UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Oceanografia
Programa de Pós-graduação em Oceanografia

Josiane Gomes Paulo

Distribuição Vertical dos Nutrientes Dissolvidos no Nordeste do Brasil entre as latitudes 6°20'S e 7°33'S

Recife
2016

Josiane Gomes Paulo

Distribuição Vertical dos Nutrientes Dissolvidos no Nordeste do Brasil entre as latitudes 6°20’S e 7°33’S

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Oceanografia, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências na área de oceanografia abiótica.

Orientador:

Dr. Manuel de Jesus Flores Montes

Coorientador:

Dr. Marcus André da Silva

Recife, 2016

Catalogação na fonte
Bibliotecária Valdicéa Alves, CRB-4 / 1260

P324d Paulo, Josiane Gomes.
Distribuição vertical dos nutrientes dissolvidos no Nordeste do Brasil entre as latitudes 6°20'S e 7°33'S / Josiane Gomes Paulo – 2016.
73 folhas. Il., e Tab.

Orientador: Prof. Dr. Manuel de Jesus Flores Montes
Coorientador: Prof. Dr. Marcus André da Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Oceanografia, 2016.
Inclui Referências e Apêndices.

1. Oceanografia. 2. Oceano tropical. 3. Nitrato. 4. Fosfato. 5. Termoclina. 6. Estratificação térmica. I. Montes, Manuel de Jesus Flores. (Orientador). II. Silva, Marcus André da. (Coorientador). III. Título.

UFPE

551.46 CDD (22. ed.) BCTG/2017 - 81

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Oceanografia
Programa de Pós-graduação em Oceanografia

Josiane Gomes Paulo

Distribuição Vertical dos Nutrientes Dissolvidos no Nordeste do Brasil entre as latitudes 6°20'S e 7°33'S

Dissertação defendida em 30 de agosto de 2016.

Examinadores

_____

Dr. Manuel de Jesus Flores Montes
(Orientador)

_____

Dr. Alex Costa da Silva

_____

Dr. Felipe Lima Gaspar

_____

Drª. Dóris Regina Aires Veleda
(Suplente)

Aos meus pais, Denivaldo J. Paulo e Maria José, pelo carinho e apoio que sempre me deram fazendo com que nunca desistisse de ir em busca do que almejo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e todas as forças que regem o universo, pois sem sua permissão nada disso estaria acontecendo.

A meus pais e irmãs por sempre me apoiarem e acreditarem em mim.

Ao prof. Dr Manuel de Jesus Flores Monte por todos os ensinamentos, pela paciência e dedicação a mim dispensada.

Ao prof. Dr Marcus André da Silva pela atenção a mim dispensada.

Ao departamento de oceanografia da universidade federal de Pernambuco, a todos os professores e funcionários.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de mestrado a qual possibilitou a realização do curso.

Aos amigos da oceanografia física em especial, Thiago do Valle, Pedro Tyaquiçã e Dóris Regina pela ajuda e esclarecimento de dúvidas, que não foram poucas.

Aos amigos da oceanografia geológica e biológica Luciana, Nize, Laisa e Amanda por momentos de descontração e apoio que facilitaram muito essa caminhada.

Ao LOQuim um agradecimento todo especial pelo acolhimento, ensinamento, apoio e crescimento, aos novos membros um agradecimento pelo companheirismo e horas de descontração em especial nos dias de coleta. Aos antigos membros um agradecimento por fazerem de mim a profissional que sou hoje. Agradeço a Keyla Travassos por me ensinar a respeitar meu trabalho, a Thayse Batista por me ensinar a sempre esperar o melhor, a Gilson Alves agradeço por me ensinar a ter paciência e prestar atenção nos detalhes e a Felipe Gaspar agradeço por me ensinar a acreditar em mim e que sou capaz de ir além.

Aos amigos paraenses que me conquistaram com sua alegria e receptividade, que mesmo nos momentos de brincadeira ainda tiravam dúvidas e me incentivaram nessa jornada, em especial a Diego Xavier e Emarielle Pardal pela ajuda na conclusão deste trabalho.

A gradeço a Babie Barkokébas pela amizade incondicional e por todas as horas que emprestou seus ouvidos para minhas reclamações e desabafos.

RESUMO

A região oceânica do nordeste do Brasil, entre as latitudes 06,487° e 07,54867°S é influenciada pela Corrente Norte do Brasil, que tem como característica águas superficiais quentes e oligotróficas, esta região está sob influência dos ventos alísios de sudeste que predominam quase todo o ano. A quebra da plataforma marca início do talude, no Nordeste do Brasil, a quebra ocorre a uma profundidade média de 45 m, a base do talude chega a uma profundidade máxima de 3600 m. Para a execução deste trabalho foram coletadas amostras de água e dados físicos, durante as campanhas realizadas no âmbito do projeto "Camadas Finas Oceânicas ao largo do Nordeste do Brasil I e II" nos anos de 2010 e 2012. As áreas estudadas estão situadas na Zona Econômica Exclusiva do Nordeste do Brasil (ZEE-NE), na borda oceânica dos estados do Rio Grande do Norte (6,487°S), Paraíba (7,01817°S) e Pernambuco (7,54867°S), para cada perfil foram estabelecidas 3 estações de coleta, situadas uma no final da plataforma, outra na base do talude e uma outra intermediária entre estas duas estações. As coletas foram realizadas durante nos períodos diurno e noturno, para cada estação em profundidades predefinidas, superfície (1 m), profundidade de máxima clorofila, início, meio e fim da termoclina e 75% da profundidade local. O objetivo principal foi verificar o grau de influência do talude continental, na distribuição dos nutrientes inorgânicos dissolvidos (NID). Foram identificadas as seguintes massas d'água: a Água Tropical Superficial (ATS), a Água Central do Atlântico Sul (ACAS) e a Água Intermediária Antártica (AIA). A temperatura na camada superficial variou de 26,14°C a 27,04°C, e a salinidade apresentou um valor mínimo de 36,02 e máximo de 37,03. O núcleo da Corrente Norte do Brasil foi registrado a uma profundidade média de 200 m, com a velocidade variando de 0,8 $m.s^{-1}$, no transecto da Paraíba, a 1,2 $m.s^{-1}$ nos perfis do Rio Grande do Norte e Pernambuco. A concentração de clorofila *a* variou de valores próximos a 0,0 à 1 $mg.m^{-3}$, estando as maiores concentrações na profundidade de 85 m. O NID e o fosfato apresentaram suas maiores concentrações nas massas d'água mais profundas. As concentrações de oxigênio dissolvido oscilaram de 2,35 ml L^{-1}, equivalendo a uma taxa de saturação de 38,97%, na profundidade de 270 m à 5,17 ml L^{-1}, representando 112,15% de saturação, na superfície. O silicato apresentou uma variação entre >LD, na ATS, a uma concentração de 22,99 µmol L^{-1}, na ACAS. Através de correlação quadrática entre o fosfato e a temperatura e outra entre nitrato e a temperatura obtivemos duas equações para estes nutrientes, que poderão ser utilizadas para estimar valores não medidos nesta área, até a profundidade de 1000 m. Esses resultados mostram que há uma estabilidade térmica característica das áreas tropicais. Consequentemente, a presença de uma termoclina permanente, que resulta da forte estratificação vertical, impedindo o transporte advectivo vertical, entretanto, uma influência da geomorfologia do local é observada, no deslocamento das massas de água para uma profundidade menor.

Palavras-chave: Oceano Tropical. Nitrato. Fosfato. Termoclina. Estratificação Térmica.

ABSTRACT

The oceanic region of northeastern Brazil, between latitudes 06.487 ° and 07.54867 ° S is influenced by the North Brazil Current, which is characterized by warm surface water and oligotrophic, this region is under the influence of the southeast trade winds that predominate almost all year. The breaking of the continental shelf marks the beginning of the slope, in the northeastern Brazil, the break occurs at an average depth of 45 m, the base of the slope reaches a maximum depth of 3600 m. For this work we collected water samples and physical data, during the campaigns carried out under the project "Thin Layers Ocean off northeastern Brazil I and II" in 2010 and 2012, the studied areas are located in the Exclusive Economic Zone of Northeast Brazil (EEZ-NE), the oceanic edge of the states of Rio Grande do Norte(RN), Paraiba(PB) and Pernambuco(PE), in three transects located between the latitudes: 6,487°S (RN), 7.01817°S (PB) and 7.54867°S (PE). for each profile were 3 established collection stations, located one at the end of the continental shelf, one at the base of the slope, and another intermediate between these two stations. Samples were collected over a diurnal cycle, in preset depths, surface (1 m) maximum depth of chlorophyll, beginning, middle and end of the thermocline and 75% of the local depth. The main objective was to determine the degree of influence of the continental slope in the distribution of dissolved inorganic nutrients (DIN). the following water masses were identified: Tropical Water Surface (TWS), South Atlantic Central Water (SACW) and the Antarctic Intermediate Water (AIW). The temperature in the surface layer ranging from 26.14 ° C to 27.04 ° C, and the salinity had a minimum value of 36.02 and a maximum of 37.03. The core of the North Brazil Current was recorded at an average depth of 200 m, with speed ranging from 0.8 m s^{-1}, transect of Paraiba, 1.2 m s^{-1} in Rio Grande do Norte and Pernambuco profiles. The concentration of chlorophyll *a* values ranged from near 0.0 to 1 $mg.m^{-3}$, with the highest concentrations in the depth of 85 m. The DIN and phosphate presented their highest concentrations in the masses deeper layers. The dissolved oxygen concentrations ranged from 2.35 ml L^{-1}, corresponding to a saturation rate of 38.97% at a depth of 270 m to 5.17 ml L^{-1}, representing 112.15% saturation in surface. The silicate had a range between> LOD in the TWS at a concentration of 22.99 □mol L^{-1}, the SACW. Through quadratic correlation between the phosphate and the temperature and another temperature from nitrate and two equations obtained for these nutrients that can be used to estimate values not measured in this area to a depth of 1000 m. These results show that there is a thermal stability characteristic of tropical areas. Consequently, the presence of a permanent thermocline resulting from strong vertical stratification, the vertical preventing advective transport, however, an influence of local geomorphology is observed, displacement of the water masses to a shallower depth.

Key words: Tropical Ocean. Inorganic Nutrients. Continental Slope. Nitrate. Phosphate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa Batimétrico da região Nordeste do Brasil. Fonte: CPRM 17

Figura 2 - Localização geográfica das estações de coleta ao longo dos perfis (O), localizados no talude continental dos estados de Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB) e Pernambuco (PE) e trajetória do ADCP (—). 20

Figura 3 - Rossete equipada com garrafas oceanográficas e CTD. Foto: Keyla Travassos. 22

Figura 4 - Direção predominante das correntes marinhas na área de estudo. Fonte: Marin (2009). 25

Figura 5 - Diagrama T x S do final da plataforma. Os registros mostraram apenas a ATS. Caracterização da massa d'água em Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco nos anos de 2010 e 2012 27

Figura 6 - Diagrama T x S das estações intermediárias dos perfis. Foram registradas a presença da ATS e da ACAS. Caracterização da massa d'água em Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco nos anos de 2010 e 2012. . 27

Figura 7 - Diagrama T x S da base do talude. Foram registradas a presença da ATS, ACAS e AIA. Caracterização da massa d'água em Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco nos anos de 2010 e 2012 28

Figura 8 - Variação da Temperatura na ATS entre 2010 e 2012 29

Figura 9 - Distribuição espacial da temperatura no perfil 1 (RN) no ano de 2010 (A) e 2012 (B). 30

Figura 10 - Distribuição espacial da temperatura no perfil 2 (PB) no ano de 2010 (A) e 2012 (B). 31

Figura 11 - Distribuição espacial da temperatura no perfil 3 (PE) no ano de 2010 (A) e 2012 (B). 32

Figura 12 - Distribuição espacial da salinidade em Rio Grande do Norte. 2010(A) e 2012(B). 33

Figura 13 - Distribuição espacial da salinidade em Paraíba, 2010(A) e 2012(B). 34

Figura 14 - Distribuição espacial da salinidade em Pernambuco, 2010(A) e 2012(B). 36

Figura 15 - Núcleo da Corrente Norte do Brasil ao passar no perfil de PE, apresenta uma velocidade média de 1,2 m s^{-1} 37

Figura 16 - Distribuição do fosfato em função da temperatura (°C) 39

Figura 17 - Distribuição do fosfato em função da salinidade 39

Figura 18 - Distribuição Nitrato em função temperatura (°C)..... 41

Figura 19 - Distribuição do nitrato em função da salinidade..... 41

Figura 20 - Distribuição do nitrito em função da temperatura (°C) 42

Figura 21 - Distribuição do nitrito em função da salinidade..... 43

Figura 22 - Distribuição do nitrogênio inorgânico dissolvido em função da temperatura (°C)..... 44

Figura 23 - Distribuição do nitrogênio inorgânico dissolvido em função da Salinidade 45

Figura 24 - Distribuição vertical do oxigênio dissolvido em relação à Profundidade no perfil de Rio Grande do Norte 46

Figura 25 - Distribuição vertical do oxigênio dissolvido em relação à Profundidade no perfil da Paraíba..... 47

Figura 26 - Distribuição vertical do oxigênio dissolvido em relação à Profundidade no perfil de Pernambuco 47

Figura 27 - Distribuição vertical do silicato em relação a Profundidade no perfil do Rio Grande do Norte 48

Figura 28 - Distribuição vertical do silicato em relação a Profundidade no perfil da Paraíba..... 49

Figura 29 - Distribuição vertical do silicato em relação a Profundidade no perfil de Pernambuco..... 49

Figura 30 - Distribuição espacial da clorofila a em Rio Grande do Norte 2010(A) e 2012(B). 50

Figura 31 - Distribuição espacial da clorofila a Paraíba 2010(A) e 2012(B). 51

Figura 32 - Distribuição espacial da clorofila a em Pernambuco 2010(A) e 2012(B). 52

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
2 OBJETIVO GERAL 18
2.1 Objetivos específicos 18
3 HIPÓTESE 18
4 METODOLOGIA 18
4.1 Descrição de área 23
5 RESULTADOS 26
5.1 Massas d'água 26
5.2 Temperatura 28
5.3 Salinidade 32
5.4 Velocidade da corrente (2010) 36
5.5 Fosfato 37
5.6 Nitrato 40
5.7 Nitrito 41
5.8 Amônia 43
5.9 Nitrogênio Inorgânico dissolvido 43
5.9 Oxigênio dissolvido 45
5.10 Silicato 47
5.11 Clorofila *a* 49
6 DISCUSSÃO 53
7 CONCLUSÃO 59
REFERÊNCIAS 60
APÊNDICE 67
Apêndice A_ transecto Pernambuco do ano de 2010 67
Apêndice B_ transecto Pernambuco do ano de 2012 68
Apêndice C_ transecto Paraíba do ano de 2010 69
Apêndice D_ transecto Paraíba do ano de 2012 70
Apêndice E_ transecto Rio Grande do Norte do ano de 2010. 71
Apêndice F_ Transecto Rio Grande do Norte do ano de 2012 72
Apêndice G_Tabela de valores dos parâmetros físicos e químicos. 73

1 INTRODUÇÃO

A borda sudoeste do Atlântico Tropical apresenta um sistema de correntes oceânicas que integram a circulação meridional do Atlântico (Hummels *et al.* 2015). Em sua parte mais superficial, encontra-se um complexo sistema de correntes originado pelo ramo sul da Corrente Sul Equatorial (sSEC) que se bifurca formando a Corrente do Brasil (BC), que flui em sentido Sul e a Subcorrente Norte do Brasil (sCNB) / Corrente Norte do Brasil (CNB) fluindo para o Norte (Schott *et al*. 2005). A variabilidade sazonal da posição geográfica da bifurcação da Corrente Sul Equatorial próximo à costa brasileira influencia a intensidade dos transportes do sistema sCNB/CNB (Silva *et al*., 2009; Rodrigues *et al.* 2007).

A região oeste do Atlântico Equatorial tem importância global por influenciar diretamente nas trocas de propriedades como sal, temperatura e massa entre os hemisférios norte e sul (Gordon, 1986). Essas trocas têm uma grande relevância na manutenção do balanço térmico global (Gordon, 1986), as águas mais frias são transportadas para sul pela Corrente de Contorno Oeste Profunda do Atlântico Norte. Em contrapartida, as águas quentes superficiais são levadas para o norte pela Corrente Norte do Brasil (CNB), fechando assim, a célula de circulação termohalina (Bourlès *et al*., 1999).

O oceano Atlântico Sul é controlado pela influência principal de águas oligotróficas da corrente sul equatorial (Araujo & Cintra, 2009, Ekau e Knoppper, 1999), na região tropical do Atlântico Sul, a camada superficial denominada de Água Tropical (ATS), possui como característica a presença de temperaturas e salinidades elevadas (temperaturas maiores que 18°C e salinidades acima de 36,0). Segundo Weigert, (2011) essa água apresenta baixa concentração de nutrientes na superfície pela presença de uma termoclina permanente. Sendo considerada oligotrófica por apresentar baixos teores de elementos nutrientes principais, destacando-se os compostos nitrogenados, o fósforo e o silício, os quais podem atuar como fatores limitantes da produção primária.

O fósforo é um elemento básico da estrutura dos ácidos nucléicos, participando ativamente nos processos energéticos dos seres vivos, como elemento fundamental no metabolismo, principalmente dos organismos da

base da cadeia orgânica. O nitrogênio também é um importante elemento estrutural presente nos aminoácidos. Sua importância na dinâmica do ciclo bioquímico na água advém, entre outros, de sua participação como um dos nutrientes fundamentais à produção primária, podendo existir situações em que a escassez chegue a inibir o crescimento fitoplanctônico, agindo dessa forma como fator limitante. Em 1958 Redfield observou uma relação de proporção entre o nitrogênio e fósforo de 16:1 respectivamente. Essa relação é um requisito básico para o crescimento do fitoplâncton, já que ambos os elementos fazem parte da matéria viva sintetizada pelos organismos fotossintetizantes

Sendo esses elementos nutrientes essenciais para o crescimento e reprodução das células fitoplanctônicas sua escassez pode alterar todo o ciclo de vida marinho, afetando principalmente a produção pesqueira. O estudo da dinâmica dos sais nutrientes segundo Braga (1989) serve como um bom indicador das relações abióticas e bióticas que ocorrem em águas marinhas tropicais e subtropicais. Sendo assim, os estudos desses nutrientes são de suma importância para a vida marinha e para o setor socioeconômico na avaliação de áreas de fertilidade e gerar subsídio para o entendimento da produção pesqueira.

No Brasil, as regiões de produção primária mais elevada localizam-se ao Norte, Sudeste e Sul, enquanto as áreas de menor produção, no Leste e Nordeste (Ekau & Knoppers, 1999). Na região nordeste do Brasil a escassez de nutrientes nas camadas superficiais ocorre devido a presença de uma forte estratificação, que age como uma barreira física impedindo a transferência de nutrientes das águas mais profundas para as águas superficiais (Macêdo *et al*. 2009; Travassos *et al.* 1999), essa barreira se faz presente durante todo o ano na região nordeste, separando a ATS da ACAS. Segundo Flores Montes *et al*., (2009) nas regiões tropicais o início da termoclina localiza-se aproximadamente na mesma profundidade da base da camada fótica, na faixa entre 50 à 150m de profundidade. Medeiros *et al*., 2009, relataram também que a estrutura termohalina da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do Nordeste do Brasil, é estável, com flutuações sazonais de pequena magnitude para a camada superficial.

No entanto fenômenos físicos isolados, por sua vez, podem contribuir para que esta forte termoclina seja rompida ou levantada (Navrotsky *et al*., 2004) fazendo com que ACAS penetre a zona fótica, possibilitando a ocorrência de fotossíntese e produção primária, base da cadeia trófica. Dentro deste cenário, poucas regiões no lado sudoeste do Atlântico tropical apresentam produção primária elevada, pois necessitam de algum forçante físico para quebrar a barreira térmica imposta. Destacam-se os bancos da Cadeia Norte do Brasil (Araújo *et al*., 2009) e ilhas oceânicas como Arquipélago Fernando de Noronha e Atol das Rocas além do Arquipélago São Pedro e São Paulo, que induzem o levantamento ou quebra da termoclina pela ocorrência de vórtices e consequente aumento na velocidade vertical devido o atrito e as fortes correntes superficiais que ocorrem nestas regiões (ARAÚJO & CINTRA, 2009).

As regiões de quebra de plataforma podem apresentar feições que combinadas às correntes de fronteira oeste (SubCorrente Norte do Brasil) e induzam o aparecimento de vórtices e aumento no transporte vertical, como fenômeno de quebra de ondas internas, que são ondas que atravessam a bacia do Atlântico, abaixo da termoclina e se chocam na parede do talude. A energia dissipada por este choque pode induzir o levantamento da termoclina ou destruição da forte estratificação, com a formação de uma termoclina no padrão “step-wise” (NAVROTSKY *et al.,* 2004).

Jacox & Edwards (2011), apontaram a estratificação térmica, a força dos ventos e a latitude, como os fatores limitantes para a ocorrência da ressurgência, em áreas onde o vento influencia diretamente no transporte de Ekman. As correntes marinhas ao encontrarem o talude podem formar ondas internas, que promovem a mistura vertical, distribuindo os nutrientes e organismos fitoplanctônicos na coluna de água (SÁNCHEZ-ARCILLA & SIMPSON, 2002). Em períodos de ventos fortes, a turbulência gerada na área do talude continental, pode quebrar a estratificação (Mann & Lazier, 1996) da coluna d’água, facilitando a mistura de nutrientes da base da coluna de água. Exemplos destas ressurgências costeiras, há bastante tempo conhecidos e estudados nas regiões sudeste, vêm sendo observados no Cabo Frio e Cabo de Santa Marta (EMÍLSON, 1959; SILVA, 1960; EMÍLSON, 1961;

MASCARENHAS *et al.*, 1971), que também adicionam complexidade ao padrão hidrográfico local. Estas ressurgências têm sido associadas às variações sazonais do padrão de ventos, da mudança brusca da orientação da linha de costa e na grande inclinação da plataforma continental. A água ressurgida em ambas as regiões é a Água Central do Atlântico Sul (ACAS), intimamente relacionada com a fertilização da camada fótica, pelo transporte e regeneração de determinados nutrientes (nitrato, fosfato e silicato) (BRAGA E MÜLLER, 1998), JACOX & EDWARDS (2011).

A degradação da matéria orgânica, a remineralização dos nutrientes, a fixação do nitrogênio, as correntes, a dispersão e a sedimentação, são fatores que influenciam a distribuição dos nutrientes na água do mar e na capacidade de produção de um ecossistema oceânico SANTOS (2000).

A Água Tropical Superficial é formada como consequência da intensa radiação e excesso de evaporação em relação à precipitação, sendo influenciada diretamente pelas trocas de calor entre o oceano e a atmosfera que modificam seus valores de T-S (SILVEIRA *et al*. 2000). Caracterizando a camada de mistura nos primeiros metros de profundidade, conferindo condições físicas, químicas e biológicas especificas, que podem lhe dar dimensão vertical e horizontal definidas dentro do oceano (Sullivan *et al.* 2010, apud MELO, 2015).

