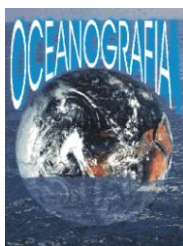




Universidade Federal do Pará



Faculdade de Oceanografia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CRISTIANE SANTOS BEZERRA

Caracterização dos Parâmetros Físicos e Identificação de
Massas D'água na Plataforma Continental Pará-Maranhão,
Durante o Período Chuvoso de 1999

GEOCIÊNCIAS
U F P A

BELÉM-PARÁ

Janeiro - 2011

CRISTIANE SANTOS BEZERRA

Caracterização dos Parâmetros Físicos e Identificação de
Massas D'água na Plataforma Continental Pará-Maranhão,
Durante o Período Chuvoso de 1999

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Oceanografia da Universidade
Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às
exigências para obtenção do grau de Bacharel
em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. Maâmar El-Robrini

BELÉM-PARÁ

Janeiro – 2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

B574c Bezerra, Cristiane Santos

Caracterização dos parâmetros físicos e identificação de massas d'água na Plataforma Continental Pará-Maranhão, durante o período chuvoso de 1999 / Cristiane Santos Bezerra; Orientador: Maâmar El-Robrini – 2010

57 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia)
– Faculdade de Oceanografia, Instituto de Geociências,
Universidade Federal do Pará, Belém, Quarto Período de 2010.

1. Temperatura. 2. Salinidade. 3. Massas d'água. I. El-Robrini,
Maâmar, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. III. Título.

CDD 20º ed.: 551.525

CRISTIANE SANTOS BEZERRA

Caracterização dos Parâmetros Físicos e Identificação de
Massas D'água na Plataforma Continental Pará-Maranhão,
Durante o Período Chuvoso de 1999

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Oceanografia da Universidade
Federal do Pará – UFPA, em cumprimento às
exigências para obtenção do grau de Bacharel
em Oceanografia.

Data de aprovação: 24 / 01 / 2011

Conceito: BOM

Banca examinadora:



Prof. Dr. Maâmar El-Robrini – Orientador
Doutor em Geologia Marinha
Universidade Federal do Pará



Prof. Dr. Marcelo Rollnic – Membro
Doutor em Oceanografia
Universidade Federal do Pará



Me. Leandro Patrick Ferreira Barbosa – Membro
Mestre em Geologia e Geoquímica
Universidade Federal do Pará

Aos meus pais Waldemir e Waldely,
Por toda dedicação e amor. Meus primeiros e magníficos professores.
Aos meus irmãos Deisiany e Waldemir,
Pelo companheirismo e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, primeiramente pelo dom da vida e segundo por me fortalecer ao longo dessa trajetória, dando-me grandes vitórias, guiando pelo caminho que muitas vezes me parecia escuro e sombrio, sendo minha luz. Somente a Ele toda Honra e toda Glória.

Aos meus pais, Waldemir e Waldely, pela maravilhosa educação, por sempre me motivarem e me acompanharem em meus estudos e por estarem ao meu lado em todas as decisões da minha vida. Devo muito a eles!

Aos meus irmãos, Deisiany e Waldemir, pelo companheirismo e pela disposição sempre que precisei, e até mesmo quando não foi preciso, sendo eles minha inspiração para seguir a vida acadêmica.

À minha família, tias, tios e avó, que foram e continuam sendo de grande importância na minha vida, por toda ajuda e apoio.

Ao prof. Maâmar El-Robrini pela orientação desde a primeira bolsa de iniciação científica até o TCC, e pelas oportunidades que através dele me foram concedidas.

Ao meu namorado, Thompson, pela força, dedicação, paciência... Por estar ao meu lado em todos os momentos, sempre me motivando a alcançarmos juntos nossos sonhos e projetos. Meu grande companheiro e amigo!

Ao meu grande amigo, Salém, que está ao meu lado desde o início da graduação, desde o primeiro seminário até o último. Um amigo sempre presente. Ao meu amigo Yúri, por todos os momentos de conversas e diversão.

Aos meus Pastores e amigos da igreja, em especial o Samuel, pela cobertura espiritual e amizade.

A todos os meus colegas do Grupo de Estudos Marinhos e Costeiros - GEMC, pelos momentos de distração no laboratório, e em especial a Leilanhe e a Sury pelo aprendizado nos campos. Ao Charles que foi a primeira pessoa a me ajudar logo quando entrei no Grupo, me ensinando a fazer os mapas e diagramas, e em tudo quanto fosse preciso. E aos meus colegas de turma, a grande família Oceano 2007, pela animação ao longo do curso e principalmente nas práticas.

*"Nossas dúvidas são traidoras, e nos fazem perder o bem que
sempre poderíamos ganhar, por medo de tentar"*

William Shakespeare

RESUMO

Este estudo foi baseado na análise de dados de temperatura e salinidade da coluna d'água, utilizados para analisar a identificação de massas d'água na plataforma continental Pará-Maranhão. O desenvolvimento deste trabalho constou de quatro etapas: levantamento bibliográfico; análise de dados adquiridos através de CTD durante a Operação Norte III (1999) do Programa REVIZEE a partir de pesquisadores que participaram da Operação; geração de mapa horizontal, perfis verticais e mapa de distribuição das massas d'água a partir do Software Surfer 8.0 e gráfico de dispersão a partir do Microsoft Office Excel; e apresentação de resultados. Foi encontrado um padrão de distribuição costa-offshore, com a temperatura diminuindo neste sentido e a salinidade aumentando; a temperatura foi maior (29°C) próximo à costa, região onde a salinidade teve seu mínimo (4,0); a coluna d'água é bem misturada, com exceção do perfil 1, onde se teve alta estratificação vertical quanto a temperatura e a salinidade; foram identificadas três massas d'água na plataforma continental Pará-Maranhão: Água Costeira (AC), Água de Mistura (AM) e Água Tropical (AT), as quais apresentaram distribuição heterogênea. Os resultados estão diretamente relacionados com a dinâmica local, visto que se trata de uma região fortemente influenciada pela descarga continental e pela Corrente Norte Brasil, além de outras forçantes meteorológicas e oceanográficas.

