analisar a distribuição de nutrientes e da comunidade fitoplanctônica;
- III. Analisar a relação entre as massas d'água, a concentração de nutrientes e os organismos fitoplanctônicos observados na região;
- IV. Verificar se há influência do processo de ressurgência sobre a plataforma continental e a presença de um vórtice ciclônico na distribuição da comunidade fitoplanctônica e dos nutrientes.

2. METODOLOGIA

2.1. AQUISIÇÃO DE DADOS

Os dados físicos e amostras químicas e biológicas (Tabela 1) foram coletados na segunda pernada da Operação MCTIII, entre os dias 12 e 21 de dezembro de 2011 à bordo do Navio Oceanográficos Antares da Marinha do Brasil.

Tabela 1: Parâmetros medidos e amostras coletadas nas observações in situ.

Observações	Parâmetros medidos
Físicas	Temperatura, Condutividade, Pressão, O ₂ Dissolvido e Fluorescência
Químicas	Água para análise de [Nitrato], [Fosfato] e [Silicato]
Biológicas	Água para análise quantitativa de fitoplâncton

As estações amostrais foram realizadas ao longo de dois transectos perpendiculares à linha de costa (Figura 1). O Transecto 1 está localizado na latitude de 21,4°S e 40,9°O e 37,8°O e possui 31 estações amostrais, enquanto que o Transecto 2 esteve entre 19,7°S e 21,4°S e 39,9°O e 37,2°O com 26 estações amostrais. O primeiro ponto amostral em ambos os Transectos está a aproximadamente 10 km de distância da costa. Ao longo deles o espaçamento entre os pontos amostrais iniciou em aproximadamente 5,5 km, aumentando gradativamente em direção ao oceano aberto.

A amostragem foi diferenciada ao longo das 57 estações amostrais. No Transecto 1 somente em 11 pontos amostrais foram coletados todos os parâmetros (círculos pretos preenchidos - Figura 1) destacados na Tabela 1 enquanto que no Transecto 2 em apenas 9 estações amostrais foram feitas as coletas dos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Em todas as estações amostrais foram adquiridos os dados de temperatura da água do mar, condutividade e pressão por um CTD SBE-9plus fabricado por Sea Bird Electronics (SBE), a fluorescência pelo sensor fluorímetro Turner Scufa e a concentração de oxigênio dissolvido pelo sensor de oxigênio dissolvido SBE 43. Os dados foram inicialmente tratados por Martins (2014) utilizando o software *SBE Data Processing* fornecido pelo próprio fabricante do equipamento. Conforme sugerido pelo manual, os dados passaram por uma filtragem com um filtro passa-baixa, alinhamento e binagem

de forma que os perfis termohalinos ficassem equi-espaciaados verticalmente. O resultado final foi reanalisado sob a perspectiva do presente estudo.

A coleta de água para a análise dos nutrientes e fitoplâncton foi realizada com auxílio das garrafas de Niskin, acopladas a uma rosette e fechadas em pressões específicas (Tabela 2). A coleta de água para a análise de nutrientes foi realizada desde a superfície até a profundidade de 3600 dbar. No entanto, neste estudo foram analisados os resultados das concentrações coletadas em amostras de até 1000 dbar. Essa também foi a pressão máxima de coleta de água para a análise quantitativa do fitoplâncton.

Tabela 2: Localização das estações amostrais e profundidade de fechamento das garrafas para análise quantitativa do fitoplâncton e da [Nitrato], [Fosfato] e [Silicato]. As Profundidades marcadas com “*” são referentes às profundidades onde foram coletadas para a análise química.

	Estação	Latitude	Longitude	Profundidades amostradas (dbar)		
Transecto 1	1	-21,4060	-40,9127	01; 05*; 10; 15*		
	Plataforma Continental	4	-21,4108	-40,7643	01; 05*; 10; 15*; 20	
		7	-21,4117	-40,6177	01; 05*; 10; 15*; 20; 25*	
		10	-21,4205	-40,4555	01; 05*; 10; 15*; 20	
		13	-21,4215	-40,3125	01; 10; 20; 30; 40; 50	
16	-21,4317	-40,0978	01; 25; 100; 150; 200; 500; 950			
Transecto 1	Região Oceânica	19	-21,4108	-39,8373	01; 25; 50; 100; 150; 200; 500; 700*; 1000; 1500*	
		22	-21,4092	-39,5988	01; 25; 50; 100; 150*; 200; 500; 1000; 1500*; 1800*	
		25	-21,4178	-39,1692	01; 25; 50*; 100; 150; 200; 500; 700*; 1000; 1200*; 2000*; 2200*	
		28	-21,4080	-38,6675	01; 25; 50*; 100; 150*; 200; 500; 700*; 850; 1000; 2100*; 2600*	
		31	-21,4128	-38,0802	01; 25; 50; 100; 150; 200; 500; 700*; 1000; 2100*; 3400*	
Transecto 2	Região Oceânica	37	-21,0977	-37,6028	01; 05*; 10; 20; 25*	
		40	-20,7937	-38,1040	01; 10; 15*; 20; 25*	
		43	-20,5382	-38,5427	01; 25; 50; 100; 150; 200; 500	
		46	-20,2795	-38,9650	01; 25; 50; 100; 150; 200; 500; 700; 1000; 1500*	
		49	-20,1590	-39,1805	01; 25; 50; 100; 150; 200; 500; 700; 1100	
		52	-20,0307	-39,4018	01; 25; 50; 100; 150; 200; 500; 700*; 1000; 1200*; 2100*	
		55	-19,9292	-39,6678	01; 25; 50; 100; 150; 200; 500; 700*; 1000; 1200*; 2400*	
		Plataforma Continental	58	-19,8167	-39,7455	01; 25; 50; 100; 150; 200; 500; 1000; 1200*; 2700*
			61	-19,7405	-39,8735	01; 25; 50; 100; 150; 200; 500; 650*; 1000; 3600*

2.2. MÉTODOS

2.2.1. Análise Física

No estudo anterior de Martins (2014) a análise de massas de água via OMP utilizou o método clássico baseado somente nos dados termohalinos.

Neste estudo essa classificação foi refeita tendo como base a metodologia descrita por Karstensen and Tomczak (1997) na Análise Multi-paramétrica Ótima (OMP) que inclui, além dos parâmetros conservativos, também os parâmetros não conservativos (concentração de oxigênio dissolvido, $[\text{NO}_3]$, $[\text{SiO}_4]$ e $[\text{PO}_4]$). Nesse trabalho os cálculos via OMP foram realizados utilizando-se os dados coletados nas profundidades onde ocorreu o fechamento de garrafa (Tabela 2).

Segundo Mamayev (1975) em uma coluna de água a interface entre 2 massas de água é identificada pela contribuição de, no mínimo, 50% das propriedades da região fonte da massa d'água. Já a contribuição de 100% é considerada uma massa de água pura, com suas propriedades totalmente preservadas.

A OMP associada aos índices da concentração de oxigênio dissolvido e nutrientes ($[\text{NO}_3]$, $[\text{SiO}_4]$ e $[\text{PO}_4]$) também inclui as razões de Redfield no cálculo das porcentagens de mistura e interfaces entre as massas d'água. Matematicamente, os percentuais podem ser determinados pelas seguintes equações:

$$x_1T_1 + x_2T_2 + x_3T_3 + x_4T_4 + x_5T_5 - T_{obs} = R_T \quad \text{Equação 1}$$

$$x_1S_1 + x_2S_2 + x_3S_3 + x_4S_4 + x_5S_5 - S_{obs} = R_S \quad \text{Equação 2}$$

$$x_1O_1 + x_2O_2 + x_3O_3 + x_4O_4 + x_5O_5 - \alpha \Delta O - O_{obs} = R_O \quad \text{Equação 3}$$

$$x_1Si_1 + x_2Si_2 + x_3Si_3 + x_4Si_4 + x_5Si_5 + \alpha \Delta Si - Si_{obs} = R_{Si} \quad \text{Equação 4}$$

$$x_1P_1 + x_2P_2 + x_3P_3 + x_4P_4 + x_5P_5 + \alpha \Delta P - P_{obs} = R_P \quad \text{Equação 5}$$

$$x_1N_1 + x_2N_2 + x_3N_3 + x_4N_4 + x_5N_5 + \alpha \Delta N - N_{obs} = R_N \quad \text{Equação 6}$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = R_{MC} \quad \text{Equação 7}$$

onde, $T_i, S_i, O_i, Si_i, P_i, N_i$ representam os parâmetros dos tipos de água i ; $T_{obs}, S_{obs}, O_{obs}, Si_{obs}, P_{obs}, N_{obs}$ são os dados observados na região de estudo com seus respectivos resíduos $R_T, R_S, R_O, R_{Si}, R_P, R_N$ e R_{MC} ; x_1, x_2, x_3, x_4 e x_5 são as proporções das massas de água consideradas; ΔO é a taxa de consumo de oxigênio; $\Delta Si, \Delta P, \Delta N$ é a taxa de remineralização dos nutrientes através dos índices de Redfield. As proporções relativas de Redfield (O_2 , PO_4 e NO_3) e a proporção para SiO_2 são conhecidas e foram determinadas no trabalho de Karstensen and Tomczak (1997). A última equação descrita acima representa a

conservação da massa, já que as contribuições relativas das massas de água somam à unidade.

Na análise de massas de água via OMP são considerados somente os estratos que não sujeitos diretamente à interação oceano-atmosfera, mantendo-se constante ao longo da coluna de água, ou seja, aqueles localizados abaixo da camada de mistura (Poole e Tomczak, 1999). Nesta região do Atlântico Sul, a camada de mistura é ocupada pela AT (Emilson, 1961) e deve ser eliminada da análise devido às grandes variações espaço-temporais em função das trocas de calor, massa e *momentum* entre a camada superficial do oceano e a atmosfera. Assim, a interface AT-ACAS foi assumida como a pressão associada ao valor da maior frequência inercial de Brünt-Väisällä determinada a partir do perfil vertical médio de massa específica como proposto por Mamayev (1975).

Durante as estimativas dos percentuais de contribuição de cada massa d'água ($T_i, S_i, O_i, S_i, P_i, N_i$) foram realizados testes para determinar os valores adequados dos parâmetros dos tipos de água i à malha amostral existente. Os valores foram considerados adequados quando os resíduos foram menores que 5% e os resultados geraram distribuições espaciais das massas de água coerentes com aqueles propostos pela bibliografia para a região de estudo. Vale ressaltar que todas as análises realizadas neste estudo foram feitas utilizando-se apenas os dados coletados nas estações onde foram realizadas as amostragens físicas, químicas e biológicas (Tabela 1), ou seja, coletas em 11 estações amostrais no Transecto 1 e em 9 estações amostrais no Transecto 2.

Além desta análise, foi calculada a profundidade da camada de mistura (CM) e a da camada isotérmica (CI) seguindo a metodologia descrita pela Equação 8 e proposta por Kara *et al.*, 2000a; Kara *et al.*, 2000b.

$$\Delta\sigma_t = \sigma_t(T_{10} + 0.8, S_{\Delta T}, P_0) - \sigma_t(T_{10}, S_{10}, P_0) \quad \text{Equação 8}$$

Onde T_{10} e S_{10} representam a temperatura e salinidade a 10m de profundidade, P_0 se torna zero conforme padronizado e $S_{\Delta T}$ é a salinidade na profundidade na qual a temperatura esteja com valor -0.8°C abaixo da profundidade de referência (10m).

Por fim, foi determinada a pressão referente à base da picnoclina assumida como o segundo ponto de inflexão da segunda derivada da massa específica conforme a Equação 9:

$$\frac{\partial^2 \rho}{\partial p^2} = 0 \quad \text{Equação 9}$$

2.2.2. Análise Química

As amostras de água coletadas foram filtradas para a retirada de material particulado e depois congeladas. Em laboratório, as amostras foram descongeladas e a concentração de fosfato foi determinada pelo método fosfomolibídico (Grasshoff *et al.*, 1983), a análise da concentração de nitrato foi realizada pela redução em coluna de cádmio e cobre seguindo da diazotação (Grasshoff *et al.*, 1983). Por fim, a concentração do silicato foi calculada pelo método silicomolibídico (Grasshoff *et al.*, 1983) seguindo todas as etapas de análise de nutrientes segundo Aminot e Chaussepied (1983).

As leituras foram realizadas em espectrofotômetro do Laboratório de Geoquímica Ambiental (LabGam) da Universidade Federal do Espírito Santo e os resultados foram expressos em $\mu\text{mol/L}$.

2.2.3. Análise Fitoplanctônica

Para a análise quantitativa do fitoplâncton, as amostras coletadas foram armazenadas em frascos plásticos fixadas em formol 2%. Em laboratório, essas amostras foram sedimentadas de acordo com o método de Uthermöl (1958). Devido à baixa concentração do material foi necessária uma pré-sedimentação durante um período de 3 dias em provetas de 100 ml. Após esse período, as amostras foram sedimentadas em colunas de sedimentação de 25 ml por 24 horas. Finalizada a sedimentação, as amostras foram analisadas em microscópio invertido e contados 25 campos aleatórios gerados por programa de computador. O método aplicado para a contagem dos organismos fitoplanctônicos foi descrito por Uelinger (1964).

Todos os organismos (nano e microfitoplâncton) encontrados foram identificados a nível de Classe de acordo com suas características morfométricas e morfológicas seguindo a bibliografia com auxílio de bibliografia específica, e.g. Tomas (1997); Balech (1988); Tenenbaum *et al.* (2006); Lefébure (1947), entre outros.

A contagem foi expressa em indivíduos por volume (ind/L) de acordo com a equação modificada de Wetzel e Likens (1979):

$$N = \left(\left(\frac{A}{\left(\frac{a \cdot 25}{V} \right)} \right) n \right) 1000 \quad \text{Equação 10}$$

Onde N é número de indivíduos por litro, a é a área do campo contado, A é a área total da câmara, V é o volume total sedimentado e n é o número de organismos contados.

As profundidades referentes às maiores concentrações de fluorescência (URF) foram graficadas ao longo dos dois transectos de análise. Todos os resultados obtidos foram graficados com auxílio do software *SurferTM* 10.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados, inicialmente, a distribuição vertical das massas de água, seguida da análise da espessura da camada de mistura e isotérmica e da distribuição espacial da concentração dos nutrientes. A seguir é apresentada a distribuição vertical fitoplanctônica e a interação físico-química-biológica. Por último é avaliada a presença do vórtice ciclônico na área de estudo.

3.1. DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DE MASSA D'ÁGUA

Como na região de estudo não havia estudos citados em bibliografia que aplicassem a OMP utilizando parâmetros não conservativos, foram realizados testes para se verificar os valores adequados à área de estudo. A relação dos testes é apresentada na Tabela 3 e consistiu basicamente de: a) teste que utilizou como índices as concentrações de nutrientes, oxigênio dissolvido e pares termohalinos da região fonte de cada massa d'água, da mesma forma como realizado por Poole e Tomczak (1999) e Neto (2008); b) utilização de índices a partir das concentrações médias de nutrientes obtidas por Rezende *et al.* (2006) e pares termohalinos obtidos por Martins (2014) na região do ET.

Tabela 3: Testes realizados na classificação de massa de água via OMP.

Teste	Parâmetros	Observações
A	Pares termohalinos, concentrações de nutrientes e oxigênio dissolvido da região fonte.	Não apresentou todas as massas d'água presentes no ET.
B	Pares termohalinos, concentrações de nutrientes e oxigênio dissolvido no ET.	Distorção das profundidades de algumas massas d'água.
C	Pares termohalinos a partir das estações coletadas neste trabalho.	Representaram resultados semelhantes aos de Martins (2014).

O teste c) foi realizado em duas etapas. Inicialmente foram selecionados os pares termohalinos utilizando-se as estações amostrais onde foram coletados dados físicos, químicos e biológicos (Figura 2). Na segunda etapa foram calculadas as médias de concentração de cada nutriente e de oxigênio dissolvido utilizando como base para o cálculo a área ocupada por cada massa

d'água determinada na etapa prévia. Isso foi necessário devido à inviabilidade dos cálculos de massa d'água a partir dos índices de nutrientes e oxigênio dissolvido de trabalhos pretéritos (testes A e B). Os resíduos para cada um dos testes são apresentados no ANEXO 1.

Os resultados mostraram que o procedimento mais adequado foi o teste C. Assim sendo, utilizou-se o diagrama TS mostrado na Figura 2 para se extrair os respectivos índices termohalinos. Sobre a plataforma continental os índices foram determinados a partir dos pontos extremos do diagrama TS de cada transecto. Já sobre a região oceânica os índices foram determinados a partir do triângulo de mistura (ANEXO 2), de acordo com os trabalhos de Mamayev (1975) e Tomckaz (1981). Todos os valores (índices) necessários para se aplicar nas Equações de 1 a 7 são mostrados na Tabela 4.

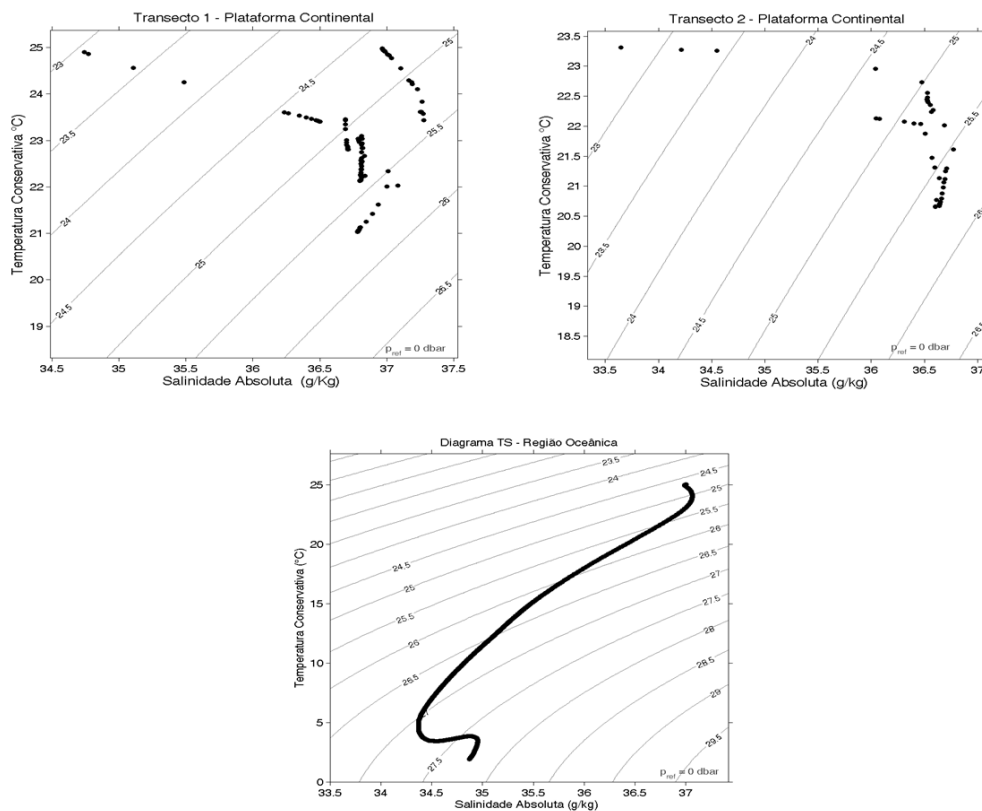


Figura 2 - Diagrama TS espalhado do Transecto 1 (superior) e Transecto 2 (inferior) referente a plataforma continental (esquerda) e região oceânica (direita).

Tabela 4: Parâmetros e valores utilizados na análise via OMP sobre a plataforma continental e sobre a região oceânica nos Transectos 1 e 2, de acordo com a Figura 2. AC: Água Costeira; AT: Água Tropical; ACAS: Água Central do Atlântico Sul; AIA: Água Intermediária Antártica; APAN: Água Profunda do Atlântico Norte.

PLATAFORMA CONTINENTAL								
Massa d'água	Temperatura (°C)		Salinidade Absoluta (g/Kg)		Oxigênio (mg/L)	Fosfato (µmol/L)	Nitrato (µmol/L)	Silicato (µmol/L)
	PLAT 1	PLAT 2	PLAT 1	PLAT 2				
AC	24.9	23.31	34.74	33.65	4.65	0.03	3.63	5.42
AT	25.1	23.2	37.4	37	4.47	0.08	3.25	3.45
ACAS	21.03	20.66	36.78	36.63	4.46	0.15	4.06	1.56

REGIÃO OCEÂNICA						
Massa d'água	Temperatura (°C)	Salinidade Absoluta (g/Kg)	Oxigênio (mg/L)	Fosfato (µmol/L)	Nitrato (µmol/L)	Silicato (µmol/L)
AT	25	36.5	4.53	0.09	2.88	2.51
ACAS	19.74	36.34	4.39	0.19	4.55	1.83
AIA	2.5	33.8	4.33	0.64	9.61	9.10
APAN	4.1	34.9	5.35	0.46	9.54	15.65

Uma discussão detalhada das concentrações de nutrientes será realizada posteriormente nesse mesmo item.

Nas estimativas realizadas via OMP foram pré-determinadas a ocorrência de cinco massas d'água no ET: AC, AT, ACAS, AIA e APAN ao longo dos dois transectos analisados (ex., Figura 3). A Água Circumpolar Superior não foi determinada neste trabalho devido a escassez de dados em algumas porções na coluna de água.

A adição dos parâmetros não conservativos nas estimativas realizadas via OMP não modificou o padrão vertical obtido por Martins (2014), que utilizou as mesmas cinco Águas Tipo e somente os parâmetros conservativos (pares termohalinos). Entretanto, neste estudo foi possível refinar e detalhar e identificar algumas características peculiares, principalmente nas estações finais do Transecto 1, as quais serão apresentadas na sequência.