A salinidade e a temperatura governam toda a circulação oceânica, determinam à distribuição dos organismos vivos e interligam os processos geológicos e biológicos, de maneira que o conhecimento destes parâmetros, serve como um requisito básico para todos os modelos ecológicos. Águas menos densas permanecem sobre águas mais densas e perturbações nessa ordem podem gerar uma série de alterações no meio, causando instabilidades que levam a um movimento convectivo das águas, ou seja, circulação vertical, que induz a circulação termohalina.

Massas d'água são corpos d'água com características físicas e químicas muito bem definidas que receberam seus nomes de acordo com a região de origem. Elas são identificadas através das variáveis conservativas temperatura e salinidade que irão definir a densidade, e são estas três características juntas que identificam uma massa d'água. Porém, essa identificação pode ser

complementada regionalmente com dados de nutrientes, clorofila-*a* e oxigênio dissolvido (STEWART, 2006). As massas de água são delineadas por gráficos chamados T-S, onde a salinidade é plotada em função da temperatura. (SVERDRUP *et al*., 1942; STEWART, 2006).

A circulação vertical em larga escala no oceano Atlântico Sul é composta pelo fluxo de diferentes massas d'água, Água Tropical Superficial (ATS), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA), Água Circumpolar Superior (ACP), Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e Água Antártica de Fundo (AAF). As massas d'água superficiais e intermediárias (AT, ACAS, AIA e ACP) fluem através do Giro Subtropical passando pela Bacia do Brasil e chegando ao contorno oeste em diferentes níveis de profundidade (STRAMMA & ENGLAND, 1999). Diversos autores como COSENDEY (2006), De MADRON & WEATHERLY (1994), STRAMMA & ENGLAND (1999), TSUCHIYA *et al* (1994), e MÉMERY *et al* (2000) descreveram a presença de todas dessas massas d'água na Bacia do Brasil. No entanto, para este estudo, o universo amostrado compreendeu apenas as massas ATS, ACAS e AIA.

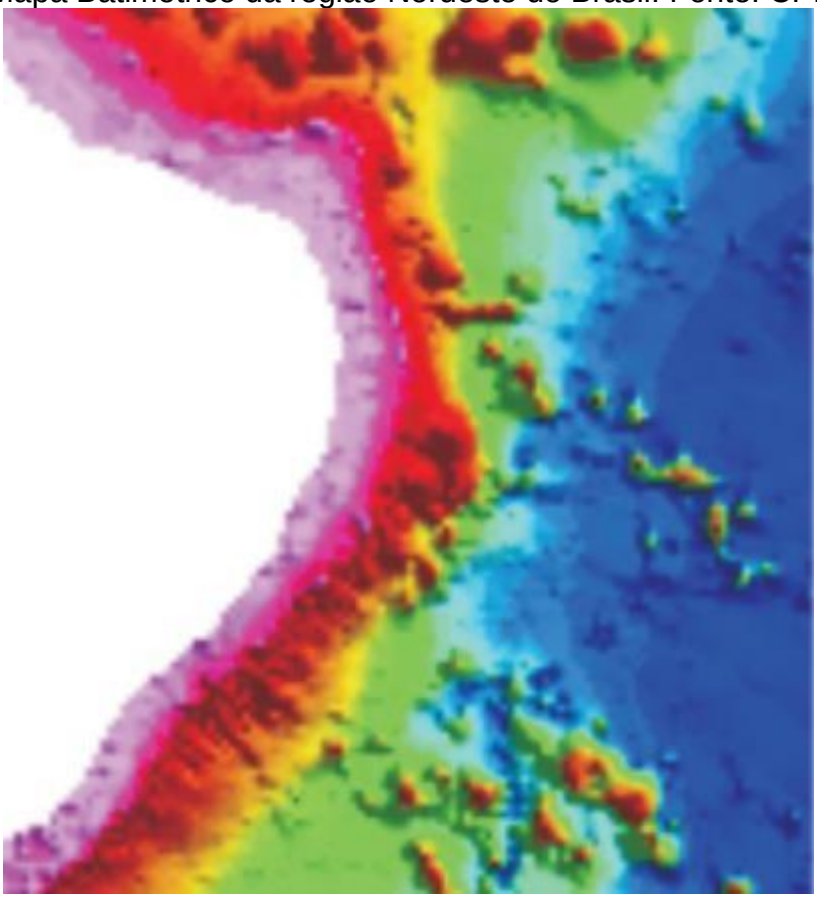
A plataforma continental do nordeste do Brasil (Figura1) é pouco profunda, estreita, pouco erodida e apresenta quebra de plataforma abrupta, seus limites externos estão situados entre as isóbatas de 40 e 80 m (Knoppers *et al*., 1999), sendo influenciada pelos dois únicos rios de grande porte da região, o Rio Parnaiba-PI (ao norte) e o Rio São Francisco (ao sul). Devido ao baixo aporte de sedimentos a plataforma continental é de caráter estreito contendo uma largura de 50 Km defronte ao cabo Calcanhar (REMAC, 1975). Em plataformas estreitas, a circulação de oceano aberto acoplado à borda de plataforma é importante na dinâmica desse ecossistema. As correntes de maré geram ondas internas, que promovem a mistura vertical e distribuição de nutrientes e biomassa fitoplanctônica na coluna de água (SÁNCHEZ-ARCILLA & SIMPSON, 2002).

O talude continental representa a área de transição entre a plataforma continental e a planície abissal. No Brasil o talude é uma encosta estreita e íngreme que tem início na borda externa da plataforma continental até as profundidades de 1600 a 3600 m, com declividade média entre 4° a 12°

(ADVINCULA, 2000). Algumas áreas da zona periférica da plataforma continental apresentam características de feições morfológicas denominadas platô. Em Pernambuco a feição mais importante apresenta uma superfície irregular e um nível superior situado entre 700 e 1250 m de profundidade, e um terraço inferior entre 2000 e 2400 m.

Conhecidas como áreas de potencial pesqueiro, o talude continental e a cadeia de bancos e ilhas oceânicas no Nordeste do Brasil destacam-se como verdadeiros “oásis” frente a grande zona oligotrofica que constitui o oceano tropical. Os estudos na área do talude continental são escassos e o conhecimento da interação entre a dinâmica oceânica de grande escala e sua a relação com processos de quebra da plataforma (quebra de ondas internas), podem explicar o aumento da produção primária encontrado nessas regiões durante os estudos de REVIZEE-NE. Portanto, é de grande importância ampliar o conhecimento sobre os processos químicos e físicos que controlam a estrutura da cadeia trófica no talude oceânico do nordeste do Brasil.

Figura 1 - Mapa Batimétrico da região Nordeste do Brasil. Fonte: CPRM



2 OBJETIVO GERAL

Identificar a relação entre disponibilidade dos principais nutrientes inorgânicos dissolvidos (nitrogênio e fósforo) e a estrutura termohalina na área do talude continental do Nordeste do Brasil, situada entre as latitudes 6°20’S e 7°33’S.

2.1 Objetivos específicos

- Determinar os parâmetros físico-químicos da água: temperatura, transparência, oxigênio dissolvido (OD), percentual de saturação do oxigênio dissolvido, salinidade, nutrientes inorgânicos dissolvidos (fosfato-P, nitrato-N e silicato-Si).
- Identificar dinâmicas oceânicas existentes, a partir de registros da direção e velocidade das correntes oceânicas e da estrutura termohalina na área do estudo.
- Determinar a profundidade da nutriclina e correlaciona-la com a estrutura termohalina.
- Verificar como o relevo contribui para a produtividade planctônica no talude continental.
- Correlacionar os resultados das variáveis analisadas para determinar o grau de interação entre elas.

3 HIPÓTESE

H0: o talude continental provoca processos turbulentos que reduzem a profundidade da nutriclina.

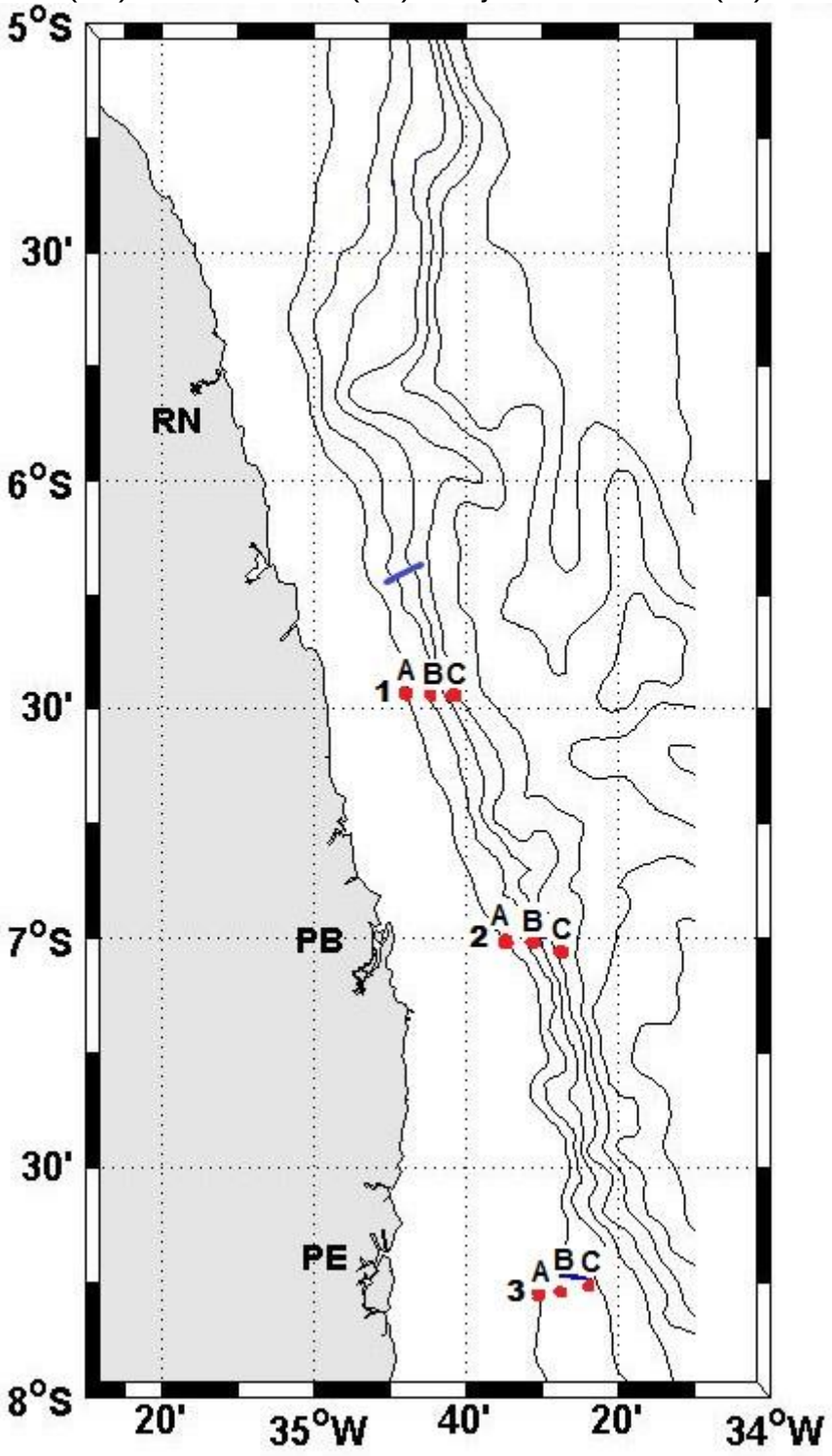
4 METODOLOGIA

Para a execução deste trabalho foram utilizados os registros das campanhas realizadas no âmbito do projeto “Camadas Finas Oceânicas ao Largo do Nordeste do Brasil I e II” entre 30/07/10 e 06/08/10 e 16/09/12 à 05/10/12. Na Figura 2 apresentamos os perfis horizontais realizados em cada

local de estudo, nesses perfis foram realizadas 3 estações de coleta com latitudes e longitudes distintas obtendo para cada perfil uma estação no final da plataforma (A), uma entre a plataforma e a base do talude (B) e a terceira estação na base do talude (C), em cada ponto ocorreram coletas no período diurno e noturno.

		2010		2012	
	ESTAÇÃO	LATITUDE	LONGITUDE	LATITUDE	LONGITUDE
RN	1_A	-6.4885	-34.6802	-6.4850	-34.7731
	1_B	-6.4883	-34.7127	-6.4911	-34.7344
	1_C	-6.4865	-34.8023	-6.4839	-34.7042
PB	2_A	-7.0002	-34.4725	-7.0181	-34.5542
	2_B	-7.0063	-34.5053	-7.0264	-34.5239
	2_C	-7.0168	-34.5280	-7.0261	-34.4811
PE	3_A	-7.5482	-34.4035	-7.7469	-34.4853
	3_B	-7.5483	-34.4362	-7.7517	-34.4511
	3_C	-7.5502	-34.4153	-7.7517	-34.3853

Figura 2 - Localização geográfica das estações de coleta ao longo dos perfis (O), localizados no talude continental dos estados de Rio Grande do Norte (RN), Paraíba (PB) e Pernambuco (PE) e trajetória do ADCP (—).



O meio de transporte utilizado foi o Navio Hidro Oceanográfico Cruzeiro do Sul, da Marinha do Brasil, equipado com um sistema de CTD- rossette com garrafas oceanográficas tipo Ninskin de 5 L (Figura 3) e um CTD Seabird 19

(com calibração de março de 2008 e fevereiro de 2011) para realização das perfilagens de temperatura, salinidade e densidade, determinando-se assim a estrutura termohalina e a profundidade da termoclina. Junto a este CTD estavam instalados sensores para clorofila *a* (fluorímetro_2987 com Ganho: 30 x 0-5 µg l^{-1}Offset: 0) e oxigênio dissolvido.

As amostras de água foram coletadas em níveis de profundidades pré-definidas: superfície, no início, meio e fim da termoclina, profundidade de máxima concentração de clorofila e 75% da profundidade local.

Em cada ponto de coleta, foi estimada a profundidade máxima de penetração da luz, através da medição da profundidade de desaparecimento do disco de Secchi, segundo Poole e Atkins (1929). Mantendo-se o mesmo valor da profundidade para as coletas noturnas.

As amostras para análise de nutrientes dissolvidos foram coletadas e congeladas a -15°C em garrafas de polietileno para posterior processamento e análises no Laboratório de Oceanografia Química do Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Obtendo um total de 228 amostras. O OD foi analisado ainda abordo do navio.

Durante as campanhas oceanográficas foram também realizadas as seguintes medições: temperatura do ar, direção e velocidade do vento (estação meteorológica de bordo), Perfis da direção e velocidade das correntes de 0 m a 200 m (perfilador ADCP de casco “RD Instruments” OS75kHz, P/N OS75-I-2-UGO) O Navio coletou, em profundidades superiores a 30 m, dados de corrente utilizando o ADCP “RD Instruments” OS75kHz, P/N OS75-I-2-UGO, tendo sido adotado um intervalo de amostragem de 3 segundos e recepção do sinal do GPS científico Seapath 100. A aquisição dos dados foi feita com o software VMDAS 1.44, todas as configurações usadas operam automaticamente em bottom track e navigation.

Para tratamento estatístico dos dados foi usado o programa JMP, onde foram realizadas as comparações entre áreas, entre massas d’água e entre estações utilizando o teste Tukey-Kramer HSD com alfa de 0,05. Foram determinadas as correlações entre os principais parâmetros físicos e químicos da água, com a clorofila *a*.

Para elaboração de gráficos e tratamento dos dados físicos tais como, velocidade e direção das correntes, foi usado o programa MATLAB R2016a para estudante lic_ 2892563.

Figura 3 - Rossete equipada com garrafas oceanográficas e CTD. Foto: Keyla Travassos.

As metodologias analíticas foram as seguintes:

- Oxigênio dissolvido na água (ml L^{-1}), determinado a bordo através do método de Winkler modificado, descrito por Strickland & Parsons (1972);
- Percentual de saturação do oxigênio dissolvido (%), calculado através da correlação com os valores de temperatura e salinidade, de acordo com a tabela da “International Oceanographic Tables” (UNESCO,1973);
- Clorofila *a* através de sensor fluorímetro;
- Nutrientes inorgânicos dissolvidos através de métodos colorimétricos com leituras em espectrofotômetro descritos por STRICKLAND e PARSONS (1972) e GRASSHOFF *et al.* (1983):

Sendo:

Fosfato_P, Silicato_Si e Nitrogênio amoniacal_NH_3 por GRASSHOFF *et al*., 1983

Nitrito_NO_2 e Nitrato-NO_3 por PARSONS *et al*., 1972.

- O fosfato foi determinado pelo método do ácido ascórbico.
- O nitrogênio na forma de amônia foi determinado pelo método do azul de indofenol;
- O nitrito foi determinado pelo método da diazotação;
- O nitrato foi determinado por redução a nitrito, em coluna de Cd-Cu seguido de diazotação;
- O silicato foi determinado pelo método do ácido ascórbico.

Para os nutrientes os resultados são apresentados em $\mu mol.L^{-1}$, todas as medidas de absorbância foram realizadas em um espectrofotômetro de duplo feixe (UV), usando-se cubetas de quartzo de 10 cm de percurso óptico para determinação de fosfato e amônia, cubetas de 5 cm para determinação de nitrito e cubetas de 1cm para determinação de nitrato e silicato, sendo os limites de detecção dos métodos iguais a 0,02 $\mu mol.L^{-1}$ para $N\text{-}NO_2^-$, $P\text{-}PO_4^{3-}$ e $Si\text{-}SiO_2$, e de 0,05 $\mu mol.L^{-1}$ para $N\text{-}NO_3^-$ e NH_3^+.

4.1 Descrição de área

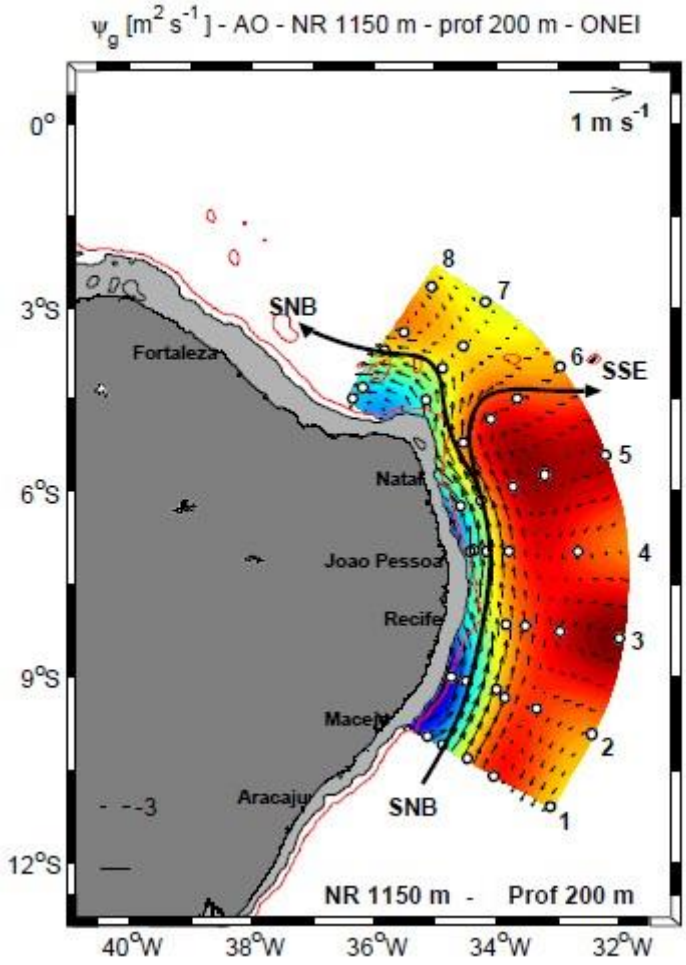
A área de estudo está situada na região nordeste do Brasil entre os estados de Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco entre as coordenadas 6°29’50”S e 7°33’00”S, ela faz parte da Zona Econômica Exclusiva do Brasil. DA SILVEIRA et al. (1994) relacionam a origem da CNB com a bifurcação do ramo sul da Corrente Sul Equatorial (sCSE) entre 12°S e 20°S (Figura 4) quando esta se aproxima da plataforma continental originando a maior corrente de contorno oeste nas latitudes tropicais do Oceano Atlântico. Isto é consequência da corrente receber no seu trajeto, aporte de outros ramos mais equatoriais da Corrente Sul Equatorial. Dessa bifurcação surgem dois ramos: um fluindo para sul, chamado de Corrente do Brasil (CB), e o outro deslocando para o norte, com núcleo em subsuperfície. Esse último é denominado de

Subcorrente Norte do Brasil (sCNB) por STRAMMA e SCHOTT (1999) e de Corrente Norte do Brasil por DA SILVEIRA et al. (1994).

A Corrente Norte do Brasil (CNB) flui sobre o talude oceânico, transportando aproximadamente 20 Sv (1 Sv = 10 m^3s^{-1}) com seu núcleo localizado próximo a profundidade de 200 m (SILVA et al 2009; SCHOTT *et al,* 2005).

Nesta área predominam os ventos alísios de sudeste, durante quase todo o ano devido ao padrão de distribuição da pressão atmosférica no Oceano Atlântico sul. Segundo Greischar e Hastenrath (2000), no período de maio a outubro no hemisfério sul, os ventos são mais fortes fazendo com que a Corrente Sul Equatorial e a Corrente Norte do Brasil sejam mais fortes. Vink *et al.,* 2000 observaram que a maior intensidade dos ventos alísios de Sudeste, ocorrem no segundo semestre do ano, resultando na intensificação do sistema equatorial de correntes. A borda sudoeste do Atlântico tropical é conhecida por apresentar em sua parte mais superficial, uma ampla camada de mistura, com a presença de uma termoclina profunda e estável ao longo do ano. Isto é causado pela ocorrência de ventos alísios de sudeste (SE) que transportam e empilham águas quentes e pobre em nutrientes (Água Tropical - AT) para este lado do oceano, aumentando a espessura da camada de mistura e isolando águas subsuperficiais (Água Central do Atlântico Sul- ACAS), ricas em nutrientes, da camada fótica. Tornando a borda Sudoeste do Atlântico tropical uma região altamente oligotrófica.

Figura 4 - Direção predominante das correntes marinhas na área de estudo. Fonte: Marin (2009).



De acordo com o levantamento geológico elaborado por Coutinho (2000), a partir dos dados do programa REVIZEE, as áreas marinhas da região nordeste, possuem plataforma rasa com profundidade máxima de 60m, devido à baixa taxa de erosão continental ocorrida pela ausência de rios de grandes portes como uma fonte de sedimentação. Dentre os três perfis estudados, Pernambuco possui a plataforma mais larga, com 35 km de extensão. Sendo o Platô de Pernambuco a feição mais características dessa província. O Talude Continental, zona periférica da plataforma continental, é caracterizado pelas feições morfológicas denominadas platôs, onde o Platô de Pernambuco é mais importante feição plataformal deste setor, apresenta uma superfície irregular, com um nível superior situado entre 700 e 1.250 m de profundidade, além de um terraço inferior entre 2.000 e 2.400 m O talude continental, neste trecho, tem largura entre 56 e 140 km, nas adjacências do Platô de Pernambuco.