Palavras-chave: Temperatura. Salinidade. Massas d'Água.

ABSTRACT

This study was based on data analysis temperature and salinity of the water column, used to analyze the identification of water masses in Pará-Maranhão continental shelf. The development this study consisted of four steps: survey literature, analysis of data acquired through CTD during Operation Northern III (1999) Program to REVIZEE from researchers who participated in Operation; map generation horizontal, vertical profiles and map distribution of water masses from the Software Surfer 8.0 and scatter chart from Microsoft Office Excel, and presentation of results. Was found a pattern of distribution coast-offshore, with decreasing the temperature and salinity in this direction increasing, the temperature was higher (29 C) near the coast, a region where salinity has its minimum (4.0), the water column is well mixed, except for one profile, where he was discharged as the vertical stratification temperature and salinity, we identified three water masses on the continental shelf Pará-Maranhão: Coastal Water (CW), Water Mixture (PM) and Tropical Water (TA), which showed heterogeneous distribution. The results are directly related to the dynamics place, since it is a region strongly influenced by the discharge current and the continental North Brazil, and other meteorological and oceanographic forcings.

Keywords: Temperature. Salinity. Water Mass.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - Direção e intensidade dos ventos medidos durante a campanha oceanográfica de Junho/1999.	19
FIGURA 2 - Posição da ZCIT na longitude de 45.º W durante a Operação Norte III do Programa REVIZEE.	20
FIGURA 3 - Mapa esquemático mostrando a Corrente Norte Brasil (CNB) na costa Norte brasileira, além de outras correntes tropicais: Corrente Norte Equatorial (NEC), Contra Corrente Norte Equatorial (NECC), Corrente Sul Equatorial (SEC) e a Corrente do Brasil (CB).....	23
FIGURA 4 - Golfão Maranhense, mostrando as baías de São Marcos e São José.....	25
FIGURA 5 - Costa de manguezais na região do Pará e Maranhão.....	26
FIGURA 6 - Plataforma Continental do Pará-Maranhão destacado em vermelho, mostrando as isóbatas.	27
FIGURA 7 - Navio oceanográfico “Antares” da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil.	28
FIGURA 8 - Conjunto Rosette e CTD preparado para o processo de coleta.	28
FIGURA 9 - Software Surfer versão 8.0, utilizado para gerar mapas horizontais e verticais de temperatura e salinidade.....	29
FIGURA 10 - Localização da PCPM, com as isóbatas de 100m, 200m e 2000m, mostrando as estações de coleta e perfis.	31
FIGURA 11 - Distribuição superficial da temperatura das águas na PCPM.	32
FIGURA 12 - Distribuição superficial da salinidade na PCPM.	33
FIGURA 13 - Distribuição vertical da temperatura no perfil 1.....	34
FIGURA 14 - Distribuição vertical da temperatura no perfil 2.....	35
FIGURA 15 - Distribuição vertical da temperatura no perfil 3.....	35
FIGURA 16 - Distribuição vertical da temperatura no perfil 4.....	36
FIGURA 17 - Distribuição vertical da temperatura no perfil 5.....	36
FIGURA 18 - Distribuição vertical da temperatura no perfil 6.....	37
FIGURA 19 - Distribuição vertical da salinidade no perfil 1.	38
FIGURA 20 - Distribuição vertical da salinidade no perfil 2.	38
FIGURA 21 - Distribuição vertical da salinidade no perfil 3.	39
FIGURA 22 - Distribuição vertical da salinidade no perfil 4.	39
FIGURA 23 - Distribuição vertical da salinidade no perfil 5.	40
FIGURA 24 - Distribuição vertical da salinidade no perfil 6.	40
FIGURA 25 - Diagrama T-S mostrando as massas d’ água encontradas na PCPM: Água Costeira (AC), Água de Mistura (AM) e Água Tropical (AT).....	42
FIGURA 26 - Distribuição das massas d’ água nos seis perfis estudados.	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAF	- Água Antártica de Fundo
AIA	- Água Intermediária da Antártica
ACAS	- Água Central do Atlântico Sul
AM	- Água de Mistura
AMASSEDs	- Amazon Shelf Sediments Study
APAN	- Água Profunda do Atlântico Norte
AT	- Água Tropical
CNB	- Corrente Norte Brasil
CSE	- Corrente Sul Equatorial
CTD	- Conductivity, Temperature Depth
DGPS	- Differential Global Positioning System
LI	- Linha de Instabilidade
LIC	- Linha de Instabilidade Costeira
LIP	- Linha de instabilidade que se Propaga
NE	- Nordeste
NOc	- Navio Oceanográfico
NW	- Noroeste
PCPM	- Plataforma Continental do Pará-Maranhão
REVIZEE	- Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva
SE	- Sudeste
ZCIT	- Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	TEMPERATURA	15
3.2	SALINIDADE.....	15
3.3	MASSAS D'ÁGUA	16
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	19
4.1	ASPECTOS METEOROLÓGICOS	19
4.1.1	Clima	19
4.1.2	Padrão de Ventos	19
4.1.3	Precipitação, Zona de Convergência Intertropical e Linhas de Instabilidade	19
4.1.4	Circulação de Brisas	21
4.1.5	Ondas de Leste	21
4.2	CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS	22
4.2.1	Ondas e Maré	22
4.2.2	Correntes	22
4.3	HIDROLOGIA.....	23
4.3.1	Rio Pará	23
4.3.2	Rio Amazonas	24
4.3.3	Golfão Maranhense	24
4.4	GEOMORFOLOGIA COSTEIRA.....	25
4.5	PLATAFORMA CONTINENTAL PARÁ-MARANHÃO.....	26
5	MATERIAIS E MÉTODOS	28
5.1	CAMPANHA OCEANOGRÁFICA	28
5.2	ANÁLISE LABORATORIAL	29
5.3	ÁREA DE ESTUDO	30
6	RESULTADOS	32
6.1	DISTRIBUIÇÃO SUPERFICIAL	32
6.1.1	Temperatura	32
6.1.2	Salinidade	33
6.2	DISTRIBUIÇÃO VERTICAL.....	34
6.2.1	Temperatura	34
6.2.2	Salinidade	37
6.3	MASSAS D'ÁGUA	41
7	DISCUSSÃO	44
8	CONCLUSÕES	49
	REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