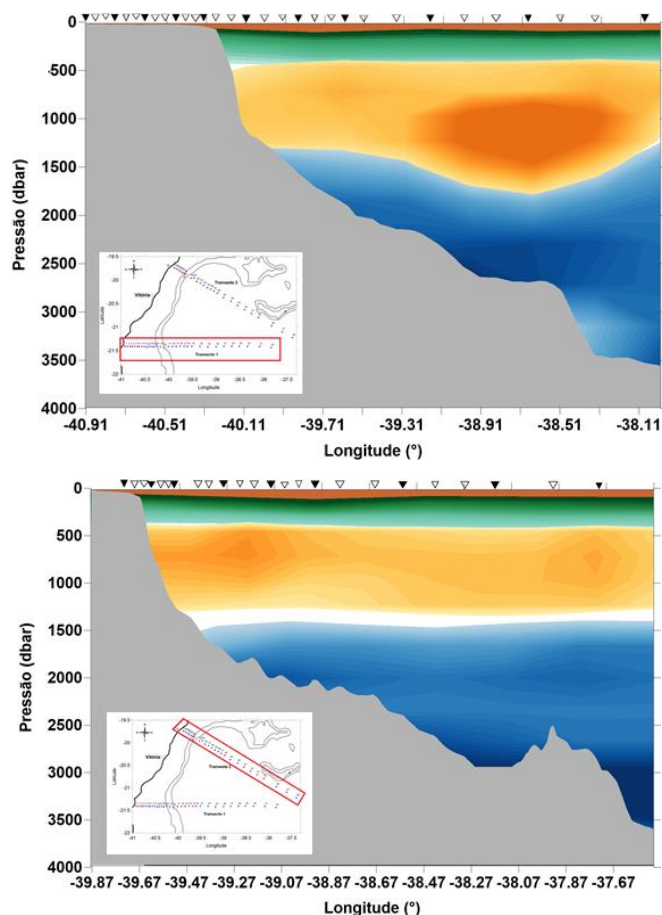


Figura 3 - Distribuição vertical das massas d'água no Transecto 1 (superior) e no Transecto 2 (inferior). O tom mais claro de cada massa d'água corresponde a 50% de contribuição e o mais escuro a 100% de contribuição. Marrom: AC (não visível na Figura); Vermelho: AT; Verde: ACAS; Laranja: AIA e Azul: APAN; Branco: não há predominância (>50%) de nenhuma massa de água. Os triângulos invertidos preenchidos estão relacionados às estações onde foram feitas as coletas de todos os parâmetros descritos na Tabela 1 e os triângulos vazios são as estações em que foram feitas apenas coletas de dados físicos.

Para melhor visualização dos resultados, os transectos foram separados em porção plataforma continental, abrangendo as estações amostrais com até 50 dbar, e região oceânica referente as estações com amostragem acima de 50 dbar compreendendo ao talude e a região profunda. Além disso, em todas as figuras apresentadas os triângulos invertidos preenchidos são referentes as estações em que ocorreu a coleta de todos os parâmetros apresentados na Tabela 1 e realizadas as análises de OMP e os triângulos invertidos vazios são as estações amostrais na qual foram coletados apenas os dados físicos utilizadas apenas nos cálculos de CM, CI, fluorescência e a base da pycnoclina.

Sobre a plataforma continental, as massas d'água determinadas para foram AC, AT e ACAS (Figura 4).

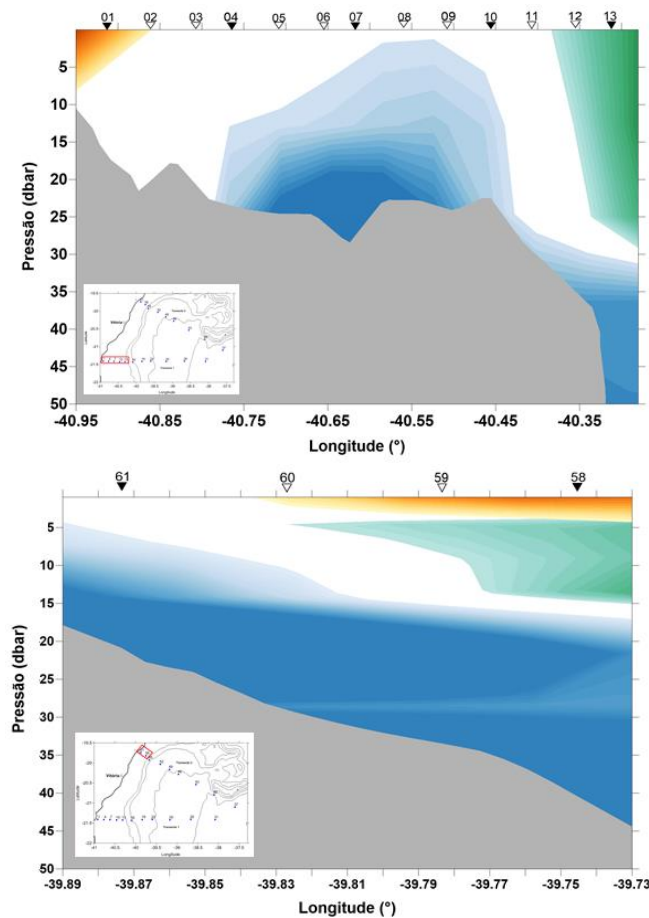


Figura 4 - Distribuição das massas de água sobre a plataforma continental do Transecto 1 (superior) e 2 (inferior). O tom mais claro corresponde a 50% de contribuição e o mais escuro a 100% de contribuição. Marrom: AC; Verde: AT; Azul: ACAS; Branco: não há predominância (>50%) de nenhuma massa de água.

A AC ocorreu apenas sobre a plataforma continental com comportamento distinto nos Transectos 1 e 2 (Figura 4). No Transecto 1, a AC esteve confinada à costa, diferentemente do Transecto 2, onde ela ocorreu descolada da costa e espalhada superficialmente. A presença da AC está diretamente relacionada à descarga continental e resulta da diluição da água oceânica pela água oriunda da descarga continental (Pereira, 2005). A menor ou a maior abrangência da AC nos transectos amostrados pode estar relacionada à distância da primeira estação de coleta em relação à desembocadura dos rios mais próximos aos transectos de coleta e/ou a vazão do rio no momento de coleta. No caso do Transecto 1, o rio Paraíba do Sul está

a cerca de 25,5 km ao sul da primeira estação de coleta, enquanto que o Transecto 2, está em torno de 10,3 km ao sul da desembocadura do rio Doce. A vazão estava distinta entre os dois rios. Enquanto a vazão do rio Doce estava acima das médias mensais anteriores a dezembro (~2500 m³/s), no rio Paraíba do Sul eram medidos, aproximadamente, apenas 540 m³/s no mesmo período do ano segundo dados da Agência Nacional de Água (ANA). A menor distância entre o primeiro ponto amostrado e a maior vazão média observado no Transecto 2 poderia estar demonstrando um comportamento diferenciado em relação ao Transecto 1.

Outro fator distinto no Transecto 2 é que a pluma oriunda da descarga fluvial do rio Doce forma um giro ciclônico ao sul da desembocadura como mostrado por Campos (2011). Durante o período de coleta dos dados havia cobertura de nebulosidade e nenhuma imagem de satélite esteve disponível.

No estudo de Campos (2011) sobre a abrangência espacial da pluma do rio Doce, o autor destacou a influência da alta vazão do rio Doce e também a ocorrência de ventos do quadrante norte-nordeste no deslocamento da pluma do rio em direção à *offshore*. Outro fator que também deve ser levado em consideração quando se determina a abrangência espacial de uma massa de água é a mistura entre elas. Neste estudo o limite para classificação como uma massa de água é ter mais de 50% de influência desta massa. No entanto, mesmo não sendo classificada como AC (por exemplo), não significa que essa água de mistura não tenha características da influência continental na concentração de nutrientes típicos, por exemplo.

A ACAS foi a massa d'água com maior contribuição espacial sobre a plataforma continental. No Transecto 1, a ACAS ocupou toda a coluna desde a plataforma média até a isobata de 50 dbar, relacionada a quebra de plataforma, constatando o comportamento de uma ressurgência completa, diferentemente do encontrado no Transecto 2, na qual esteve confinada no fundo da plataforma continental associada a uma ressurgência incompleta. Portanto, fica claro a ocorrência do processo de ressurgência em ambos os transectos da mesma maneira como observada por Martins (2014), com padrões diferenciados entre os dois transectos.

A intrusão da ACAS sobre a plataforma na costa brasileira, assim como exposto no estudo, já foi descrita em trabalhos pretéritos. No entanto, a entrada

de ACAS na região da plataforma continental no ET, recentemente, vem sendo alvo de muitos estudos com o intuito de determinar os processos oceanográficos que causam a ascensão de água mais fria sobre a plataforma. Inicialmente, Rodrigues e Lorenzetti (2001) investigaram o processo de ressurgência considerando os efeitos de geometria da costa e topografia de fundo e concluíram que a topografia teve maior influência neste processo.

Mazzini e Barth (2013) relacionaram o processo de ressurgência com o transporte de Ekman costeiro e o bombeamento de Ekman e, assim como Castelão e Barth (2006), confirmaram a contribuição bombeamento de Ekman como o processo mais importante no transporte vertical no ET. Calado *et al.* (2010), Aguiar *et al.* (2014) e Palózczy *et al.* (2016) realizaram estudos para quantificar as contribuições do transporte de Ekman, bombeamento de Ekman, *encroachment* e meandros ciclônicos da CB na ressurgência. Entretanto, o processo de *encroachment* foi o mais eficiente, além da divergência pelo transporte de Ekman, assim como proposto por Castelão e Barth (2006) na subida de água sobre a plataforma.

Sobre a plataforma continental a AT esteve presente entre a AC, ACAS e a mistura entre elas. A AT, próximo à costa, sofre constante diluição devido ao aporte fluvial oriundo do continente, evidenciado pela mistura de massas d'água na plataforma média. A presença de AT caracteristicamente quente e salina se restringe à plataforma externa e/ou na quebra de plataforma.

Na região oceânica, além da AT, foram determinadas a ACAS, a AIA e a APAN (Figura 5).

Assim como sobre a plataforma continental, na região oceânica a AT é controlada pela interação oceano-atmosfera associada à troca de massa, *momentum* e calor capaz de formar uma capa térmica quase homogênea isolando a primeira camada do oceano e impedindo a troca de propriedades com a camada inferior (Emilson, 1961, Schmid *et al.*, 1995).

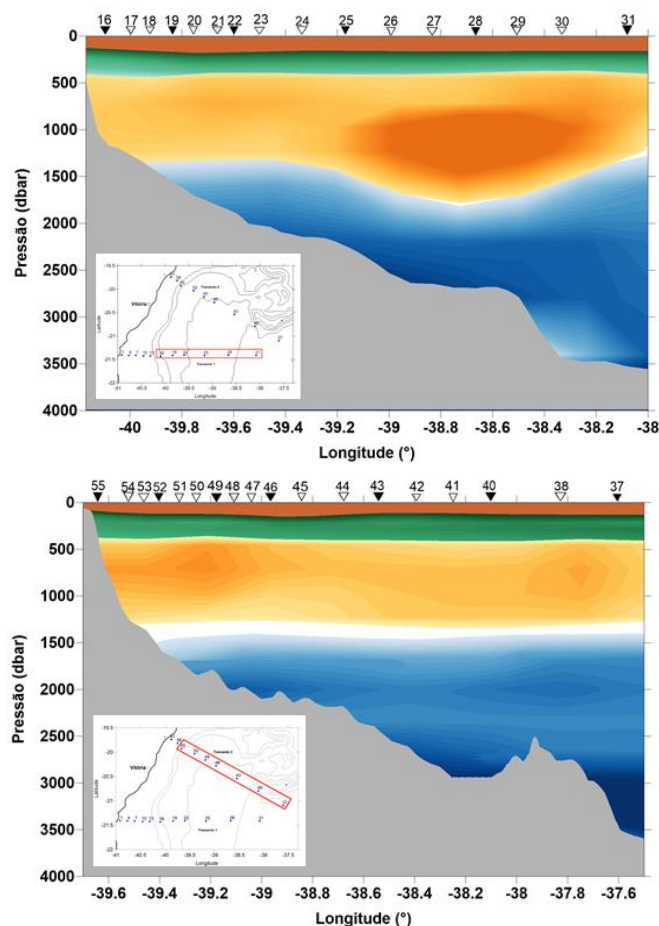


Figura 5 - Distribuição das massas de água na porção oceânica do Transecto 1 (superior) e Transecto 2 (inferior), onde o tom mais claro corresponde a 50% de contribuição e o mais escuro a 100% de contribuição. Vermelho: AT; Verde: ACAS; Marrom: AIA; Azul: APAN; Branco: não há predominância (>50%) de nenhuma massa de água.

Abaixo da AT, a ACAS variou sua espessura vertical, principalmente ao longo do Transecto 2 (Figura 5). Essa característica fica evidenciada, principalmente, entre as estações 40 e 46 do T2 e podem estar associadas à presença de feições oceanográficas, tais como vórtices ciclônicos ou anticiclônicos e sua dinâmica associada de ascensão ou descenso de água. Martins (2014) identificou a presença de um sinal vortical ciclônico se estendendo até 500 dbar. Referências à presença de vórtices ciclônicos na região do ET também foram feitas, por exemplo, por Schmid *et al.* (1995) que determinaram os modos de translação do vórtice ciclônico dentro do ET, Campos (2006) e Passos (2011) que determinaram a sua presença por meio de modelagem numérica. A presença do vórtice ciclônico e sua influência na

distribuição dos nutrientes e indivíduos fitoplanctônicos serão detalhadas mais a frente.

Entre a ACAS e a APAN (entre 400 dbar e 1400 dbar), a AIA foi a massa d'água que apresentou a maior diferença em relação às análises de OMP realizados por Martins (2014). No Transecto 1, a AIA exibiu um núcleo de água com menor mistura (Figura 5), isto é, as características originais (temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, concentração de nutrientes – Zemba, 1991) estavam preservados estando, também, mais profunda nos últimos pontos amostrais relacionado a Corrente de Contorno Intermediária (CCI). Já no Transecto 2 foi possível determinar a formação de dois núcleos de menor mistura e conseqüentemente, com maior preservação das características de formação da massa d'água assim como no Transecto 1 relacionado a CCI, mas neste caso foi possível observar um processo de recirculação dessa corrente. Esse mesmo padrão de fluxo e recirculação da CCI dentro do Embaiamento de Tubarão foi observado nos estudo de Costa *et al.* (2017) e sua interação com a presença do Vórtice de Vitória como determinado pelos autores do trabalho.

Abaixo da AIA, a APAN esteve presente abaixo de 1400 dbar, mais profunda no Transecto 1, e apresentou menor mistura e maior preservação das suas propriedades ao longo dos Transectos 1 e 2. Como a APAN está localizada abaixo de 1000 dbar, ela foi ignorada nas análises quantitativa do fitoplâncton e das concentrações de nutrientes.

Por fim, foram determinadas as interfaces entre as massas de água (Tabela 5).

Tabela 5: Pressão indicativa da interface entre as massas de água na região oceânica do Transecto 1 e Transecto 2.

Interfaces (dbar)	AT-ACAS	ACAS-AIA	AIA-APAN
Transecto 1	145	411	1596
Transecto 2	120	388	1630

Nas análises realizadas foi possível observar as interfaces entre as massas de água em maiores pressões que quando comparados com os resultados de Martins (2014). No estudo realizado na margem continental leste brasileira Tomaz (2012) observou a interface AT-ACAS em torno de 170 dbar, ACAS-AIA

em 366 dbar e AIA-APAN em aproximadamente 768 dbar. Nesse trabalho o autor comparou seus resultados com trabalhos da região do giro Subtropical no Oceano Atlântico Sul, e.g. Mamayev (1975); Mémery *et al.* (2000), Godoi (2005) e Silveira *et al.* (2000), e concluiu que as profundidades das interfaces entre as massas de água estiveram semelhantes aos observados pelos autores citados.

A AIA foi a massa de água que apresentou a maior extensão vertical ao longo da coluna de água (~1000 dbar de espessura) diferentemente do que foi observado nos trabalhos de Tomaz (2012) e Martins (2014) onde a AIA encontrou-se entre 400 e 1000 dbar. Como nos três estudos a presença da Água Circumpolar Superior (ACS) foi desconsiderada, a diferença com relação ao presente estudo pode ser devido ao acréscimo dos parâmetros não conservativos na análise via OMP. A ACS é caracterizada como a camada do oceano que possui uma concentração mínima de oxigênio dissolvido em relação às outras massas d'água ao longo da coluna de água (Maamaatuaiahutapu *et al.*, 1994; Mémery *et al.*, 2000 e Silveira *et al.*, 2000). Mesmo não explicitamente determinada, a análise via OMP pode ter identificado a presença da ACS e a incorporada como parte da AIA fazendo com que a interface AIA-APAN estivesse em maiores profundidades como observado na Tabela 5.

A partir dos resultados apresentados ficou claro que o aumento dos parâmetros (no caso, parâmetros não conservativos) na análise de OMP modificou a espessura vertical das massas d'água. Isso ressalta a importância de se considera-los nos estudos futuros, principalmente na região do ET, devido à falta de trabalhos que fazem a interação físico-química-biológica.

3.2. PROFUNDIDADE DA CAMADA DE MISTURA (CM) E DA CAMADA ISOTÉRMICA (CI)

O padrão de distribuição espacial da CM e CI em ambos os transectos está mostrado na Figura 6. No Transecto 1, a CI esteve abaixo da CM atingindo a profundidade máxima em torno de 60 dbar próximo ao talude e ficando mais rasa nas estações mais afastadas da costa. De maneira oposta, no Transecto 2 a CI esteve acima da CM, entre 35 e 90 dbar, apresentando uma Camada de Barreira (CBar = diferença entre a CM e a CI) mais pronunciada.

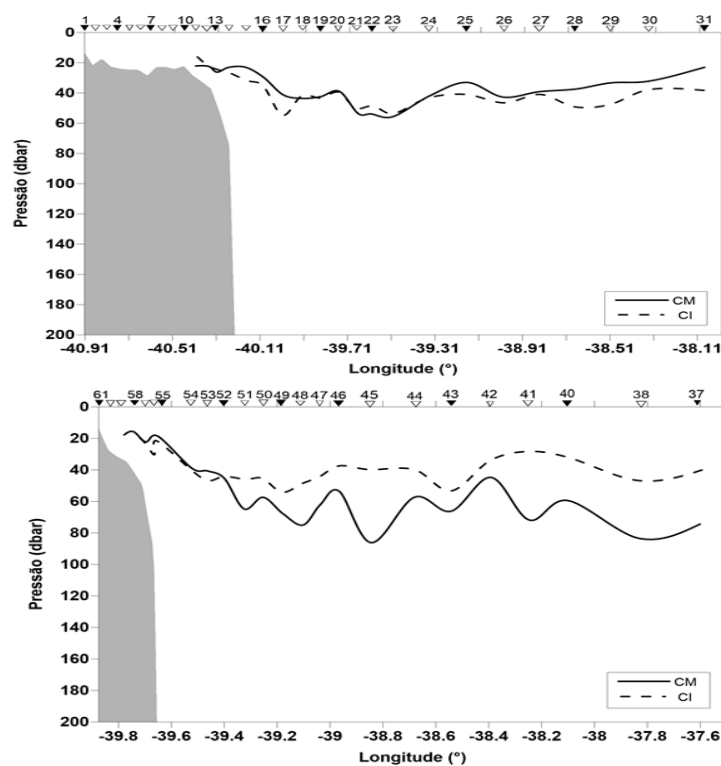


Figura 6 - Profundidade da Camada de Mistura (linha contínua) e Camada Isotérmica (linha tracejada) ao longo do Transecto 1 (esquerda) e Transecto 2 (direita).

Mesmo com a diferença de poucos dias entre a amostragem do Transecto 1 e do Transecto 2 houve um padrão distinto entre eles. A CBar foi reduzida no Transecto 1 e mais pronunciada no Transecto 2. Esse mesmo comportamento da CM foi constatado nos resultados obtidos por Salviato (2015) que utilizou médias climatológicas para a determinação da profundidade da CM na região do ET. A autora observou que entre os meses de novembro e dezembro houve um aquecimento gradativo do oceano resultando em

profundidades menores da CM ao sul do ET (próximo ao Transecto 1) e, nesse mesmo período do ano, profundidades maiores ao norte da região do ET (próximo ao Transecto 2), com profundidades semelhantes ao encontrados nos resultados apresentados. A diferença de aquecimento entre o sul e o norte do ET se refletiu também no comportamento da Camada de Barreira, ou seja, no norte o aquecimento e processo de estratificação em resposta ao ganho líquido de calor pelo oceano foram mais lentos apresentando, assim, uma Camada de Barreira mais pronunciada. Especialmente no período entre outubro e dezembro, a CM apresentou a máxima profundidade no período quando o oceano já começava a ganhar calor (primavera) e ficava mais rasa conforme o aumento da insolação, ao longo do verão. A maior profundidade da CM na primavera foi associada a maior intensidade da tensão de cisalhamento do vento nesta estação associada a um oceano ainda fracamente estratificado.

O padrão oscilatório observado na distribuição espacial da CM entre as estações 40 e 46 do Transecto 2 (Figura 5) se distinguem do restante. Apesar de não haver uma explicação definitiva para essa feição, ela pode estar associada à presença do vórtice ciclônico identificado por Martins (2014) ou até mesmo a sinais relacionados a ondas de maré interna e/ou a presença da CVT causando instabilidades da coluna de água nessa região. Já próximo ao talude e quebra de plataforma, tanto a CM quanto a CI apresentam uma tendência de subida sobre a plataforma continental acompanhando o comportamento da ACAS (Figura 6) no processo de ressurgência costeira. Nas estações mais rasas sobre a plataforma, a coluna de água sofre mistura e a torna praticamente homogênea limitando a formação das duas camadas em questão.

A presença da Camada de Barreira interfere no enriquecimento nutricional e manutenção fitoplanctônica das águas tropicais oligotróficas superficiais já que funciona como um obstáculo às trocas de nutrientes entre a primeira camada do oceano e o fundo (Kara *et al.*, 2000b; Lemos, 2014).

3.3. DISTRIBUIÇÃO VERTICAL DA CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES

A concentração dos nutrientes NO_3 , PO_4 , e SiO_2 se deu de forma diferenciada tanto em relação a cada nutriente como em relação aos transectos e as massas d'água identificadas (Figura 7).