5 RESULTADOS

5.1 Massas d'água

De acordo com os valores de temperaturas e salinidades registradas até a profundidade de 1000 m, foram traçados os diagramas TxS com os quais foram identificadas as seguintes massas d'água: a Água Tropical Superficial (ATS) com limite inferior de 150 m, Água Central do Atlântico Sul (ACAS) de 150 a 500 m e a Água Intermediaria Antártica abaixo dos 500 m.

Helland-Hansen introduziu na oceanografia a análise de gráficos TxS como identificadores dessas massas, uma vez que a temperatura e a salinidade são parâmetros conservativos da água do mar, os valores de salinidade e temperatura que caracterizam as massas d'água estudadas são:

Massas d'água	ATS	ACAS	AIA
Intervalo de temperatura	>18°C	Entre 6°C e 18°C	Entre 2,5°C e 6°C
Intervalo de salinidade	>36	Entre 34,5 e 36	Entre 34,15 e 34,5

Foram observados que nos três locais de estudo que apenas a ATS atinge a plataforma continental, isso ocorreu devido a profundidade máxima da plataforma ser de 65 m e por não haver processo de ressurgência nos locais.

Os perfis Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco apresentaram igual distribuição de massas d'água em relação a profundidade, nas estações de final da plataforma (A) foram registradas apenas a ATS (Figura 5), nas estações intermediárias (B) foram registrados a ATS e a ACAS (Figura 6) e nas estações na base do talude (C) foram registrados a ATS, a ACAS e a AIA (Figura 7). Não houveram diferenças de profundidade das massas d'água quando comparamos os períodos diurno e noturno e nem quando comparamos os dois anos de estudos.

Figura 5 - Diagrama T x S do final da plataforma. Os registros mostraram apenas a ATS. Caracterização da massa d'água em Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco nos anos de 2010 e 2012.

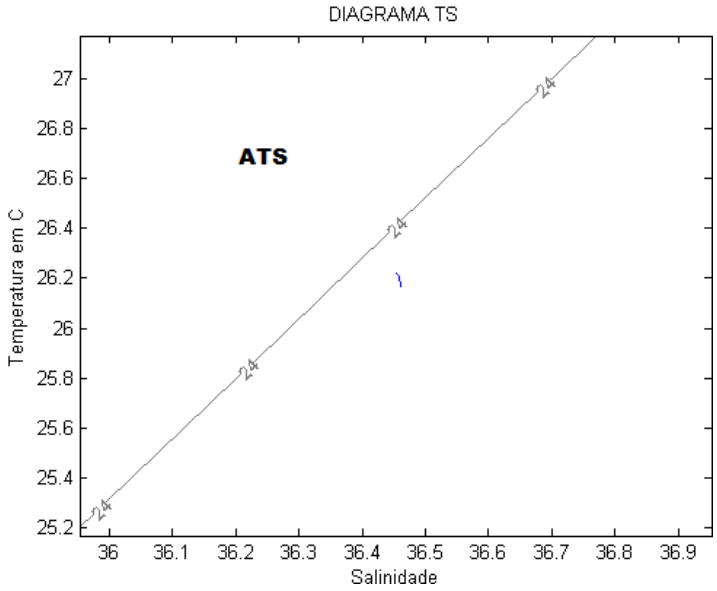


Figura 6 - Diagrama T x S das estações intermediárias dos perfis. Foram registradas a presença da ATS e da ACAS. Caracterização da massa d'água em Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco nos anos de 2010 e 2012.

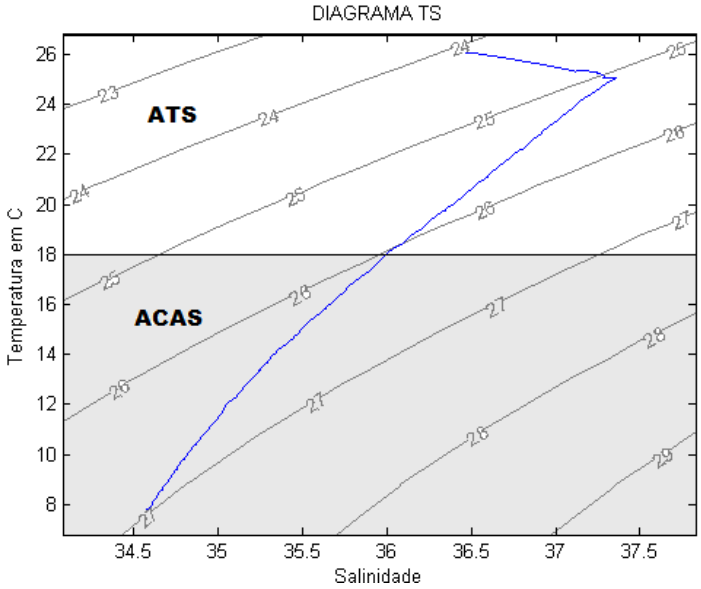
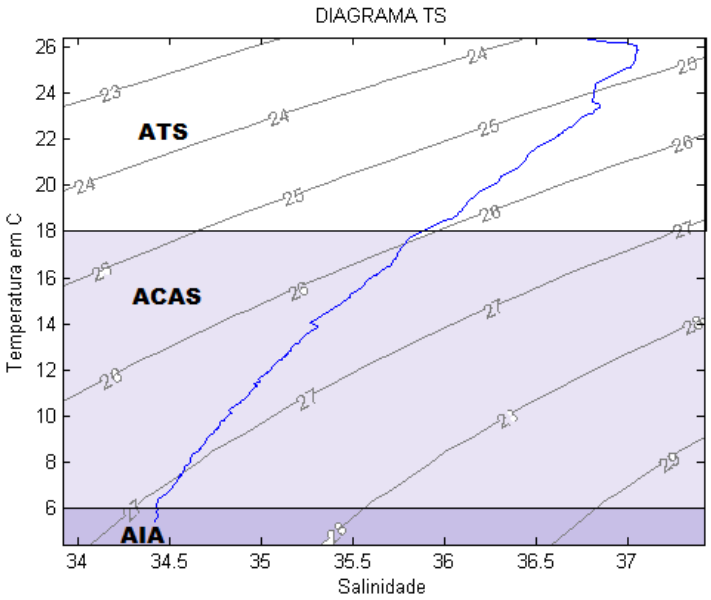


Figura 7 - Diagrama T x S da base do talude. Foram registradas a presença da ATS, ACAS e AIA. Caracterização da massa d'água em Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco nos anos de 2010 e 2012.



5.2 Temperatura

A temperatura superficial da água variou de 26,14°C a 27,04°C com amplitude de 0,9°C, o que evidenciou a estabilidade térmica característica das áreas tropicais. Comparando os três locais de estudo, Rio Grande do Norte apresentou as temperaturas mais elevadas. Comparando os dois anos de estudos, no ano de 2010 foram registrados os maiores valores de temperatura na camada superficial com média de 26,62, em 2012 a temperatura média registrada na camada superficial foi de 26,14, apresentando uma diferença significativa com $p<0,0001$ (Figura 8). Ao longo da coluna d'água apenas na camada superficial e na profundidade de máxima clorofila *a* as temperaturas registradas foram maiores em 2010, a partir desta profundidade os maiores valores de temperaturas foram registrados no ano de 2012.

Na profundidade de máxima clorofila *a* foi observada uma diferença significativa com $p=0,0173$ com os maiores valores no ano de 2010, quando comparadas as massas d'água apenas a AIA apresenta diferença significativa com $p=0,0174$ com maiores valores em 2012, a ATS e a ACAS não apresentaram diferença significativa. Comparando os períodos diurnos e noturnos não ocorreram diferenças significativas com $p=0,8312$.

Verticalmente a temperatura diminuiu com o aumento da profundidade, o menor valor foi de 4,04°C, registrado na profundidade de 1000 m, enquanto que o valor máximo foi de 27,04°C na superfície, resultando em uma amplitude térmica de 23°C. Neste trabalho a profundidade da termoclina variou de 70 a 105 m com média de 90 m. No local de estudo 1 (perfil de RN) a amplitude vertical da temperatura foi de 21,67°C e o início da termoclina ocorreu na profundidade de 100 m em 2010 devido a maior temperatura registrada nesse ano já em 2012 (Figura 9 A e B) a profundidade de início da termoclina diminui para 70 m. as camadas mais superficiais não apresentam diferença de temperatura quando comparados os períodos diurno e período noturno, no entanto no período noturno a profundidade de início da termoclina diminui.

Figura 8 - Variação da Temperatura na ATS entre 2010 e 2012.

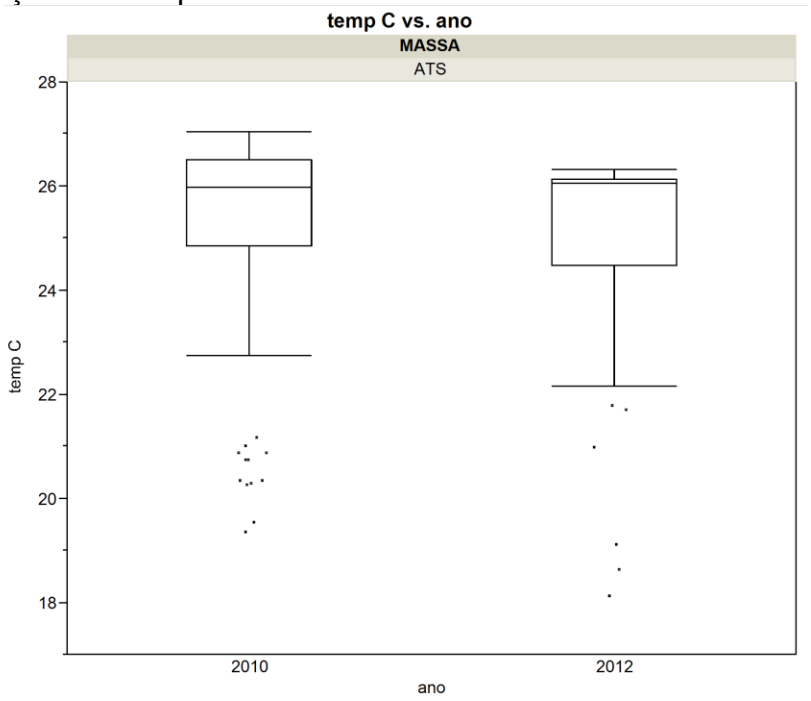
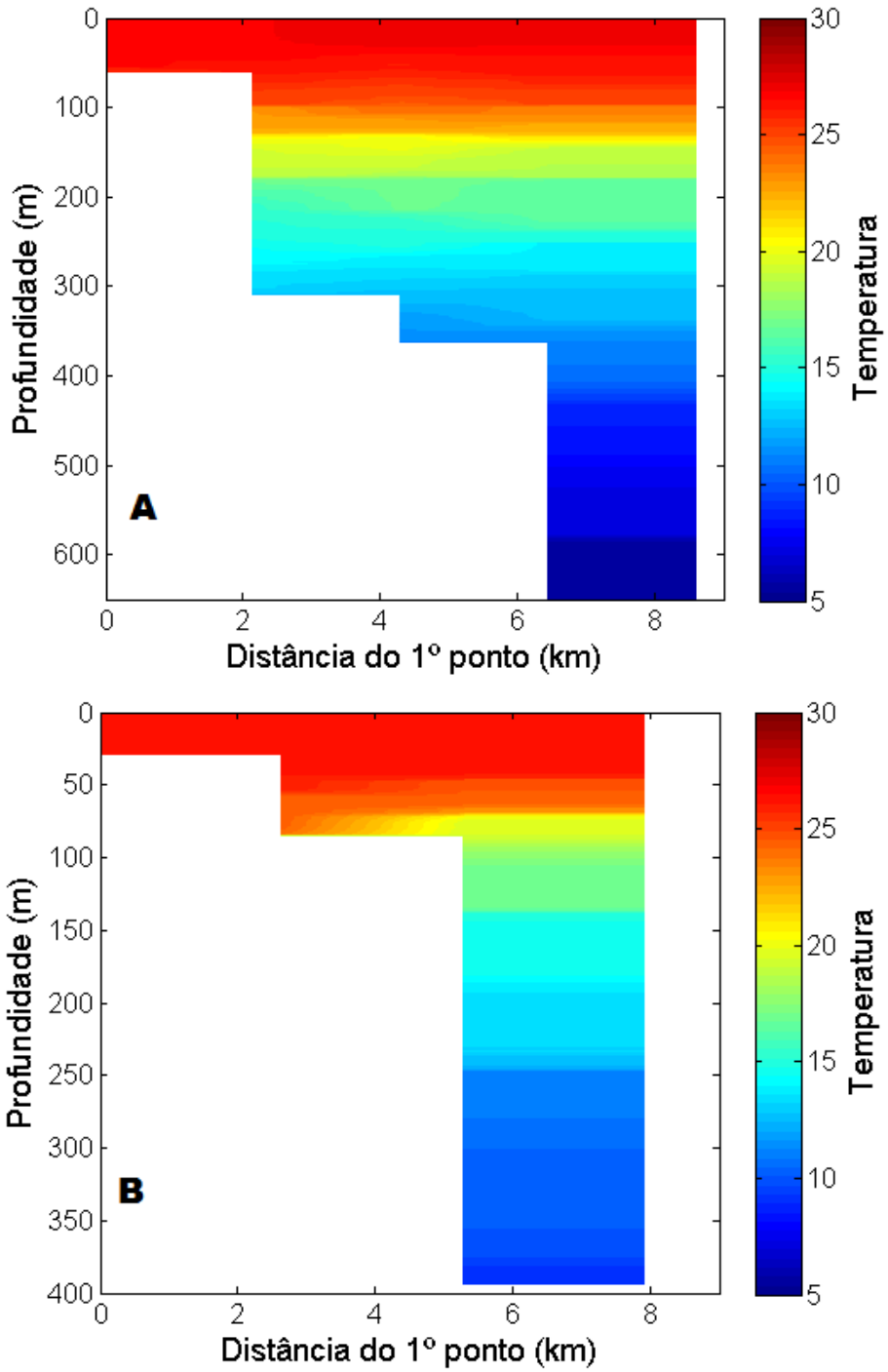
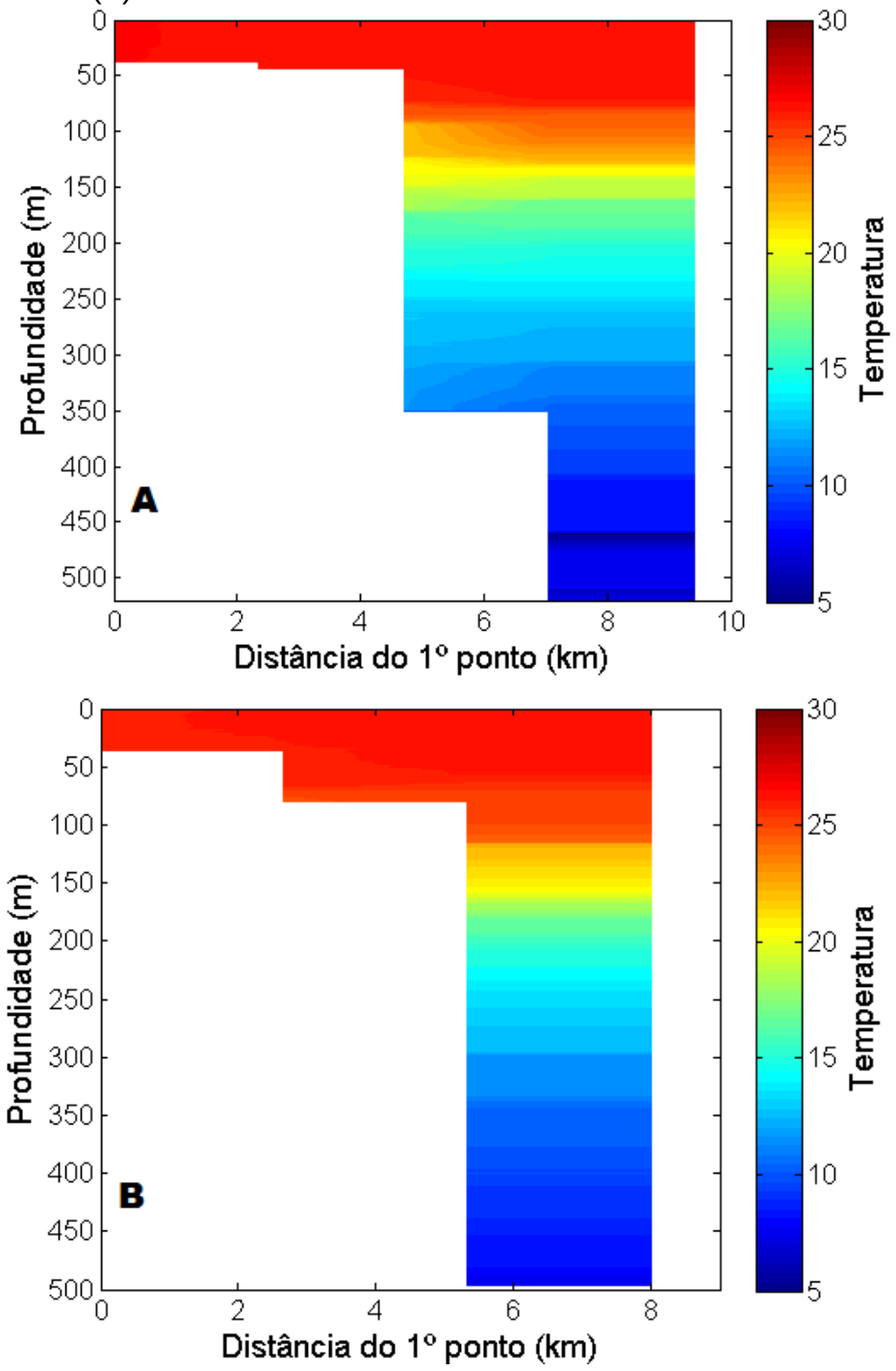


Figura 9 - Distribuição espacial da temperatura no perfil 1 (RN) no ano de 2010 (A) e 2012 (B).



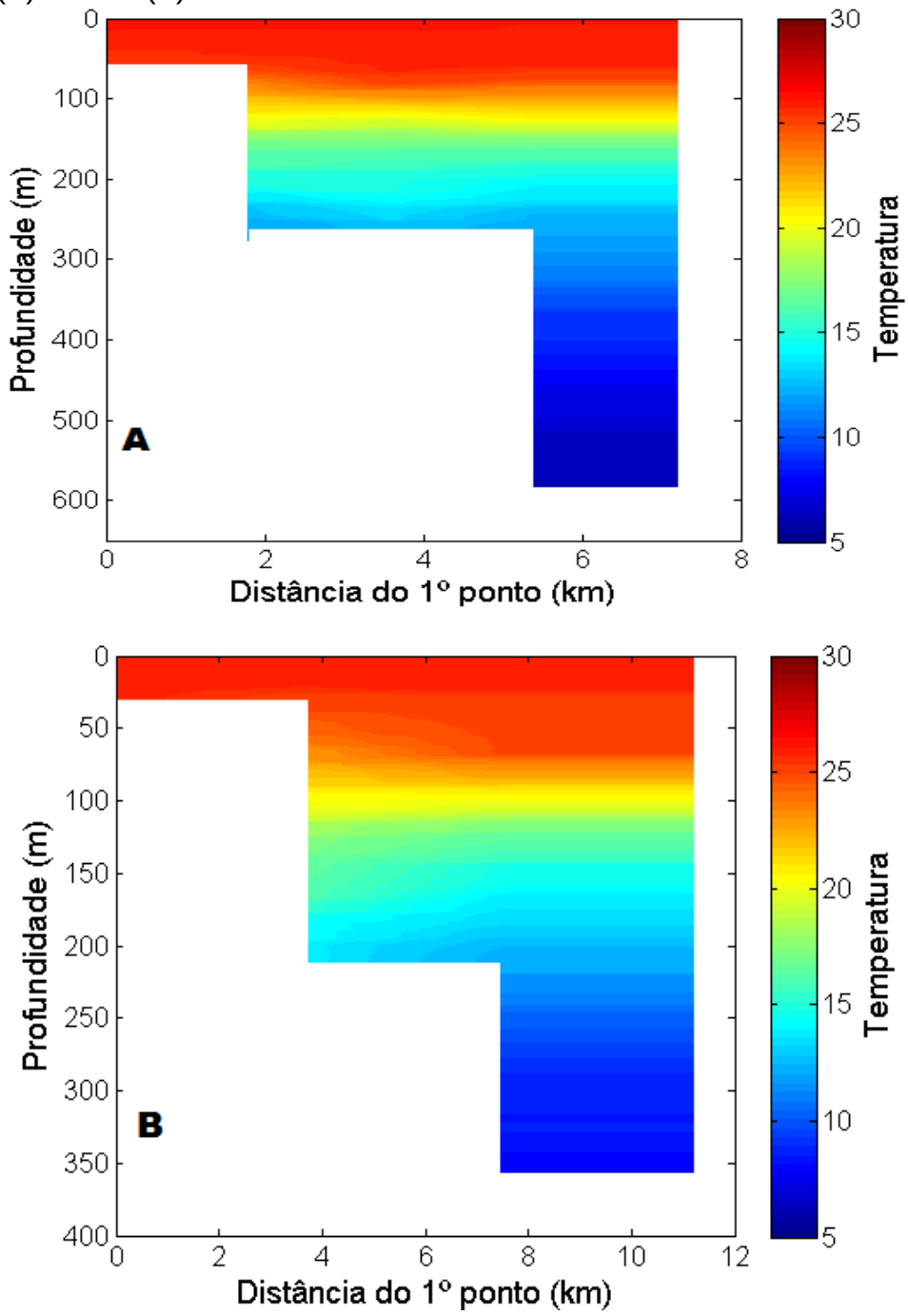
No local de estudo 2 (perfil da PB) a amplitude vertical da temperatura foi de 22,55°C, apresentando o início da termoclina variando de 85 a 105 m em 2010 e de 70 a 85 m no ano de 2012 (Figura 10 A e B). A figura 10 apresenta a distribuição espacial da temperatura em relação a profundidade para este perfil.

Figura 10 - Distribuição espacial da temperatura no perfil 2 (PB) no ano de 2010 (A) e 2012 (B).



No local de estudo 3 (perfil de PE) a amplitude vertical da temperatura foi de 21,56°C, apresentando o início da termoclina entre 85 a 100 m de profundidade em 2010 e entre 65 a 85 m em 2012(Figura 11 A e B).

Figura 11 - Distribuição espacial da temperatura no perfil 3 (PE) no ano de 2010 (A) e 2012 (B).