O Brasil apesar de ser um país de grandes dimensões, com uma costa muito extensa de cerca de 8.000 km (RAMOS, 1999), ainda se conhece pouco no que se refere aos seus mares legais e mais precisamente quanto à circulação oceânica, em especial a região Norte, visto que nesta área o grande foco está voltado para o rio Amazonas. Assim Fontes, Castro e Beardsley (2008), Gabioux, Vinzon e Paiva. (2005) realizaram o estudo da circulação da plataforma Amazônica; Moller, Novo e Kampel (2010) e Nikiema, Devenon e Baklouti (2007) estudaram a dinâmica da pluma do rio Amazonas. Desta forma, o estudo na plataforma continental Norte virá contribuir para o conhecimento sobre a circulação oceânica e as propriedades físicas na região da plataforma continental localizada entre o rio Pará e o Golfão Maranhense.

A plataforma continental Pará-Maranhão é caracterizada por ser uma área com baixa pressão atmosférica, alta nebulosidade e altos índices de umidade atmosférica, as quais identificam a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), ondas de Leste (FERREIRA; COHEN, 2000), e circulação de brisa marítima e terrestre (FERREIRA; COHEN, 2001). A ZCIT e as linhas de instabilidade (LI's) são os dois sistemas meteorológicos mais importantes na determinação do padrão de chuvas da região. Além dos aspectos meteorológicos, é uma área influenciada pela grande descarga dos rios Amazonas e Pará (SILVA, 2006), pelo sistema Mearim/Pindaré/Grajaú, que desemboca na Baía de São Marcos, e o rio Itapecuru, na Baía de São José no Maranhão (PONTES, 2007), assim como pela Corrente Norte Brasil - CNB (MOLLER, et al. 2008).

O trabalho realizado na plataforma continental Pará-Maranhão foi baseado na análise de dados físicos oceanográficos (temperatura e salinidade) coletados na coluna d'água, durante a Operação Norte III (período chuvoso de 1999), realizada no âmbito do Programa de Avaliação do Potencial Sustentável de Recursos Vivos na Zona Econômica Exclusiva (REVIZEE).

Segundo Feitosa (1988), a temperatura é um parâmetro que influencia diretamente os processos fisiológicos nos animais e nas plantas e a atividade bacteriana, além de fatores ambientais tais como: a solubilidade dos gases, viscosidade e densidade da água. No que se refere à salinidade, o mesmo autor afirma ser um parâmetro de extrema importância na distribuição dos organismos aquáticos, constituindo-se em uma barreira ecológica para determinadas espécies denominadas estenoalinas. Além disso, a temperatura e a salinidade

são importantes na definição de uma massa d'água, as quais por sua vez se distribuem de acordo com suas densidades tendendo a se deslocar ao longo da coluna d'água. Estes parâmetros são influenciados pela precipitação, evaporação, radiação solar e aportes continentais, principalmente nas regiões mais costeiras, determinando, assim, diferentes massas de água.

Sendo assim, a identificação e localização de massas de água, a partir dos grandes volumes de água que possuem propriedades conservativas (temperatura e salinidade), é uma boa forma de compreender a hidrodinâmica de uma região, a circulação oceânica vertical, o transporte de sedimentos finos, nutrientes e poluentes em superfície e no fundo marinho. Sendo por isso necessário conhecer a distribuição da temperatura e da salinidade, além de que estes parâmetros são os principais fatores que contribuem na identificação de comunidades de espécies de peixes e de plâncton.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a distribuição dos parâmetros físicos oceanográficos para a identificação de massas d'água na plataforma continental Pará-Maranhão.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a distribuição superficial da temperatura e salinidade na Plataforma Continental Pará-Maranhão;
- Avaliar a distribuição vertical da temperatura e salinidade na Plataforma Continental Pará-Maranhão;
- Identificar as massas d'água encontradas na Plataforma Continental Pará-Maranhão.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 TEMPERATURA

Segundo Ré (2000), a temperatura tem um papel fundamental nos ciclos vitais e distribuição dos organismos marinhos, variando horizontalmente nos oceanos em função da latitude e também verticalmente em função da profundidade.