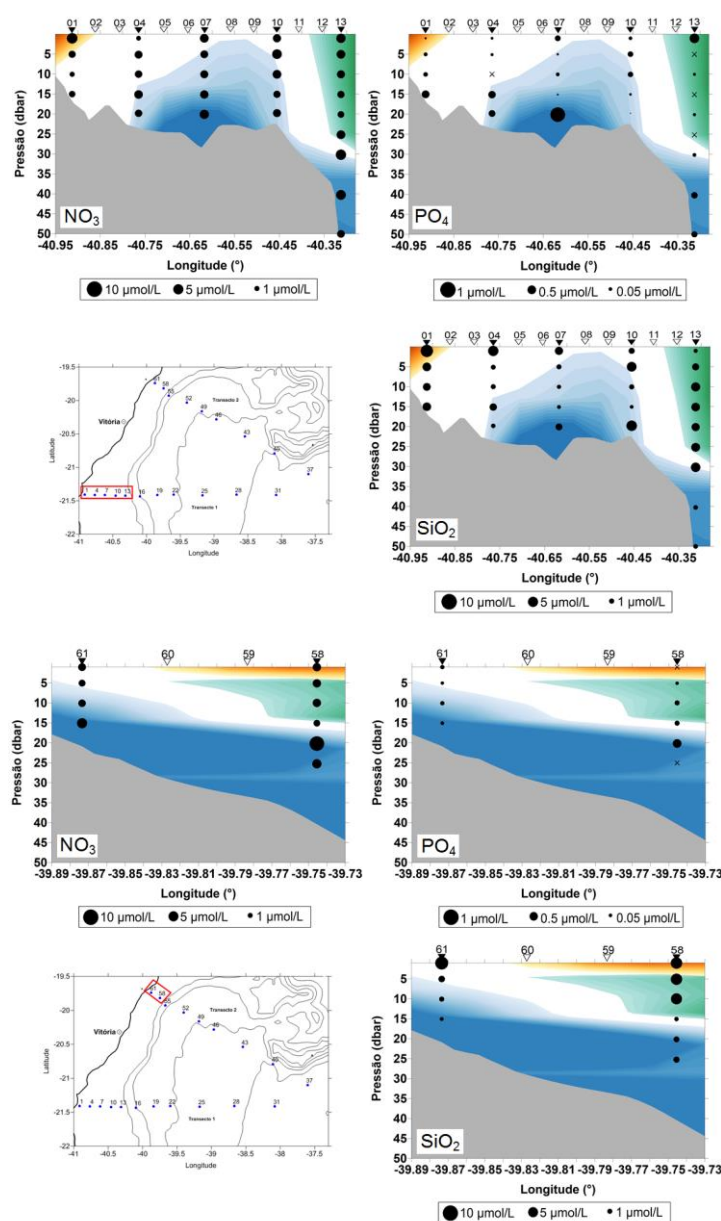


Figura 7 - Distribuição das concentrações de nitrato [$\mu\text{mol/l}$], de fosfato [$\mu\text{mol/l}$] e de silicato [$\mu\text{mol/l}$] sobre a plataforma continental do Transecto 1 (conjunto superior) e Transecto 2 (conjunto inferior), respectivamente. O “x” representa os pontos amostrais em que a concentração ficou abaixo do limite de detecção. As cores representam as massas de água indicadas tal como identificadas na Figura 4.

A distribuição de NO_3 se deu de forma quase homogênea no Transecto 1, enquanto que no Transecto 2 as maiores concentrações ocorreram associadas, principalmente, a região ocupada pela ACAS, ou seja, confinado no fundo da plataforma (Figura 7). As concentrações de PO_4 foram pequenas ao longo de toda a plataforma, em ambos os transectos, mas ressaltam-se as maiores concentrações de PO_4 na área de intrusão da ACAS, principalmente sobre a plataforma onde foi observada a maior preservação das propriedades de formação da ACAS, isto é, a massa de água com menor percentual de mistura.

Na distribuição de SiO_2 ficou mais evidente a sua associação com a massas d'água. As maiores concentrações de SiO_2 estiveram associadas com a ocorrência de AC (Yool, 1997; Moser *et al.*, 2014). A disponibilização do silicato sobre a plataforma está relacionada à descarga continental devido ao intemperismo da matriz rochosa sendo carregado para o mar naturalmente com altas concentrações, além da interferência das atividades de agricultura e também do fluxo vertical e regeneração ao longo da coluna de água (Levitus *et al.*, 1993). Apesar disso, o SiO_2 é o menos limitante dentre todos os nutrientes abordados nesse estudo, mas de suma importância para algumas classes de fitoplâncton, e.g. diatomáceas e radiolários, pois participam na formação das carapaças desses indivíduos (Yool, 1997). A ocorrência de altas concentrações de SiO_2 também esteve associada a AT, em ambos os transectos, com as maiores concentrações próximo a quebra de plataforma, assim como o NO_3 no Transecto 2 que também apresentou maiores concentrações próximo a quebra de plataforma.

A subida da ACAS, principalmente no processo de ressurgência completa observada no Transecto 1, disponibilizou NO_3 sobre a plataforma continental. A disponibilização de NO_3 também ocorre a partir da descarga continental e consequente aumento de matéria orgânica sobre a plataforma continental (Esteves, 1988). Além disso, a presença da ACAS modificou a concentração de PO_4 . Esse nutriente é fundamental no crescimento das algas, pois é responsável pela formação de compostos celulares. O PO_4 é disponibilizado por meio da decomposição da matéria orgânica e da solubilização de rochas e quando se encontra em condições de baixas

concentrações de oxigênio se tornam facilmente disponibilizados na coluna de água (Teixeira, 1973; Machado *et al.*, 1997).

A partir dos resultados obtidos neste estudo foram quantificadas as concentrações dos nutrientes e a comunidade fitoplanctônica em cada massa d'água. Os respectivos modos estatísticos básicos são apresentados na Tabela 6. Além disso, perfis verticais das concentrações de nitrato, fosfato e silicato para cada estação amostral podem ser visualizados no ANEXO 3.

Tabela 6: Concentrações máximas, mínimas, média e desvio padrão da [Nitrato], [Fosfato], [Silicato] em $\mu\text{mol/L}$ e do número de organismos Fitoplanctônicos (ind/L) sobre a Plataforma Continental. AC: Água Costeira; AT: Água Tropical; ACAS: Água Central do Atlântico Sul. *n* indica o número de pontos sobre as quais as estimativas foram realizadas

		NO ₃	PO ₄	SiO ₂	Fito	NO ₃	PO ₄	SiO ₂	Fito	NO ₃	PO ₄	SiO ₂	Fito
		AC				AT				ACAS			
Plataforma Sul	n	4	4	4	2	6	6	6	3	18	18	18	12
	Mínimo	1.23	0.02	2.65	-	2.12	0	0.70	-	1.04	0	0.60	-
	Máximo	5.28	0.26	6.60	-	4.12	0.40	3.55	-	5.15	0.94	4.80	-
	Média	2.72	0.11	3.91	156x10 ³	3.17	0.08	2.63	126x10 ³	3.28	0.13	1.95	111x10 ³
	Desvio	±1.78	±0.11	±1.81	±30x10 ³	±0.76	±0.16	±1.07	±48x10 ³	±0.93	±0.21	±1.47	±46x10 ³
Plataforma Norte	n	2	2	2	2	3	3	3	1	5	5	5	3
	Mínimo	3.02	0	5.95	-	2.22	0.05	0.85	-	2.34	0	0.65	-
	Máximo	3.42	0.1	7.60	-	3.44	0.11	5.90	-	10.75	0.3	1.90	-
	Média	3,22	0,04	6,78	142x10 ³	3,04	0,09	4,09	10x10 ³	5,07	0,11	1,38	121x10 ³
	Desvio	0,28	±0,06	±1,17	±40x10 ³	±0,71	±0,03	±2,81	-	±3,37	±0,13	±0,49	±68x10 ³

Em uma avaliação geral, a concentração de silicato e fosfato relacionadas à AC no Transecto 2 foram semelhantes àsquelas reportadas por Ovalle *et al.* (1999) próximo à costa da plataforma norte do Espírito Santo. Distintamente, as altas concentração do nitrato encontradas neste trabalho não foram observados no estudo de Ovalle *et al.* (1999).

Quando os resultados são agrupados por transecto e por massa de água o padrão obtido é mostrado na Tabela 7.

Tabela 7: Concentração média da [Nitrato], [Fosfato], [Silicato] em $\mu\text{mol/L}$, [Oxigênio Dissolvido] em $\mu\text{mol/kg}$ e do número de organismos Fitoplanctônicos (ind/L) na Plataforma Continental. AC: Água Costeira; AT: Água Tropical; ACAS: Água Central do Atlântico Sul.

PLATAFORMA CONTINENTAL									
	NO ₃		PO ₄		SiO ₂		Fito		
	Trans 1	Trans 2	Trans 1	Trans 2	Trans 1	Trans 2	Trans 1	Trans 2	
AC	2,72	3,22	0,11	0,04	3,91	6,78	156x10 ³	142x10 ³	
AT	3,17	3,04	0,08	0,09	2,63	4,09	126x10 ³	10x10 ³	
ACAS	3,28	5,07	0,13	0,11	1,95	1,38	111x10 ³	121x10 ³	

Os resultados apontaram que, com exceção do SiO₂, a presença da ACAS sobre a plataforma enriqueceu nutricionalmente a região da plataforma média e externa. No Transecto 1, a ressurgência completa sobre a plataforma continental resultou em uma coluna de água com altas concentrações de nutrientes, principalmente de NO₃. No Transecto 2, a presença da ACAS confinada no fundo fez com que as concentrações dos nutrientes, NO₃, SiO₂ e PO₄, fossem maiores nesta região. Da mesma maneira o estudo de Roughan e Middleton (2002) na costa leste da Austrália identificou o aumento na concentração de nitrato (>2 $\mu\text{mol/L}$) nos períodos quando se desenvolveram ressurgências costeiras. Desse modo, a disponibilidade de nutrientes acaba sendo controlada pela interação de massas d'água e processos de mistura e, conseqüentemente, a mudança no comportamento das microalgas na zona eufótica. Esse comportamento pode ser observado a partir da dominância de organismos de Cyanophyceae ao longo de toda a plataforma, mas ainda com a presença de organismos típicos da região de plataforma, que são dependentes das altas concentrações de silicato e nitrato como no caso do grupo de diatomáceas e de Cryptophyceae, respectivamente, como será discutido posteriormente.

Assim como na plataforma continental, foram quantificadas as concentrações dos nutrientes, oxigênio dissolvido e fitoplâncton por massa d'água estimada por meio da estatística básica em cada transecto da região oceânica e os resultados são apresentados na Tabela 8 e sumarizados na Tabela 9.

Tabela 8: Concentrações máximas, mínimas, média e desvio padrão de Nitrato, Fosfato, Silicato e de Fitoplâncton na Região Oceânica. AC: Água Costeira; AT: Água Tropical; ACAS: Água Central do Atlântico Sul; AIA: Água Intermediária Antártica. *n* indica o número de pontos sobre as quais as estimativas foram realizadas.

		AT				ACAS				AIA			
		NO ₃	PO ₄	SiO ₂	Fito	NO ₃	PO ₄	SiO ₂	Fito	NO ₃	PO ₄	SiO ₂	Fito
Transecto 2	n	35	35	35	27	28	28	28	14	78	78	78	15
	Mínimo	0.45	0	0.25	0	2.38	0	0	0	3.4	0.02	0.15	0
	Máximo	4.71	1.52	31.55	170x10 ³	14.69	0.81	5.79	131x10 ³	18.27	1.03	20.37	335x10 ³
	Média	2.67	0.10	2.94	117x10 ³	5.78	0.17	2.18	115x10 ³	10.39	0.43	8.52	103x10 ³
	Desvio	±1.02	±0.27	±6.15	±27x10 ³	±3.50	±0.20	±1.39	±37x10 ³	±3.34	±0.24	±5.99	±91x10 ³
Transecto 1	n	30	30	30	22	12	12	12	10	36	36	36	13
	Mínimo	0	0	0.5	0	1.55	0	0	0	1.47	0	1.9	0
	Máximo	25,02	0,7	8,45	336x10 ³	5,63	0,8	3,1	67x10 ³	17,88	4,6	19,1	55x10 ³
	Média	3.12	0.08	2.01	90x10 ³	3.13	0.22	1.42	73x10 ³	9.27	0.94	9.59	38x10 ³
	Desvio	±4.70	±0.14	±1.80	±59x10 ³	±1.26	±0.23	±0.87	±16x10 ³	±3.71	±1.15	±5.40	±17x10 ³

De uma forma geral, as concentrações dos três nutrientes analisados apresentaram menores concentrações no Transecto 1 quando comparadas ao Transecto 2, da mesma forma que o número de organismos fitoplanctônicos por litro.

Tabela 9: Concentrações média de Nitrato, Fosfato, Silicato em µmol/L e Fitoplâncton (ind/L) na Região Oceânica. AC: Água Costeira; AT: Água Tropical; ACAS: Água Central do Atlântico Sul; AIA: Água Intermediária Antártica.

	REGIÃO OCEÂNICA							
	NO ₃		PO ₄		SiO ₂		Fito	
	Trans 1	Trans 2	Trans 1	Trans 2	Trans 1	Trans 2	Trans 1	Trans 2
AT	1,99	2,67	0,08	0,1	1,61	2,94	90x10 ³	117x10 ³
ACAS	3,13	5,78	0,22	0,06	1,42	1,19	73x10 ³	115x10 ³
AIA	9,27	10,39	0,94	0,43	9,59	8,52	38x10 ³	103x10 ³

Na Figura 8 é apresentada a distribuição espacial da concentração de nutrientes por massa de água em ambos os transectos.

Na primeira camada do oceano, ocupada pela AT, a concentração dos três nutrientes medidos neste estudo (NO₃, SiO₂ e PO₄) foram menores em relação as camadas mais profundas, em ambos os transectos. A porção da AT mostrou-se oligotrófica devido à falta de fontes de entrada de nutrientes e o alto consumo desses nutrientes pela cadeia trófica uma vez que nessa região a luminosidade não é um fator limitante (Moore *et al.*, 2013).

Logo abaixo, na região da ACAS a distribuição dos pontos amostrais não foi realizada da maneira adequada, especialmente no Transecto 1. Entretanto,

em ambos os transectos, as concentrações de nutrientes abaixo de 100 dbar foram, em geral, mais elevadas do que na região superficial. As maiores concentrações de nutrientes em camadas mais profundas tornam essas regiões importantes fornecedores de nutrientes para as camadas superficiais através de processos oceanográficos tais como: a erosão do topo da termoclina e, conseqüente, processo de mistura (Matsuura, 1986), circulação vertical dentro do vórtice ciclônico (Gaeta *et al.*, 1999) e bombeamento de Ekman (Gaube *et al.*, 2013) e sobre a plataforma continental pelo processo de ressurgência (Roughan e Middleton, 2002).

Da mesma forma como observado nos resultados exibidos, Gaeta *et al.* (1999) descreveu a presença do vórtice ciclônico e a sua interferência na distribuição de nutrientes e clorofila-*a* comprovando a importância desse processo de subida de águas centrais e transporte de material para a zona eufótica, além do enriquecimento da comunidade fitoplanctônica através da análise de clorofila-*a*.

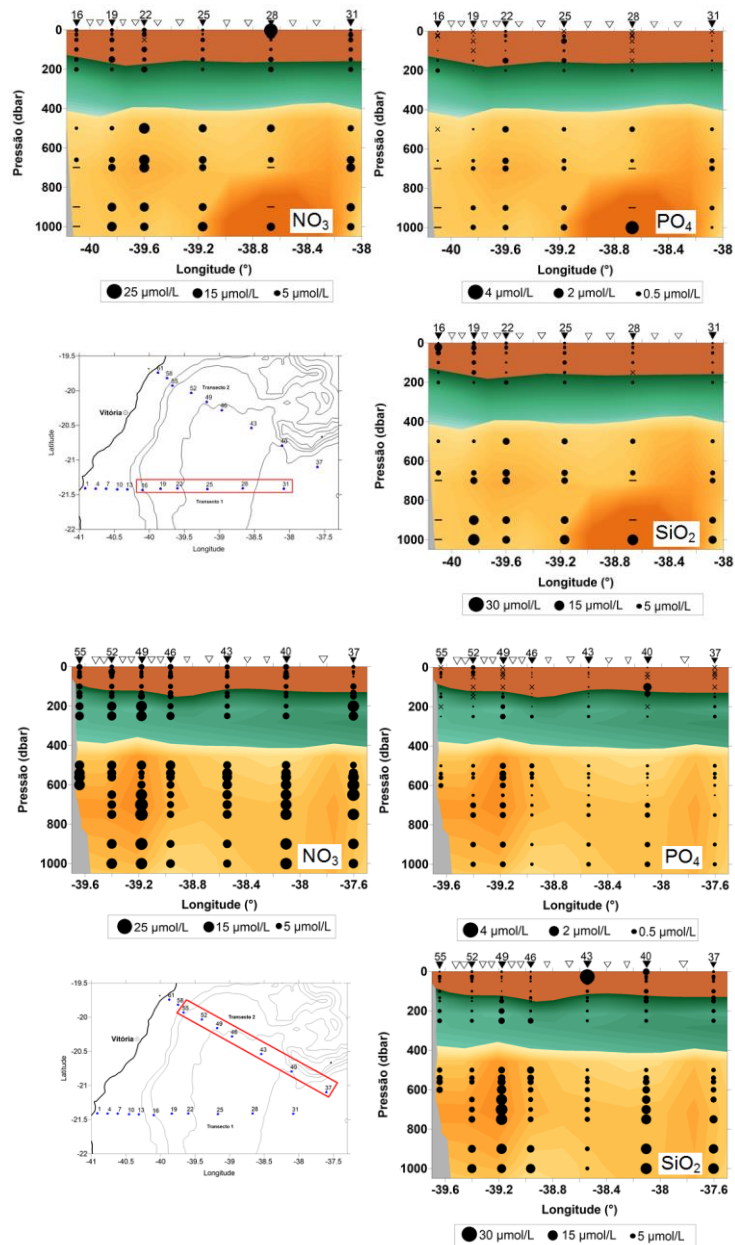


Figura 8 - Distribuição das concentrações de nitrato [$\mu\text{mol/l}$], de fosfato [$\mu\text{mol/l}$] e de silicato [$\mu\text{mol/l}$] na região oceânica do Transecto1 (superior) e Transecto 2 (inferior). O “x” representa os pontos amostrais onde a concentração ficou abaixo do limite de detecção. O “-” representa a profundidade onde não houve amostragem em apenas alguma estação. As cores representam as massas de água indicadas na Figura 5.

As máximas concentrações de todos os nutrientes analisados nesse estudo estiveram abaixo de 500 dbar, associadas à AIA (Figura 8), com maiores concentrações de NO_3 e de SiO_2 tanto no Transecto 1 quanto no Transecto 2. As águas mais profundas possuem maiores concentrações devido ao processo de regeneração dos nutrientes e sedimentação do material que não foi assimilado pelos organismos na região trófica (Pedrosa *et al.*, 2006).

Em todas as regiões desse estudo, o PO_4 apresentou baixas concentrações ao longo da coluna de água. Mesmo em pequenas concentrações, o PO_4 não se torna um fator limitante no processo de fotossíntese, diferentemente dos nutrientes nitrogenados que são essenciais para o desenvolvimento da comunidade fitoplanctônica podendo inibir o crescimento fitoplanctônico (Teixeira, 1973). O nutriente nitrogenado, em geral, apresenta baixas concentrações devido à rápida depleção nas regiões oceânicas (Burford e Rothlisberg, 1999). O nitrato, especificamente, é a forma mais estável dos compostos nitrogenados e também é considerado como o micronutriente controlador da produção primária e composição fitoplanctônica na zona fótica. A taxa de absorção aumenta quando há penetração de luz suficiente para o processo de fotossíntese causando, assim depleção desse nutriente, já que os processos de transporte de nitrato não acompanham o processo de consumo desse material (Montes, 2003).

3.4. DISTRIBUIÇÃO VERTICAL FITOPLANCTÔNICA

Na região da plataforma continental a média de organismos fitoplanctônicas por massa de água foi maior no Transecto 1 do que no Transecto 2. Contudo, a amostragem na plataforma continental foi diferenciada entre os dois transectos devido à largura de cada uma (~85km no Transecto 1 e ~30km no Transecto 2) e o número de estações amostrais em cada transecto interferindo no resultado final em termos do número de organismos. No entanto, se os valores forem normalizados pelo número de estações amostrais verifica-se que a maior concentração de fitoplâncton foi no Transecto 2.

Nas análises realizadas sobre a plataforma continental o número em organismos fitoplanctônicos esteve entre 10^3 e 10^5 ind/L (Tabela 6) diferentemente do observado no estudo realizado por Tenenbaum *et al.* (2006) pelo Projeto REVIZEE na região tropical. A autora observou características tipicamente oligotróficas com densidade abaixo dos encontrados na plataforma continental deste trabalho e apresentou número de organismos abaixo de 10^3 cel/L para nano e microfitoplâncton, mas sempre exibindo alta diversidade e dominância de algumas classes.

A distribuição vertical e horizontal dos organismos fitoplanctônicos na plataforma continental é apresentada na Figura 9.

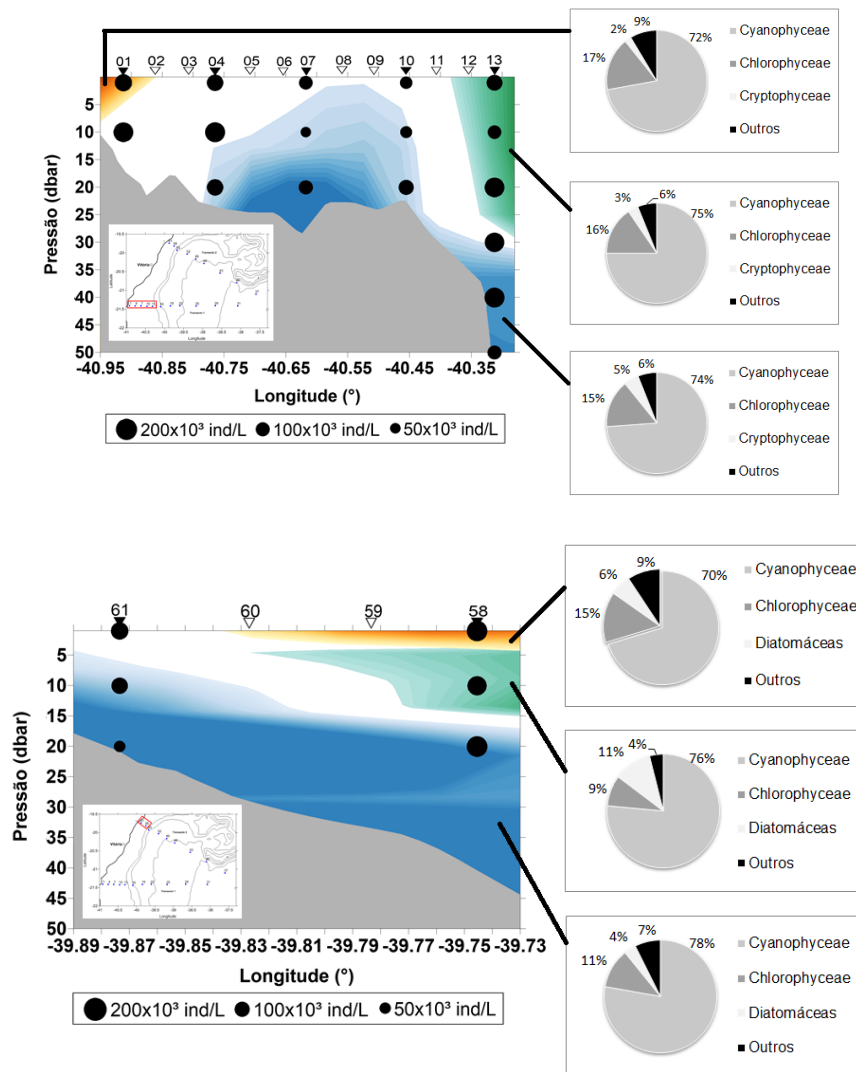


Figura 9 - Distribuição espacial do número de organismos fitoplanctônicos na porção da plataforma continental do Transecto 1 (superior) e Transecto 2 (inferior). Os gráficos indicam a porcentagem de contribuição das três principais classes e o somatório do restante. As cores representam as massas de água indicadas na Figura 4.