5.3 Salinidade

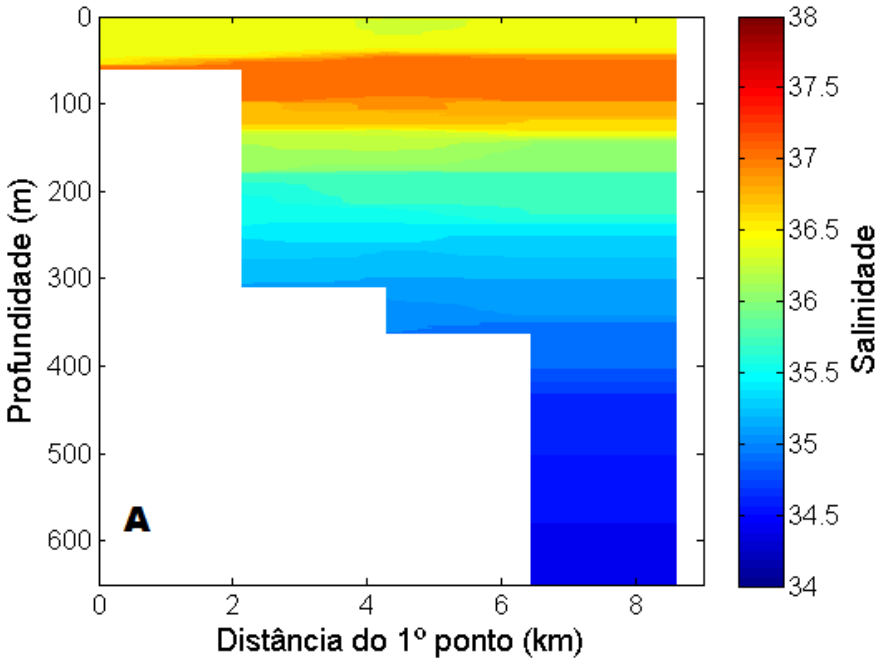
As águas superficiais apresentaram um valor mínimo de 36,02 e máximo de 37,03 com amplitude entre os perfis de 0,9. Ao compararmos os três locais de estudo, foi observada uma diferença significativa entre o perfil e os outros locais, com o perfil de 1, apresentando as menores médias de salinidade (p= 0,02889), enquanto os perfis 2 e 3 apresentaram valores semelhantes.

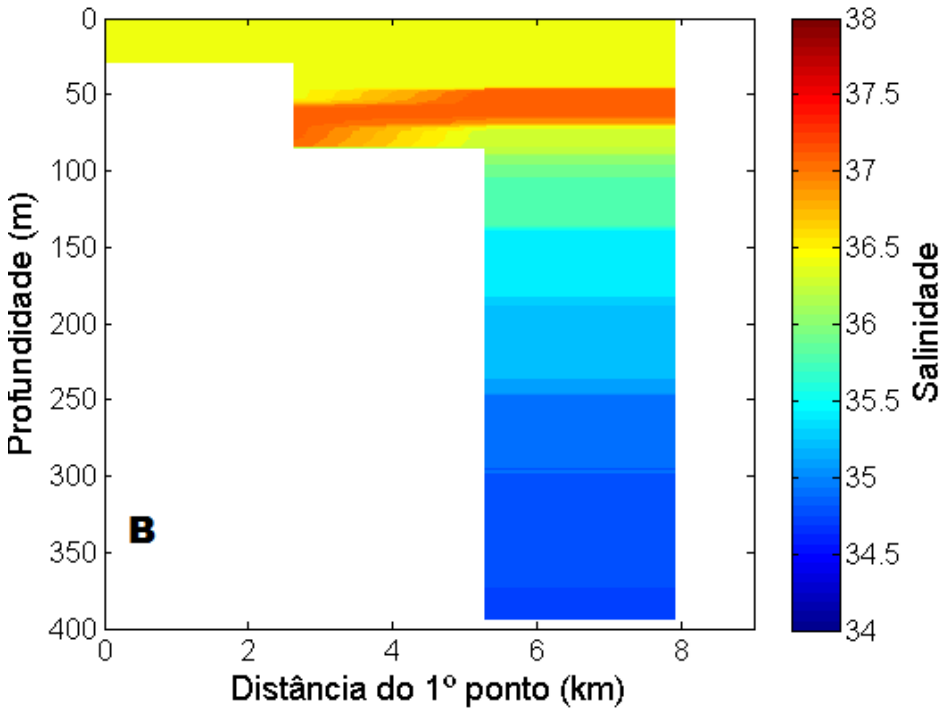
O valor mínimo de salinidade encontrado foi de 34,42 a uma profundidade de 1000 m, os maiores valores de salinidade foram registrados na camada subsuperficial, conhecida como camada de máxima salinidade, a uma profundidade média de 70 m acima do início da termoclina. Com o valor máximo registrado de 37,30. Após a camada de máxima salinidade os valores diminuem com o aumento da profundidade. Quando comparadas as estações de coleta as médias de salinidade mais elevadas são registradas nas estações A localizada sobre a plataforma continental.

Ao compararmos os locais de estudo, o perfil 1 apresentou uma maior amplitude no ano de 2010, enquanto os perfis 2 e 3 apresentaram uma maior homogeneidade da camada superficial e de máxima salinidade.

Comparando os períodos diurno e noturno não foram observadas diferenças significativas com p=0,8918, no entanto foi observada a diminuição da profundidade da camada de máxima salinidade no período noturno. A figura 13 A e B apresentam a distribuição espacial da salinidade no perfil 1 em 2010 e 2012 respectivamente.

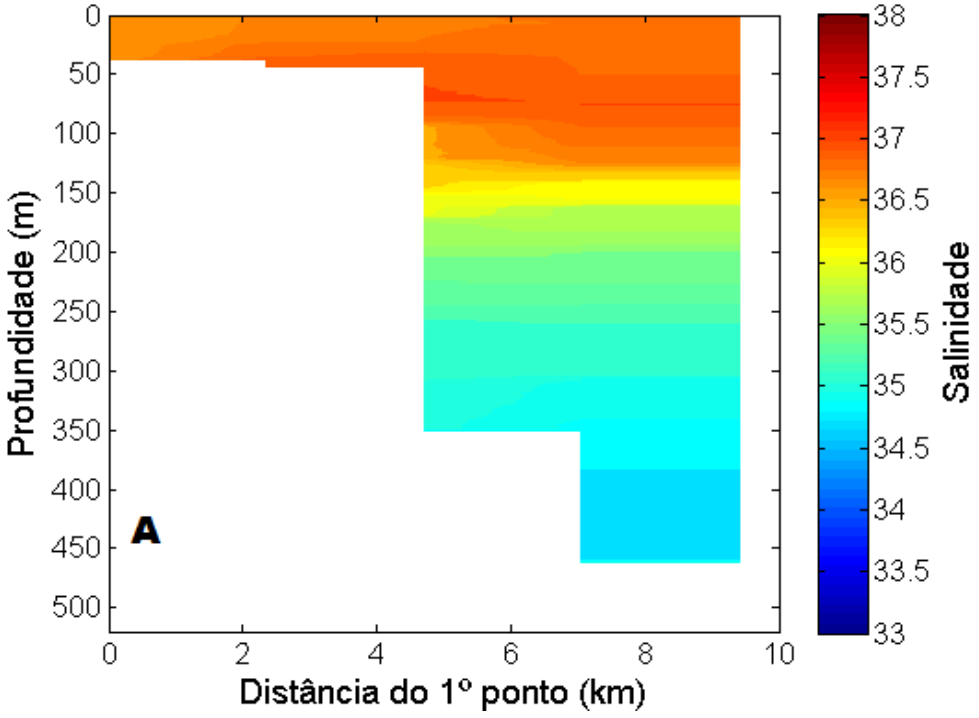
Figura 12 - Distribuição espacial da salinidade em Rio Grande do Norte. 2010(A) e 2012(B).

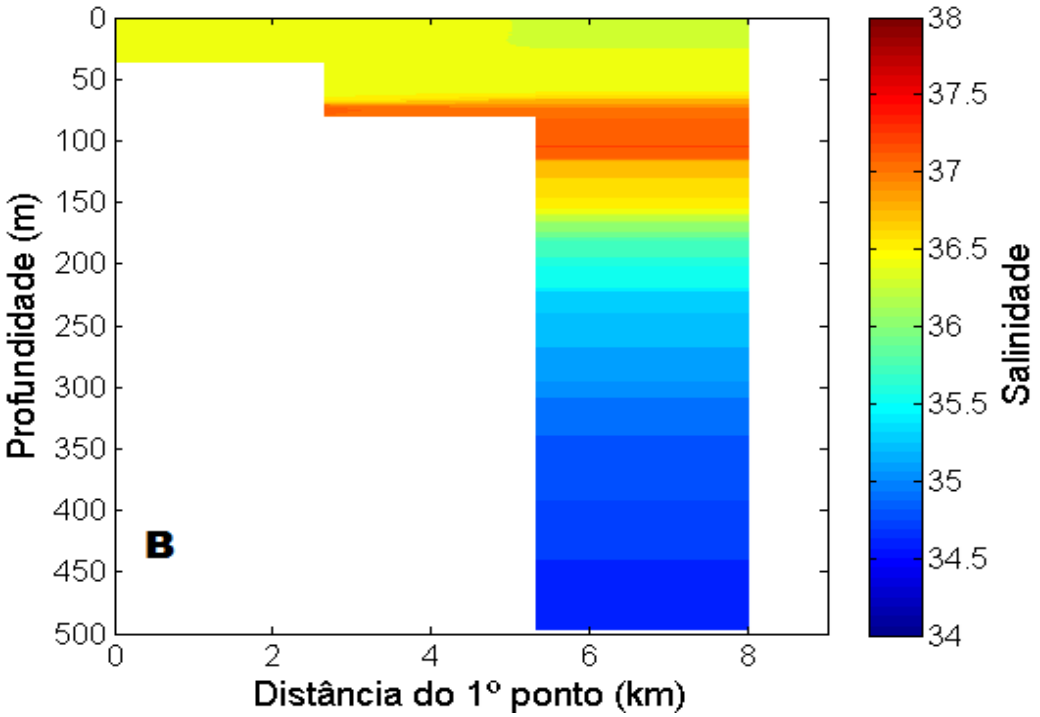




No perfil 2 no ano de 2010 também foram registradas as maiores amplitudes de salinidade e as maiores salinidades superficiais em relação a 2012 do mesmo local. A figura 13 A e B apresentam a distribuição espacial da salinidade no perfil da Paraíba.

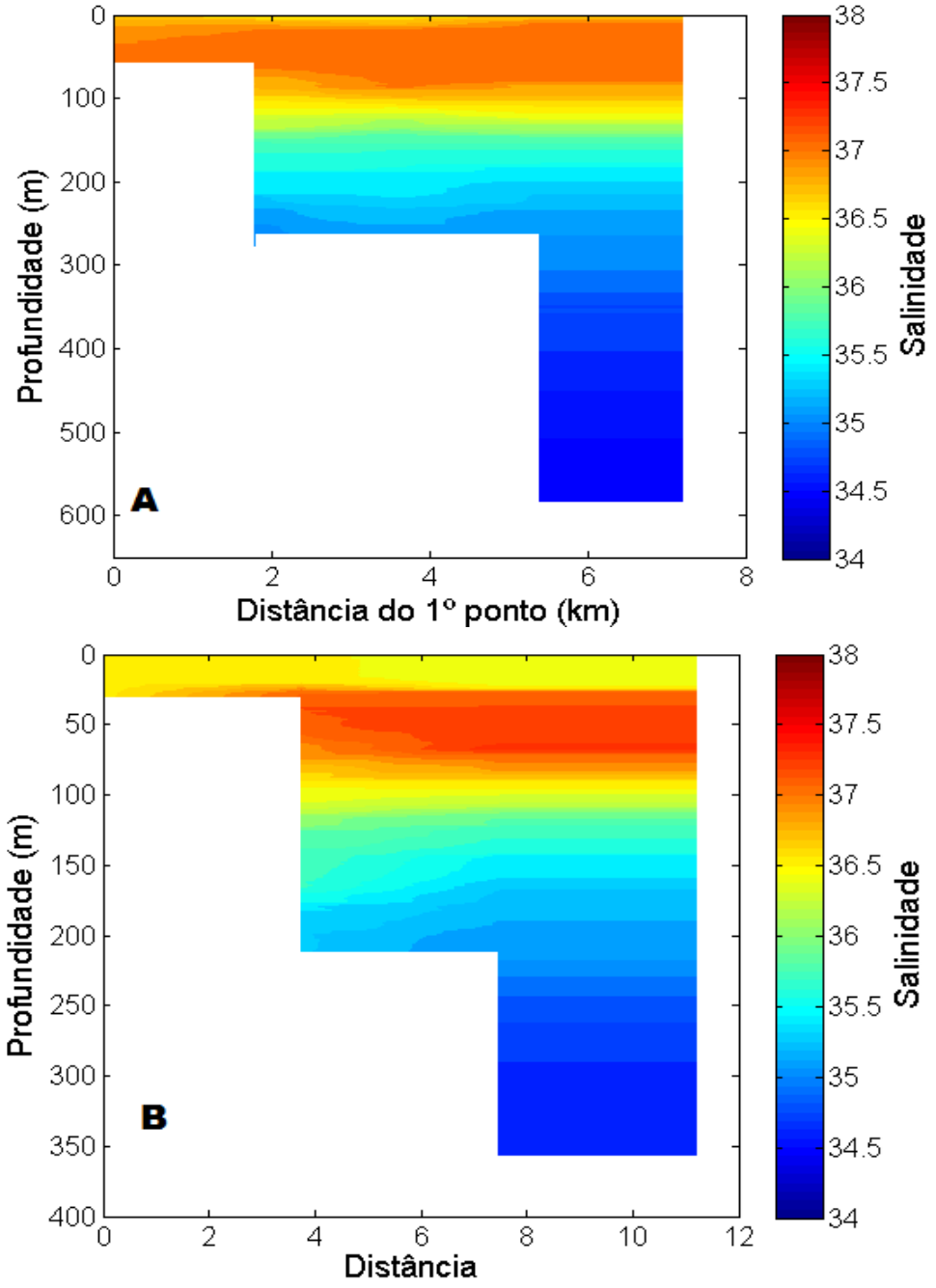
Figura 13 - Distribuição espacial da salinidade em Paraíba, 2010(A) e 2012(B).





No perfil 3 no ano de 2010 a salinidade apresentou-se bastante homogênea nos primeiros 100 m de profundidade, a maior amplitude vertical foi observada no ano de 2012 que apresentou a camada de máxima salinidade bastante diferenciada e a uma maior profundidade em relação ao ano de 2010. A figura 14 A e B apresentam a distribuição espacial da salinidade no perfil de Pernambuco, em 2010 e 2012.

Figura 14 - Distribuição espacial da salinidade em Pernambuco, 2010(A) e 2012(B).

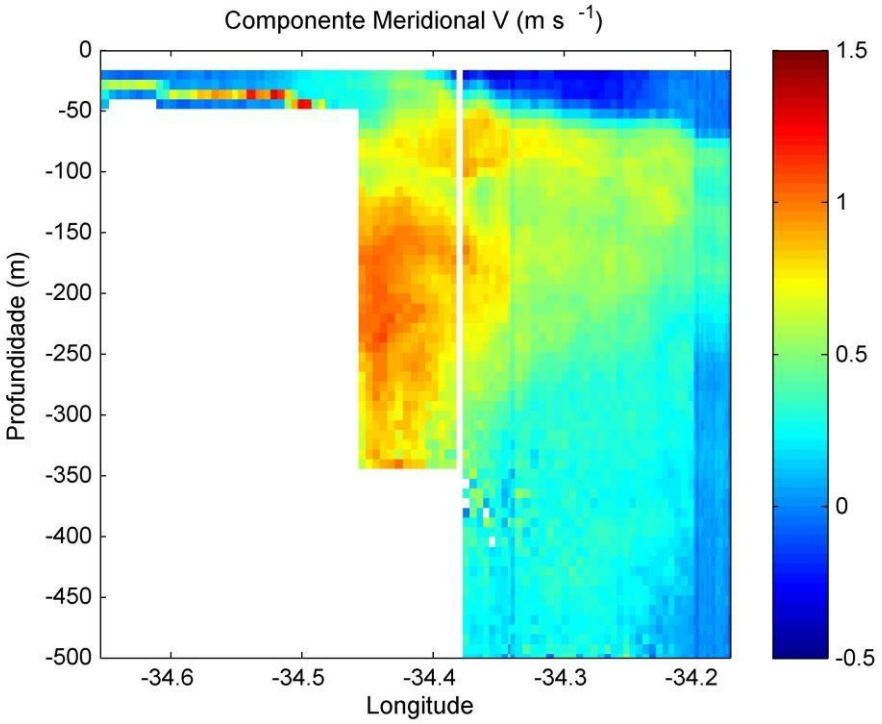


5.4 Velocidade da corrente (2010)

O núcleo da Corrente Norte do Brasil foi registrado a uma profundidade próxima de 200 m com velocidade que variou de 0,8 m s^{-1}, no perfil da PB a 1,2 ms^{-1} nos perfis RN e PE, essa diferença na velocidade entre os locais pode ser atribuída a geomorfologia local.

Em nosso estudo foi observado que ao se aproximar paralelamente ao talude o núcleo da CNB passa por um afunilamento, essa deformação em sua estrutura resulta em um aumento do fluxo e consequentemente em um aumento da velocidade deste núcleo. Sendo assim os locais 1 e 3, (perfil RN e PE, respectivamente) que possuem talude mais externo, apresentaram velocidades maiores que o local 2 (perfil PB), também foi observado que na periferia do núcleo os valores da velocidade registrados são a metade dos encontrados no núcleo e quanto mais se distancia do núcleo esses valores velocidade diminuem. A figura 15 apresenta o núcleo da CNB ao passar pelo perfil de Pernambuco, esse núcleo apresenta-se a uma profundidade média de 200 m.

Figura 15 - Núcleo da Corrente Norte do Brasil ao passar no perfil de PE, apresenta uma velocidade média de 1,2 m s^{-1}.



5.5 Fosfato

O nutriente fosfato apresentou concentrações que variaram de inferiores ao limite de detecção, registrados na camada subsuperficial, a 2,10 µmol L^{-1} na profundidade de 1000 m, apresentando um aumento direto da concentração em relação à profundidade.

Comparando as concentrações do ortofosfato dissolvido entre os locais de estudo, não encontramos diferença significativa entre eles, no entanto quando foram comparadas as estações de coleta de cada perfil, os menores valores foram registrados nas estações A e os maiores valores nas estações C, as estações intermediárias dos perfis funcionaram como transição entre as estações A e C. Quando comparamos as concentrações deste nutriente em relação às massas d'água, a AIA apresentou os maiores valores de concentração.

Comparando as concentrações do ortofosfato dissolvido na camada superficial para os dois anos, observamos os maiores valores no ano de 2010, diferença que foi significativa em relação a 2012 (p=0,0179). Na comparação das concentrações entre os dois anos de coleta, para cada massa d'água, o valor mais elevado, registrado em 2010, foi significativamente diferente para ATS e AIA, com p=0,0158 e p=0,0002 respectivamente. No entanto, as concentrações para ACAS não apresentaram diferenças significativas.

Através da correlação quadrática entre fosfato e temperatura obtivemos uma equação direta, que poderá ser utilizada para fazer estimativa de valores das concentrações de fosfato, nesta área de estudo até a profundidade de 1000 m (equação 1). As figuras 16 e 17 apresentam a distribuição do fosfato em relação à temperatura e salinidade respectivamente.

PO4 (conc) = 1.0594847 - 0.0402341*TºC + 0.0034167*(TºC-22.2272)^2 (Eq.1)

R^2=0.92592

Figura 16 - Distribuição do fosfato em função da temperatura (°C).

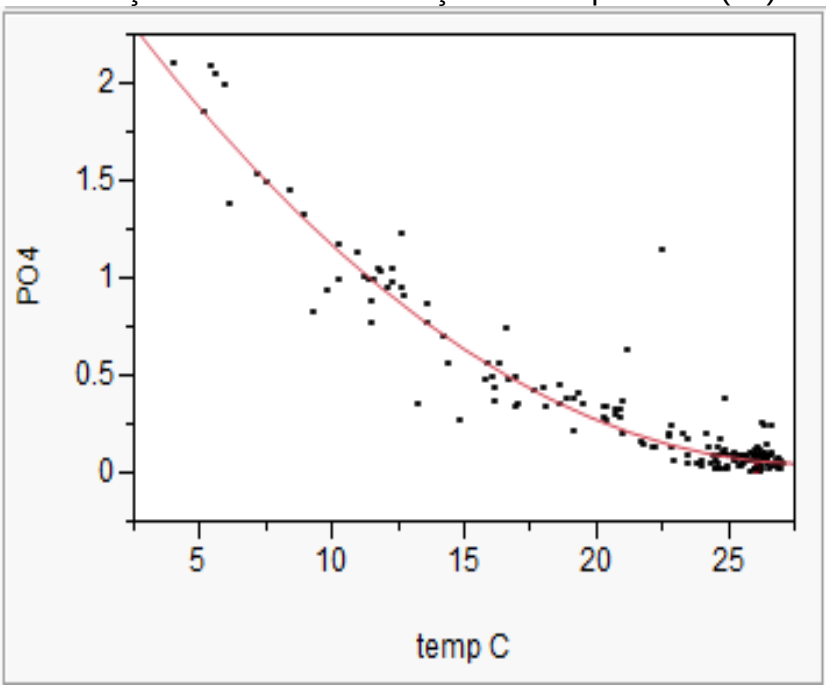
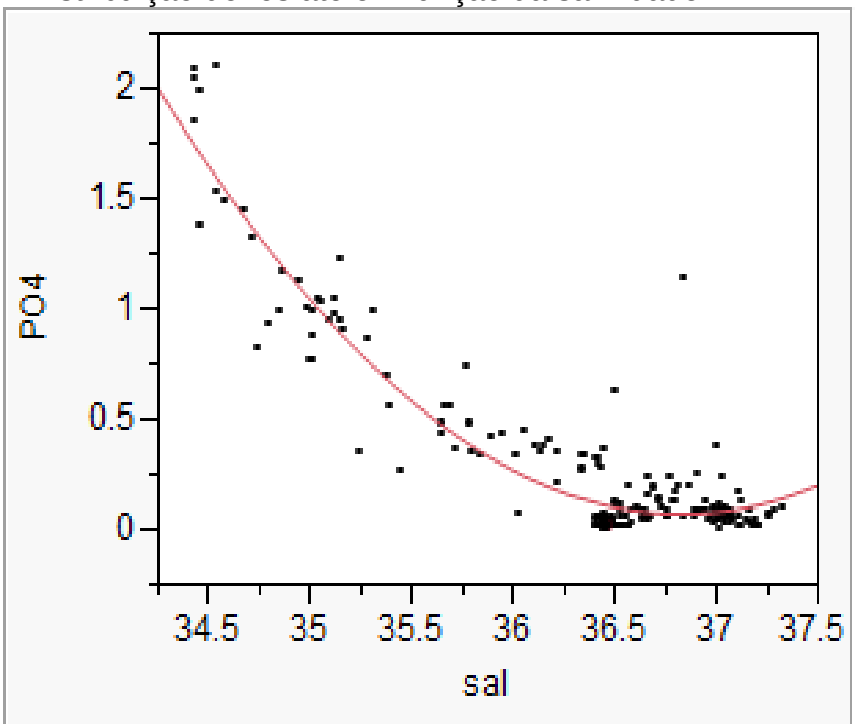


Figura 17 - Distribuição do fosfato em função da salinidade.



5.6 Nitrato

Os valores de nitrato variaram entre <LD (<0,02 µmol L^{-1}), na camada superficial, a 28,6 µmol L^{-1}, na profundidade de 645 m. Ao comparar os locais de estudo o nitrato apresentou suas maiores concentrações no perfil 1 (RN).