Nos oceanos as principais variações horizontais ocorrem em superfície, apresentando uma distribuição que se aproxima de um padrão zonal. Próximo à costa, onde as correntes oceânicas divergem, as isotermas podem oscilar mais para norte ou para sul. Ao longo da margem leste dos oceanos, as baixas temperaturas, muitas vezes ocorrem à superfície, devido o fenômeno da ressurgência, que se caracteriza por uma subida de águas frias subsuperficiais. A estratificação vertical da temperatura na coluna de água é observada em três compartimentos principais, com a camada quente superficial, separada pela termoclina, das águas frias profundas (PICKARD; D.PHIL, 1974).

Há uma relação inversa entre a temperatura e a densidade da água, visto que quando há aumento de temperatura, há uma diminuição na densidade. Assim, a temperatura é uma das propriedades físicas de maior importância, pois é o principal parâmetro que determina a densidade dos oceanos (FRAZÃO, 2001).

3.2 SALINIDADE

A água dos oceanos contém em solução uma quantidade variável de sólidos e de gases. Em 1.000g de água salgada pode-se encontrar cerca de 35g de substâncias dissolvidas que se englobam na designação geral de sais. Assim, 96,5% da água salgada é constituída por água e 3,5% por substâncias dissolvidas. A quantidade total destas substâncias dissolvidas é designada de salinidade (RÉ, 2000).

Na superfície oceânica a salinidade das águas varia normalmente entre 32 e 37. Os processos que causam as grandes variações da salinidade ocorrem na superfície do oceano devido à taxa de precipitação e evaporação e aporte continental próximo a regiões costeiras, e as mais rápidas variações são normalmente encontradas dentro de algumas centenas de metros

ou na interface ar/mar. Regiões na coluna de água ao longo do qual ocorrem rápidas mudanças de salinidade são denominadas haloclinas (PICKARD; D.PHIL, 1974).

Uma vez que não existem fontes ou sumidouros de sal nas camadas profundas do oceano, a salinidade derivada na superfície só pode ser alterada pela mistura de tipos de água com diferentes salinidades iniciais. Nestas profundas camadas de águas, as variações de salinidade são menores do que aquelas encontradas na superfície, tendo, portanto massas d'água com salinidades específicas, e essas são extremamente importantes em relação aos processos de circulação profunda de águas (CHESTER, 1993).

3.3 MASSAS D'ÁGUA

Segundo Neshyba (1987), os oceanos são constituídos por massas de água empilhadas umas sobre as outras, e toda água que faz parte da massa é originada no mesmo local e dentro das mesmas circunstâncias. De acordo com Gross (1987), as massas d'água são formadas normalmente em mares parcialmente isolados ou em plataformas continentais.

As massas d'água são formadas a partir das trocas de calor entre o oceano e a atmosfera, sendo caracterizadas a partir de valores semelhantes de temperatura e salinidade adquiridos pelas características do local de sua formação. Desta forma, as massas d'água são resultantes da diferença de densidade de cada camada de água. As massas d'água superficiais são formadas nas regiões tropicais e devido a este fato, apresentam valores elevados de temperatura e salinidade devido à grande intensidade de radiação solar (ROCHA, 2007). Em regiões costeiras há maior mistura vertical, o que pode resultar na mistura das massas d'água nestas localidades.

Segundo Tomczak (1999), quando a água afunda na coluna de água ao longo da sua superfície de densidade, ela carrega consigo os valores das propriedades adquiridas na superfície. As propriedades conservativas (temperatura e salinidade), abaixo da camada de mistura, só são alteradas a partir de misturas verticais e laterais com outras massas de água circundantes, por processos advectivos e difusivos.

As massas de água proporcionam uma estratificação bem acentuada da coluna d'água, desta forma no oceano Atlântico Sul, tem-se da superfície ao fundo as seguintes massas: Água Tropical (AT), Água de Mistura (AM), Água Costeira (AC), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Antártica Intermediária (AAI), Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) e Água Antártica de Fundo (AAF) (PONTES; EL-ROBRINI; KAMPEL, 2008) (Tabela 1).

TABELA 1 - Massas d'água encontradas no oceano Atlântico Sul a partir de trabalhos realizados na região Norte.

Massa d'Água	Temperatura (°C)	Salinidade	Referência
Água Tropical (AT)	18°C a 26°C	> 35	Stramma, 2005
Água de Mistura (AM)	≥ 25	33 – 35,9	Paiva, 2001
Água Costeira (AC)	26°C – 28,8°C	≤ 34	Silva, 2006
Água Central do Atlântico Sul (ACAS)	5,9°C – 18,3°C	34,5 – 36,4	Silva, 2006
Água Intermediária Antártica (AIA)	4,9°C – 5,9°C	34,4 – 34,7	Silva, 2006
Água Profunda do Atlântico Norte (APAN)	2°C – 4°C	34,6 - 35	CORRENTES oceânicas e massas de água, 2011
Água Antártica de Fundo (AAF)	-1°C - 0	34,6 – 37,7	CORRENTES oceânicas e massas de água, 2011

Alguns trabalhos sobre as massas d'água e características físicas na plataforma continental norte brasileira foram realizados por: Abreu (2004), Brasil (1989), Curtin (1986), Frazão (2001), Linhares (1995), Paiva (2001), Silva (2000). Silva (2000) e Frazão (2001) que caracterizaram a distribuição dos parâmetros de temperatura, salinidade e densidade das águas das plataformas continentais do Amazonas e do Maranhão, respectivamente; BRASIL (1989), durante a Operação PAVASAS I, realizou um levantamento prévio na plataforma continental norte brasileira da distribuição dos parâmetros físicos da água do mar e das massas de água ocorrentes; Abreu (2004), Curtin (1986), Linhares (1995) e Paiva (2001) descreveram as características físicas das massas d'água das plataformas continentais do Pará e do Amazonas..