Na figura são mostrados os percentuais das classes por massa de água para melhor visualização dos resultados. Também são apresentadas as três classes com maior contribuição das amostras por massa d'água e o somatório das classes restantes na região da plataforma continental. Esses resultados foram resumidos e apresentados na Tabela 10.

Tabela 10: Percentual do número de organismos das três Classes mais abundantes e do somatório do restante por massa d'água na Plataforma Continental do Embaiamento de Tubarão

Plataforma Continental (% de organismos)					
	Massa d'água	Cyanophyceae	Chlorophyceae	Cryptophyceae	Outros
Transecto 1	AC	72	17	2	9
	AT	75	16	3	6
	ACAS	74	15	5	6
	Massa d'água	Cyanophyceae	Chlorophyceae	Diatomáceas	Outros
Transecto 2	AC	70	14	6	9
	AT	76	9	11	4
	ACAS	78	11	3	7

A Classe Cyanophyceae apresentou a maior representatividade ao longo de todo Transecto 1 e 2, seguido da Classe Chlorophyceae e da terceira Classe mais representativa na região da plataforma continental, a Cryptophyceae no Transecto 1 e o grupo de diatomáceas no Transecto 2. No grupo de diatomáceas foram consideradas as Classes Fragilariophyceae, Coscinodiscophyceae e Bacillariophyceae, pois elas apresentam características morfológicas e organização celular semelhante entre elas (Fernandes e Brandini, 2004).

Todas as Classes encontradas com concentrações menores que as Cryptophyceae e diatomáceas foram somadas e incluídas no gráfico (Figuras 9). Nesse grupo “outros” foram incluídos as Classes Euglenophyceae, Cocolitophyceae, Dictyochophyceae e fitoflagelados.

As Classes Cryptophyceae e o grupo formado pelas diatomáceas são organismos típicos da plataforma continental. No caso das diatomáceas, a presença de nutrientes, tal como o silicato no Transecto 2, é fundamental na sobrevivência dessas espécies devido à necessidade de sua presença na formação de suas carapaças e formação celular (Yool, 1997).

A classe de Cyanophyceae, principalmente o gênero *Synechocystes* e *Trichodesmium*, se mostrou dominante no ambiente de plataforma, assim como na região oceânica. A dominância dessas espécies foi reportada em outros trabalhos na região tropical, e.g. Sato *et al.* (1963), Fernandes e Brandini, (2004) e Tenenbaum *et al.* (2006). Da mesma forma, mesmo que muitas

espécies dessa classe tenham origem continental, a Classe Chlorophyceae, assim como as Cyanophyceae, aparece ao longo dos dois transectos e distribuídas verticalmente até maiores profundidades. A ampla distribuição dessas espécies de cianobactérias e clorófitas ocorrem pela capacidade delas se adaptarem às mudanças ambientais, tais como escassez ou mesmo a grande descarga de nutrientes, mudanças bruscas de temperatura, luminosidade e a capacidade de fixação de nitrogênio de alguns gêneros de cianobactérias (Smayda e Reynolds, 2002).

As classes de Cryptophyceae, Fragilariophyceae, Coscinodiscophyceae, Bacillariophyceae, Dynophyceae, entre outras classes, são grupos taxonômicos frequentes na plataforma continental brasileira e dependentes das concentrações de nitrato, silicato e o fosfato para desenvolvimento de suas funções, tornando-as responsáveis pela produção primária e grandes exportadores de oxigênio na coluna de água (Fernandes e Brandini, 2004; Sato *et al.*, 1963; Tenenbaum *et al.*, 2006).

A presença da ACAS interferiu na disponibilização de nutrientes, principalmente de nitrato, sobre a plataforma e refletiu na comunidade fitoplanctônica, visto que nessa massa de água foram encontradas as maiores concentrações de nitrato e organismos da Classe Cyanophyceae fixadoras de nitrogênio, principalmente no Transecto 2 (Tabela 9). Da mesma maneira, a classe de Chlorophyceae, Cryptophyceae mantiveram as altas concentrações na região da plataforma externa e quebra de plataforma, associados à subida de água fria e, conseqüente aumento das concentrações de nutrientes, principalmente de nitrato.

Em situações onde são comuns as características oligotróficas, a água associada à ressurgência traz consigo nutrientes e, conseqüentemente, causa o aumento da biomassa total do fitoplâncton (Susini-Ribeiro, 1999; Tenenbaum *et al.*, 2006). Essa modificação no sistema torna o sistema complexo, que passa a ter características tanto de regiões costeiras quanto de regiões oceânicas com gradientes biológicos da AT e da ACAS (Moser *et al.*, 2014). Deste modo, a subida da ACAS sobre a plataforma continental acaba gerando impacto na comunidade, tal como exposto na distribuição do fitoplâncton e também em relação ao tamanho das células apresentando uma transição de espécies microplanctônicas para nanoplanctônicos (ANEXO 4), tornando não

somente uma questão de tamanho, mas também de morfotipos e/ou grupos funcionais podendo existir variações dentro da mesma Classe (Boltovskoy, 1999; Moser *et al.* 2014).

A distribuição total de indivíduos fitoplanctônicos na região oceânica foi maior na primeira camada do oceano diminuindo em direção ao fundo nos Transectos 1 e 2 (Figura 10).

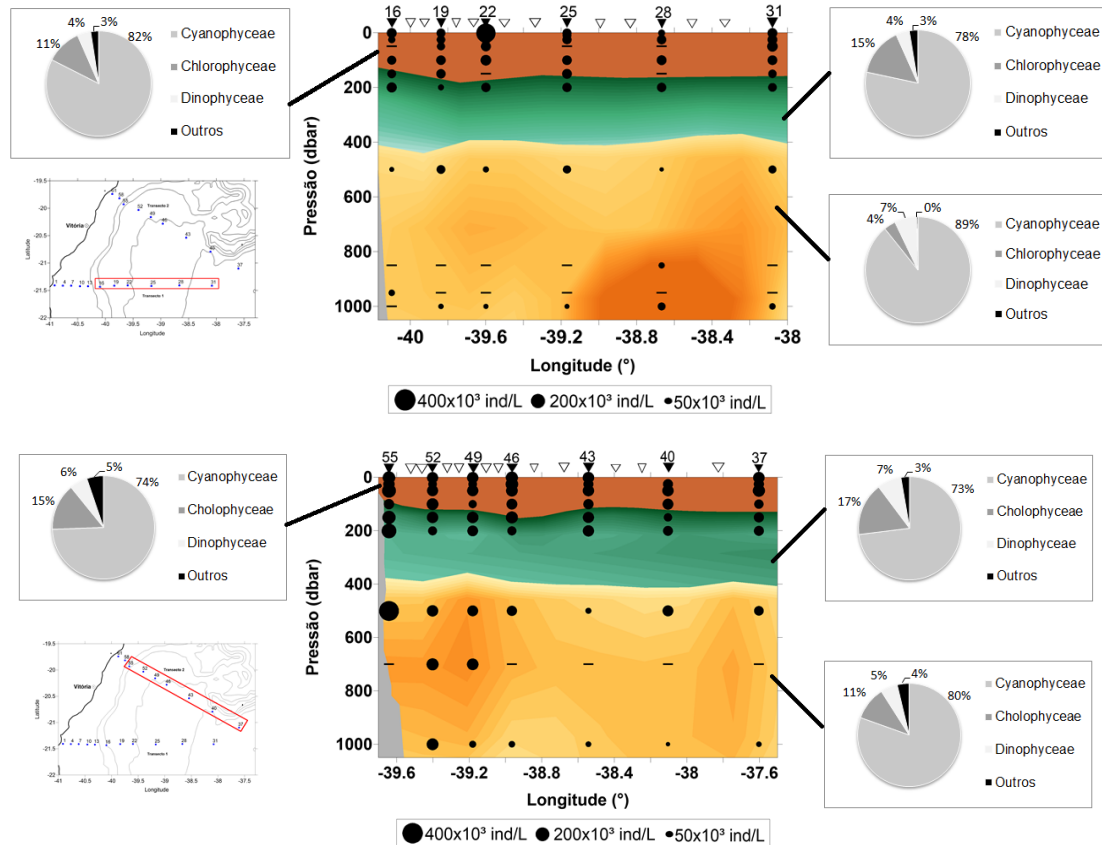


Figura 10 - Distribuição espacial do número de organismos fitoplanctônicos na porção oceânica do Transecto 1 (superior) e do Transecto 2 (inferior). Os gráficos indicam a porcentagem de contribuição das três principais classes e o somatório do restante. As cores representam as massas de água indicadas na Figura 5 até 1000 dbar.

Os percentuais das classes por massa de água são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11: Percentual do número de organismos das três Classes mais abundantes e do somatório do restante por massa d'água na Região Oceânica do Embaiamento de Tubarão.

Região Oceânica (% de organismos)					
	Massa d'água	Cyanophyceae	Chlorophyceae	Dinophyceae	Outros
Transecto 1	AT	82	11	4	2
	ACAS	78	15	4	3
	AIA	89	4	7	0
	Massa d'água	Cyanophyceae	Chlorophyceae	Dinophyceae	Outros
Transecto 2	AT	74	15	6	5
	ACAS	73	17	8	3
	AIA	80	10	5	4

No Transecto 1 (Figura 10), assim como na plataforma continental, a classe de Cyanophyceae e Chlorophyceae foram as que apresentaram maior número de indivíduos na região oceânica, seguida da classe Dinophyceae, que passa a ser significativa em relação as diatomáceas e Cryptophyceae na região oceânica. Padrão semelhante ao observado nesse trabalho foi encontrado por Brandini e Fernandes (1996) na costa do estado do Paraná e Tenenbaum *et al.* (2006) próximo a costa do Espírito Santo no Projeto REVIZEE. Em ambos foi apresentada a dominância de Cyanophyceae e também a alta frequência dos organismos do grupo de diatomáceas e Cryptophyceae na plataforma continental, além da mudança para a Classe Dinophyceae no lugar das diatomáceas e cryptofíceas na região oceânica.

Na região oceânica, a Classe Cyanophyceae apresentou concentrações, em geral, acima de 70% do total de indivíduos, igualmente ao reportado nos trabalhos de Tenenbaum *et al.* (2006) e Moser *et al.* (2014), na qual a espécies de Cyanophyceae representam as maiores concentrações em relação ao total de indivíduos observados.

Nas regiões tropicais a luz não é um fator limitante para o fitoplâncton, mas ele sofre pela falta de nutriente, e.g. Platt *et al.* (1991). Mesmo assim o fitoplâncton acaba constituindo uma comunidade diversa, principalmente pelos organismos nanoplanctônicos (2-20 μ m) das classes de Chlorophyceae, Cyanophyceae, por possuir organismos cujo tamanho e forma são favoráveis para seu desenvolvimento em águas oligotróficas, além da Classe

Dinophyceae e Cryptophyceae representando no total mais de 80% da produção primária no oceano (Platt *et al.*, 1989; Tenenbaum *et al.*, 2006).

É nesta porção mais superficial (ocupada pela AT e pela ACAS) do oceano que se ocorre a Profundidade de Máxima Clorofila (PMC), região esta de grande importância por ser uma camada onde se encontra a maior biomassa fitoplanctônica (Gianesella, 2000). Calculando-se o perfil médio do número de organismos fitoplanctônica (Figura 11) se evidenciou o aumento no número de indivíduos entre 50 e 150 dbar. Os resultados do perfil médio também são observados na distribuição vertical de fluorescência (Figura 12) podendo ser observado os maiores valores de fluorescência na mesma região que os do perfil médio comprovando a formação da PMC.

A maior incidência de luz na superfície favorece a presença de organismos nessa primeira porção do oceano, mas a fotoinibição acaba tendo um efeito muito grande na região tropical, onde o ET está localizado. Um segundo pico de indivíduos ocorre relacionada à PMC. Esse processo ocorre devido à luminosidade ser suficiente para o processo de fotossíntese e também a presença de maiores concentrações de nutrientes associados à nutriclina (não identificada nesse trabalho devido à baixa amostragem vertical das amostras de água).

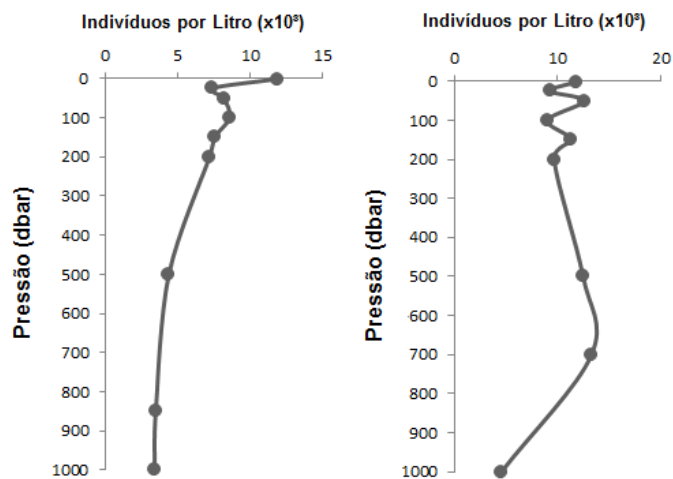


Figura 11 - Perfil vertical do número médio de organismos fitoplanctônicos na região oceânica do Transecto 1 (esquerda) e Transecto 2 (direita).

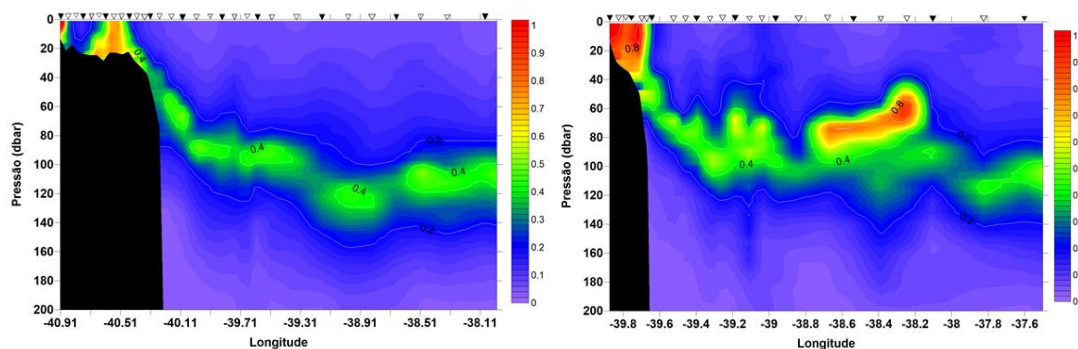


Figura 12 – Distribuição vertical da fluorescência coletado pelo CTD no Transecto 1 (esquerda) e Transecto 2 (direita) até 200 dbar. **Fonte:** Martins, 2014.

No Transecto 1 foi observado um padrão típico da região oceânica onde se tem uma faixa com máximas concentrações de organismos fitoplanctônicos como identificado no perfil vertical (Figura 11 – esquerda e Figura 12 - esquerda). Já no perfil médio do Transecto 2 (Figura 11 - direita) ocorreu um comportamento distinto, com dois picos de máxima concentração de indivíduos, o primeiro em 50 dbar e o segundo em 150 dbar. Além disso, não teria como deixar de notar o aumento dos valores de fluorescência na região de intrusão da ACAS sobre a plataforma continental evidenciando, assim, o aumento de organismos fitoplanctônicos diretamente relacionada a ascensão de uma água fria e rica em nutrientes como observado anteriormente.

O primeiro pico observado na Figura 11 (direita) se refere à PMC, enquanto que o segundo pode estar ligado ao processo de subida de água devido à presença do vórtice ciclônico na região (Schmid *et al.*, 1995; Martins, 2014). Esse mesmo comportamento no perfil médio de indivíduos no Transecto 2 foi observado por Gaeta *et al.* (1999) nos resultados de clorofila-*a* associados a presença do vórtice ciclônico na região do ET.

Um terceiro aumento da biomassa foi visível em ~600 dbar, onde foi observado o primeiro sinal do vórtice ciclônico por Martins (2014) e evidenciado pela inclinação das isopicnais (Schmid *et al.*, 1995; Martins, 2014). Entretanto, esse aumento de biomassa em maiores profundidades não foi observado nos dados de fluorescência. Esse comportamento distinto pode estar relacionado à senescência dos organismos fitoplanctônicos, na qual a célula estaria morta, mas ainda está inteira sem os pigmentos, tal como a clorofila-*a*, principal pigmento de captação do sensor de fluorescência (Margalef, 1980).

A ocorrência de maiores concentrações de fluorescência entre 40 e 150 dbar (Figura 12) denota um local onde ocorre a melhor relação luz- nutrientes e aumento desses organismos em camadas mais profundas do que a CM e CI (Figura 6), que será mais bem discutido a frente. Como citado anteriormente, a profundidade da CM e CI se altera de acordo com a variação sazonal, ou seja, com o início do outono começa o aprofundamento da camada de mistura gerando erosão da parte superior da termoclina e processos de mistura fertilizando toda a primeira camada do oceano. Já em dezembro, no período de verão, a CM e a CI respondem ao aumento da insolação, o oceano aquece, se estratifica e confina o material biológico e alta concentração de nutrientes nas camadas mais profundas (Figura 12) (Ghisolfi *et al.*, 2015; Fernandes, 2015).

O aumento no número de organismos e confinamento em maiores profundidades, relacionado à PMC, causa uma mudança da comunidade em relação ao seu tamanho (ANEXO 4), desde a plataforma continental até a região oceânica. Inicia com número maior de organismos do micropâncton, e.g. diatomáceas, reduzindo a quantidade desses organismos em direção a regiões mais profundas e à offshore passando a ter a dominância quase que totalmente de espécies de tamanho reduzido (nanofitoplâncton), e.g. cianofíceas, clorofíceas e, principalmente, proclorofitas, na região da PMC da mesma forma como apresentado nos resultados de Odebrecht e Djurfeldt (1996).

Na região da ACAS, a porcentagem das classes de Cyanophyceae, Chlorophyceae e Dinophyceae foram semelhantes às outras massas d'água e ao trabalho de Ganesella (2000), que apresentaram a mesma distribuição até 500 dbar, além de outras classes, e.g. fitoflagelados e cocolitoforídeos, que não apresentaram alto número de organismos nesse trabalho como reportado pela autora. Assim como no perfil vertical dos indivíduos, Gaeta *et al.* (1999) observaram uma diminuição da concentração de clorofila-*a* na região da ACAS, onde a luz se torna um limitante para algumas classes de fitoplâncton. Além disso, é importante pontuar que na região ocupada pela ACAS o número de pontos amostrais foi inferior às outras massas d'água em questão, além do fato de que as coletas foram realizadas em 2011 e somente analisadas em 2015 de modo que muitos indivíduos podem ter sido degradados durante esse período.

Na AIA houve uma diferença na distribuição vertical da classe Chlorophyceae, podendo ser observadas espécies até 500 dbar no Transecto 1 e até maiores pressões (700 dbar) no Transecto 2, principalmente nas estações próximas ao talude. Já a classe de Dinophyceae foi a que apresentou menor número de organismos e assim como as espécies de clorofíceas, apresentaram concentrações maiores em estações próximas ao talude. A presença de maiores concentrações de organismos próximos ao talude pode estar ligada, por exemplo, ao aprisionamento de material nessa região e consequente aumento de biomassa nessa região.

A classe Chlorophyceae, assim como as Cyanophyceae, possui ampla distribuição tanto na plataforma continental quanto no oceano aberto, devido sua capacidade de adaptação no ambiente capaz de sobreviver a maiores profundidades. Já as espécies de Dinophyceae são maiores e dependem de maior incidência de luz para o processo de fotossíntese.

Em ambientes marinhos, a redução do tamanho e dominância dos organismos nanofitoplâncton e a substituição de indivíduos autotróficos por mixotróficos e/ou heterotróficos se torna uma boa estratégia para a manutenção da comunidade mantendo a estrutura da cadeia trófica. O nanofitoplâncton possui a capacidade de reprodução muito mais rápida do que o microfitoplâncton, além de se sobressair na absorção de nutrientes em ambientes quentes e oligotróficos como o oceano tropical tornando-os os principais responsáveis pela biomassa fitoplanctônica na região oceânica (Friebele *et al.* 1978).

3.5. INTERAÇÃO FÍSICO-QUÍMICO-BIOLÓGICO

O maior número de organismos da Classe Cyanophyceae determinou o padrão da distribuição do fitoplâncton, tanto na região da plataforma continental como na região oceânica. O número de organismos da Classe Cyanophyceae ficou em torno de 10^6 ind/L, enquanto que o restante das classes de organismos ficou em torno de 10^4 ind/L. A alta concentração e a ampla distribuição dessa classe se deram devido à sua alta capacidade de adaptação. Além disso, as espécies de fitoplâncton utilizam os nutrientes nitrogenados, através da produção nova utilizando o nitrato ou a partir da produção regenerada, comum em águas oligotróficas, utilizando a amônia como forma de sobrevivência. As cianofíceas possuem vantagens por exercer suas funções de fixadoras de nitrogênio no oceano facilitando a absorção do nutriente através da produção nova (Mills *et al.*, 2004; Agawin *et al.*, 2013). As espécies de cianobactérias possuem um papel importante no equilíbrio no oceano como um todo, uma vez que são os principais fixadores de nitrogênio e CO_2 nesse ambiente (Montoya *et al.*, 2004; Langlois *et al.*, 2008; Turk *et al.*, 2011; Agawin *et al.*, 2013).

Quase da mesma forma, a Classe Chlorophyceae foi a segunda mais representativa ao longo de ambos os transectos. Ambas as classes são conhecidas pela ampla distribuição no oceano e apresentam respostas adaptativas em relação às concentrações de nutrientes e luminosidade (Comas *et al.* 2007). Além disso, a Classe Chlorophyceae é considerada, juntamente com a classe Cyanophyceae, uma das mais representativas da comunidade fitoplanctônica (Round, 1983). Portanto, elas realizam papel fundamental na biomassa fitoplanctônica no oceano e na identificação de mudanças ambientais no ecossistema aquático (Torgan e Hentschke, 2011).