As análises verticais mostraram que as maiores concentrações foram registradas nas maiores profundidades apresentando um aumento de concentração em direção ao fundo.

Quando comparamos as concentrações do nitrato dissolvido na camada superficial dos dois anos de coleta, foi observado que não houve diferença significativa, com p=0,2829, para ACAS e AIA, enquanto que para a ATS a diferença significativa, p=0,0171.

Através da correlação quadrática entre nitrato e temperatura também obtivemos uma equação direta, que poderá ser utilizada para fazer estimativa de valores das concentrações do nitrato nesta área até a profundidade de 1000 m (Equação 2). As figuras 18 e 19 apresentam as distribuições do nitrato em relação à temperatura e salinidade respectivamente.

$NO_3 = 13.709004 - 0.5171412*T^oC + 0.0556441*(T^oC-2.2272)^2$ (Eq.2)

$R^2=0.937167$

Figura 18 - Distribuição Nitrato em função temperatura (°C).

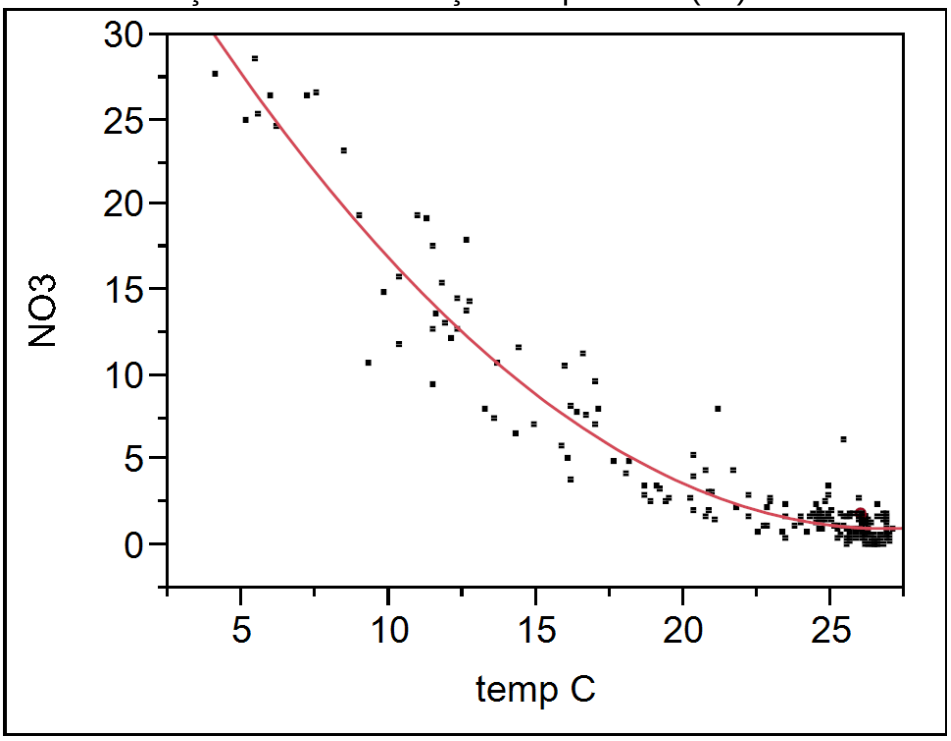
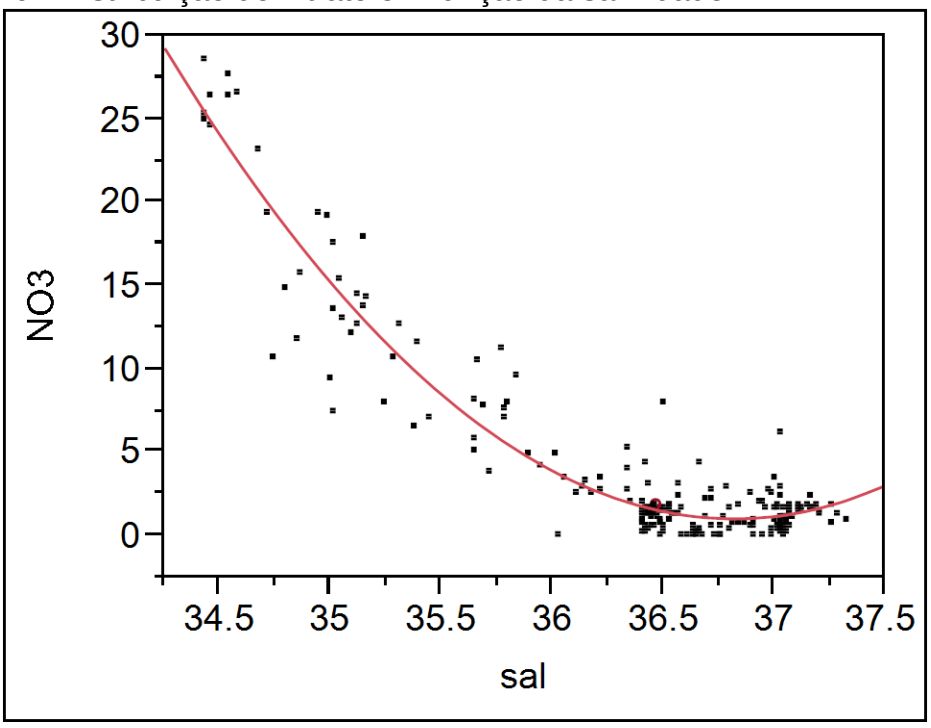


Figura 19 - Distribuição do nitrato em função da salinidade.



5.7 Nitrito

O nitrito apresentou valores que variaram entre abaixo do limite de detecção <LD (<0,02 µmol L^{-1}) até 0,14 µmol L^{-1}, este maior valor foi registrado

a uma profundidade de 134 m, indicando baixa disponibilidade este nutriente na coluna d'água.

Apesar da observação de algumas variações pontuais nas distribuições verticais de nitrito, este nutriente apresentou uma distribuição homogênea ao longo da coluna d'água. Como o nitrito é o íon intermediário entre o nitrato e a amônia o aumento da sua concentração indica processos biológicos, seja pelo consumo por fitoplâncton ou nitrificação e desnitrificação por bactérias. As figuras 20 e 21 apresentam as distribuições do nitrito em relação à temperatura e salinidade respectivamente.

Figura 20 - Distribuição do nitrito em função da temperatura (°C).

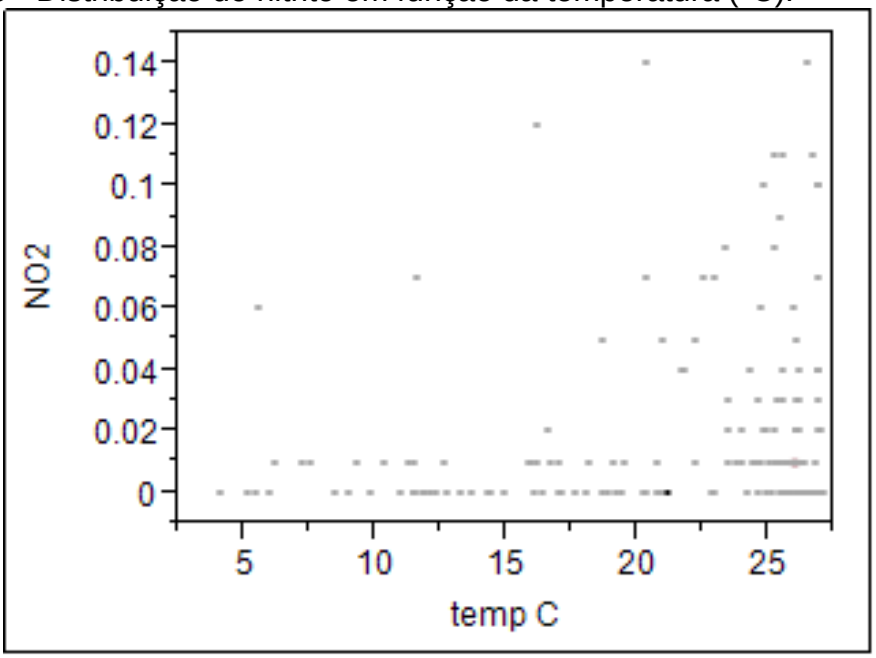
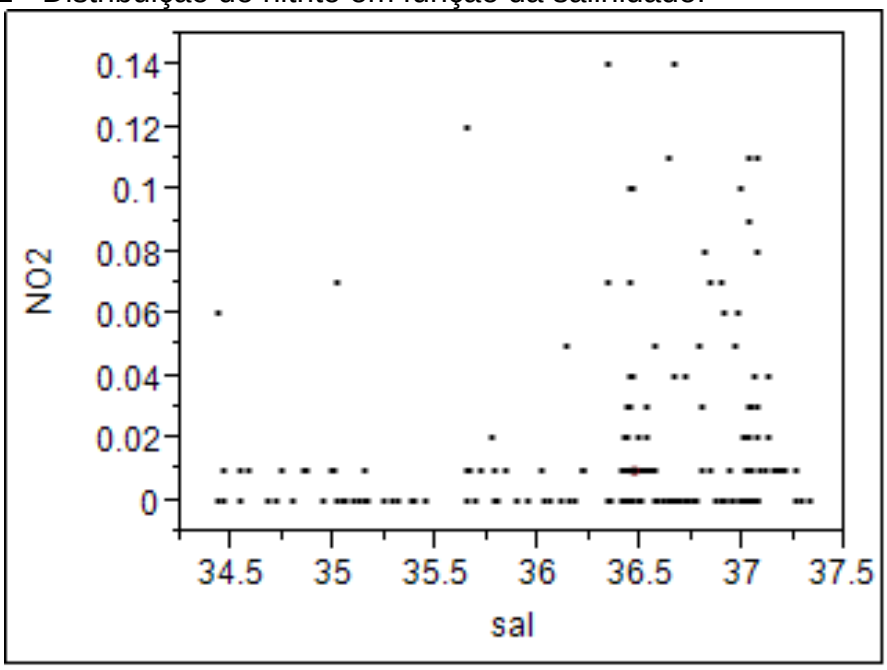


Figura 21 - Distribuição do nitrito em função da salinidade.



5.8 Amônia

A amônia oscilou de <LD (0,02 µmol L^{-1}) em geral de forma homogênea ao longo da coluna d'água a 0,69 µmol L^{-1} na profundidade de 636 m. Assim como os outros nutrientes a amônia apresentou sua distribuição vertical com as maiores concentrações na AIA, porém concentrações elevadas foram pontuais acima da termoclina.

5.9 Nitrogênio Inorgânico dissolvido

Os nutrientes nitrogenados tiveram suas menores concentrações nas camadas superficiais com a concentração aumentando com o aumento da profundidade, semelhante à distribuição vertical do fosfato. Ao serem comparados os 3 locais de estudo não foram observadas diferenças significativas dentre eles.

Quando comparamos as 3 estações de coleta de um mesmo perfil, as estações C apresentaram as maiores médias, pois são estas que apresentam as maiores profundidades e consequentemente as maiores concentrações.

Comparando as concentrações do NID Comparando as concentrações na camada superficial dos dois anos, foi observado que não ouve diferença significativa nesta camada, quando comparadas as concentrações nas massas

d’água em relação aos dois anos a ATS apresentou diferença significativa com p=0,0392, no entanto a ACAS e a AIA não apresentaram diferença significativa. O nitrato foi a forma predominante do nitrogênio, apresentando as maiores concentrações, estando a amônia e o nitrito em concentrações muito baixas e pontuais ao longo da coluna. As figuras 22 e 23 apresentam a distribuição do nitrogênio inorgânico dissolvido em função da temperatura e da salinidade respectivamente.

Figura 22 - Distribuição do nitrogênio inorgânico dissolvido em função da temperatura (°C).

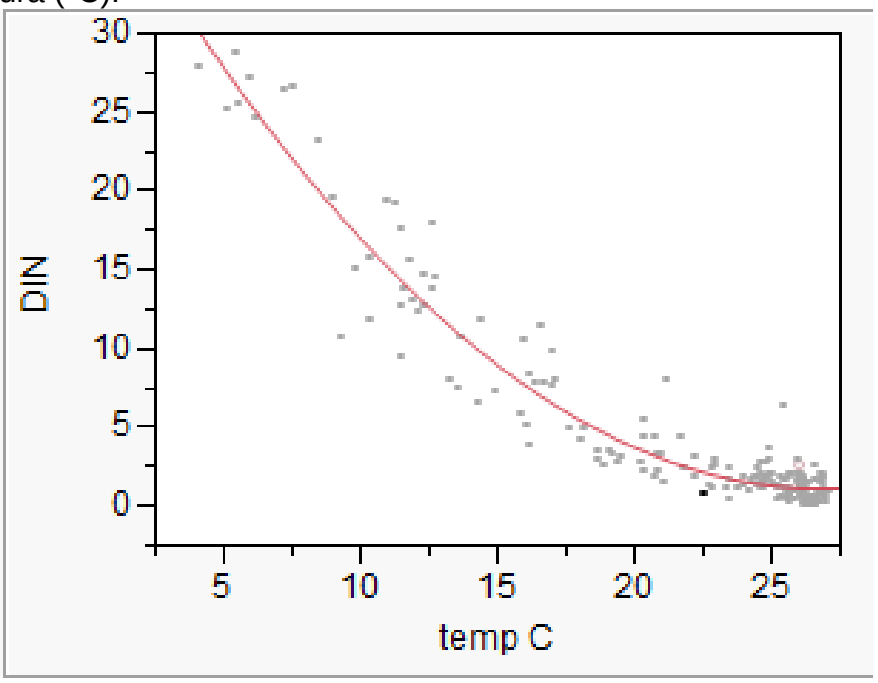
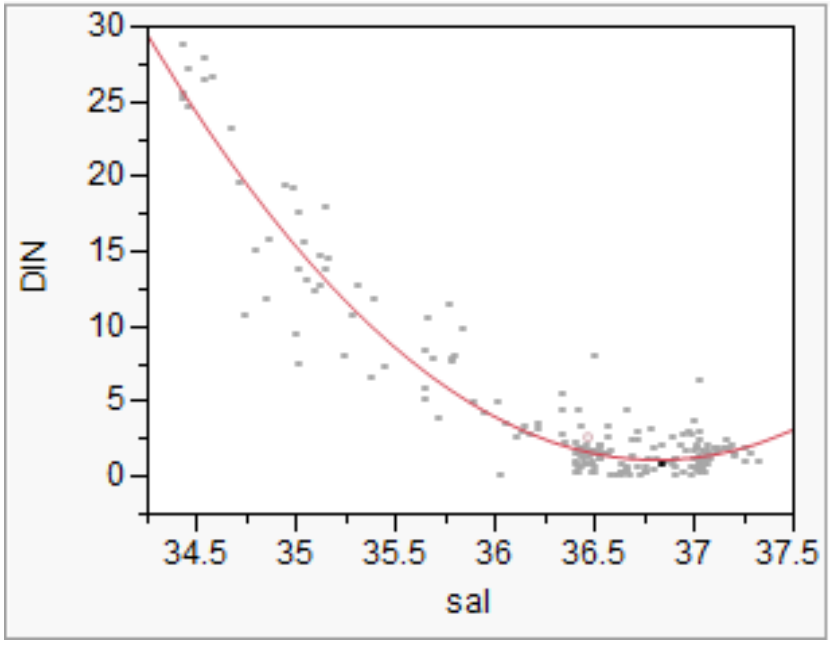


Figura 23 - Distribuição do nitrogênio inorgânico dissolvido em função da Salinidade.



5.9 Oxigênio dissolvido

As concentrações de oxigênio dissolvido oscilaram de 2,35 ml L^{-1}, representando uma taxa de saturação de 38.97%, na profundidade de 270 m, a 5,17 ml L^{-1}, e saturação de 112,15%, na camada superficial. O valor mínimo de oxigênio foi registrado no local 3 (perfil de PE) e o máximo no perfil 1 (RN). Ao compararmos as 3 massas d'água estudadas, a ATS apresentou as concentrações mais elevadas, atribuída a interação com a atmosfera enquanto a AIA apresentou as menores concentrações.

Comparando a taxa de saturação do oxigênio na camada superficial dos dois anos, observamos os maiores valores no ano de 2012, com p=0,0087. Quando comparadas as taxas de saturação nas massas d'água, em relação aos anos de coleta, a ATS e a ACAS não apresentaram diferenças significativas, no entanto os valores mais elevados registrados na AIA, em 2012, foram significativamente diferentes (p=0,0462) em relação aos valores registrados no ano de 2010.

A distribuição espacial deste parâmetro não apresentou diferença significativa em relação aos locais de estudo. Na distribuição longitudinal, ao longo do perfil, a maior média foi observada na estação A. O oxigênio dissolvido e a taxa de saturação do oxigênio de forma geral apresentaram

valores elevados na camada de mistura, com aumento da concentração na profundidade do pico de clorofila *a*, a partir desta profundidade ocorre uma diminuição da concentração até a profundidade do mínimo de OD. As Figuras 24, 25 e 26 representam a distribuição do OD nos perfis Rio Grande do Norte Paraíba e Pernambuco, respectivamente.

Figura 24 - Distribuição vertical do oxigênio dissolvido em relação à Profundidade no perfil de Rio Grande do Norte.

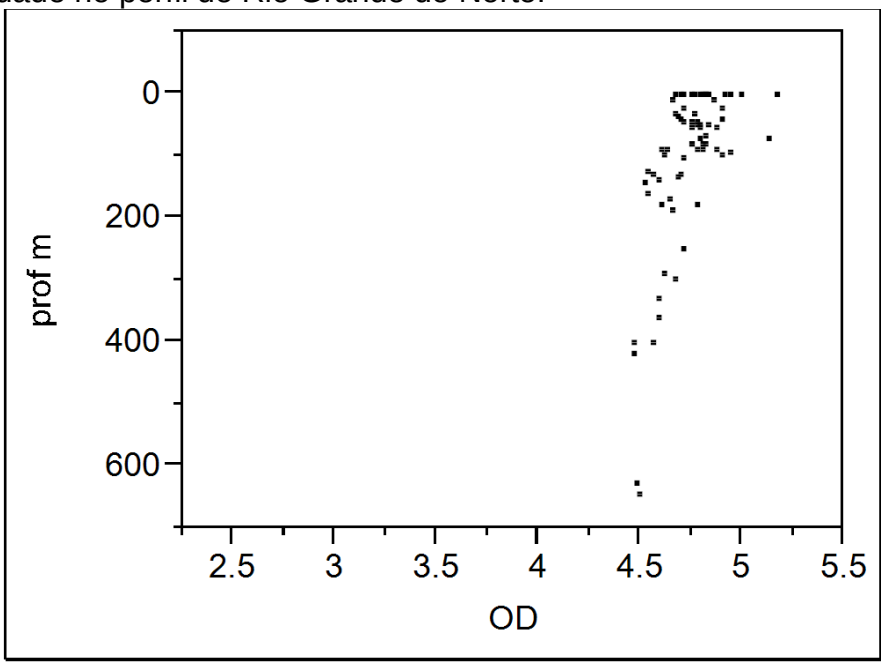


Figura 25 - Distribuição vertical do oxigênio dissolvido em relação à Profundidade no perfil da Paraíba.

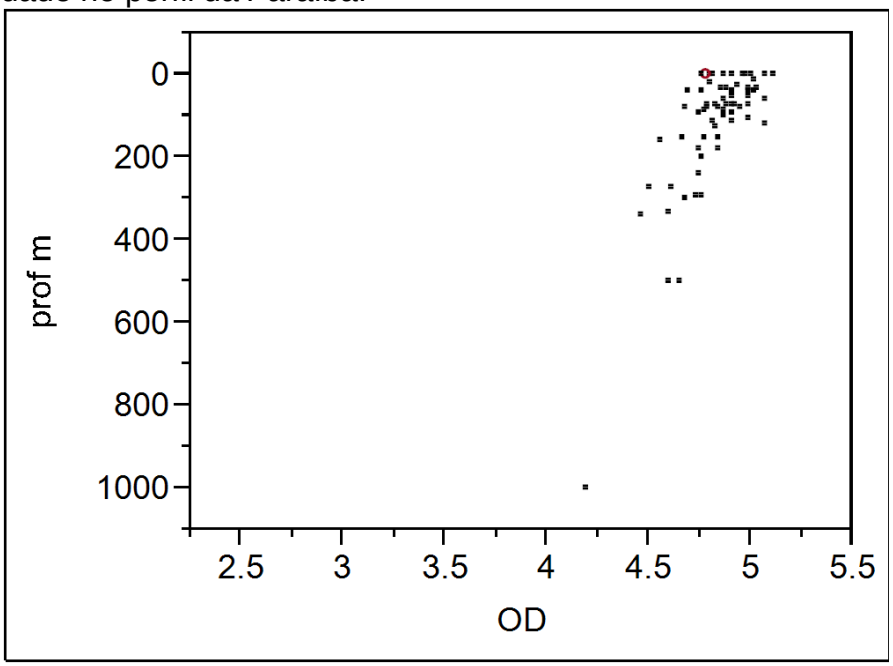
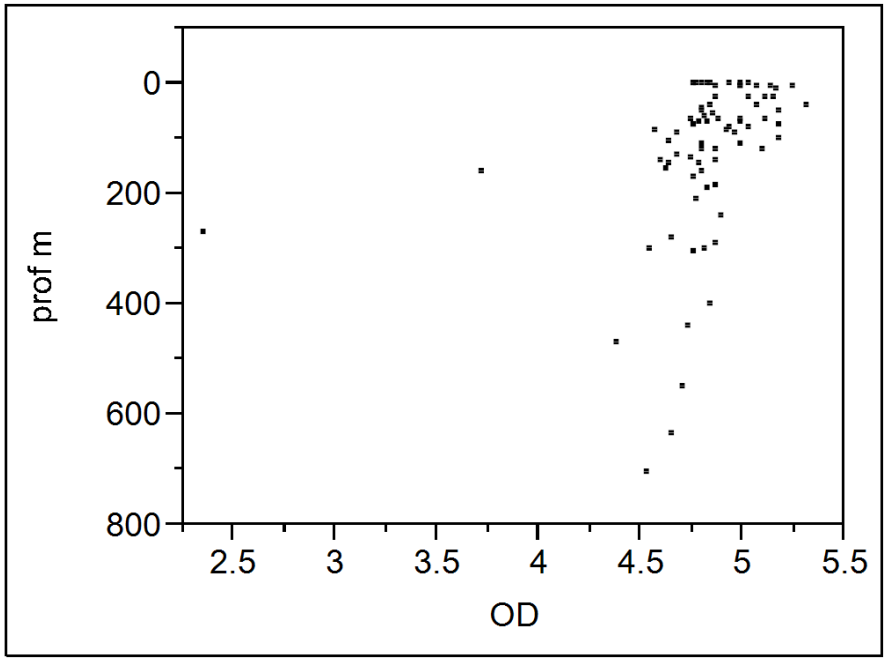


Figura 26 - Distribuição vertical do oxigênio dissolvido em relação à Profundidade no perfil de Pernambuco.