Para a identificação de massas d'água, a técnica mais comum é o diagrama T-S, porém outras técnicas são utilizadas como a apresentada por Oguma et al. (2008), que utilizaram dois Isótopos estáveis, $\delta^{13}\text{C}$ e $\delta^{18}\text{O}$ para classificação de massas de água na região costeira do leste da costa de Hokkaido; Moller et al. (2008) classificaram as massas d'água da plataforma continental amazônica a partir da aplicação da Álgebra booleana de mapas; o Diagrama T-S volumétrico, que é uma adaptação do diagrama T-S introduzido por Montgomery (1958),

Cochrane (1958), e Pollak (1958), foi utilizado para mostrar a distribuição da temperatura e da salinidade em termos de volume (PICKARD; D. PHILL, 1974).

A possibilidade de analisar correlações entre as variáveis temperatura e salinidade (análise T-S) originou-se a partir de trabalhos pioneiros de M. Knudsen e colaboradores publicados em 1901, e com o trabalho pioneiro de Björn Helland-Hansen, publicado em 1918, que introduziu na pesquisa oceanográfica a correlação entre a temperatura e a salinidade em condições reais (NOGUEIRA, 1993). Inicialmente, o método de correlação T-S foi aplicado às regiões do oceano situadas abaixo da camada superficial (100-200 m), onde a temperatura e a salinidade são alteradas somente por processos de advecção e difusão (RAMOS, 1999), entretanto, Miller (1950) utilizou o método de correlação T-S para a plataforma continental. Miranda (1972), Miranda (1982), Silva (1995), aplicaram o mesmo método em pesquisas sobre as massas de água da plataforma sul e sudeste do Brasil.

4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1 ASPECTOS METEOROLÓGICOS

4.1.1 Clima

O clima no NE do Pará é tropical quente e úmido, com estação seca se prolongando de junho a novembro, com período chuvoso bem acentuado, com fortes chuvas nos demais períodos do ano (dezembro a maio) (MARTORANO et al., 1993). No NW do Maranhão, o clima, segundo Góes Filho et al. (1973), é quente, porém Kempf, Coutinho e Moraes (1970) afirmaram que esta região é caracterizada por um clima tropical úmido.

4.1.2 Padrão de Ventos

A área de estudo está submetida à ação predominante de ventos alísios na direção Nordeste (Figura 1) (sendo este mais freqüente) apresentando intensidade média de $6,4 \text{ m.s}^{-1}$ (SILVA; ARAÚJO; PINHEIRO, 2007).

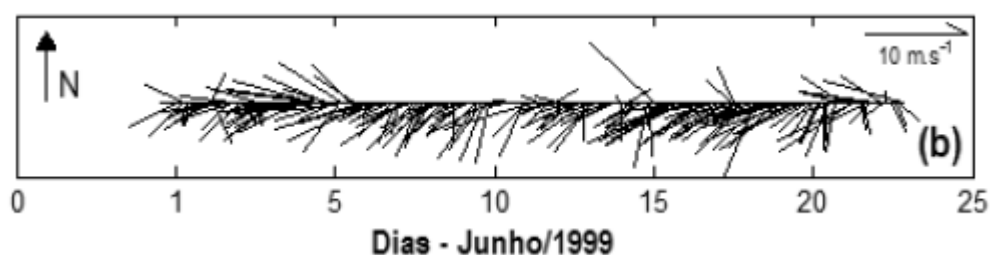


FIGURA 1 - Direção e intensidade dos ventos medidos durante a campanha oceanográfica de Junho/1999.

Fonte: Silva, Araújo e Pinheiro, 2007.

4.1.3 Precipitação, Zona de Convergência Intertropical e Linhas de Instabilidade

A distribuição espacial da concentração média das precipitações no período mais chuvoso está relacionada com sistemas atmosféricos na região nessa época do ano, sendo os principais: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Linhas de Instabilidade (LI), sendo esse último oriundo da circulação de brisa marítima. A precipitação média anual no NE do Pará é de 3.000 mm, sendo esta maior que no NW do Maranhão, a qual apresenta cerca de

2200 mm (SILVA TANAKA; PORTELA, 2006). Os meses de maior precipitação são março e abril, com 600 mm no NE do Pará e 450 mm no NW do Maranhão, ou seja, no sentido Pará-Maranhão, os totais pluviométricos sofrem uma diminuição (SILVA TANAKA; PORTELA, 2006).

A ZCIT é responsável pela maior parte da precipitação nas regiões norte e nordeste do país. Esta é uma região de convergência dos ventos alísios de ambos os hemisférios escoando no sentido oeste. A ZCIT possui um deslocamento norte – sul ao longo do ano, podendo oscilar entre 14°N e 5°S. Em junho de 1999 foi observada a migração da ZCIT para latitudes ao norte de 3°N. A banda de nebulosidade se posicionou em torno de 3°N nas primeiras semanas, e no final do mês a sua presença foi registrada em latitudes ao norte de 6°N (Figura 2), determinando uma normalidade em relação à posição climatológica (CPTEC, 2009).