De todas as Classes que foram representativas na plataforma continental, as diatomáceas são as que mais necessitam de nutrientes para se estabelecerem e atingirem alta taxa de crescimento. Elas utilizam o silicato disponível na coluna de água para a formação de suas carapaças e quando presentes em grandes quantidades se tornam dominantes no ambiente (Yool, 1997). A dominância do grupo de diatomáceas sobre a Classe Cryptophyceae no Transecto 2 pode ser explicada pela concentração de silicato duas vezes

maior (6,78 $\mu\text{mol/L}$) do que a concentração de silicato no Transecto 1 (3,91 $\mu\text{mol/L}$) (Tabela 7). Por causa disso elas se tornaram mais abundantes nessa região de plataforma continental caracterizados pelas altas concentrações desses nutrientes associados à presença da AC e AT. Resultado semelhante foi reportado por Susini-Ribeiro (1999), que observou altas concentrações relacionadas à descarga continental e a entrada de AT na plataforma continental.

A presença de diferentes massas d'água na plataforma continental resultou em respostas diferenciadas na distribuição dos nutrientes e, conseqüentemente, na comunidade fitoplanctônica. A descarga continental introduz nutrientes, tais como nitrato, fosfato e silicato, importantes para a manutenção da comunidade fitoplanctônica, e.g. diatomáceas e cryptofíceas. Assim como foi determinado anteriormente, as altas concentrações de silicato sobre a plataforma continental estiveram associadas, principalmente, à presença da AC e entrada de AT, o que possibilitou a presença de maior número de organismos (142×10^3 ind/L), principalmente de diatomáceas, que dependem da disponibilidade desse nutriente na estrutura celular dessa comunidade (Figura 7 e 9).

A concentração de nitrato não apresentou grandes variações entre os transectos, a não ser na região ocupada pela ACAS. No Transecto 2 a concentração de nitrato apresentou valores duas vezes maior do que no Transecto 1 na porção ocupada pela ACAS. A Classe Cryptophyceae, tipicamente estuarina ou de regiões próximas, apresentou maior número de organismos em relação ao grupo de diatomáceas. Isso se deve ao fato de que essa classe Cryptophyceae necessita de grandes concentrações de nitrato para a sua sobrevivência (Chaloub *et al.*, 2015), que no Transecto 1 esteve distribuída quase que homogeneamente ao longo de toda a plataforma continental. O fato da Classe Cryptophyceae não ter sido abundante no Transecto 2 pode estar ligado à maior concentração de outros nutrientes, o silicato por exemplo, que acabou ocasionando a dominância das diatomáceas sobre o restante das Classes observadas.

Na porção ocupada pela ACAS, as concentrações de nitrato (5,07 $\mu\text{mol/L}$) e fosfato (0,11 $\mu\text{mol/L}$) foram maiores do que nas outras massas d'água (abaixo de 3 $\mu\text{mol/L}$) presentes na plataforma continental (Tabela 7).

Nessa mesma região, o número de organismos, principalmente da Classe Cyanophyceae, foi mais representativo (Tabela 10), uma vez que muitas espécies de Cyanophyceae são capazes de colonizar regiões com altas concentrações de fosfato e empobrecidas de nitrogênio. Razão disso é a capacidade de utilizar o fosfato disponível e fixar o nitrogênio atmosférico e ainda disponibilizá-lo no oceano (Sullivan e Center, 2016).

O maior número de organismos fitoplanctônicos ($>150 \times 10^3$ ind/L) esteve associado à região de quebra de plataforma, uniformemente distribuída ao longo da coluna de água, ligada muito mais a presença da AT e ACAS, através do processo de ressurgência costeira por ser um dos principais mecanismos responsáveis pelo aporte de nutrientes sobre a plataforma continental ou através da ressuspensão de nutrientes do fundo para a coluna de água causando um aumento de organismos fotossintéticos na zona eufótica.

Na região oceânica, a comunidade fitoplanctônica e a distribuição dos nutrientes se deram de forma diferenciada. O maior número de organismos fitoplanctônicos se localizou na porção da AT e na região da PMC (localizado entre a AT e ACAS) diminuindo em direção ao fundo, assim como observado na Figura 11. De forma inversa, os nutrientes apresentaram maiores concentrações na camada de água ocupada pela AIA diminuindo em direção a superfície (Figuras 8 e 10). Além disso, as maiores concentrações, tanto de fitoplâncton quanto de nutrientes, estiveram associadas às estações localizadas próximo ao talude continental (Figura 10). Tal característica pode estar relacionada à ocorrência de processos oceanográficos tais como a maré interna e/ou ao desenvolvimento de ressurgência costeira que transporta água fria e rica em nutrientes sobre a plataforma continental, além da presença de vórtices ciclônicos que enriquecem as camadas mais rasas no oceano. Contudo, o trabalho realizado por Freitas (2014) evidencia a formação de instabilidades na quebra de plataforma associadas à formação de vórtices ciclônicos e um aumento da clorofila-a observados nas imagens de satélite, principalmente no período de verão, na região do Embaiamento de Tubarão.

A comunidade fitoplanctônica, em geral, utiliza os nutrientes disponíveis nessa primeira camada do oceano, de menor espessura e eufótica, e disponibiliza matéria orgânica para os outros níveis tróficos da teia alimentar. A alta absorção dos nutrientes na superfície pode ocasionar a depleção desse

material e, conseqüentemente, afetar a atividade biológica em todo o oceano. Abaixo da zona eufótica, as altas concentrações de nutrientes são resultado da remineralização microbiana dessa matéria orgânica não utilizada pelos organismos (De Baar, 1994; Moore *et al.*, 2013).

A presença da CM na parte superior do oceano resultou em uma distribuição quase homogênea de organismos fitoplanctônicos devido à mistura da coluna de água, além de baixas concentrações de nutrientes (NO_3^- - 2,6 $\mu\text{mol/L}$). Na porção abaixo da CM até a base da picnoclina a concentração de nutrientes foi maior provavelmente associada a nutriclina (feição não determinada nesse trabalho), mas a transferência desse material para a região superficial só é possível se houver o aprofundamento da CM e conseqüente erosão da porção superficial da termoclina permanente. Isso causaria a fertilização da camada superior e o crescimento de uma comunidade bem desenvolvida na camada superior (Travassos *et al.*, 1999; Tiburcio *et al.*, 2011). Resultado disso foi a tendência que a comunidade fitoplanctônica apresentou de diminuir seu tamanho com o aumento da profundidade.

Mesmo com a dominância dos organismos nanofitoplanctônicos da Classe Cyanophyceae nas camadas superficiais da região oceânica e também da plataforma continental, ocorreu maior número de organismos microfitoplanctônicos, e.g. Dinophyceae, até a região da ACAS, enquanto que abaixo dela houve uma diminuição tendendo a zero dos organismos maiores passando a ter a dominância exclusiva de Cyanophyceae e Chlorophyceae na escala de tamanho do nanofitoplâncton (ANEXO 4). As espécies de maior tamanho dominaram locais com altas concentrações de nitrato e alta incidência de luz e os indivíduos de menor tamanho em águas altamente estratificadas diminuindo a absorção de nutrientes e aumentando a reprodução. A estrutura do tamanho e a composição taxonômica variaram com as modificações físicas e químicas do ambiente (Platt *et al.*, 2005).

Embora a distribuição do fitoplâncton dependa muito da disponibilidade de nutrientes, a comunidade como um todo também é influenciada pela predação e processos de perda (De Baar, 1994; Moore *et al.*, 2013). Assim como observado nos resultados desse trabalho, as interações ambientais e ecológicas modificam a composição e abundância das espécies podendo ocorrer modificação da comunidade com a dominância de algumas espécies,

especialmente de Cyanophyceae e diminuição do tamanho das células como forma de sobrevivência (Raven, 1998; Irigoien *et al.*, 2004; Moore *et al.*, 2013).

O número de organismos se torna dependente também das variações sazonais associadas ao balanço de calor que causam aprofundamento da CM em alguns períodos do ano ocasionando processos de mistura até maiores profundidades (~100 dbar) e fertilização dessa porção (Monterey e Levitus, 1997; Kara *et al.*, 2003; Narvekar e Kumar, 2014). Além disso, processos de ascensão de água por meio de vórtices ciclônicos e bombeamento vertical fornecem nutrientes para camadas mais rasas tornando possível a produção biológica na região tropical (Gaeta *et al.*, 1999; Gaube *et al.*, 2013).

A profundidade da máxima concentração de fluorescência, da base da picnoclina, do final da CM e da CI foram estimadas com o intuito de identificar a estrutura vertical e a variabilidade ao longo dos Transectos 1 e 2 (Figura 13).

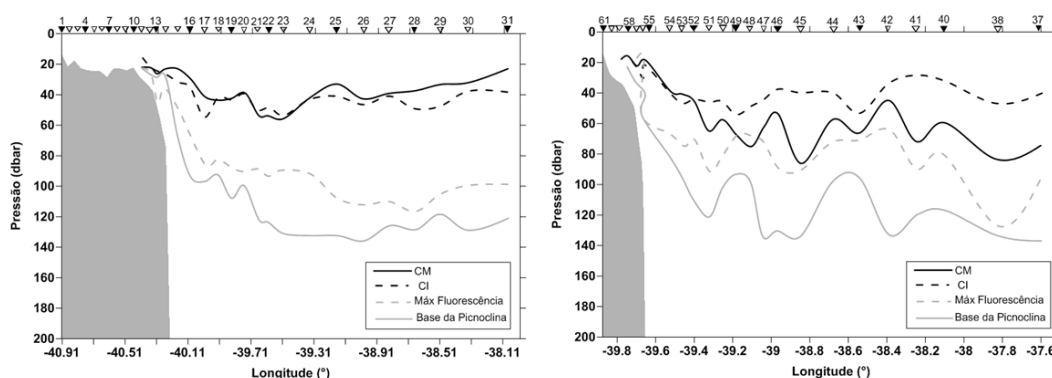


Figura 13 – Profundidade da Camada de Mistura, Camada Isotérmica, da Máxima Fluorescência e da Base da Picnoclina. Esquerda: Transecto 1; Direita: Transecto 2.

A partir desses resultados verificou-se que em ambos os transectos a linha de máxima fluorescência se localizou entre a CM e a base da picnoclina diretamente ligada à massa de água central, ACAS, caracterizada como uma massa d'água rica em nutrientes (nutriclina) e em fitoplâncton (PMC). A base da picnoclina se localizou entre 80 e 140 dbar. O comportamento horizontal da base da picnoclina se deu de forma semelhante à isohalina de 37 g/kg nos resultados de salinidade obtidos por Martins (2014) e também onde foi observado o início da redução da concentração de sal em direção ao fundo. Resultados de temperatura conservativa e salinidade absoluta de ambos os transectos distribuídos verticalmente podem ser visualizados no ANEXO 5.

A distribuição dos valores de fluorescência observados nos transectos depende da variabilidade do balanço de calor ao longo do ano. Salviato (2015) e Fernandes (2015) mostraram que toda a dinâmica vertical de afundamento e subida da CM está intimamente relacionada ao balanço de calor causando processos de mistura e de estratificação da coluna de água. No outono, o oceano começa a perder calor causando o aumento na espessura da CM e misturando toda a primeira camada (AT), fertilizando-a. A fertilização dessa porção no período de outono e inverno se dá pela introdução de nutrientes e resulta em máximas concentrações de clorofila-*a* (Fernandes, 2015). Com o início da primavera e no verão, o fluxo de calor volta a ser positivo resultando em um oceano altamente estratificado e isolando a camada superior, que está em contato direto com a atmosfera, da camada subsuperficial (Fernandes, 2015; Ghisolfi *et al.*, 2015; Salviato, 2015). A alta estratificação do oceano no verão refletiu na produtividade e distribuição do fitoplâncton em subsuperfície formando uma região rica em nutrientes, relacionada à nutriclina (não analisada nesse trabalho), e a presença de altas concentrações de fluorescência entre a base da picnoclina e a CM (Figura 13). Essa distribuição de fluorescência corroborou com os resultados obtidos nas análises quantitativas do fitoplâncton (Figura 11), onde foi observado o maior número de indivíduos ao longo da coluna de água.

A presença do vórtice ciclônico no Transecto 2 (entre as estações 40 e 46) também evidenciada por Martins (2014), causou modificações dos valores de fluorescência e nos resultados quantitativos do fitoplâncton. Na região delimitada como área de influência do vórtice ciclônico o perfil médio do número de indivíduos fitoplanctônicos apresentaram dois picos de máxima concentração de indivíduos e a fluorescência foi máxima nas estações relacionadas ao centro do vórtice e menores nas bordas. No centro do vórtice ela se apresentou mais rasa e próxima a profundidade da CM. As maiores concentrações de fluorescência corroboram com os achados de Martins (2014), quando a autora identificou uma feição ciclônica na região do ET na imagem de satélite de clorofila-*a* do dia 24 de dezembro de 2011 (Figura 14). Embora a imagem seja de vários dias depois da finalização das coletas *in situ* (ela se modificou e se deslocou no oceano), ela está associada ao Transecto 2 de coleta dos dados.

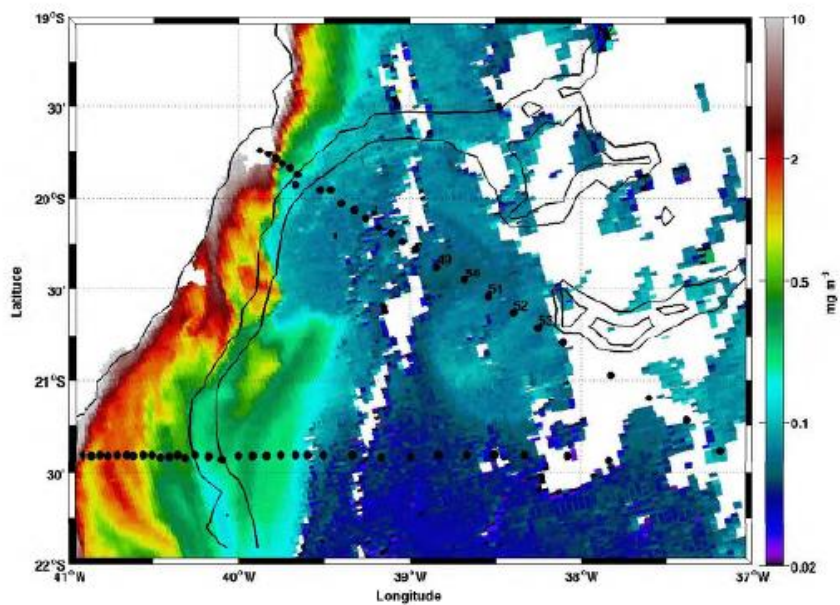


Figura 14 - Distribuição de clorofila-a no Embaiamento de Tubarão no dia 24 de dezembro de 2011 e evidência do vórtice ciclônico na região oceânica. Os pontos pretos se referem as estações de coleta onde ocorreram perfilagem do CTD. **Fonte:** Martins (2014).

3.6. PRESENÇA DO VÓRTICE CICLÔNICO

A existência de um vórtice ciclônico na região do ET foi primeiramente descrita por Schmid *et al.* (1995) e posteriormente investigado por Campos (2006), Arruda *et al.* (2013), Pimentel (2012), Servino (2014), Mill *et al.* (2015), entre outros, caracterizado quanto ao seu movimento, localização e o impacto sobre a distribuição de nutrientes e clorofila-*a* por Gaeta *et al.* (1999). Recentemente o vórtice ciclônico foi identificado por medidas de correntometria *in situ* medidos por ADCP (Figura 15) e imagens de satélite de clorofila-*a* (Figura 14) por Martins (2014). Calado *et al.* (2010), Aguiar *et al.* (2014) e Paloczy *et al.* (2016) ainda apontaram que a subida de água fria sobre a plataforma continental do Espírito Santo pode sofrer o efeito do vórtice ciclônico intensificando o processo de ressurgência observado nas análises de massa d'água sobre a plataforma continental.

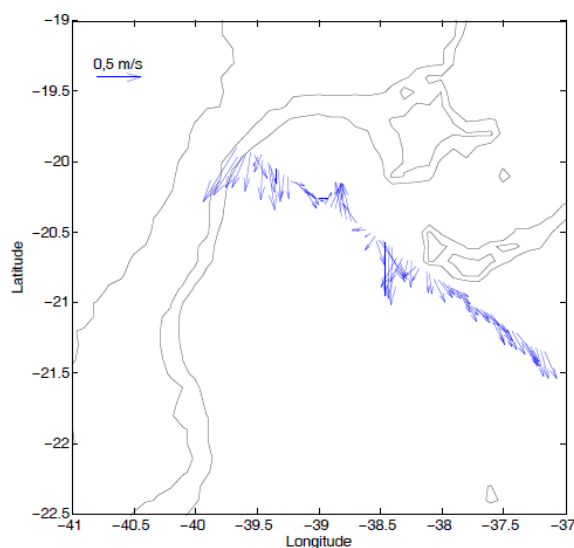


Figura 15 - Distribuição da velocidade subsuperficial (em 55 m) obtida pelo ADCP no Transecto 2. **Fonte:** Martins (2014).

Não foi possível identificar um sinal térmico superficial da presença do vórtice ciclônico no presente estudo já que a insolação promove o aquecimento da porção superficial do oceano gerando uma capa térmica (Schmid *et al.*, 1995) e, conseqüentemente, uma forte estratificação. A presença do vórtice ciclônico resulta em um bombeamento no seu interior o que resulta na

ascensão da nutriclina e na fertilização da porção da caracteristicamente oligotrófica da AT.

As oscilações observadas na interface AT-ACAS no Transecto 2 (Figura 16) desse estudo e a análise de correntometria (Figura 16) realizado por Martins (2014) evidenciaram a presença do processo ciclônico na região entre as estações amostrais 40 e 46 com o núcleo próximo da estação 43 (Figura 16) identificados também nas medidas de ADCP (Martins, 2014) nessa mesma região. A ascensão de água no interior do vórtice tornou menor a espessura da porção ocupada pela massa d'água AT, apresentando uma profundidade em torno de 50 dbar, da mesma forma como descrito por Martins (2014).

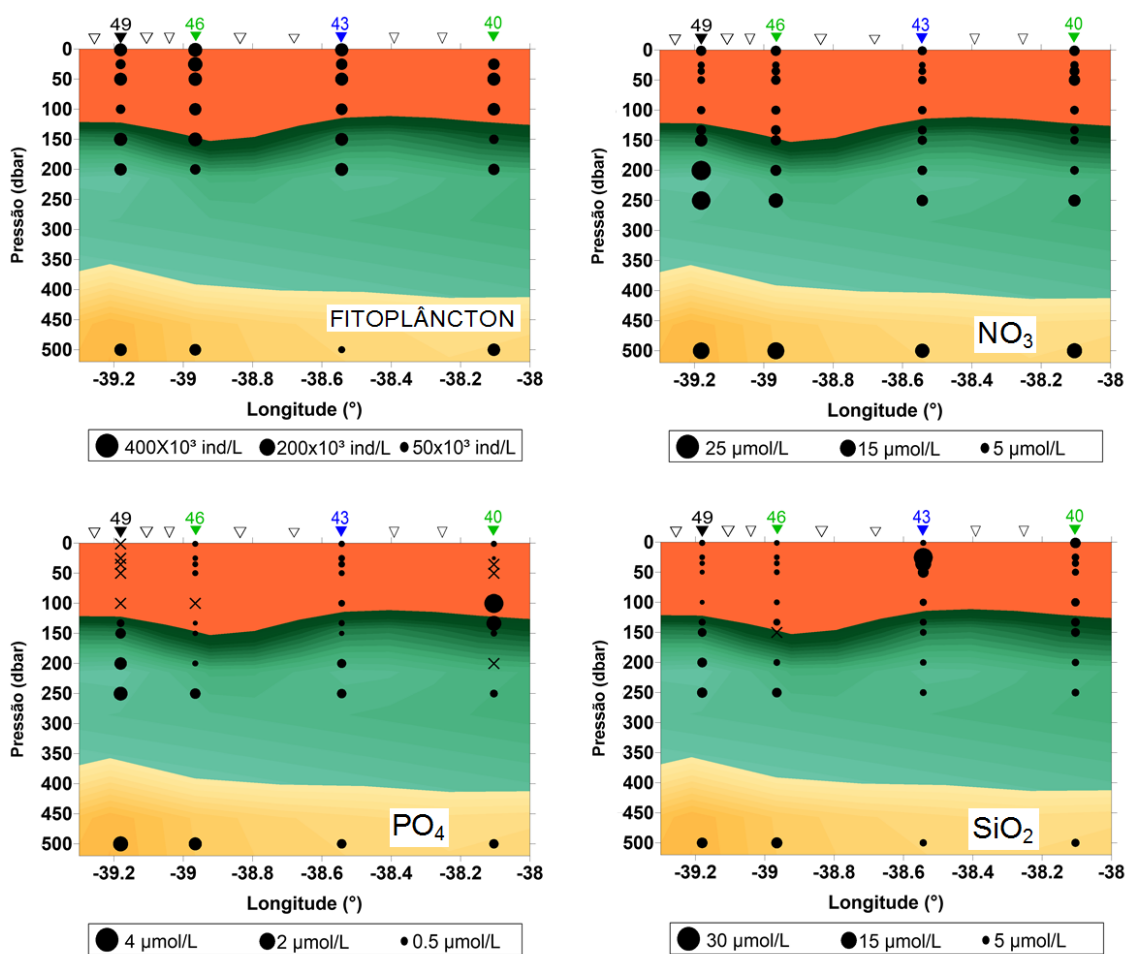


Figura 16 – Distribuição vertical das massas d'água (AT – coral; ACAS – verde; AIA – marrom), do número de organismos fitoplanctônicos totais (ind/L), concentração de NO₃, PO₄, SiO₂ (µmol/L) na região do vórtice ciclônico. As estações em verde se localizam nas bordas do vórtice ciclônico e a estação em azul se localiza no núcleo do vórtice ciclônico. O "x" representam as concentrações de nutrientes que estiveram abaixo do limite de detecção.

Oscilações puderam ser observados nos padrões da CM, linha de máxima concentração de fluorescência e a base da picnoclina mostrados no Transecto 2 da Figura 13 podendo ter influência do vórtice ciclônico, assim como outros processos mencionados anteriormente, onde estiveram em menores profundidades na estação relacionada ao núcleo do vórtice enquanto que nas estações localizadas próximas a borda do processo ciclônico elas se mostraram mais profunda.