5.10 Silicato

Apresentou variação entre <LD (0,5 µmol L^{-1}), na ATS a 22,99 µmol L^{-1} na ACAS (400 m), assim como os demais nutrientes a concentração do silicato aumentou a profundidade. Quando comparadas as concentrações de silicato

entre os locais de estudo, não foram observadas diferenças significativas. No entanto quando comparadas as estações de coleta nos perfis, as estações mais oceânicas apresentaram as médias mais elevada, devido à presença de massas d'água mais profundas e com maior disponibilidade deste nutriente. As Figuras 30(perfil 1), 31(perfil 2) e 32(perfil 3) apresentam a distribuição do silicato em relação à profundidade em cada local de estudo.

Comparando as concentrações do silicato dissolvido na camada superficial dos dois anos, observamos os maiores valores no ano de 2010, porém não apresenta diferença significativa com p=0,1845, quando comparadas as concentrações nas massas d'água em relação aos anos não foi encontrada diferença significativa nas três massas d'água. As Figuras 27, 28 e 29 representam a distribuição do silicato nos perfis Rio Grande do Norte Paraíba e Pernambuco, respectivamente.

Figura 27 - Distribuição vertical do silicato em relação a Profundidade no perfil do Rio Grande do Norte.

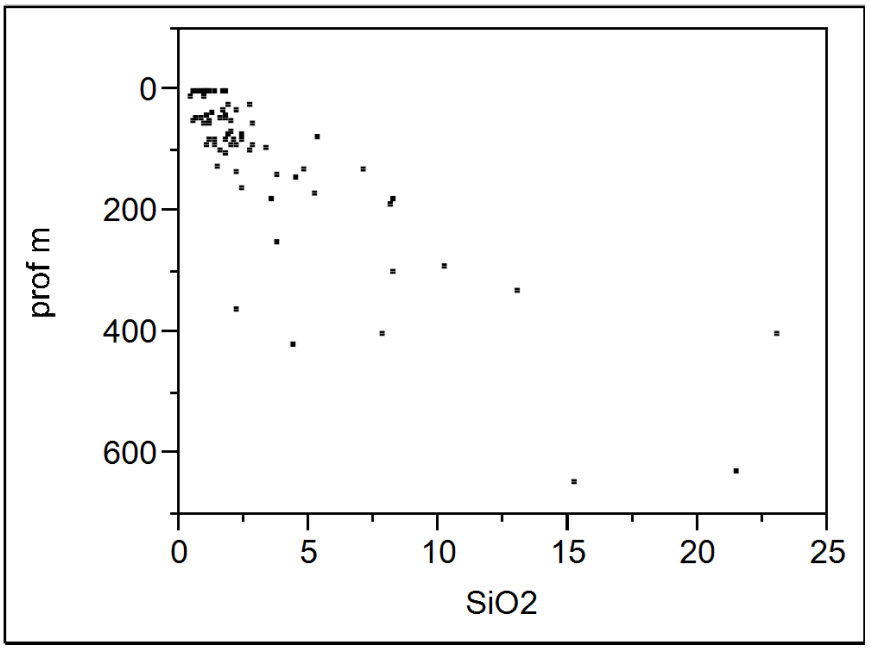


Figura 28 - Distribuição vertical do silicato em relação a Profundidade no perfil da Paraíba.

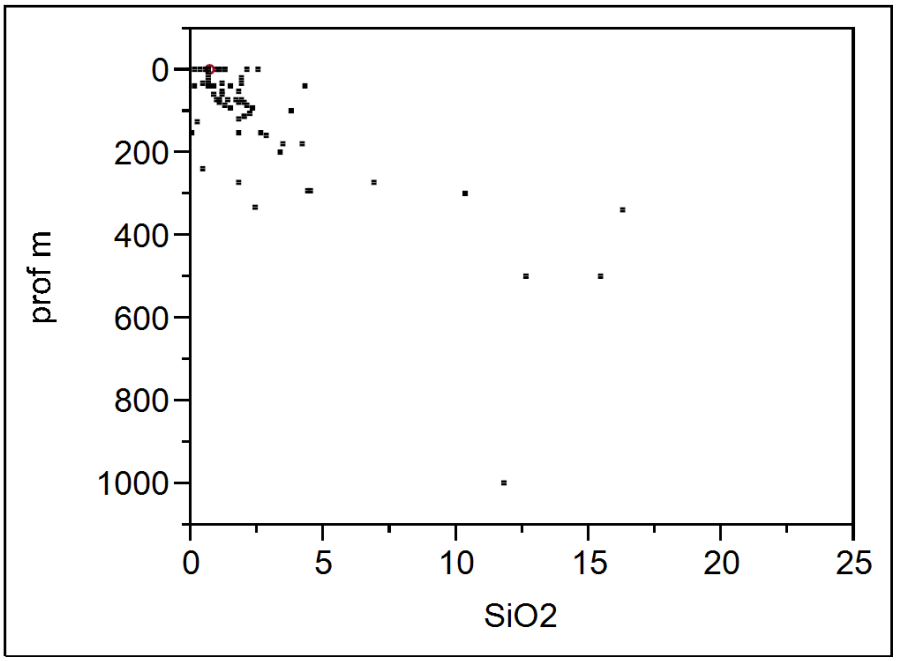
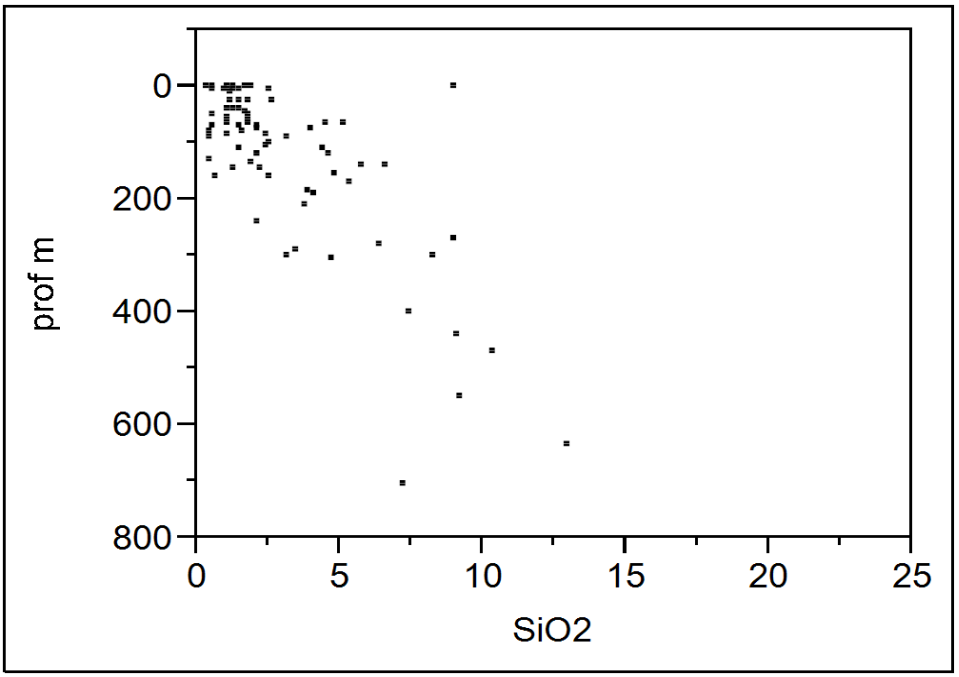


Figura 29 - Distribuição vertical do silicato em relação a Profundidade no perfil de Pernambuco.



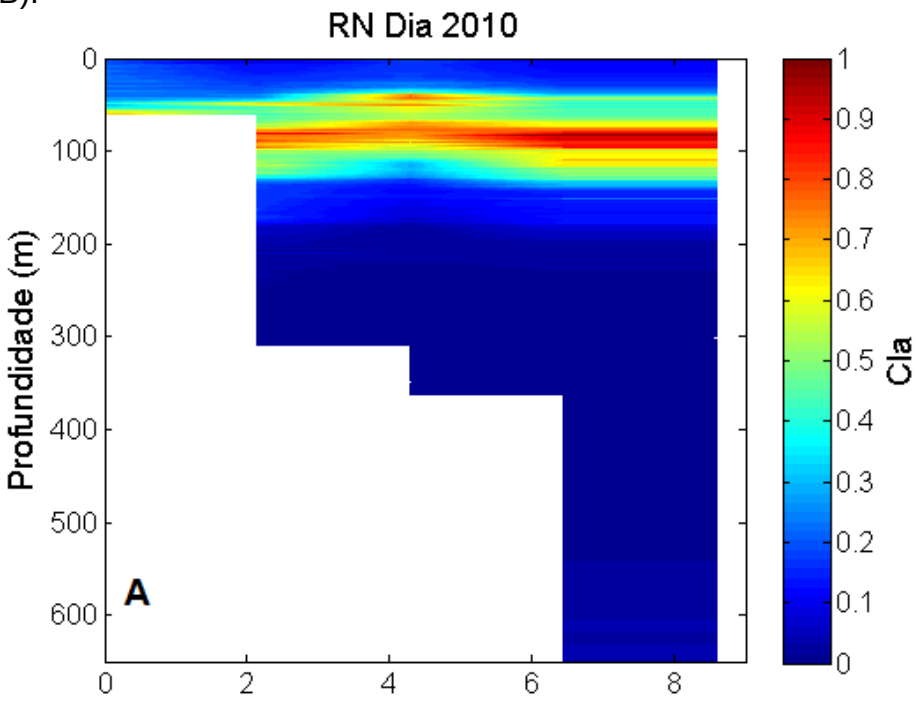
5.11 Clorofila *a*

A concentração de clorofila *a*, na camada fótica, variou entre valores próximos a 0,01 e 1 mg m^3, os maiores valores foram registrados na profundidade denominada de pico da clorofila em uma profundidade média de

85 m. Nos perfis RN e PE foram registrados os maiores valores de concentração da clorofila *a*.

Quando comparados os períodos diurno e noturno, a concentração da clorofila *a* não apresentou diferença significativa com p=0,4501, no entanto, a profundidade do pico da clorofila foi menor no período noturno. Também não houve diferença significativa a comparação entre os três perfis de coleta, apesar das menores concentrações registradas no perfil 2. Uma diferença significativa foi observada ao comparar os dois anos de estudo, quando no ano de 2010, foram registradas as maiores concentrações, apresentando um p=0,0164. As figuras 30, 31 e 32 apresentam as distribuições espacial da clorofila *a* nos perfis Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco nos anos de 2010 (A) e 2012(B) respectivamente.

Figura 30 - Distribuição espacial da clorofila a em Rio Grande do Norte 2010(A) e 2012(B).



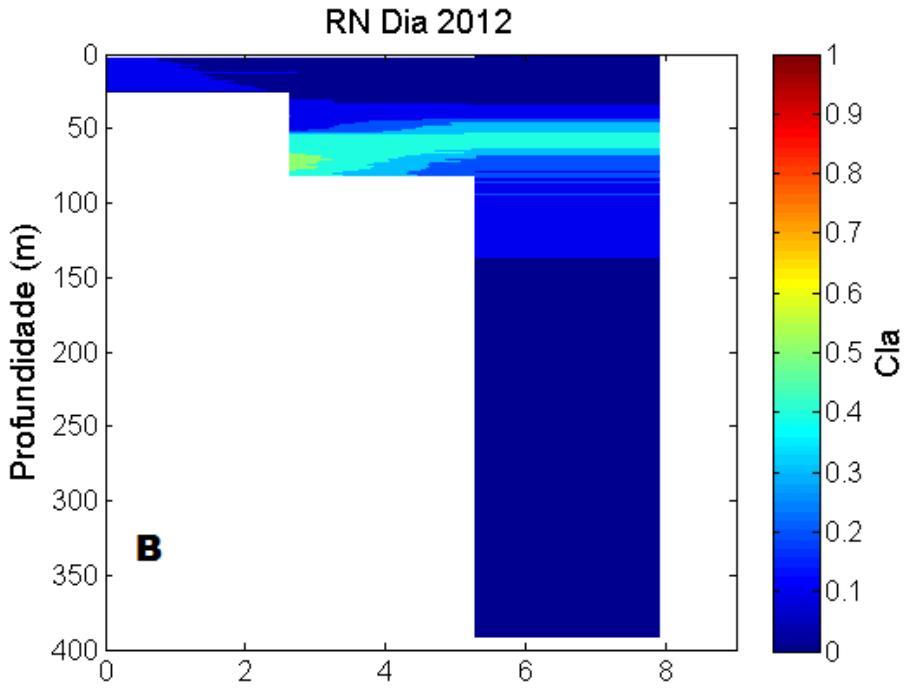
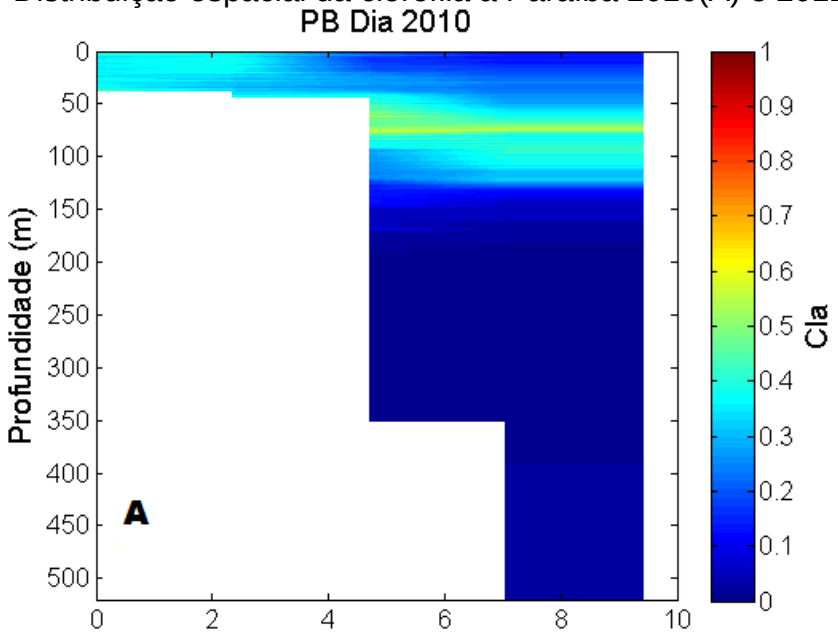


Figura 31 - Distribuição espacial da clorofila a Paraíba 2010(A) e 2012(B).



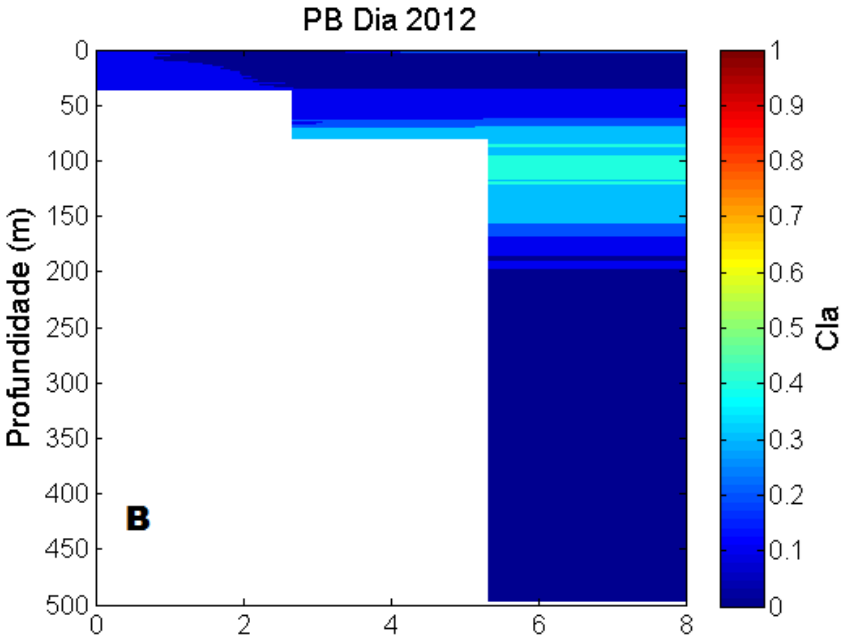
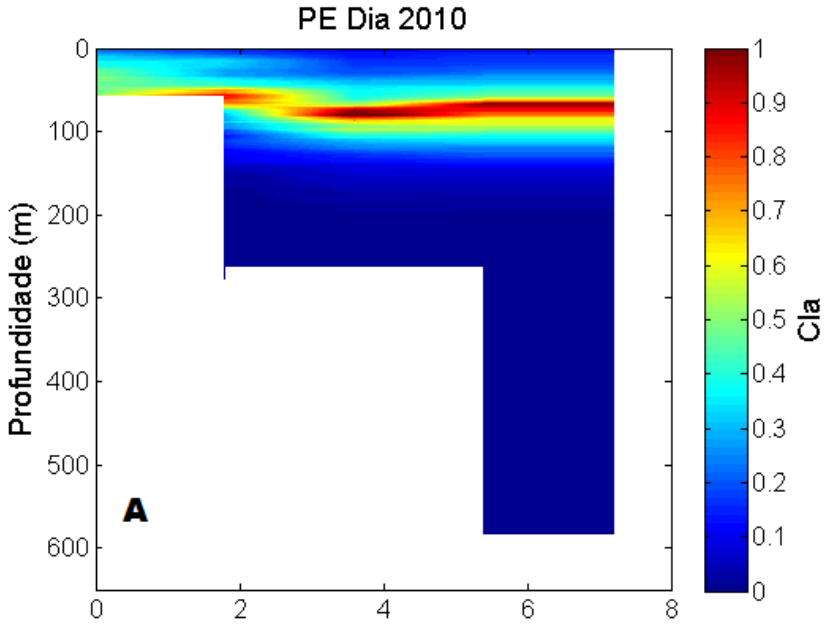
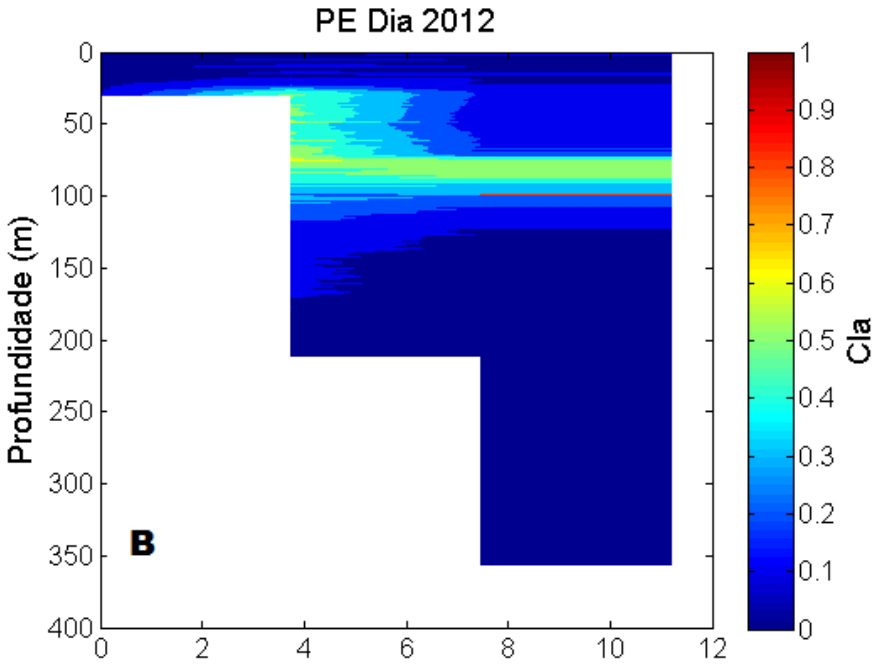


Figura 32 **-** Distribuição espacial da clorofila a em Pernambuco 2010(A) e 2012(B).





6 DISCUSSÃO

Neste trabalho a velocidade do núcleo da Corrente Norte do Brasil foi de 1,2 m s^{-1} para os perfis de Rio Grande do Norte (perfil 1) e Pernambuco (perfil 3) e 0,8 m s^{-1} no perfil da Paraíba. Essa diferença de velocidade pode ser atribuída a geomorfologia local que apresenta montes submarinos no perfil 1 e platô no perfil 3, quando o núcleo da CNB aproximasse do talude, passa por uma deformação, afunilando seu volume, resultando em um aumento do fluxo.

Silveira (1994), Stramma (1991), Stramma *et al.* (1995), Silva *et al.* (2009) e Marin (2009) estudaram o núcleo da Corrente Norte do Brasil e encontraram valores que oscilaram de 0,5, na profundidade de 150 m, a 0,9 $m.s^{-1}$, a 200 m de profundidade. Segundo esses autores a latitude influencia a velocidade e a profundidade do núcleo da corrente, a diminuição da latitude proporcionaria o aumento da velocidade e a diminuição da profundidade do núcleo. O que não foi observado neste trabalho, pois latitudes distintas apresentaram o núcleo com a mesma velocidade.

Comparando os valores médios de temperatura registrados neste trabalho entre os anos de 2010 e 2012, a amplitude foi de 0,55°C com os maiores valores registrados em 2010, refletindo uma anomalia global de temperatura registrada nesse ano. Registros globais de temperatura obtidos de

1996 até 2012 indicaram 2010 o ano mais quente (LEFÉVRE *et al*., 2013). Estudos anteriores indicam uma relação entre a latitude e a profundidade do início da termoclina, esta relação não foi observada neste trabalho pois perfis com latitudes distintas apresentaram profundidades semelhantes do início da termoclina. Nos perfis Rio Grande do Norte e Pernambuco onde foram registradas profundidades de início da termoclina mais rasas e semelhantes, ocorre a presença de montes submarinos e platô respectivamente, possivelmente realizando uma elevação de massas d'água. No perfil da Paraíba não há presença dessas feições o que resulta o início da termoclina ocorrer a uma profundidade maior. Devido ao resfriamento da superfície no período noturno a profundidade da termoclina diminui cerca de 12 m.

Medeiros *et al* (1999; 2009) em seus estudos na região oceânica nordestina e Becker (2001) em regiões oceânicas equatoriais, relataram que o início de termoclina fica menos profundo em direção ao equador. Segundo Stramma e Schott (1999) e Freitas (2003) em regiões de talude pode ocorrer ressurgência orográfica, esse fenômeno também pode vir a ocorrer em áreas de meandramentos e de divergência de correntes. Neste trabalho não foi registrado uma ressurgência na área do talude, mas um soerguimento de massa que deixou o início da termoclina menos profundo.

A salinidade foi mais elevada no ano de 2010 e no perfil RN, apresentando uma relação direta com a temperatura, cujo aumento resulta em aumento da taxa de evaporação, aumentando a concentração de sais dissolvidos. A pequena variação espacial (amplitude de 1,01 entre perfis) indicou que os aportes de água doce para as áreas costeiras adjacentes ao local deste estudo são escassos ou de baixa magnitude, não influenciando no teor salino do local.

Foi observada a presença da camada de máxima salinidade, que ocorre devido à evaporação, fazendo com que a água superficial fique mais densa e afunde, no entanto, por continuar aquecida essa água é menos densa que a água das camadas mais profundas. Freitas (2003), Pedrosa *et al.* (2006) e Becker (2006) também encontraram esse máximo de salinidade a uma profundidade próxima ao início da termoclina, semelhante ao encontrado neste trabalho. Araújo *et al.* (2011) apresentaram a partir de observações de alta

resolução na borda oeste do Atlântico Tropical, uma intrusão salina de Água de Máxima Salinidade transportada para baixas latitudes subsuperficialmente sobre o talude brasileiro pela Subcorrente Sul Equatorial. Originando a camada de barreira termohalina (ARAÚJO *et al.* 2011; FOLTZ & MCPHADEN. 2009). A existência desta camada de barreira promove a redução do efeito difusivo de fundo (FOLTZ *et al.* 2009). Já na parte central do Atlântico Tropical Norte, Foltz & Mcphaden (2009) apresentaram que a variabilidade da temperatura da superfície do mar tem forte relação com a variabilidade da espessura da camada de barreira.