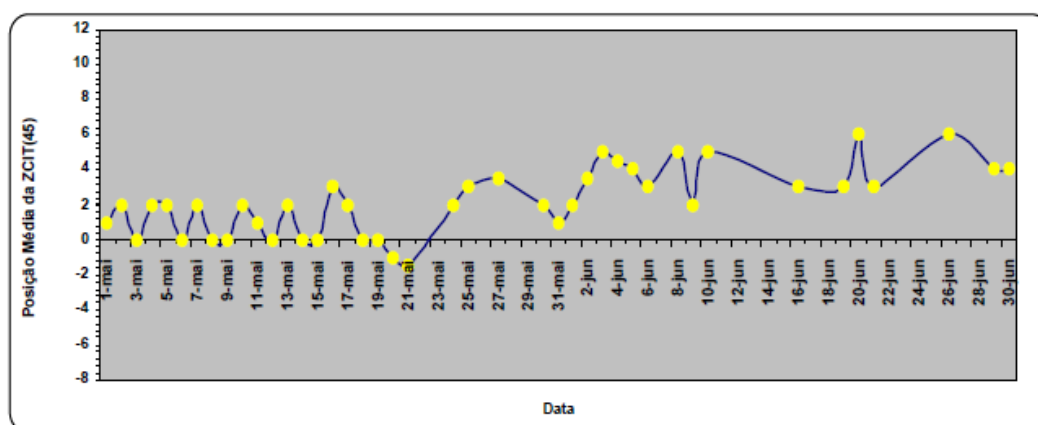


FIGURA 2 - Posição da ZCIT na longitude de 45.º W durante a Operação Norte III do Programa REVIZEE.

Fonte: Ferreira e Cohen, 2000.

A grande quantidade de precipitação na América do Sul Tropical é produzida, também, pelas linhas de instabilidade (LIs), que segundo Huschke (1959 *apud* COHEN, 1989) trata-se de uma banda de atividade convectiva organizada, não necessariamente contínua, e complementando com Hamilton e Archbold (1945 *apud* COHEN, 1989) seria uma linha de cúmulos-nimbus que se forma ao longo da borda de uma ampla área de movimento descendente. Este sistema é responsável por aproximadamente 45% da chuva que cai no leste paraense, sendo que se formam ao longo da costa norte-nordeste da América do Sul, desde a Guiana até o Maranhão.

Tanto as linhas de instabilidade que se propagam (LIP) como as que não se propagam, ditas como costeiras (LIC) - sendo estas últimas àquelas linhas de cúmulos-nimbus que se

formam e se dissipam na costa, sem propagar continente adentro – estão associadas à circulação de brisa marítima junto à costa (COHEN, 1989)

4.1.4 Circulação de Brisas

As regiões costeiras do norte-nordeste da América do Sul sofrem influência das brisas marítima e terrestre, as quais ocorrem em resposta ao gradiente horizontal de pressão que é provocado pelo contraste de temperatura diário entre o continente e oceano (CAVALCANTI; KOUSKY, 1982).

A brisa marítima forma-se quando há ascensão de ar sobre a superfície terrestre, aquecida durante o dia mais intensamente do que o oceano. Com a elevação das superfícies isobáricas sobre o continente, surge um gradiente horizontal de pressão, que induz um escoamento no sentido oceano-continente. À noite, a circulação inverte-se, dando origem à brisa terrestre. A brisa marítima é importante por amenizar as altas temperaturas diárias e levar umidade para o interior do continente influenciando na precipitação e no clima das áreas atingidas (CAVALCANTI; KOUSKY, 1982).

4.1.5 Ondas de Leste

Ondas de leste na região tropical do Atlântico são perturbações de escala sinótica com período entre 3 a 6 dias que modulam a convecção na ZCIT, acompanhadas por depressões e tempestades tropicais (MOLINARI et al., 1997). Estes distúrbios originam-se no norte da África, e propagam-se em direção oeste, alcançando intensidade máxima entre os meses de agosto e setembro. Antes de se tornarem ciclones tropicais, produzem pistas sobre o oceano com ventos intensos, tornando a superfície do mar bastante agitada por ondas de gravidade (INNOCENTINI et al., 2005).

4.2 CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS

4.2.1 Ondas e Maré

O litoral norte sofre influência das ondas formadas a partir dos alísios, com alturas abaixo de 1-1,5m em mar aberto. Porém há relatos de ocorrência episódica de ondas oceânicas geradas por Ciclones Tropicais do Atlântico Norte, que alcançam períodos de 20s e altura de 3m no litoral norte (CDP, 2004).

A costa Norte brasileira é submetida a um regime de macro-marés (amplitudes $> 4\text{m}$), de natureza semi-diurna, com altura máxima de 5,5m, com altura média de 4,8m no período de sizígia e 2,5m no período de quadratura (DHN, 1994).

4.2.2 Correntes

As *correntes de maré* são produzidas pelo movimento vertical gerado pelo aumento e pela diminuição da amplitude de maré. As maiores velocidades de corrente de maré são registradas durante as marés de sizígia, quando atingem $1,44 \text{ m.s}^{-1}$ e nas marés de quadratura a velocidade máxima é de $0,76 \text{ m.s}^{-1}$ (DHN, 1994). Essas correntes condicionam o transporte de sedimentos no litoral e são responsáveis pela formação de bancos arenosos perpendiculares a linha de costa (EL-ROBRINI et al., 1992). No Golfão Maranhense, estas correntes representam o processo mais importante na circulação local.

As *correntes litorâneas* são paralelas a linha de costa resultantes da chegada das ondas à costa, sendo responsáveis pelo transporte de grandes quantidades de sedimentos da plataforma continental para o litoral (ALVES, 1998).