O sinal desse processo oceanográfico foi determinado até aproximadamente 500 dbar, assim como observado por Martins (2014), e puderam ser evidenciadas na formação de dois núcleos de maior preservação das propriedades de formação na porção da AIA no Transecto 2 (Figura 5) relacionada a recirculação da AIA dentro do Embaiamento de Tubarão (Costa *et al.*, 2017) coincidindo com as estações relacionadas as bordas do vórtice ciclônico em questão.

A presença deste tipo de feição no oceano, e conseqüente ascensão de água de regiões mais profundas e ricas em nutrientes para a porção eufótica do oceano implicaram no aumento da produção biológica (Conceição, 2013). Nas estações que estiveram sob a influência do vórtice ciclônico a concentração de nutrientes (NO_3 , PO_4 e SiO_2) foi maior, principalmente nas estações localizados na borda do vórtice. Vale ressaltar que no vórtice ciclônico há um bombeamento vertical e conseqüente ascensão de água e nas bordas o processo de convergência resulta no afundamento de água acarretando o acúmulo de material no topo e transporte vertical em direção ao fundo (Schmid *et al.*, 1995; Gaeta *et al.*, 1999).

Em 200 dbar, a concentração de NO_3 esteve em torno de $4,5 \mu\text{mol/L}$ no centro do vórtice e nas bordas apresentaram o dobro dessa concentração. Já a concentração de PO_4 não apresentou mudanças na distribuição entre o centro e as bordas. Por fim, a concentração de SiO_2 foi a que apresentou maior variação entre as bordas e o núcleo do vórtice ciclônico, onde exibiu $1,3 \mu\text{mol/L}$ no centro e nas bordas do vórtice triplicou essa concentração.

Em 500 dbar, as concentrações de nutrientes aumentaram, principalmente, nas estações localizadas na borda do vórtice, onde apresentaram concentrações de NO_3 entre $7,2 \mu\text{mol/L}$ no núcleo e $10 \mu\text{mol/L}$ nas bordas. Já a concentração de SiO_2 apresentou uma concentração seis

vezes maior nas bordas em relação ao centro do vórtice. A concentração de PO_4 continuou com pouca variação entre o centro e as bordas. As análises realizadas por Gaeta *et al.* (1999) foram até a profundidade de 250 m. Entretanto, comparando-se as concentrações de NO_3 , PO_4 , SiO_2 observados pelo autor supracitado na região de influência do vórtice ciclônico com os resultados determinados até 200 dbar desse estudo foi possível verificar que as concentrações de NO_3 , PO_4 quadruplicaram em relação às concentrações reportadas por Gaeta *et al.* (1999), que fez o estudo nessa região no período de outono, período esse caracterizado por fertilizar regiões de menor profundidade, que apresentaram em torno de $2 \mu\text{mol/L}$ de nitrato e $0,18 \mu\text{mol/L}$ de fosfato no núcleo frio do vórtice. A mesma relação não pôde ser realizada com o silicato, pois o autor não realizou análises de SiO_2 .

Assim como descrito anteriormente, independente da presença do vórtice ciclônico, as concentrações de nutrientes aumentaram em direção ao fundo devido à sedimentação do material não absorvido na coluna de água e a remineralização dos nutrientes em maiores profundidades (Pedrosa *et al.*, 2006). Entretanto, na região do vórtice ciclônico o bombeamento (Gaube *et al.*, 2013) transporta material verticalmente em direção à superfície na coluna de água o que resulta em maiores concentrações de nutrientes em relação ao Transecto 1.

A presença do vórtice ciclônico também se refletiu na concentração e na sua distribuição vertical de indivíduos fitoplanctônicos no Transecto 2. O perfil vertical médio das células fitoplanctônicas se deu de forma diferenciada apresentando dois picos de máxima concentração (Figura 11). O primeiro pico de máxima concentração de indivíduos fitoplanctônicos está relacionado à PMC, já o segundo pico pode estar relacionado ao aumento do número de microalgas logo abaixo de 100 dbar coincidindo com a interface entre a primeira camada do oceano (AT) e a região onde se encontra o vórtice ciclônico (Figura 16). Gaeta *et al.* (1999) apresentou resultados semelhantes aos que foram encontrados nas análises. Além disso, o autor explicou que o segundo pico de máxima clorofila observada no perfil de clorofila-a esteve associado à ascensão de água e aumento da clorofila-a em subsuperfície.

Os organismos fitoplanctônicos apresentaram concentrações duas vezes maiores no topo das estações associadas ao núcleo (estação 43 – azul) do que

nas estações onde se localizam as bordas do vórtice (estações 40 e 46 - verde). Na estação onde se localiza o centro do vórtice, a comunidade fitoplanctônica não apresentou variação no número de indivíduos entre a base (~500 dbar) e o topo (~100 dbar) (Figura 16). Da mesma maneira como observado nos resultados, Gaeta *et al.* (1999) encontraram na região sul de Abrolhos as maiores concentrações de clorofila-a relacionado à presença de uma água mais fria e rica em nutrientes ao longo da coluna de água associado ao centro do vórtice.

Uma vez identificado o aumento do número de indivíduos fitoplanctônicos e a distribuição da fluorescência nesta região do ET (Figura 12), pode-se sugerir a influência desse processo ciclônico na variabilidade na concentração de nutrientes e, conseqüentemente, na variabilidade do fitoplâncton, já que o desenvolvimento de vórtices ciclônicos afetam os regimes físico-químicos causados pela ascensão de águas ricas em nutrientes (Falkowski *et al.*, 1991; Gaube *et al.*, 2013) para profundidades menores causando mudança na estrutura e composição da comunidade fitoplanctônica (Baltar *et al.*, 2010) e, conseqüentemente, em toda a cadeia trófica tropical (Boras *et al.*, 2010).

4. CONCLUSÃO

Embora a inclusão dos parâmetros não-conservativos na análise de massa de água via OMP não tenha alterado o número de massas identificadas, houve um refinamento em relação às profundidades das interfaces entre as respectivas massas, além de um melhor detalhamento principalmente em relação à Corrente de Contorno Intermediária em um possível processo de recirculação dentro do Embaiamento de Tubarão.

O comportamento distinto entre os dois transectos da Camada Isotérmica, de Mistura e o desenvolvimento da Camada de Barreira interferiu na concentração e na disponibilização de nutrientes para a zona eufótica, e na composição e número de organismos fitoplanctônicos.

A plataforma continental apresentou uma distribuição complexa da massa de água e das concentrações de nutrientes, bem como na comunidade de fitoplâncton. A presença de ACAS associada ao processo de ressurgência costeira resultou em altas concentrações de nitrato, bem como a ocorrência de AC e AT influenciaram as concentrações de silicato sobre a plataforma continental. A Cyanophyceae e Chlorophyceae foram as classes dominantes ao longo dos dois Transectos. Em plataforma, as classes Cryptophyceae e o grupo de diatomáceas foram a terceira classe dominante associados às maiores concentrações de NO_3 e SiO_2 , respectivamente, e substituídos pela classe Dinophyceae na região oceânica.

A distribuição vertical da concentração de nutrientes foi inversa à distribuição vertical do número de organismos na região oceânica. Apesar das características oligotróficas da AT, a dominância da classe Cyanophyceae resulta da capacidade de fixação de nitrogênio por algumas espécies na coluna d'água. Nas camadas inferiores, além das características originais das massas de água, os processos de sedimentação e regeneração contribuíram para as maiores concentrações de nutrientes nessa região. No entanto, a ausência de luminosidade reduziu o número total de organismos e com predomínio de organismos de nanofitoplanctônicos e heterotróficos/mixotróficos.

A presença do vórtice ciclônico foi evidenciada pelas oscilações na interface AT-ACAS e na profundidade da CM. Na porção de influência do vórtice houve um aumento tanto da concentração de nutrientes quanto do

número de organismos fitoplanctônicos especificamente nas estações relacionadas ao centro do vórtice e na porção superficial das estações associadas a sua borda.

5. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Nesse trabalho foram descritas a estrutura vertical das massas d'água juntamente com as concentrações de nutrientes e número de indivíduos fitoplanctônicos e a interação entre eles ao longo de dois transectos na plataforma continental e região oceânica no Embaiamento de Tubarão.

Mesmo com uma cobertura amostral considerável ainda surgem dúvidas sobre sua variabilidade, principalmente em regiões onde houve falhas de coleta, tal como na região da ACAS. O detalhamento na porção ocupada pela ACAS se faz necessário devido à complexidade dessa região, a formação da nutriclina, que não foi possível identificar neste estudo, a influência da Camada de Barreira no comportamento dos nutrientes e comunidade fitoplanctônica e a interação dessa região com a camada superior ocupada pela AT, que devem ser avaliadas de forma mais detalhada em trabalhos futuros.

A análise estatística, principalmente a análise de variância da comunidade fitoplanctônica, pode ser uma ferramenta em trabalhos futuros para chegar se concluir e verificar numericamente qual foi o comportamento dos organismos em resposta às modificações do ambiente, tanto quanto à entrada de água fria sobre a plataforma quanto à variabilidade da comunidade ao longo da profundidade.

A inclusão de outros resultados tais como aqueles oriundos de imagens de satélite e da modelagem podem permitir um diagnóstico mais completo da interação físico-químico-biológico podendo incluir a medição da produtividade primária (taxa de fotossíntese) real ou potencial para confirmar os efeitos desses mecanismos sobre a ecofisiologia do fitoplâncton.

Finalmente, a variabilidade da dinâmica oceânica ao longo do ano resulta em modificação tanto na concentração de nutrientes como na resposta do fitoplâncton. É imperativo que se realize uma análise integrada ao longo do ano o que permitirá se identificar possíveis padrões sazonais na área de estudo.

6. REFERÊNCIAS

Agawin, N. S.; Tovar-Sánchez, A.; De Zarruk, K. K.; Duarte, C. M.; Agustí, S. (2013). Variability in the Abundance of Trichodesmium and Nitrogen Fixation Activities in the Subtropical NE Atlantic. **Journal of plankton research**.

Aguiar, A. L.; Cirano, M.; Pereira, J.; Marta-Almeida, M. (2014). Upwelling Processes Along a Western Boundary Current in the Abrolhos–Campos Region of Brazil. **Continental Shelf Research**, 85:42–59.

Aminot A; Chaussepied M. (1983). **Manuel des analyses chimiques en milieu marin**. Brest: CNEXO.

ANA. **Agência Nacional de Águas**. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>.

Arruda, W. Z.; Campos, E. J. D.; Zharkov, V.; Soutelino, R. G.; Silveira, I. C. A. (2013). Events of Equatoward Translation of the Vitoria Eddy. **Continental Shelf Research**, 70:61–73.

Balech, E. (1988). **Los Dinoflagelados del Atlantico Sudoccidental**. Madrid: Ministerio de Agricultura e Pesca. 310 p.

Baltar, F.; Arístegui, J.; Gasol, J. M.; Lekunberri, I.; Herndl, G. J. (2010). Mesoscale Eddies: Hotspots of Prokaryotic Activity and Differential Community Structure in the Ocean. **International Society for Microbial Ecology Journal**, 4, 975–988.

Boras, J. A.; Sala, M. M.; Baltar, F.; et al. (2010). Effect of Virus and Protists on Bacteria in Eddies of the Canary Current Region (Subtropical Northeast Atlantic). **Limnology and Oceanography**, 55, 885–898.

Boltovskoy, D., (1999). South Atlantic Zooplankton. **Backhuys Publishers**, Leiden.

Brandini, F. P. (1988). Hydrography, Phytoplankton Biomass and Photosynthesis in Shelf and Oceanic Waters Off Southeastern Brazil During Autumn (May/June 1983). **Bolm. Institute of Oceanography**, University of São Paulo 36, 63–72.

Brandini, F. P.; Fernandes, L. F. (1996). Microalgae of the Continental Shelf Off Paraná State, Southeastern Brazil: a Review of Studies. **Brazilian Journal of Oceanography**, 44(1), 69-80.

Burford, M. A.; Rothlisberg, P. C. (1999). Factors Limiting Phytoplankton Production in a Tropical Continental Shelf Ecosystem. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, 48(5), 541-549.

Calado, L. (2001). **Dinâmica da Formação dos Meandros e Vórtices da Corrente do Brasil ao Largo do Sudeste Brasileiro**. Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo – Instituto Oceanográfico, São Paulo.

Calado, L.; Silveira, I. C. A. d.; Gangopadhyay, A.; Castro, B. M. d. (2010). Eddy Induced Upwelling Off Cape São Tomé (22°S, Brazil). **Continental Shelf Research**, 30:1181–1188.

Campos, E. J. D. (2006). Equatorward Translation of the Vitoria Eddy in a Numerical Simulation. **Geophysical Research Letters**, 33:L22607.

Campos, A. P. M. (2011). **Análise da Variabilidade Espacial e Temporal da Pluma do Rio Doce (ES) através do Sensoriamento Remoto**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental, Vitória.

Campos, E. J. D.; Gonçalves, J. E.; Ikeda, Y. (1995). Water Mass Characteristics and Geostrophic Circulation in the South Brazil Bight – Summer of 1991. **Journal Geophysical Research**, 100:18537–18550.

Castelão, R.; Barth, J. (2006). Upwelling Around Cabo Frio, Brazil: The Importance of Wind Stress Curl. **Geophysical Research Letters**, 33:L03602.

Castro, B. M.; Miranda, L. B. d. (1998). Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf Located Between 4°N and 34°S. In Robinson, A. R. and H., B. K., editors, **The Sea: The Global Coastal Ocean - Regional Studies and Syntheses**, pages 209–251. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Chaloub, R. M.; Motta, N. M. S.; Araujo, S. P.; Aguiar, P. F.; Silva, A. F. (2015). Combined Effects of Irradiance, Temperature and Nitrate Concentration on Phycoerythrin Content in the Microalga *Rhodomonas* sp.(Cryptophyceae). **Algal Research**, 8, 89-94.

Chavez, F. P.; Messié, M.; Pennington, J. T. (2011). Marine Primary Production in Relation to Climate Variability and Change. **Annual Review of Marine Science**, 3, 227-260.

Comas, A.; Eberto, N. & Tavera, R. (2007). Coccal Green Algae (Chlorophyta) in Shallow Ponds in Veracruz, México. **Algological Studies** 124: 29-69.

Conceição, J. R. (2013). **Caracterização Ambiental das Comunidades Fitoplanctônicas de uma Área da Plataforma Continental e Duas Áreas Oceânicas do Estado do Espírito Santo**. Monografia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

Costa, V. S.; Mill, G. N.; Gabioux, M.; Grossmann-Matheson, G. S.; Paiva, A. M. (2017). The Recirculation of the Intermediate Western Boundary Current at the Tubarão Bight–Brazil. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 120, 48-60.

Dandonneau, Y.; Gohin, F. (1984). Meridional and Seasonal Variations of the Sea Surface Chlorophyll Concentration in the Southwestern Tropical Pacific (14 to 32°S, 160 to 175°E). **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 31(12), 1377-1393.

De Baar, H. J. W. (1994). Von Liebig's Law of the Minimum and Plankton Ecology (1899–1991). **Progress in Oceanography**. 33, 347–386.

Ediger, D.; Soydemir, N.; Kideys, A. E. (2006). Estimation of Phytoplankton Biomass Using HPLC Pigment Analysis in the Southwestern Black. **Sea Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography**, 53(17), 1911-1922.

Emilson, I. (1961). The Shelf and Coastal Waters Off Southern Brazil. **Bolm. Instituto Oceanográfico**, 17(2):101–112.

Esteves, F. D. A. (1988). Fundamentos de Limnologia. **Fundamentos de limnologia**. Interciência/Finep.

Evans, D.; Signorini, S. R. (1985). Vertical Structure of the Brazil Current. **Nature**, 315:48–50.

Evans, D.; Signorini, S. R.; Miranda, L. (1983). A Note on the Transport of the Brazil Current. **Journal of Physical Oceanography**, 13:1732–1738.

Falkowski, P. G.; Ziemann, D.; Kolber, Z.; et al. (1991). Role of Eddy Pumping in Enhancing Primary Production in the Ocean. **Nature**, 352, 55–58.

Fernandes, M. S. (2015). **Influências Meteo-Oceanográficas no Padrão de Distribuição Espaço-Temporal de Concentração de Clorofila-a**

na Região do Embaiamento de Tubarão – Oceano Atlântico Oeste. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória.

Fernandes, L. F.; Brandini, F. P. (2004). Diatom Associations in Shelf Waters Off Parana State, Southern Brazil: Annual Variation in Relation to Environmental Factors. **Brazilian Journal of Oceanography**, 52(1), 19-34.

Freitas, A. C. T. (2014). **Avaliação Espaço-Temporal de Feições Ciclônicas no Embaiamento de Tubarão (ES) Através de Imagens de Satélite de Concentração de Clorofila-a.** Monografia de Graduação em Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória.

Friebele, E. S.; Correll, D. L.; Faust, M. A. (1978). Relationship Between Phytoplankton Cell Size and the Rate of Orthophosphate Uptake: *in situ* Observations of an Estuarine Population. **Marine Biology**, 45(1), 39-52.

Gaeta, S. A.; Lorenzetti, J. A.; Miranda, L. B. d.; Susini-Ribeiro, S. M. M.; Pompeu, M.; Araujo, C. E. S. d. (1999). The Vitória Eddy and Its Relation to the Phytoplankton Biomass and Primary Productivity During the Austral Fall of 1995. **Archive of Fishery and Marine Research**, 47(2/3):253–270.

Gaube, P.; Chelton, D. B.; Strutton, P. G.; Behrenfeld, M. J. (2013). Satellite Observations of Chlorophyll, Phytoplankton Biomass, and Ekman Pumping in Nonlinear Mesoscale Eddies. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, 118(12), 6349-6370.

Ghisolfi, R. D.; Da Silva, M. P.; Dos Santos, F. T.; Servino, R. N.; Cirano, M.; Thompson, F.L. (2015). Physical Forcing Mechanisms Controlling the Variability of Chlorophyll-a Over the Royal-Charlotte and Abrolhos Banks—Eastern Brazilian Shelf. **Plos One** 10(2).

Gianesella-Galvão, S. M. F.; Costa, M. D. F.; Kutner, M. B. (1995). Bloom de Oscillatoria (Trichodesmium) Erythraea (Ehr.) Kutz. in Coastal Waters of the Southwest Atlantic. **Publicação Especial do Instituto Oceanografico**, 11, 133-140.

Gianesella, S. M. F. (2000). **Variabilidade da Camada de Clorofila Máxima na Região de Quebra da Plataforma Continental Sudeste brasileira.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.

Godoi, S. S (2005). **Dinâmica Quase-Geostrófica do Sistema Corrente do Brasil no Embaiamento de São Paulo (23,5^o-27^o S).** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo..

Gonzalez-Rodriguez, E.; Valentin, J. L.; André, D. L.; Jacob, S. A. (1992). Upwelling and Downwelling at Cabo Frio (Brazil): Comparison of Biomass and Primary Production Responses. **Journal of Plankton Research**, 14(2), 289-306.

Grasshoff, K.; Ehrhardt, M.; Kremling, K. (1983). Determination of Nutrients. **Methods of Seawater Analysis**, 2nd ed. Verlag Chemie, 125-188.

Hays, G. C.; Richardson, A. J.; Robinson, C. (2005). Climate Change and Marine Plankton. **Trends in Ecology & Evolution**, 20(6), 337-344.

Irigoiien, X.; Huisman, J.; Harris, R. P. (2004). Global Biodiversity Patterns of Marine Phytoplankton and Zooplankton. **Nature**, 429, 863–867.

Jena, B.; Sahu, S.; Avinash, K.; Swain, D. (2013). Observation of the Oligotrophic Gyre Variability in the South Indian Ocean: Environmental Forcing and Biological Response. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, v. 80, p 1-10.

Kara, A.; Rochford, P.; Hurlburt, H. (2000a). An Optimal Definition for Ocean Mixed Layer Depth. **Journal of Geophysical Research**, 105:16803–16821.

Kara, A.; Rochford, P.; Hurlburt, H. (2000b). Mixed Layer Depth Variability and Barrier Layer Formation Over the North Pacific Ocean. **Journal of Geophysical Research**, 105:16783–16801.

Kara, A. B.; Rochford, P. A.; Hurlburt, H. E. (2003). Mixed Layer Depth Variability Over the Global Ocean, **Journal of Geophysical Research**, 108, 3079.

Karstensen, J.; Tomczak, M. (1997). Age Determination of Mixed Water Masses Using CFC and Oxygen Data. **Journal of Geophysical Research**, 103, 18.599–18.610.

Langlois, R. J.; Hummer, D.; LaRoche, J. (2008). Abundances and Distributions of the Dominant Nith Phylotypes in the Northern Atlantic Ocean. **Applied and Environmental Microbiology**, 74, 1922–1931.

Lefébure, P. (1947). **Atlas Pour La Détermination Des Diatomées**.

Lemos, A. T. (2014). **Aspectos Meteo-Oceanográficos Associados com a Concentração de Clorofila-a ao Longo da Cadeia Vitória-Trindade**. Tese de doutorado, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.

Levitus, S.; Conkright, M. E.; Reid, J. L.; Najjar, R. G.; Mantyla, A. (1993). Distribution of Nitrate, Phosphate and Silicate in the World Oceans. **Progress in Oceanography**, 31(3), 245-273.

Machado, E. C.; Daniel, C. B.; Brandini, N.; Queiroz, R. L. V. (1997). Temporal and Spatial Dynamics of Nutrients and Particulate Suspended Matter in Paranaguá Bay, PR, Brasil. **Nerítica**, 27, 17 – 36p.

Margalef, R. (1980). **Ecology**. Editorial Omega. Barcelona, 95 pp.

Mamayev, O. I. (1975). Temperature-Salinity Analysis of World Ocean Waters, volume 11 of Elsevier Oceanography Series. **Elsevier Scientific Publishing Company**, Amsterdam.

Maamaatuaiahutapu, K.; Garyon, V. C.; Provost, C.; Boulahdid, M.; Bianchi, A. A. (1994). Spring and Winter Water Mass Composition in the Brazil-Malvinas Confluence. **Journal of Marine Research**, (52), 397–426.

Martins, T. R. (2014). **A Corrente do Brasil no Embaio de Tubarão - Oceano Atlântico Sudoeste**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo.

Matsuura, Y. (1986). Contribuição ao Estudo da Estrutura Oceanográfica da Região Sudeste entre Cabo Frio (RJ) e Cabo de Santa Marta Grande (SC). **Ciência e Cultura**, 38(8), 1439-1450.

Mauri, E., Poulain; P. M.; Južnič-Zonta, Ž. (2007). MODIS Chlorophyll Variability in the Northern Adriatic Sea and Relationship with Forcing Parameters. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, 112(C3).