A disponibilidade de nutrientes inorgânicos dissolvidos no oceano tropical apresenta dois padrões definidos, um superficial, com pequenas variações, e outro vertical, com um gradiente positivo a partir da camada fótica. Estas áreas apresentam uma forte estratificação térmica e consequentemente a presença de uma termoclina permanente, que limita o transporte advectivo vertical dos nutrientes que viriam a substituir aqueles consumidos pelo fitoplâncton na camada superficial (NITTROUER *et. al*., 1995; COSTA, 1991; MEDEIROS *et. al.,* 1999, BRAGA & NIENCHESKI, 2006; FLORES MONTES *et al.,* 2009). Em geral a concentração dos nutrientes aumenta nas camadas mais profundas onde não são consumidos pelos organismos fotossintetizantes. Neste trabalho todos os nutrientes apresentaram maiores concentrações no período diurno e no ano de 2010, porém não foram diferenças significativas em nenhuma das comparações.

Na maioria das vezes a remineralização dos nutrientes ocorrem em grandes profundidades dificultando sua reintrodução destes na cadeia trófica e com isso influenciando de forma negativa na produtividade primaria local.

O fósforo é um elemento essencial ao fitoplâncton e está relacionado a seu crescimento e fonte de energia. Na coluna d'água ele encontra-se na forma de ortofosfato com concentrações muito baixas na camada fótica. Isso seria uma consequência da rápida absorção pelos organismos fotossintetizantes em águas oligotróficas. Sua presença em águas oceânicas depende principalmente de processos de remineralização da matéria orgânica autóctone.

Neste trabalho foi observado um aumento da concentração do fosfato, até a profundidade de 1000 m e uma correlação direta entre a concentração do fósforo e a temperatura local com R^2=0.92592. Segundo Baturin (2002) o nutriente fósforo não se distribui de maneira uniforme ao longo da coluna d'água, apresentando uma profundidade de máxima concentração voltando a diminuir sua concentração em maiores profundidades, estudando as áreas marginais do oceano pacífico registrou esse máximo entre 400-800 m de profundidade.

O nitrogênio é considerado o nutriente limitante em águas costeiras e oceânicas (GLIBERT, 1988, METZLER *et al.*, 1997; FLORES MONTES *et al.*, 2009), por ter uma demanda maior e apresentar uma depleção mais rápida, em relação aos outros nutrientes, pois sua requisição é mais importante e apresenta um ciclo biogeoquímico mais complexo que o do fósforo, estando presente em menores concentrações que as biodemandas (ALBUQUERQUE, 1997; BURFORD & ROTHLISBERG, 1999; MACEDO *et al.*, 2009).

O nitrogênio pode estar presente no ambiente marinho em diferentes estados de oxidação (NH_3, NH_4^+, NO_2^- e NO_3^-), sendo que, na região em estudo, a maior parcela do nitrogênio inorgânico encontra-se na forma de nitrato-N. A não detecção de amônia-N e nitrito-N na maioria das amostras coletadas indicam baixo aporte de material orgânico nitrogenado e grande disponibilidade de OD. O nitrogênio em área com abundância de oxigênio dissolvido passa pelo rápido processo de nitrificação formando o nitrato-N, sua forma mais estável.

Também foi observada neste trabalho uma correlação direta entre a concentração de nitrato e a temperatura local com R^2=0.937167, o maior valor de concentração encontrado foi a 645 m de profundidade, no entanto não podemos afirmar tratar de um pico de máxima concentração, uma vez que o número de profundidades amostradas não foi de alta resolução. Sverdrup *et al (*1959) definiu uma faixa de máxima concentração para o nitrato, entre as profundidades de 500 a 1500 m, para o Oceano Pacífico.

O silicato é um nutriente utilizado por alguns organismos de carapaça silícica, como diatomáceas e radiolários. Como é apenas consumido por alguns organismos, o silicato na região oceânica, não é considerado um nutriente

limitante. No entanto, sua distribuição assim como a do fosfato e dos nitrogenados são chamadas tipo nutriente, sendo escassos na superfície e concentrados nas camadas mais profundas. Ele tem origem continental e pelo fato de não haver aportes continentais importantes nem ressurgências é encontrado em pequenas quantidades nas camadas superficiais, sua disponibilidade dependerá do transporte advectivo horizontal e processos de regeneração das carapaças. Neste trabalho a distribuição do silicato foi escassa na camada superficial e sua maior concentração foi na ACAS. Becker (2001), Freitas (2003) e Pedrosa *et al*. (2006) em diferentes áreas de estudo encontraram o mesmo padrão de distribuição do silicato encontrado neste trabalho, tipo nutriente.

A concentração de oxigênio superficial é oriunda da interação existente entre o ar atmosférico e a água. Essa concentração é determinada pela solubilidade na água, a qual tem relação direta com a salinidade e a temperatura. No presente trabalho nas camadas superficiais as saturações de oxigênio apresentaram sempre valores superiores a 100%, a alta disponibilidade de oxigênio indica baixa demanda de oxigênio e baixa taxa de atividade trófica na área. Não foram apresentadas diferenças significativas entre os períodos diurnos e noturnos nos dois anos.

Na camada abaixo da superfície a maior concentração de oxigênio foi registrada na profundidade de máxima concentração da clorofila, nesta área o oxigênio foi originado pela produção fotossintética. Nas profundidades abaixo dessa camada a concentração do oxigênio cai devido ao consumo sem reposição deste. Becker (2001), Macedo *et al.* (2009) realizaram estudos em áreas oceânicas tropicais, onde encontraram níveis de oxigênio próximos ao nível de saturação, não encontrando condições anaeróbicas na coluna d'água. Situação semelhante registrada em nosso trabalho.

O pico da clorofila-*a* nos perfis 1 e 3 encontraram-se em uma menor profundidade, em relação ao perfil 2 nos dois anos de estudo, levando a uma indicação de que a geomorfologia das regiões do perfil 1 e 3 "empurram" a massa de água para cima. Neste trabalho devido presença da termoclina as maiores concentrações foram de 1 $mg.m^{-3}$, também foram observados valores de clorofila *a* maiores no ano de 2010, ano que também foram observadas as

maiores concentrações de fósforo e nitrogênio, nutrientes base destes organismos, Pedrosa *et al.* (2006) ao estudar a região da Bacia de campos, no Rio de Janeiro, onde há menor estratificação térmica registrou valores duas vezes maiores aos aqui reportados. Estudando regiões de oceânicas do nordeste do Brasil DE SOUZA *et al*. (2013) encontrou uma relação inversa entre clorofila e concentração de nutrientes, neste trabalho foi observada uma relação direta entre eles, ambos apresentaram as maiores concentrações no ano de 2010.

De acordo com diversos autores, devido às condições oligotróficas da Corrente Sul Equatorial que dá origem a Corrente Norte do Brasil, a região leste da Plataforma do Brasil é a região de menor abundância de nutrientes. Além disso, nesta área de estudo, são poucos os indícios de um transporte advectivo vertical, a exemplo do que acontece sazonalmente na região sudeste da Plataforma Continental Brasileira (LORENZETTI *et al.*, 2009, BRANDINI *et al*., 2014).

A área objeto deste estudo, de um modo geral, apresentou características oligotróficas, em consequência da baixa disponibilidade de nutrientes inorgânicos dissolvidos, das elevadas temperaturas, que resulta em forte estratificação térmica, bem como dos elevados teores salinos. A baixa demanda de oxigênio dissolvido resultante da baixa atividade biológica mantém elevados os níveis de oxigenação das águas superficiais que circulam na área. Apesar da presença do talude continental, não foi registrada forte influência no transporte vertical de nutrientes até a camada fótica, nesta área, mantendo baixos níveis de produção primária. Isto em consequência do deslocamento lateral da corrente ao longo do talude, e da localização do núcleo da corrente abaixo da camada fótica (200 m).

7 CONCLUSÃO

A ausência de aportes continentais significativos na plataforma continental compreendida entre Pernambuco e Rio Grande do Norte, somada com a forte estratificação térmica da coluna d'água, em decorrência da elevada taxa de insolação na região nordeste do Brasil, resultou na grande limitação do transporte vertical de nutrientes existentes nas águas profundas oceânicas para a superfície.

Nesta área, o efeito do ramo norte da Corrente Sul Equatorial, a CBN, ao longo da borda do talude continental não foi significativo ao ponto de romper a termoclina, limitando a disponibilidade de nutrientes na camada superficial, resultando na estabilidade da nutriclina.

A geomorfologia local influenciou tanto na profundidade do início da termoclina, fazendo um soerguimento da massa d'água.

A velocidade do núcleo da Corrente Norte do Brasil ficou mais intensa na proximidade do talude, influenciada pela geomorfologia local.

As concentrações de nutrientes da coluna d'água não apresentaram diferença significativa entre os anos do estudo.

Em relação as massas d'água, na ATS a concentração dos nutrientes esteve mais elevada no ano de 2010.

De acordo com a distribuição de vertical dos nutrientes fósforo e nitrato foi possível estabelecer uma equação quadrática para o fosfato e nitrato, relacionando a temperatura e concentração, para estimativa de valores até a profundidade de 1000 m.

REFERÊNCIAS

ADVÍNCULA, R. 2000.Elementos micronutrientes na camada eufótica da região oceânica entre Recife (Pernambuco) e Salvador (Bahia): distribuição espacial e mecanismos físicos influentes na fertilização das águas. Recife, 117 f. Dissertação (Mestrado Oceanografia) - Depto. Ocean. Univ. Fed. Pernamb. CTG, UFPE.

ALBUQUERQUE, G. B. de 2001.A influência dos ventos superficiais e da temperatura dos oceanos Atlântico e Pacífico na variabilidade da precipitação leste do nordeste do Brasil. Recife, f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Oceanografia). Depto. de Oceanogr. C.T.G., UFPE.

ARAUJO, M. & CINTRA, M. M., 2009 . Modelagem matemática da circulação oceânica na região equatorial. In: D. L. Viana; F.H.V. Hasin; M. A. C. Souza. (Org.). O Arquipélago de São Pedro e São Paulo: 10 Anos de Estação Científica. Rio de Janeiro-RJ: SECIRM, v. 1, p. 106-113.

ARAUJO, M. ; LIMONGI, C. M. ; FERREIRA, F. F. ; SILVA, M. A., 2009b . Dissipação turbulenta e modelagem matemática no Atlântico tropical. In: Fábio H. V. Hazin. (Org.). Meteorologia e Sensoriamento Remoto, Oceanografia Física, Oceanografia Química e Oceanografia Biológica - Program REVIZEE - SCORE Nordeste. 1ed.Fortaleza, CE: Martins & Cordeiro, v. 1, p. 87-101.

ARAUJO, M. ; MEDEIROS, C. ; GEBER, F. ; SILVA, M. A., 2009a. Dinâmica da região dos bancos oceânicos do nordeste brasileiro. In: Fábio H. Vi. Hazin. (Org.). Meteorologia e Sensoriamento Remoto, Oceanografia Física, Oceanografia Química e Oceanografia Biológica - Programa REVIZEE - SCORE Nordeste.. 1ed.Fortaleza, CE: Martins e Cordeiro, v. 1, p. 70-84.

ARAUJO, M., & M. CINTRA. 2009 "Modelagem matemática da circulação oceânica na região equatorial do Arquipélago de São Pedro e São Paulo." O Arquipélago de São Pedro e São Paulo 10: 107-114.

BECKER, H. 2001.Caracterização física e química dos bancos e ilhas oceânicas do nordeste brasileiro – Uma Contribuição ao Programa Revizee. São Carlos. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Centro de Cien. Biol. e da Saúde da Univ. São Carlos.

BENITEZ, NARCISO. 2000 "Bayesian photometric redshift estimation." The Astrophysical Journal 536.2 : 571.

BOURLES, B., R. LUMPKIN, M. J. MCPHADEN, F. HERNADEZ, P. NOBRE, E. CAMPOS, L. YU, S. PLANTON, A. BUSALACCHI, A. D. MOURA, J. SERVAIN & J. Trotte, 2008. The PIRATA Program: History, Accomplishments, and Future Directions. Bulletin of the American Meteolological Society 89(8):1111-1123.

BRAGA, E. S. & L. F. H. NIENCHESKI. 2006. Composição das massas de água e seus potenciais produtivos na área entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). Pp. 161-218. In: RossiWongtschowski, C. L. D. B. & L. S. P. Marureira (Eds.). O ambiente oceanográfico da plataforma continental e do talude na região Sudeste-Sul do Brasil. Brasil, 644p

BRAGA, E. S., & THOMAS J. MÜLLER.1998 "Observation of regeneration of nitrate, phosphate and silicate during upwelling off Ubatuba, Brazil, 23 S."Continental Shelf Research 18.8: 915-922.

BRANDINI, FREDERICO PEREIRA, et al. 2014 "Deep chlorophyll maximum and plankton community response to oceanic bottom intrusions on the continental shelf in the South Brazilian Bight." Continental Shelf Research 89: 61-75.

BURFORD, M. A.; ROTHLISBERG, P. C. 1999. Factors limiting phytoplankton production in a tropical continental shelf ecosystem. Estuarine, Coastal Shelf Sci., v. 48, n. 5, p. 541–549.

COSTA, K. M. P. 1991. Hidrologia e Biomassa Primária da Região Nordeste do Brasil entre as latitudes de 8º00’00” e 2º44’30” S e as longitudes de 35º56’30” e 31º48’00” W. Dissertação de Mestrado em Oceanografia, Universidade Federal de Recife, p. 217. Recife-PE.

COUTINHO, P. N. 2005. "Levantamento do estado da arte da pesquisa dos recursos vivos marinhos do Brasil." Relatório do Programa REVIZEE (1995-2000), Oceanografia Geológica. Brasília, DF.: FEMAR/SECIRM/MMA.

DE OLIVEIRA MARIN, R. FERNANDO. 2009. A Subcorrente Norte do Brasil ao Largo da Costa do Nordeste. Diss. Universidade de São Paulo.

DE SOUZA, CHRISTIANE SAMPAIO et al. 2013.Chlorophyll a and nutrient distribution around seamounts and islands of the tropical south-western Atlantic. Marine and Freshwater Research, v. 64, n. 2, p. 168-184.

DURRIEU DE MADRON, X., AND G. WEATHERLY. 1994 "Circulation, transport and bottom boundary layers of the deep currents in the Brazil Basin." Journal of Marine Research 52.4: 583-638.

EMÍLSON, I. 1961. The shelf and coastal waters off Southem Brazil. Bolm Inst. oceanogr., S Paulo, 17(2):101-112.

EMÍLSON,I. 1959. Alguns aspectos físicos e químicos de aguas marinhas brasileiras. Cien. Cult., São Paulo.

FLORES MONTES, M. J.; MACÊDO, S.J.; COSTA, K.M.P. (2009). Estrutura hidrodinâmica da região oceânica do nordeste do Brasil. In: Fábio H. V. Hazin. (Org.). Programa Revizee - Score Nordeste. Meteorologia e Sensoriamento Remoto, Oceanografia Física, Oceanografia Química e Oceanografia Biológica. 1ª ed. Fortaleza: Martins & Cordeiro Ltda. v. 01, p. 192-216.

FLORES MONTES, M. J.; MELO, G.; MOURA, G. (2009). Relação entre a distribuição de nutrientes dissolvidos e a biomassa primária na Zona Econômica Exclusiva (ZEE) do nordeste do Brasil. In: Fábio H. V. Hazin. (Org.). Programa Revizee - Score Nordeste. Meteorologia E Sensoriamento Remoto, Oceanografia Física, Oceanografia Química E Oceanografia Biológica. 1ª ed. Fortaleza: Martins & Cordeiro Ltda. v. 01, p. 137-157.

FOLTZ, G, & MCPHADEN, M., 2009. Impact of barrier Layer Thickness on SST in the Central Tropical North Atlantic. Journal of Climate, 22, 285-299.

FOLTZ, G., SCHMID, C., LUMPKIN, R.,2013. Seasonal Cycle of the Mixed Layer Heat Budget in the Northeastern Tropical Atlantic Ocean. J. of Climate, 26, 8169-8188.

FREITAS, I.C. 2003 "Estrutura termohalina e massas d Água na Zona Econômica Exclusiva do NE brasileiro.

GRASSHOFF, K., EHRHARDT, M., KREMLING, K., 1983. Methods of seawater analysis, (2nd edn.) Verl. Chem., Weinheim, 419 pp.

GREISCHAR, LAWRENCE, AND STEFAN HASTENRATH. 2000 "The rainy seasons of the 1990s in northeast Brazil: Real-time forecasts and verification." Journal of Climate 13.21: 3821-3826.

JACOX, M. G., & C. A. EDWARDS 2011, Effects of stratification and shelf slope on nutrient supply in coastal upwelling regions, J. Geophys. Res., 116, C03019, doi:10.1029/2010JC006547.

KNOPPERS, BASTIAAN, WERNER EKAU, AND ALBERTO G. FIGUEIREDO. 1999 "The coast and shelf of east and northeast Brazil and material transport." Geo-Marine Letters19.3: 171-178.

LASKER, REUBEN. 1975"Field criteria for survival of anchovy larvae- relation between inshore chlorophyll maximum layers and successful 1st feeding." Fishery Bulletin 73.3 : 453-462.

LEFÈVRE, ROMAIN, et al. 2014"Higher temperature sensitivity for stable than for labile soil organic carbon–Evidence from incubations of long-term bare fallow soils." Global change biology 20.2: 633-640.

MACEDO S. J. de; FLORES MONTES, M. J.; MUNIZ, K. 1999. Distribuição dos nutrientes dissolvidos na região oceânica do nordeste brasileiro. VIII COLACMAR, Libro de resumenes ampliados... Trujillo, Perú, outubro/1999. p. 666-667

MACÊDO, S.J., MUNIZ, K.; MONTES, M.J.F. 2004 hidrologia da região costeira e plataforma continental do estado de Pernambuco. In: ESKINAZI- LEÇA, E.; Newmann-Leitao, S.; Costa, M.F. da. Oceanografia um cenário tropical.

MANN, K. H.; LAZIER, J. R. N. 1996. Dynamics of Marine Ecosytems: Biological-Physical Interactions in the Oceans . Second Edition, 393 p

MASCARENHAS JR.,A. DA S.; MIRANDA, L. B. de & ROCK, N.J. 1971. A study of the oceanographic condicions in the region of Cabo Frio. In: Costlow Jr., J.D., ed The fertility of sea. New York, Gordon & Breach. V.1,p. 285-308.

MCCLATCHIE, SAM. 1986 "Time-series feeding rates of the euphausiid Thysanoessa raschii in a temporally patchy food environment." Limnology and oceanography 31.3 : 469-477.

MEDEIROS, C.; MACÊDO, S.J.; FEITOSA, F.A.N.; & KOENING, M.L. 1999. Hydrography and phytoplankton biomass and abundance of North-East Brazilian waters. Archive of Fishery and Marine Research 47 (2/3): 133-151.

MÉMERY, L; ARHAN, M.; ALVAREZ-SALGADO, X.A.; MESSIAS, M.J.; MERIER, H.; CASTRO, C.G. & RIOS, A.F. 2000. The water masses along the western boundary of the South and Equatorial Atlantic. Progress in Oceanography, v. 47, p. 69-98.

METZLER, P. M.; GLIBERT, P. M.; GAETA, S. A.; LUDLAM, J. M. 1997. New and regenerated production in the South Atlantic off Brazil. Deep-Sea Research I , 44(3): 363- 384.

MUNK, PETER, AND T. KIORBOE. 1985"Feeding behaviour and swimming activity of larval herring (Clupea harengus) in relation to density of copepod nauplii."Marine ecology progress series. Oldendorf 24.1: 15-21.

NITTROUER, C. A.; DEMASTER, D. J.; FIGUEREDO, A. G. & RINE, J. J. AMASSEDS.1991. An interdisciplinary investigation of a complex coastal environment. Oceanography: p. 3-7.

PEDROSA, P. ; PARANHOS, RODOLFO ; SUSUKI, MARINA SATIKA; ANDRADE, LUCIANA ; SILVEIRA, ILSON CARLOS A DA ; SCHMIDT, ANDRÉ CAMPOS KERSTEN ; FALCÃO, ANA PAULA ; LAVRADO, HELENA PASSERI; REZENDE, CARLOS EDUARDO, 2006. Hidroquímica de massas d'água oceânicas em regiões da margem continental brasileira, Bacia de Campos, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Geochimica Brasiliensis (Rio de Janeiro), v. 20, p. 104-122.

PENNEY, R.W.; MACKENZIE, C.H.; MILLS, T.J. 2001. Assessment of the particulate food supply available for mussel (Mytilus spp.) farming in a semi-enclosed northern inlet. Estuarine, Coastal and Shelf Science (53): 107-121.

POOLE, H. H., AND W. R. G. ATKINS. 1929 "Photo-electric measurements of submarine illumination throughout the year." Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom (New Series) 16.01: 297-324.

REMAC. 1975. Mapas batimetricos da margem continental brasileira. In: projeto remac-petrobras. Rio de Janeiro. Serie REMAC-MAPAS.

RODRIGUES, R. R., L. M. ROTHSTEIN & M. WIMBUSH 2007. Seasonal variability of the South Equatorial Current bifurcation in the Atlantic Ocean: A numerical study. Journal of Physical Oceanography 37:16-30.

SÁNCHEZ-ARCILLA, A.; SIMPSON, J. H. 2002. The narrow shelf concept: couplings and fluxes. Continental Shelf Research, 22:153–172.

SCHOTT, F. A., J. FISCHER & L. STRAMMA, 1998. Transports and pathways of the upper-layer circulation in the western tropical Atlantic. Journal of Physical Oceanography 28: 1904-1928.

SCHOTT, F. A., J. FISCHER, J. REPPIN & U. SEND, 1993. On mean and seasonal currents and transports at the western boundary of the equatorial Atlantic. Journal Geophysical Research 98:14353-14368.

SCHOTT, F. A., L. STRAMMA & J. FISCHER, 1995. The warm water inflow into the western tropical Atlantic boundary regime, spring 1994. Journal of Geophysical. Research 100(C12): 24745–24760.

SCHOTT, F. A., P. BRANDT, M. HAMANN, J. FISCHER & L. STRAMMA, 2002. On the boundary flow off Brazil at 5-10°S and its connection to the interior tropical Atlantic. Journal of Geophysical Research 29 doi: 10.1029/2002GL014786.

SCHOTT, F.A., DENGLER, M., ZANTROPP, R., STRAMMA, L.,

FISCHER, J., BRANDT, P., 2005. The shallow and deep western boundary circulation of the South Atlantic at 5°– 11°S. Journal of Physical Oceanography 35, 2031–2053.