A *Corrente Norte Brasil* (CNB) é a maior corrente de contorno oeste no oceano Atlântico, formada a partir da bifurcação da CSE (Corrente Sul Equatorial) (Figura 3). Transporta água quente do Atlântico Sul para NW, ao longo da costa brasileira, atravessando e cruzando o equador em direção ao Atlântico Norte. A CNB sofre variação ao longo da costa norte brasileira, a qual depende, sobretudo de padrões dos ventos e da localização desses padrões no trajeto da corrente (STRAMMA; SCHOTT, 1996).

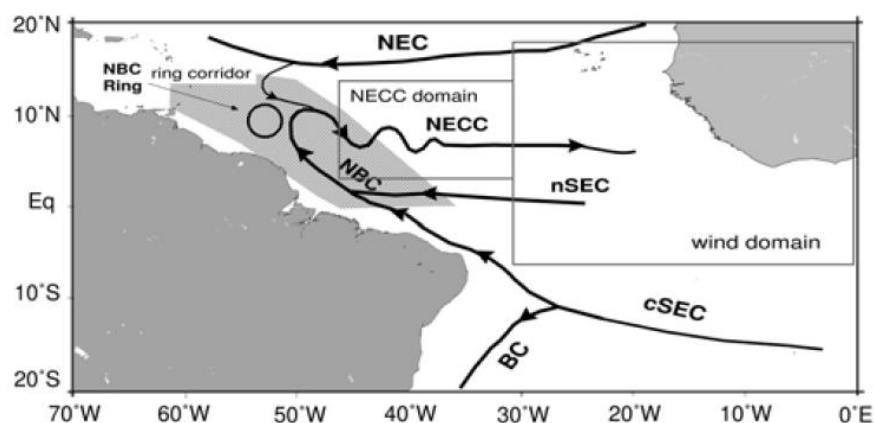


FIGURA 3 - Mapa esquemático mostrando a Corrente Norte Brasil (CNB) na costa Norte brasileira, além de outras correntes tropicais: Corrente Norte Equatorial (NEC), Contra Corrente Norte Equatorial (NECC), Corrente Sul Equatorial (SEC) e a Corrente do Brasil (CB).
Fonte: Fonseca et al. (2004).

De acordo com Richardson et al. (1994) a região norte brasileira é altamente influenciada pela Corrente Norte Brasileira, que transporta as águas da plataforma continental externa e do talude na direção noroeste, com uma velocidade que chega até $1,2 \text{ m.s}^{-1}$. Segundo Dietrich e Kalle (1957 apud LUEDEMANN, 1967) a CNB influencia a parte maranhense da área de estudo, pois nas partes mais estreitas, a SE do Golfão Maranhense, onde a plataforma continental torna-se mais estreita, a CNB atua mais diretamente sobre o limite da plataforma continental, podendo subir sazonalmente até esta província fisiográfica.

Esta corrente flui para NW, apresentando campo de velocidade que aumenta em direção offshore e em época chuvosa, alcançando velocidade de 1 m.s^{-1} na quebra do talude continental (GEYER; KINEKE, 1995).

4.3 HIDROLOGIA

4.3.1 Rio Pará

O rio Pará exerce uma grande influência na área de estudo, apresentando uma vazão média de $11 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ com máximos de $34 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ e mínimos de $4 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Localiza-se a leste do cabo Maguari (ilha de Marajó), e recebe as águas do rio Tocantins que drena a bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia. O rio Tocantins em Tucuruí, caracteriza-se por apresentar um regime hidrológico bem definido com a estiagem em setembro-outubro e a cheia entre fevereiro e abril (GABIOUX, 2002).

4.3.2 Rio Amazonas

A PCPM é influenciada também pela descarga hídrica do rio Amazonas, que forma uma pluma superficial de baixa salinidade ($S < 34$) próximo a sua foz. Esta água doce se mistura com águas oceânica, estendendo-se para NW ao longo da costa durante o período de janeiro a julho (MULLER-KARGER; MCCLAIN; RICHARDSON, 1988).

A descarga hídrica do rio Amazonas entra no Oceano Atlântico através dos canais Norte e Sul, com o máximo da descarga em maio (média de $220 \times 10^3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) e o mínimo (média de $100.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$) em novembro (RICHEY, 1996 *apud* SANTOS, 2004).

A pluma de água amazônica próximo da foz do rio Amazonas chega a atingir, durante o período de máxima descarga do rio Amazonas (abril-maio de 1999), mais de 300 km de distância perpendicularmente à costa. Neste período, ocorre também um deslocamento da pluma a sudeste da foz do rio Amazonas ao longo e próximo da costa (SILVA, 2006).

4.3.3 Golfão Maranhense

Segundo Rodrigues, Barros e Camozzato (1994) os rios costeiros do Maranhão são perenes e procedem das chapadas maranhenses e piauienses, com características de regime equatorial. Esses rios, dentre eles o Itapecuru, Mearim e Pindaré, têm seus mananciais em zonas de pluvimetria entre 1250 mm e 2000 mm anuais (pluvimetria nitidamente tropical, com máximos durante o verão). Nas cheias, os principais rios transbordam, inundando as amplas planícies fluviais, enquanto que nos baixios, as águas represadas formam lagos que, às vezes, se mantêm ao longo do ano.

O Golfão Maranhense é formado pelas baías de São Marcos e São José (Figura 4), separadas pela ilha de São Luis, sendo que na baía de São Marcos desemboca o sistema Mearim/ Pindaré/ Grajaú e na baía de São José desemboca apenas o rio Itapecuru (PALMA, 1979).