Mazzini, P. L. F.; Barth J. A. (2013). A Comparison of Mechanisms Generating Vertical Transport in the Brazilian Coastal Upwelling Regions, **Journal of Geophysical Research: Oceans**, 118, 5977–5993.

Mémery, L.; Arhan, M.; Alvarez-Salgado, X. A.; Messia, M. J.; Mercier, H.; Castro, C. G.; Rios, A. F. (2000). The Water Masses along the Western Boundary of the South and Equatorial Atlantic. **Progress in Oceanography**, (47), 69–98.

Mill, G.N.; Costa, V.S.; Lima, N.D.; Gabioux, M.; Guerra, L.A.A.; Paiva, A.M. (2015). Northward Migration of Cape São Tomé Rings, Brazil. **Continental Shelf Research**, 106, 27–37.

Miller, J. R. (1976). The Salinity Effect on a Mixed Layer Ocean Model. **Journal Physical Research**, 6: 29-35.

Mills, M. M.; Ridame, C.; Davey, M. et al. (2004). Iron and Phosphorus Co-Limit Nitrogen Fixation in the Eastern Tropical North Atlantic. **Nature**, 429, 292–294.

Montes, M. (2003). **Fatores que Influenciam na Produtividade dos Oceanos: a Importância do Fluxo de Difusão dos Nutrientes para Biomassa do Fitoplâncton na Região Oceânica do Nordeste Brasileiro**. Tese Doutorado em Oceanografia Física. Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

Monterey, G.; Levitus, S. (1997). **Seasonal Variability of Mixed Layer Depth for the World Ocean**. NOAA atlas NESDIS 14, US Gov. Printing Office, Washington DC, 87 figures, 96 pp.

Montoya, J. P.; Holl, C. M.; Zehr, J. P. et al. (2004). High Rates of N₂ Fixation by Unicellular Diazotrophs in the Oligotrophic Pacific Ocean. **Nature**, 430, 1027–1031.

Moore, C. M.; Mills, M. M.; Arrigo, K. R.; Berman-Frank, I.; Bopp, L., Boyd, P. W.; Jickells, T. D. (2013). Processes and Patterns of Oceanic Nutrient Limitation. **Nature**, 6(9), 701-710.

Moser, G. A.; Takanohashi, R. A.; Chagas Braz, M.; Lima, D. T.; Kirsten, F. V.; Guerra, J. V.; Pollery, R. C. G. (2014). Phytoplankton Spatial Distribution on the Continental Shelf off Rio de Janeiro, from Paraíba do Sul River to Cabo Frio. **Hydrobiologia**, 728(1), 1-21.

Muehe, D. (1998). O Litoral Brasileiro e sua Compartimentação. In: Sandra Baptista da Cunha, Antonio José Teixeira Guerra. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S. A., v., p. 273–349.

Narvekar, J.; Kumar, S. P. (2014). **Mixed Layer Variability and Chlorophyll-a Biomass in the Bay of Bengal**.

Neto, H. F. (2008). **Análise Multiparamétrica Ótima de Massas de Água na Bacia de Campos-RJ**. Dissertação de Doutorado, Universidade de São Paulo.

Odebrecht, C.; Djurfeldt, L. (1996). The Role of Nearshore Mixing on Phytoplankton Size Structure off Cape Santa Marta Grande, southern Brazil (Spring 1989). **Archive of Fishery and Marine Research**, 43(3), 217-230.

Ovalle, A. R. C.; Rezende, C. E.; Carvalho, C. E. V.; Jennerjahn, T. C.; Ittekkot, V. (1999). Biogeochemical Characteristics of Coastal Waters Adjacent to Small River–Mangrove Systems, East Brazil. **Geo-Marine Letters**, 19(3), 179-185.

Palóczy, A.; Brink, K. H.; Silveira, I. C.; Arruda, W. Z.; Martins, R. P. (2016). Pathways and Mechanisms of Offshore Water Intrusions on the Espírito Santo Basin Shelf (18° S–22° S, Brazil). **Journal of Geophysical Research: Oceans**, 121(7), 5134-5163.

Passos, L. G. D. (2011). **Padrões de Escoamento Baroclínico de Mesoescala ao Largo do Embaiamento de Tubarão e do Banco de Abrolhos**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Paulo - Instituto Oceanográfico, São Paulo.

Pedrosa, P.; Paranhos, R.; Suzuki, M. S.; Andrade, L.; Silveira, I. C. A.; Schmidt, A. C. K.; Rezende, C. E. (2006). Hidroquímica de Massas d'Água Oceânicas em Regiões da Margem Continental Brasileira, Bacia de Campos, Estado do Rio de Janeiro, **Geochemica Brasiliensis**, 20, 104-122.

Pereira, D. P. C. (2005). **Caracterização da Estrutura Termohalina e de Velocidades dos Dipolos Vorticais da Corrente do Brasil**. Monografia de graduação, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Pimentel, F. P. (2012). **A Corrente do Brasil e a Corrente de Contorno Intermediário na Região da Cadeia Vitória-Trindade**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica, Rio de Janeiro.

Platt, T.; Harrison, W. G.; Lewis, M. R.; Li, W. K.; Sathyendranath, S.; Smith, R. E.; Vezina, A. F. (1989). Biological Production of the Oceans: the Case for a Consensus. **Marine ecology progress series**, 77-88.

Platt, T.; Bird, D. F.; Sathyendranath, S. (1991). Critical Depth and Marine Primary Production. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 246(1317), 205-217.

Platt, T.; Bouman, H.; Devred, E.; Fuentes-Yaco, C.; Sathyendranath, S. (2005). Physical Forcing and Phytoplankton Distributions. **Scientia Marina**, 69(S1), 55-73.

Poole, R.; Tomczak, M. (1999). Optimum Multiparameter Analysis of the Water Mass Structure in the Atlantic Ocean Thermocline. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 46(11), 1895-1921.

Raven, J. A. (1998). **The Twelfth Tansley Lecture. Small is Beautiful: The Picophytoplankton**. *Funct. Ecol.* 12, 503–513.

Rezende, C. E.; Andrade, L.; Suzuki, M. S.; Faro, B. C. M. T.; Gonzalez, A. S. M.; Paranhos, R. (2006). Características Hidrobiológicas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ). **REVIZEE/SCORE Central**.

Rodrigues, R. R.; Lorenzetti, J. A. (2001). A Numerical Study of the Effects of Bottom Topography and Coastline Geometry on the Southeast Brazilian Coastal Upwelling, **Continental Shelf Research**, 21(4), 371–349.

Roughan, M.; Middleton, J. H. (2002). A Comparison of Observed Upwelling Mechanisms off the East Coast of Australia. **Continental Shelf Research**, 22(17), 2551-2572.

Round, F.E. (1983). **Biologia das Algas**. 2 ed. Rio de Janeiro, Ed. Guanabara Dois.

Salviato, J. T. (2015). **Dinâmica da Camada de Mistura Oceânica na Região Abrolhos-Campos**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Oceanografia, Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória.

Sato, S.; Paranaguá, M. N.; Eskinazi, E. (1963). On the Mechanism of the Red Tide of *Trichodesmium* in Recife Northeastern Brazil, with Some Considerations of the Relation to the Human Disease "Tamandaré Fever". **Trabalho Oceanográfico da Universidade Federal de Pernambuco**, 5, 7–49.

Schmid, C.; Schafer, H.; Podestá, G.; Zenk, W. (1995). The Vitória Eddy and Its Relation to the Brazil Current. **Journal of Physical Oceanography**, 25:2532–2546.

Servino, R. N. (2014). **A Bifurcação da Corrente do Brasil no Embaiamento de Tubarão e o seu Papel na Formação de Vórtices ciclônicos**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Espírito Santo - Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Ambiental, Aracruz.

Shtokman, W. B. (1944). Geometric Properties of $\theta - S$ Curves in the Mixing of Three Water Masses in an Infinite Sea. Volume 13(8). **Izv. Akd. Nauk. S. S. S. R.**

Signorini, S. R.; Miranda, L. B.; Evans, D. L.; Stevenson, M. R.; Inostroza, H. M. (1989). Corrente do Brasil: Estrutura Térmica entre 19° e 25°S e Circulação Geostrófica. **Bolm. Institute of Oceanography**, 37(1):33–49.

Silveira, I. C. A. d.; Schmidt, A. C. K.; Campos, E. J. D.; Godoi, S. S.; Ikeda, Y. (2000). A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. **Brazilian Journal of Oceanography**, 48:171–183.

Smayda, T.J.; Reynolds, C.S. (2002). Strategies of Marine Dinoflagellate Survival and Some Rules of Assembly. **Journal of Sea Research**, 49:95-106.

Stramma, L.; England, M. (1999). On the Water Masses and Mean Circulation of the South Atlantic Ocean. **Journal Geophysical Research**, 104(C9):20863–20883.

Stramma, L.; Ikeda, Y.; Peterson, R. (1990). Geostrophic Transport in the Brazil Current Region North of 20°S. **Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers**, 37:1875–1886.

Sullivan, K.; Center, J. B. P. (2016). **Phytoplankton Nutrient Response in Oyster Pond: Identification of Cyanobacteria and Potential for Future Blooms**. Wheaton College, Department of Biology Norton, MA 02766.

Susini-Ribeiro, S. M. M. (1999). Biomass Distribution of Pico-, Nano-and Microplankton on the Continental Shelf of Abrolhos, East Brazil. **Archive of Fishery and Marine Research**, 47(2-3), 271-284.

Teixeira, C. (1973). Introdução aos Métodos para Medir a Produção Primária do Fitoplâncton Marinho. **Bolm. Institute of Oceanography**, 22, 59-92.

Tenenbaum, D. R.; Gomes, E. A. T.; Guimarães, G. P. (2006). Microorganismos Planctônicos: Pico, Nano E Micro. In: VALENTIN, J. L. Características Hidrobiológicas da Região Central da Zona Econômica Exclusiva Brasileira (Salvador, BA, ao Cabo de São Tomé, RJ). **REVIZEE/SCORE Central**, Brasília: Ideal Gráfica, p. 83-124.

Tiburcio, A. S. X. D. S.; Koenig, M. L.; Macêdo, S. J. D.; Melo, P. A. M. D. C. (2011). A Comunidade Microfitoplanctônica do Arquipélago de São Pedro e São Paulo (Atlântico Norte-Equatorial): Variação Diurna e Espacial. **Biota Neotropica**, 11(2), 203-215.

Tomas, C. R. (1997). **Identifying Marine Phytoplankton**. San Diego: Academic Press. 858 p.

Thomaz, F. d. S. (2012). **Varição Espaço-Temporal da Água Central do Atlântico Sul (ACAS) entre os Paralelos de 10°S e 25°S**. Monografia, Universidade Federal do Espírito Santo - Curso de Graduação em Oceanografia, Vitória.

Tomczak, M. (1981). A Multiparameter Extension of Temperature/Salinity Diagram Techniques for the Analysis of Non-Isopycnal Mixing. **Progress in Oceanography**, 10, 147–171.

Tomczak, M.; Large, D. G. (1989). Optimum Multiparameter Analysis of Mixing in the Thermocline of the Eastern Indian Ocean. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, 94(C11), 16141-16149.

Torgan, L. C.; Hentschke, G. S. (2011). Estrutura da Comunidade de Chlorococcales' Sensu Lato'(Chlorophyceae) em Diferentes Hábitats Aquáticos e Hidroperíodos. **Acta Botanica Brasilica**, 25(1), 83-94.

Travassos, P.; Hazin, F. H. V.; Zagaglia, J. R.; Advincula, R.; Schober, J. (1999). Thermohaline Structure Around Seamounts and Islands off North-Eastern Brazil. **Archive of Fishery and Marine Research**, 47(2-3):211-222.

Turk, K. A.; Rees, A. P.; Zehr, J. P.; Pereira, N.; Swift, P.; Shelley, R.; Lohan, M.; Malcolm, E.; Woodward, S.; Gilbert, J. (2011). Nitrogen Fixation and Nitrogenase (nifH) Expression in Tropical Waters of the Eastern North Atlantic. **ISME Journal**, 5, 1201–1212.

Uehlinger, V. (1964). **Étude Statistique des Méthodes de Dénombrement Planctonique**. Arch. Sci. v. 17. n. 2. p. 121-123.

Utermöhl, H. (1958). **Zur Vervollkommung der Quantitativen Phytoplankton Metodik**. Mitt. Int. Ver, v. 9. p. 1-38.

Wetzel, R. G.; Likens, G. E. (1979). **Limnological Analysis**. Philadelphia: WB Saunders CO.

Yool, A. (1997). **The Dynamics of Open-Ocean Plankton Ecosystem Models**. Tese de doutorado, University of Warwick.

Zemba, J. C. (1991). **The Structure and Transport of the Brazil Currente between 27° and 36° South**. Tese de doutorado, Massachusetts Institute of Technology and Woods Hole Oceanographic Institution.

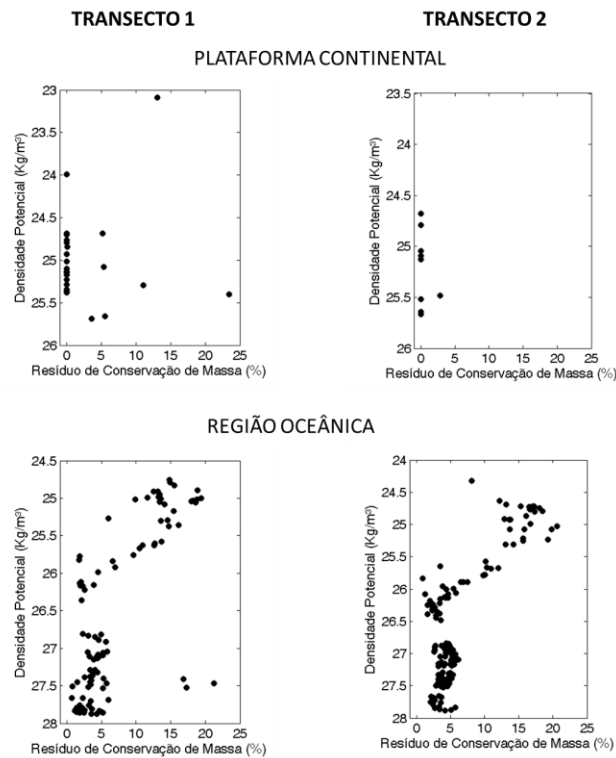
Zembruski, S. (1979). Geomorfologia da Margem Continental Sul Brasileira e da Bacia Oceânica Adjacente. In REMAC, P., editor,

Geomorfologia da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes, pag. 129–177. PETROBRÁS, Rio de Janeiro.

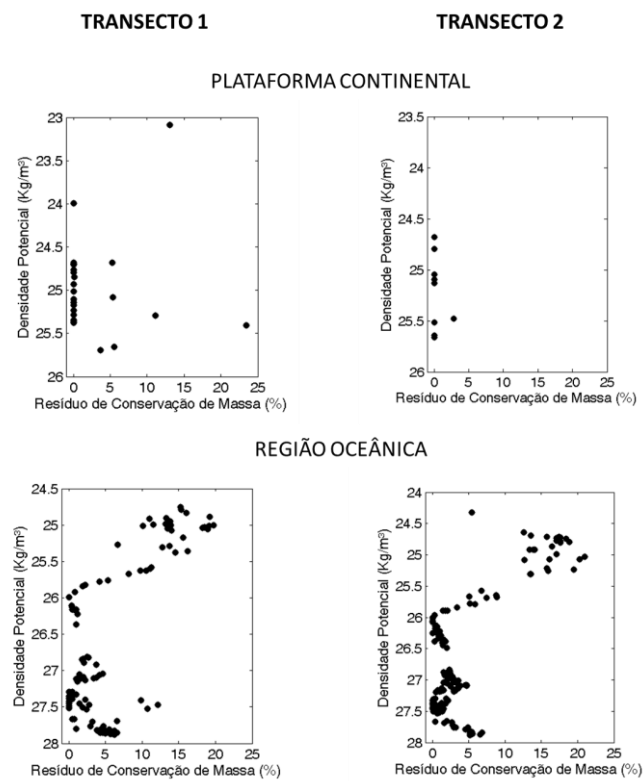
ANEXOS

ANEXO 1 – RESIDUAIS DOS CÁLCULOS DA ANÁLISE VIA OMP

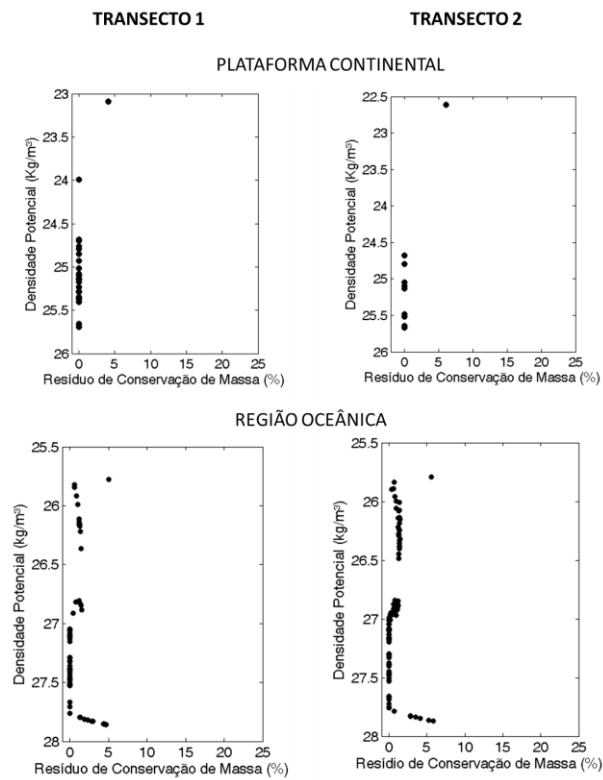
Residual Teste A – PLATAFORMA CONTINENTAL E REGIÃO OCEÂNICA



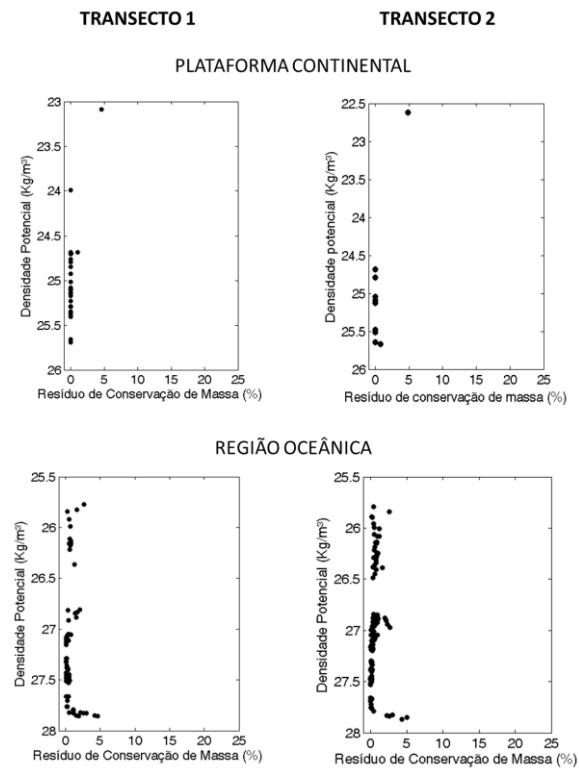
Residual Teste B – PLATAFORMA CONTINENTAL E REGIÃO OCEÂNICA



Residual Teste C – PLATAFORMA CONTINENTAL E REGIÃO OCEÂNICA

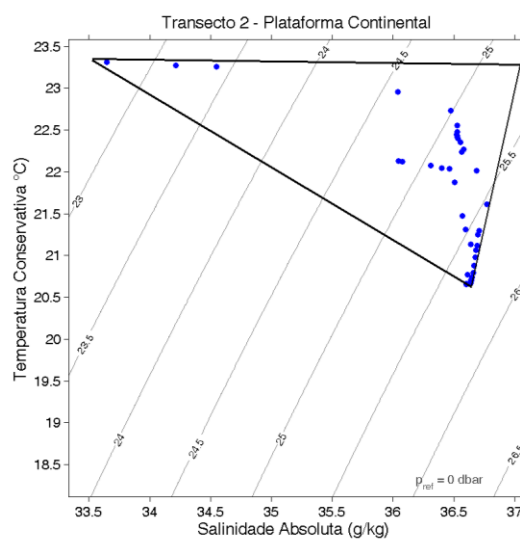
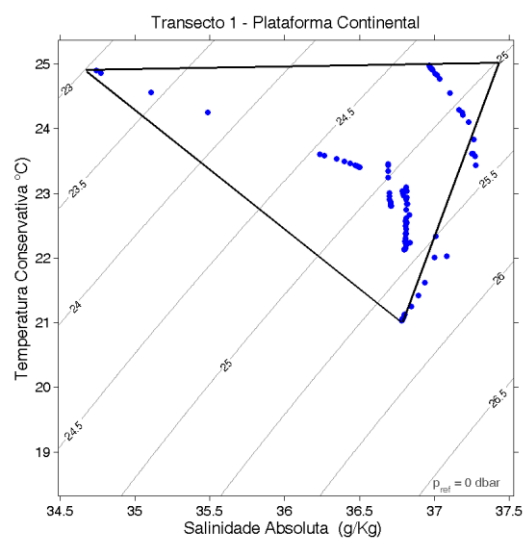