SILVA, L.C.C 2006. Estudo Das Massas D'água E Da Circulação Geostrófica Na Região Sudeste Da Bacia Do Brasil, COPPE/UFRJ II.

SILVEIRA, I. C. A. DA; SCHIMIDT, A. C. K.; CAMPOS, E. J. D.; GODOI, S. S. DE; IKEDA, Y. 2000. A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. Revista Brasileira de Oceanografia , 48(2): 171-183.

SILVEIRA, R. C. A. DA; MIRANDA, L. B. DE & BROWN, W. S. 1994. On the origins of the North Brazi1 Current. J .Geophys. Res., 99(C11):22501- 22512.

STEWART, R. 2006. Introduction To Physical Oceanography , 352 p.

STRAMMA, L. & ENGLAND, M. 1999.On the water masses and mean circulation of the South Atlantic Ocean. Journal of Geophysical Research, v. 104, p. 20863–20883.

STRICKLAND, J.D.H., PARSONS, T.R. 1972. A pratical handbook of seawater analysis. 2ed, Ottawa.

SULLIVAN, B. W.; DORE, S.; KOLB, T. E.; HART, S. C.; MONTES-HELU, C. 2010. Evaluation of methods for estimating soil carbon dioxide efflux across a gradient of forest disturbance. Global Change Biology, v.16, p. 2449- 2460.

THOMSEN, H. 1962 Masas de Agua Caracteristicas del Oceano Atlantico – Parte Sudoeste. Republica Argentina. Secretaria de Marina. Servicio de Hidrografia Naval. 27p.

TRAVASSOS, P. et al. 1999. Thermohaline structure around seamounts and island of North- Eastern Brazil. Arc. Fish. Mar. Res., [S.l.], v. 47, n. 2-3, p. 211-222.

TSUCHIYA, M.; TALLEY, L.D. & McCARTNEY, M.S. 1994. Water-mass distributions in the western South Atlantic: a section from South Georgia Island (54°S) northward across the Equator. Journal of Marine Research, v. 52, p. 55-81.

UNESCO. 1973. International Oceanographic Tables. Wormley, vol. 2, 141p.

VINK, A., ZONNEVELD, K.A.F. Y WILLEMS, H. 2000. Distribution of calcareous dinoflagellate cysts in surface sediments of the western equatorial Atlantic Ocean, and their potential use in palaeoceanography. Marine Micropaleontology 38: 149-180.

WEIGERT, S. C.; MADUREIRA, LAURO SAINT PASTOUS . 2011. Registros acústicos biológicos detectados na Zona Econômica Exclusiva da região nordeste do Brasil uma classificação em ecotipos funcionais. Atlântica, v. 33, p. 15-32.

APÊNDICE

Apêndice A_ transecto Pernambuco do ano de 2010.

EST	prof (m)	T°C	Sal	OD(ml)	%Sat	NH_3	NO_2	NO_3	PO_4	SiO_2
1	3	26.41	36.66	4.83	105.47	0.50	0.00	0.13	0.05	1.69
DIA	50	25.81	37.02	4.79	103.69	0.42	0.00	0.50	0.05	1.82
	65	25.64	37.03	4.88	105.27	0.00	0.01	0.80	0.05	5.12
2	3	26.41	36.66	4.99	108.78	0.00	0.14	0.14	0.04	1.27
DIA	66	25.64	37.05	4.99	107.62	0.04	0.00	0.20	0.06	1.80
	71	25.50	37.05	4.78	102.94	0.03	0.04	0.85	0.08	1.42
	81	24.57	36.94	5.03	106.54	0.61	0.00	2.04	0.12	1.55
	135	20.33	36.35	4.74	92.75	0.03	0.00	2.10	0.34	1.85
	189	16.17	35.65	4.82	86.89	0.03	0.12	8.10	0.43	4.08
	304	11.85	35.05	4.76	78.16	0.00	0.00	13.00	1.03	4.68
3	3	26.70	36.64	5.02	110.01	0.09	0.11	0.50	0.04	0.35
DIA	71	25.61	37.06	4.99	107.58	0.17	0.00	1.76	0.07	0.55
	84	24.87	37.01	4.92	104.82	0.21	0.02	1.85	0.11	1.06
	145	19.53	36.21	4.78	92.14	0.20	0.01	2.80	0.35	1.26
	210	14.85	35.44	4.77	83.57	0.19	0.00	7.10	0.26	3.71
	440	8.94	34.71	4.73	72.68	0.15	0.00	19.30	1.32	9.06
	636	5.93	34.45	4.65	66.59	0.69	0.00	26.40	1.99	12.90
1	3	26.45	36.71	4.82	105.34	0.05	0.00	0.50	0.14	1.88
NOITE	45	26.05	36.96	4.80	104.31	0.02	0.05	1.63	0.04	1.69
2	3	26.50	36.58	4.80	104.87	0.02	0.00	0.03	0.09	0.99
NOITE	65	25.67	37.07	4.74	102.31	0.31	0.00	0.50	0.08	1.07
	75	25.36	37.03	4.76	102.21	0.00	0.03	0.50	0.09	2.06
	105	21.00	36.45	4.64	92.01	0.08	0.00	1.40	0.36	2.39
	144	19.34	36.17	4.63	88.88	0.19	0.00	2.60	0.40	2.19
	162	17.64	35.89	3.71	68.82	0.00	0.00	4.90	0.42	2.51
	300	11.55	35.01	4.54	74.11	0.08	0.07	13.63	0.98	3.10
3	3	26.45	36.64	4.75	103.64	0.19	0.00	0.05	0.06	1.64
NOITE	73	25.25	37.03	4.75	101.79	0.09	0.11	0.90	0.08	2.08
	84	22.86	36.77	4.57	93.96	0.08	0.00	1.10	0.23	2.35
	138	20.25	36.33	4.59	89.63	0.03	0.00	2.65	0.28	5.70
	270	12.24	35.11	2.35	38.97	0.23	0.00	14.40	1.04	8.98
	470	8.44	34.67	4.37	66.41	0.00	0.00	23.20	1.45	10.30
	706	5.14	34.42	4.52	63.50	0.15	0.00	25.00	1.85	7.18

Apêndice B_ transecto Pernambuco do ano de 2012

EST	prof (m)	T°C	Sal	OD(ml)	%Sat	NH_3	NO_2	NO_3	PO_4	SiO_2
1 DIA	3	26.05	36.53	5.24	113.48	0.06	0.01	1.65	0.01	0.92
	10	26.04	36.53	5.16	111.82	0.13	0.03	1.87	0.11	1.15
	25	26.06	36.53	5.15	111.62	0.01	0.01	1.01	0.02	1.13
	40	25.78	36.84	5.31	114.80	0.09	0.01	1.84	0.05	1.07
3 DIA	3	26.14	36.5	5.13	111.28	0.01	0.01	0.50	0.11	1.30
	25	26.1	36.5	5.11	110.74	0.01	0.01	0.19	0.12	1.44
	75	24.53	37.18	5.18	109.85	0.10	0.01	1.65	0.01	4.00
	140	22.47	36.84	4.86	71.54	0.01	0.07	0.71	1.14	6.60
5 DIA	3	26.06	36.46	4.99	108.06	0.09	0.01	1.53	0.02	0.56
	50	25.28	37.25	5.17	111.08	0.01	0.01	1.82	0.05	0.56
	100	23.78	37.08	5.17	108.15	0.01	0.01	1.18	0.04	2.47
	110	23.42	37.02	4.98	103.39	0.01	0.01	2.33	0.09	4.42
	120	22.23	36.79	5.10	103.53	0.12	0.01	1.74	0.12	4.62
	170	16.59	35.76	4.75	86.33	0.08	0.02	11.31	0.74	5.33
	400	9.3	34.74	4.83	74.83	0.04	0.01	10.67	0.82	7.44
1 NOITE	3	26.04	36.54	4.87	105.50	0.05	0.01	1.34	0.02	2.50
	25	26.05	36.55	4.86	105.28	0.13	0.01	1.25	0.05	1.76
	40	26.05	36.56	4.84	104.82	0.06	0.01	1.32	0.01	1.26
2 NOITE	3	26.07	36.52	5.06	109.76	0.05	0.02	0.96	0.06	0.93
	25	26.08	36.51	5.02	108.83	0.08	0.01	1.46	0.01	2.62
	65	24.63	37.19	5.11	108.44	0.12	0.01	1.91	0.04	4.49
	120	21.77	36.71	4.87	98.06	0.04	0.04	2.27	0.14	2.04
	185	16.65	35.78	4.86	88.41	0.16	0.01	7.57	0.47	3.83
	240	15.9	35.66	4.89	87.63	0.00	0.01	10.56	0.55	2.05
3 NOITE	3	26.03	36.49	4.98	107.79	0.03	0.01	0.75	0.01	1.45
	40	25.39	37.04	5.07	109.06	0.02	0.01	1.57	0.03	1.41
	110	22.14	36.78	4.80	97.43	0.06	0.05	2.93	0.13	1.41
	120	20.98	36.56	4.79	95.08	0.10	0.05	3.13	0.20	2.11
	300	11.48	35	4.81	78.44	0.01	0.01	9.45	0.76	8.25
	550	6.1	34.45	4.70	67.52	0.07	0.01	12.29	1.38	9.15

Apêndice C_ transecto Paraíba do ano de 2010**.**

EST	prof (m)	T°C	Sal	OD(ml)	%Sat	NH_3	NO_2	NO_3	PO_4	SiO_2
1	3	26.30	36.02	4.75	103.02	0.00	0.00	0.03	0.07	0.93
DIA	40	26.12	36.98	4.76	103.50	0.00	0.00	0.07	0.08	4.31
2	3	26.28	36.76	4.80	104.60	0.23	0.00	0.03	0.06	1.21
DIA	73	26.01	37.01	4.78	103.80	0.10	0.00	0.55	0.05	1.09
	84	24.7	36.91	4.77	101.23	0.09	0.06	1.00	0.09	2.07
	94	22.78	36.69	4.74	97.12	0.27	0.00	2.17	0.20	2.28
	180	16.05	35.64	4.74	85.12	0.00	0.00	5.10	0.49	4.13
	275	12.69	35.16	4.50	75.26	0.12	0.00	14.36	0.90	6.85
3	3	26.35	37.02	4.90	107.00	0.02	0.00	0.20	0.23	1.09
DIA	76	26.19	37.25	4.82	105.20	0.06	0.00	0.80	0.07	1.06
	79	26.06	37.29	4.78	104.05	0.23	0.00	1.26	0.08	2.01
	160	18.86	36.10	4.55	86.60	0.00	0.00	2.50	0.37	2.83
	340	10.92	34.94	4.46	71.68	0.08	0.00	19.30	1.13	16.24
	1000	4.04	34.53	4.18	57.27	0.27	0.00	27.60	2.10	11.80
1	3	26.59	36.91	4.80	105.23	0.00	0.00	0.03	0.08	0.35
NOITE	42	26.12	36.95	4.69	102.07	0.19	0.00	0.09	0.09	0.10
2	3	26.35	36.73	4.80	104.70	0.00	0.00	0.03	0.10	0.47
NOITE	63	26.01	37.04	4.86	105.47	0.19	0.00	0.40	0.08	0.80
	73	25.5	36.99	4.88	105.00	0.12	0.00	0.45	0.03	1.63
	83	24.59	36.91	4.67	98.98	0.06	0.00	0.99	0.09	1.02
	270	13.58	35.01	4.61	78.45	0.00	0.00	7.40	0.76	1.76
	330	11.42	35.3	4.59	74.74	0.15	0.00	12.60	0.98	2.38
3	3	26.32	36.75	4.81	104.90	0.23	0.00	0.05	0.06	0.11
NOITE	40	26.19	36.89	4.90	106.64	0.19	0.00	0.50	0.08	0.86
	75	26.02	37.04	4.92	106.90	0.28	0.00	0.50	0.05	0.95
	85	25.85	37.33	4.87	105.59	0.00	0.00	0.88	0.10	1.21
	150	20.73	36.41	4.66	91.96	0.12	0.00	1.70	0.32	1.80
	296	12.29	35.11	4.73	78.38	0.00	0.00	12.60	0.97	4.37

Apêndice D_ transecto Paraíba do ano de 2012.

EST	prof (m)	T°C	Sal	OD(ml)	%Sat	NH_3	NO_2	NO_3	PO_4	SiO_2
1	3	26.05	36.47	4.78	103.60	0.04	0.72	1.82	0.01	0.72
DIA	20	26.05	36.48	4.80	104.07	0.04	0.01	1.34	0.02	1.85
	33	26.05	36.48	4.85	105.01	0.03	0.02	1.43	0.01	1.88
2	3	26.17	36.43	5.00	108.48	0.06	0.01	1.55	0.04	0.48
DIA	25	26.1	36.43	4.93	106.94	0.06	0.01	1.25	0.02	0.59
	50	26.07	36.44	4.99	108.07	0.01	0.01	1.37	0.01	1.16
	75	24.96	37.11	4.99	106.46	0.01	0.01	1.39	0.01	1.88
	81	24.82	37.12	4.94	105.29	0.10	0.02	1.52	0.01	1.78
3	3	26.22	36.4	4.97	107.85	0.01	0.01	0.77	0.04	1.01
DIA	60	25.22	37.04	5.07	108.75	0.01	0.01	1.05	0.10	1.11
	105	24.65	37.2	4.99	105.95	0.01	0.01	1.50	0.01	2.18
	200	15.82	35.64	4.75	84.96	0.01	0.01	5.75	0.47	3.30
	300	12.61	35.15	4.67	78.07	0.05	0.01	17.88	1.22	10.36
	500	7.49	34.57	4.65	69.16	0.01	0.01	26.57	1.49	12.61
1	2	26.12	36.43	5.00	108.39	0.07	0.01	1.37	0.06	2.48
NORTE	15	26.13	36.43	5.01	108.64	0.01	0.02	1.45	0.01	0.58
	35	26.12	36.44	5.03	109.10	0.08	0.01	1.50	0.00	0.61
2	3	26.11	36.43	5.11	110.71	0.09	0.01	1.69	0.01	1.30
NORTE	55	25.95	36.52	4.91	106.26	0.01	0.01	1.91	0.08	1.73
	70	24.93	37.16	4.91	104.82	0.03	0.01	1.73	0.03	1.33
	80	24.68	37.11	4.83	102.50	0.01	0.01	1.90	0.16	1.78
3	3	26.09	36.4	4.87	105.50	0.00	0.01	1.39	0.01	0.93
NORTE	40	25.98	36.5	4.98	107.71	0.01	0.01	1.70	0.01	0.58
	110	22.89	36.89	4.81	99.02	0.01	0.07	2.53	0.06	2.00
	120	21.69	36.66	5.07	102.02	0.01	0.04	4.34	0.15	1.73
	150	19.11	36.22	4.83	92.29	0.04	0.01	3.46	0.21	2.64
	180	16.13	35.71	4.84	87.08	0.01	0.01	3.79	0.36	3.40
	500	7.17	34.54	4.59	67.68	0.08	0.01	26.37	1.53	15.41

Apêndice E_ transecto Rio Grande do Norte do ano de 2010**.**

EST	prof (m)	T°C	Sal	OD(ml)	%Sat	NH_3	NO_2	NO_3	PO_4	SiO_2
1	3	26.81	36.46	4.94	108.44	0.06	0.00	1.88	0.03	0.70
DIA	55	26.78	36.49	4.88	106.97	0.08	0.00	1.58	0.03	2.86
2	3	26.87	36.44	4.81	105.68	0.12	0.07	1.64	0.02	0.66
DIA	46	26.79	36.49	4.72	103.43	0.02	0.00	1.50	0.04	0.88
	90	25.37	37.03	4.88	104.79	0.03	0.09	6.20	0.08	1.07
	130	20.87	36.43	4.70	93.07	0.05	0.00	3.18	0.28	4.82
	180	17.04	35.80	4.78	87.67	0.03	0.00	8.03	0.35	8.27
	300	13.23	35.24	4.67	79.09	0.03	0.00	8.03	0.35	8.27
3	3	26.97	36.41	4.76	104.64	0.02	0.02	0.2	0.02	0.9
DIA	42	26.81	36.49	4.91	107.74	0.19	0.01	0.00	0.06	1.72
	83	25.22	37.03	4.81	103.13	0.02	0.02	0.3	0.05	2.40
	98	23.29	36.81	4.90	101.43	0.27	0.08	0.80	0.20	2.73
	170	18.61	36.05	4.65	88.02	0.00	0.00	3.50	0.45	5.26
	290	13.62	35.28	4.62	78.83	0.15	0.00	10.60	0.86	10.20
	645	5.37	34.42	4.50	63.55	0.15	0.00	28.60	2.08	15.16
1	3	26.85	36.45	4.92	108.03	0.07	0.00	0.60	0.03	0.90
NOITE	55	26.56	36.57	4.80	104.97	0.19	0.00	2.34	0.02	0.90
2	3	26.9	36.43	4.83	106.20	0.02	0.03	0.45	0.05	0.73
NOITE	48	26.84	36.46	4.80	105.40	0.10	0.10	1.77	0.06	1.61
	78	25.56	37.06	4.82	103.98	0.00	0.11	1.57	0.06	5.36
	130	20.75	36.41	4.56	90.07	0.06	0.01	4.35	0.29	7.04
	190	16.34	35.69	4.66	84.26	0.08	0.00	7.71	0.55	8.15
	330	11.22	34.98	4.59	74.27	0.05	0.01	19.14	1.00	13.06
3	3	26.96	36.4	4.70	103.43	0.09	0.00	0.20	0.06	1.37
NOITE	45	26.84	36.46	4.78	104.92	0.05	0.04	0.60	0.03	0.67
	83	25.1	37.03	4.76	101.76	0.23	0.00	1.03	0.08	2.10
	93	24.9	37	4.78	101.86	0.10	0.02	3.47	0.37	2.79
	180	16.96	35.78	4.60	84.15	0.39	0.00	7.15	0.49	3.59
	400	9.78	34.79	4.57	71.71	0.07	0.00	14.87	0.93	22.99
	630	5.57	34.43	4.49	63.71	0.10	0.06	25.37	2.04	21.41

Apêndice F_ Transecto Rio Grande do Norte do ano de 2012**.**

EST	prof (m)	T°C	Sal	OD(ml)	%Sat	NH_3	NO_2	NO_3	PO_4	SiO_2
1 DIA	3	26.21	36.45	5.00	108.69	0.12	0.01	1.34	0.01	0.46
	10	26.21	36.45	4.87	105.73	0.01	0.01	1.11	0.00	0.97
	25	26.21	36.46	4.90	106.42	0.01	0.01	1.40	0.01	2.71
	35	26.16	36.46	4.77	103.61	0.06	0.01	1.22	0.00	2.15
2 DIA	3	26.31	36.42	4.77	103.85	0.03	0.01	1.35	0.01	0.91
	50	26.11	36.44	4.78	103.73	0.06	0.04	1.60	0.01	1.19
	70	25.98	36.49	4.82	104.21	0.01	0.01	1.44	0.06	1.98
	80	24.55	37.07	4.82	102.05	0.04	0.03	1.48	0.05	1.73
	105	23.94	37.07	4.71	98.80	0.07	0.02	1.24	0.03	1.73
3 DIA	3	26.18	36.4	4.71	102.24	0.06	0.01	1.28	0.02	1.77
	50	24.98	36.93	4.80	102.28	0.03	0.01	1.96	0.09	1.97
	80	24.22	37.12	4.75	100.18	0.01	0.04	1.62	0.12	1.16
	90	23.41	37	4.60	95.45	0.01	0.02	1.58	0.04	2.02
	125	18.63	36.13	4.54	86.08	0.01	0.05	2.90	0.35	1.45
	160	16.95	35.84	4.54	83.20	0.09	0.01	9.68	0.33	2.38
	400	10.28	34.86	4.47	70.89	0.04	0.01	15.73	1.17	7.84
1 NOITE	3	26.17	36.46	4.82	104.54	0.07	0.01	1.31	0.01	1.69
	10	26.18	36.46	4.66	101.13	0.01	0.01	1.72	0.01	0.40
	25	26.19	36.46	4.72	102.52	0.01	0.01	1.67	0.02	1.88
	35	26.19	36.46	4.67	101.39	0.01	0.01	1.33	0.01	1.67
2 NOITE	3	26.12	36.44	4.80	103.98	0.05	0.01	1.43	0.03	0.47
	50	26.14	36.44	4.84	104.91	0.00	0.03	1.40	0.01	0.50
	80	24.45	37.16	4.82	101.93	0.01	0.01	2.33	0.09	1.37
	90	24.36	37.15	4.81	101.55	0.01	0.01	1.76	0.04	1.37
3 NOITE	3	26.12	36.43	5.17	112.15	0.03	0.01	1.71	0.04	1.10
	46	26.08	36.47	4.72	102.34	0.07	0.01	1.18	0.01	1.82
	75	24.5	37.2	5.13	108.70	0.05	0.01	1.29	0.02	2.40
	95	24.01	37.11	4.94	103.77	0.08	0.01	1.68	0.06	3.30
	145	18.12	36.01	4.53	84.99	0.04	0.01	4.90	0.33	4.46
	420	10.29	34.85	4.47	70.91	0.01	0.01	11.83	0.98	4.42

Apêndice G_Tabela de valores dos parâmetros físicos e químicos**.**

RN 2010								
	T°C	**SAL**	**OD**	**NH_3**	**NO_2**	**NO_3**	**PO_4**	**SiO_2**
MAX	27.04	37.06	4.94	0.39	0.14	28.60	2.08	22.99
MIN	5.37	34.42	4.49	0.00	0.00	0.00	0.02	0.64
MÉD	16.21	35.74	4.72	0.19	0.07	14.30	1.05	11.82
2012								
MAX	26.31	37.20	5.17	0.12	0.05	15.73	1.17	7.84
MIN	10.28	34.85	4.47	0.00	0.01	1.11	0.00	0.40
MÉD	18.30	36.03	4.82	0.06	0.03	8.42	0.59	4.12

PB 2010								
	T°C	**SAL**	**OD**	**NH_3**	**NO_2**	**NO_3**	**PO_4**	**SiO_2**
MAX	26.59	37.33	5.06	0.28	0.06	27.60	2.10	16.24
MIN	4.04	34.53	4.18	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00
MÉD	15.32	35.93	4.62	0.14	0.03	13.80	1.07	8.12
2012								
MAX	26.22	37.20	5.11	0.10	0.14	26.57	1.53	15.41
MIN	7.17	34.54	4.59	0.00	0.01	0.77	0.00	0.48
MÉD	16.70	35.87	4.85	0.05	0.07	13.67	0.77	7.95

PE 2010								
	T°C	**SAL**	**OD**	**NH_3**	**NO_2**	**NO_3**	**PO_4**	**SiO_2**
MAX	26.70	37.07	5.03	0.69	0.14	26.40	1.99	12.90
MIN	5.14	34.42	2.35	0.00	0.00	0.03	0.00	0.30
MÉD	15.92	35.75	3.69	0.35	0.07	13.22	1.00	6.60
2012								
MAX	26.14	37.25	5.31	0.16	0.07	12.29	1.38	9.15
MIN	6.10	34.45	4.70	0.00	0.01	0.19	0.01	0.56
MÉD	16.12	35.85	5.00	0.08	0.04	6.24	0.69	4.85