Residual CÁLCULO FINAL – PLATAFORMA CONTINENTAL E REGIÃO OCEÂNICA

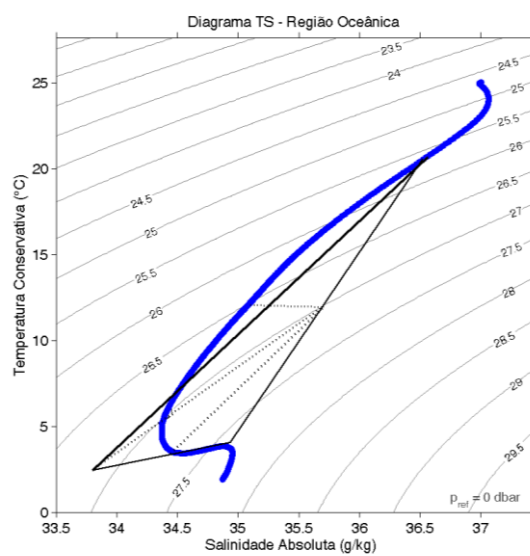


ANEXO 2 - TRIÂNGULO DE MISTURA

Plataforma Continental



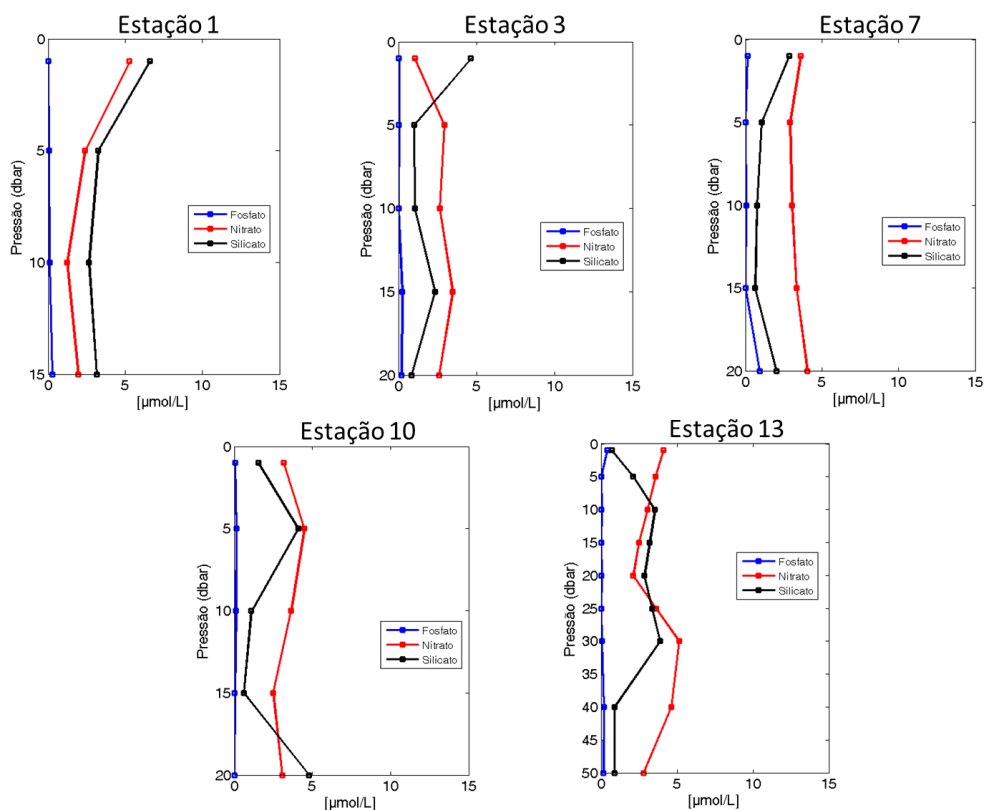
Região Oceânica



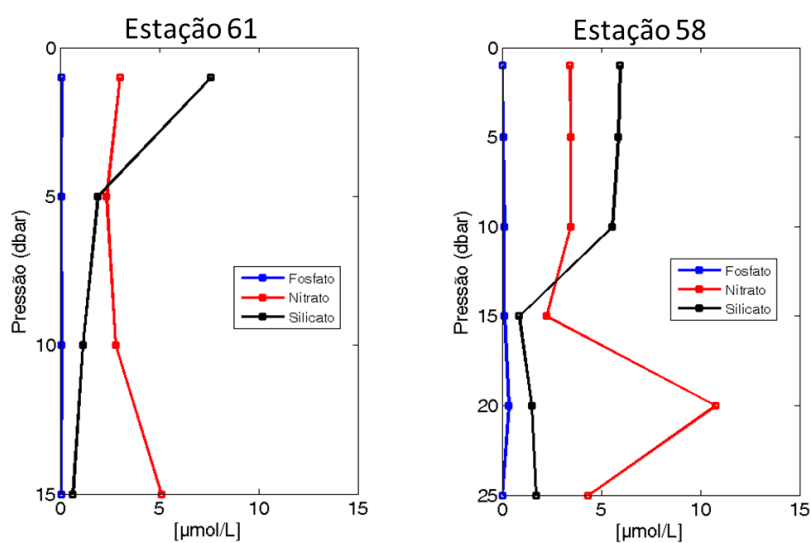
ANEXO 3 - PERFIS VERTICAIS DE NUTRIENTES POR ESTAÇÃO AMOSTRAL

Perfil vertical da concentração de nutrientes - Nitrato (vermelho), Fosfato (azul) e Silicato (preto) – Em todas as estações amostradas.

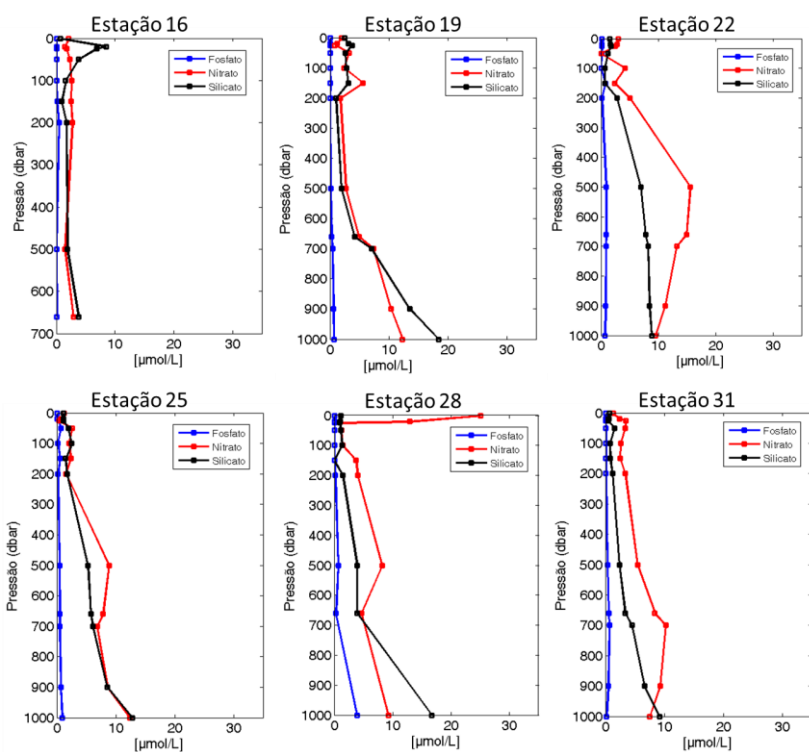
Transecto 1 - Plataforma Continental



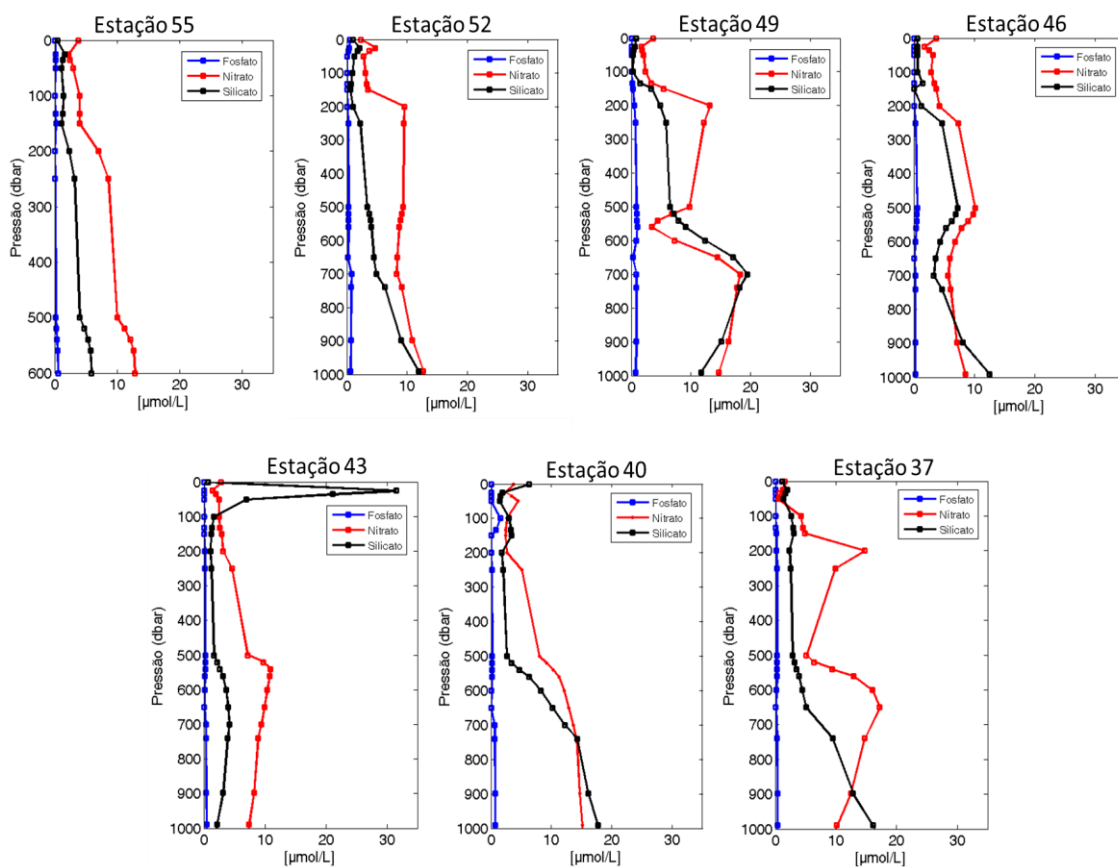
Transecto 2 - Plataforma Continental



Transecto 1 - Região Oceânica



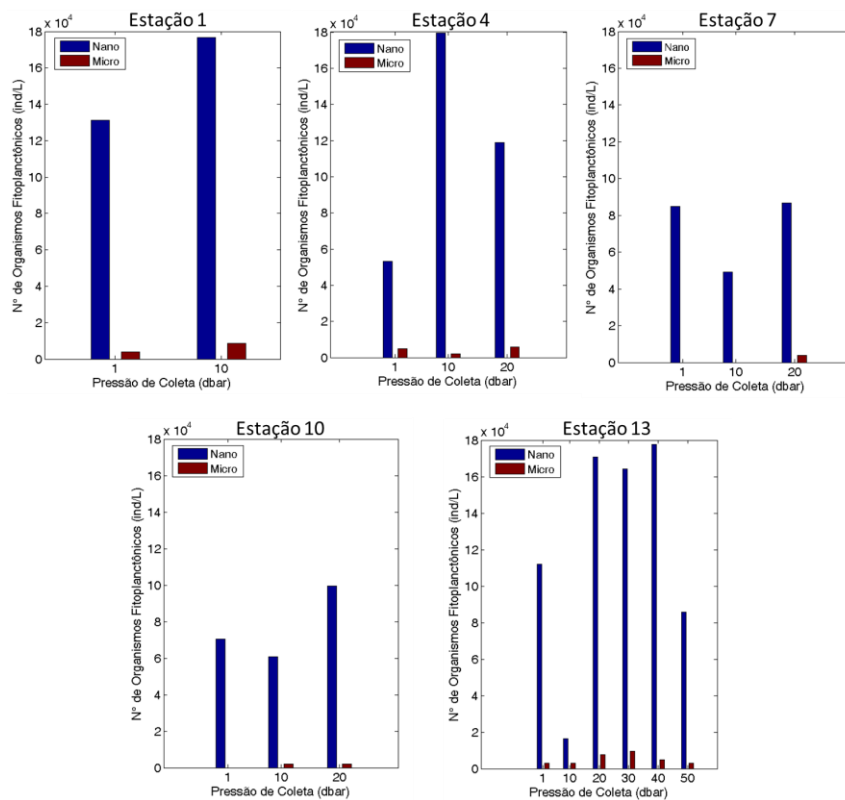
Transecto 2 - Região Oceânica



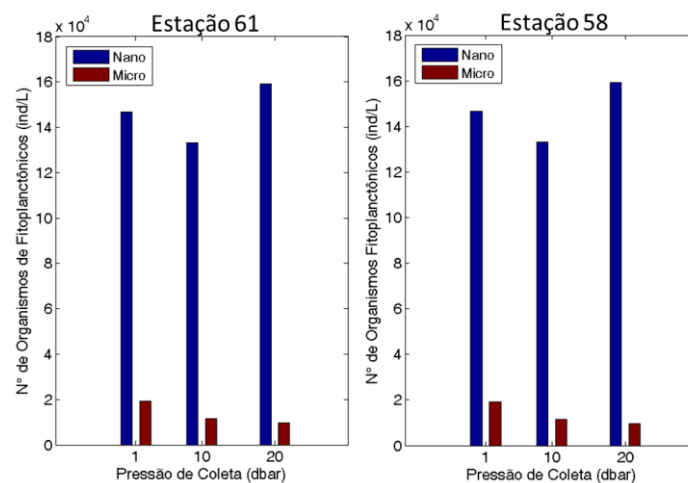
ANEXO 4 – NÚMERO DE ORGANISMOS FITOPLANCTÔNICOS POR TAMANHO E ESTAÇÃO AMOSTRAL

Em todas as estações apresentadas nas figuras a cor azul representa os organismos nanofitoplâncton e em vermelho os organismos do microfitoplâncton.

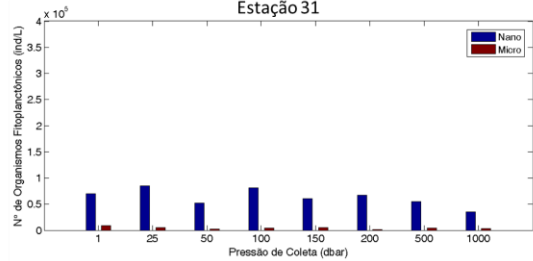
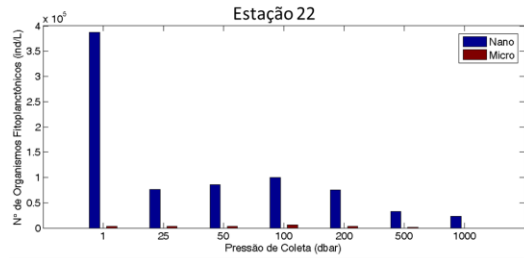
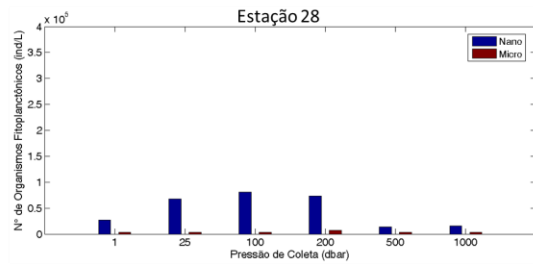
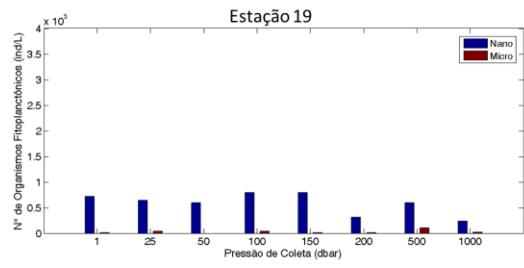
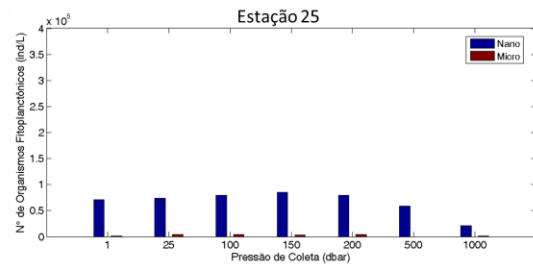
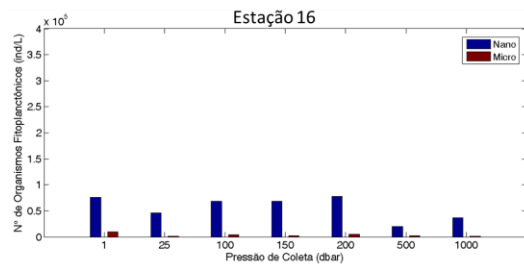
Transecto 1 – Plataforma Continental



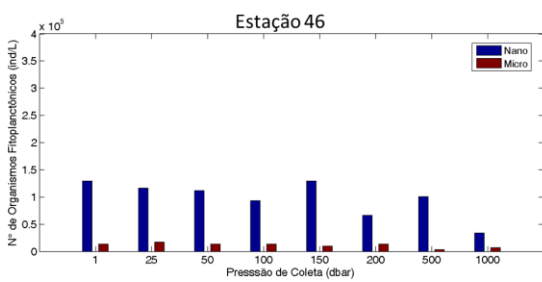
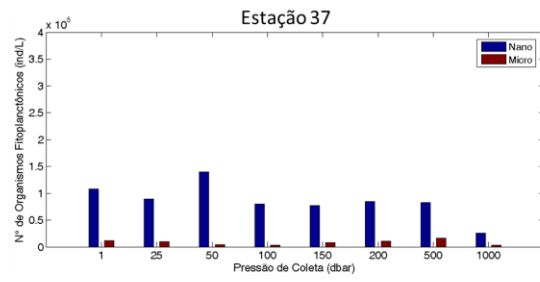
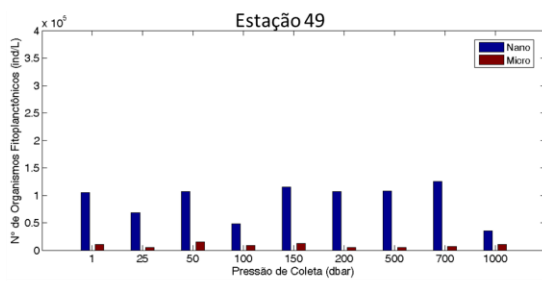
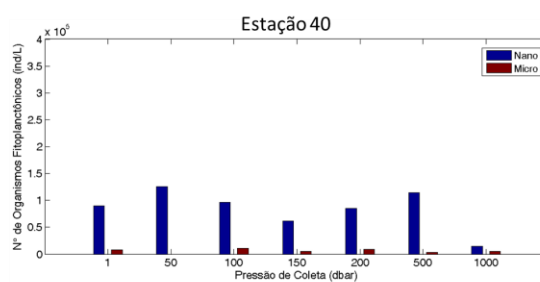
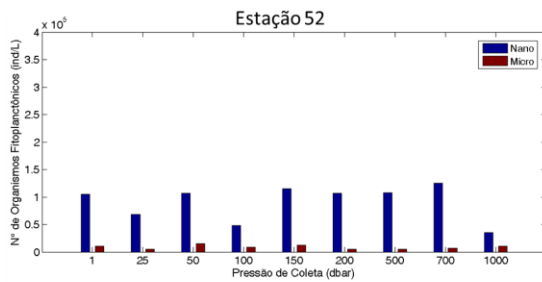
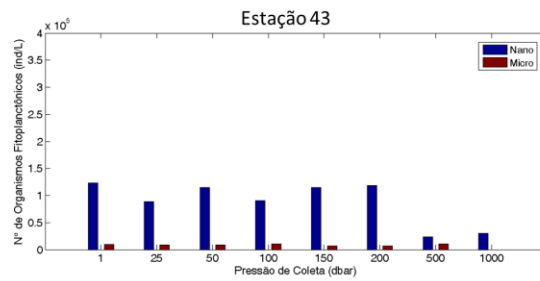
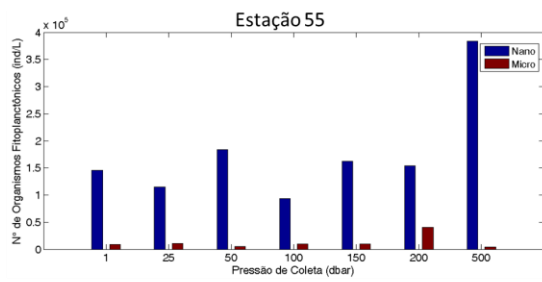
Transecto 2 - Plataforma Continental



Transecto 1 – Região Oceânica



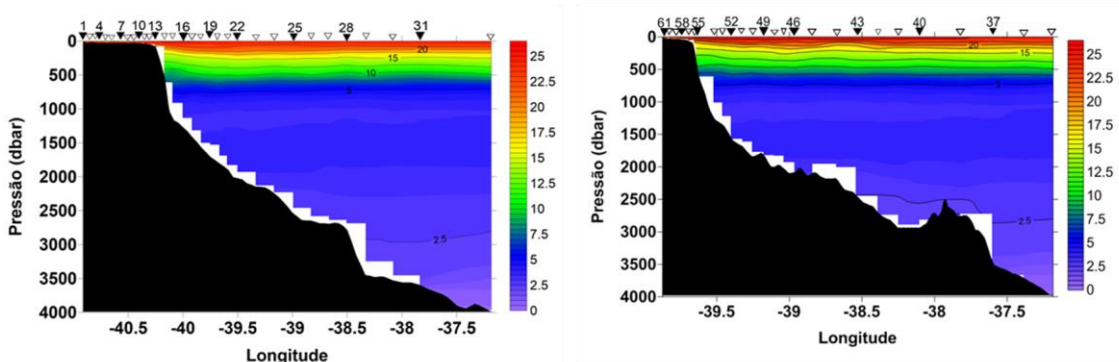
Transecto 2 – Região Oceânica



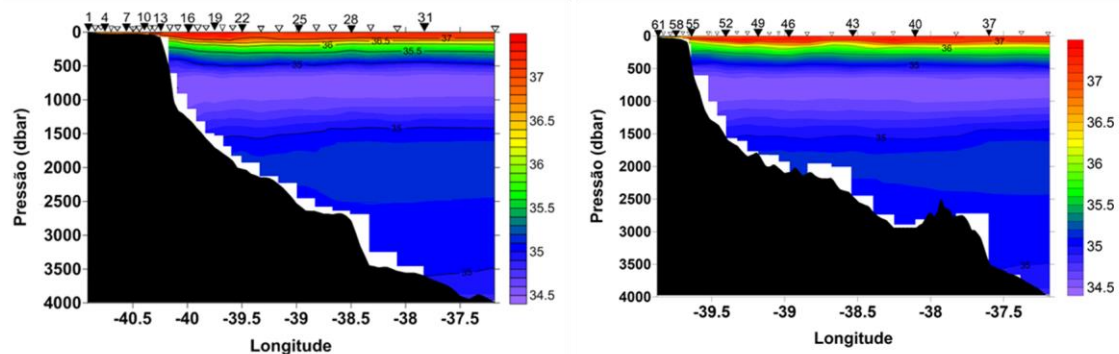
ANEXO 5 – DADOS HIDROGRÁFICOS

As figuras da esquerda representam a Temperatura Conservativa, Salinidade Absoluta e Anomalia de Massa Específica do Transecto 1 e as Figuras da direita representam a Temperatura Conservativa, Salinidade Absoluta e Anomalia de Massa Específica do transecto 2.

TEMPERATURA CONSERVATIVA (°C)



SALINIDADE ABSOLUTA (g/Kg)



ANOMALIA DE MASSA ESPECÍFICO (Kg/m³)