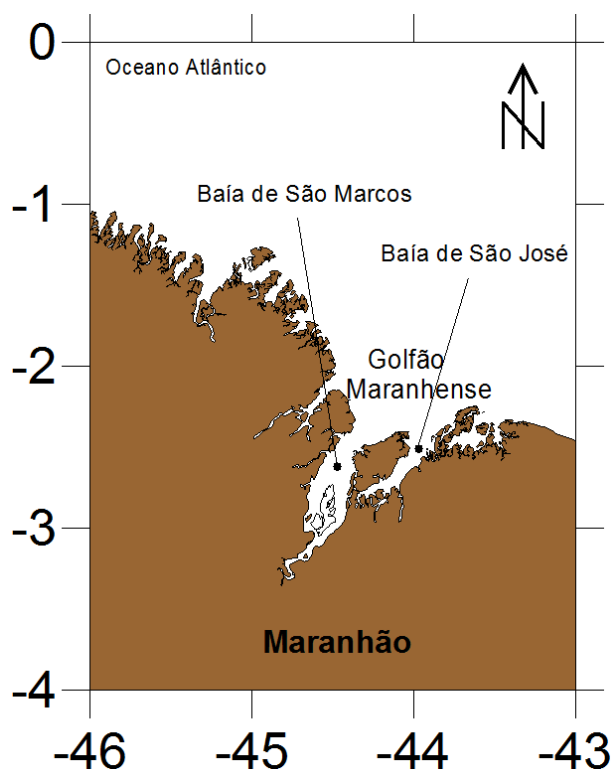


FIGURA 4 - Golfão Maranhense, mostrando as baías de São Marcos e São José.

A bacia hidrográfica do rio Mearim possui uma área de 96.000 km², sendo que este rio percorre mais de 930 km até desembocar na baía de São Marcos, onde apresenta grande meandricidade e influência significativa da maré. A vazão média do rio Mearim é de 770 m³.s⁻¹. A bacia hidrográfica do rio Itapecuru tem aproximadamente 52.970 km² e apresenta vazão média de 317,5 m³/s (ANA, 2005).

O rio Pindaré, principal afluente do rio Mearim, tem um curso total de aproximadamente 680 km e o rio Grajaú, com um curso total de 770 km, é o mais extenso curso d'água da bacia do Mearim (CODOMAR, 2009).

4.4 GEOMORFOLOGIA COSTEIRA

A costa adjacente à PCPM é do tipo estuarina, com a linha de costa marcada por ser altamente recortada por amplas reentrâncias, e com cobertura interna caracterizada por um manto de faixas arenosas (PALMA, 1979), sendo muito irregular, apresentando um grande número de baías e enseadas (GABIOUX, 2002).

O litoral de 'rias' é a característica mais marcante dos litorais paraense e maranhense. Sendo que a maioria das rias são canais (vales amplos afogados desde o início do Holoceno),

construídos pelo desenvolvimento de bancos lamosos de planície de maré, perpendicularmente à costa, posicionados atrás das áreas colonizadas por manguezais (BARBOSA; PINTO, 1973). Além de que no Golfão Maranhense, o litoral é entremeado, em alguns trechos, de apicuns, numerosos canais, lagos, cordões litorâneos, falésias, pontas e inúmeras ilhas (SEBRAEMA, 2002 apud GUALBERTO, 2003).

O Pará possui cerca de 598 km de linha de costa, onde os manguezais constituem a vegetação dominante (Figura 6) (PANTOJA, 1993), porém estão submetidos à erosão por ondas e correntes, além de existir setores que vêm sendo soterrados devido à migração de bancos de areia em direção à margem.

Os manguezais do Pará desenvolvem-se atrás de praias e dunas, às margens das baías, em consórcio com restingas, nos estuários. Apesar da baixa diversidade de espécies arbóreas, os manguezais caracterizam-se por uma grande variabilidade espacial, como resposta às diferentes condições locais de salinidade, inundação e dinâmica costeira (PROST; RABELO, 1996).

No Golfão Maranhense, os manguezais ocupam 226.600 ha (Figura 5), são predominantes em todas as ilhas, com exceção da ilha de São Luis, onde ocorrem as matas da selva equatorial úmida (SUDENE, 1997 apud GUALBERTO, 2003)

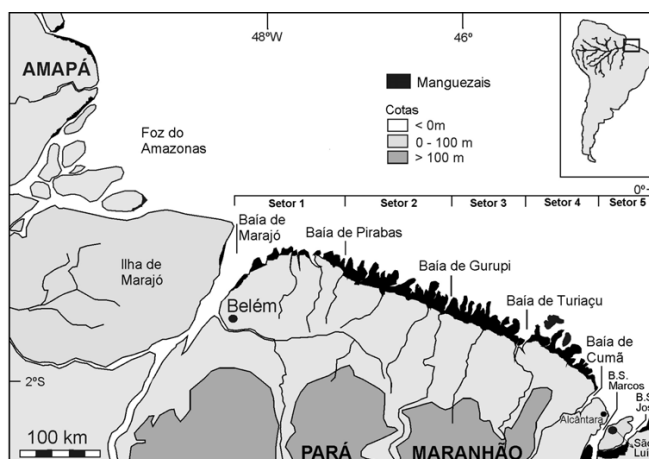


FIGURA 5 - Costa de manguezais na região do Pará e Maranhão.

Fonte: Souza Filho, 2005

4.5 PLATAFORMA CONTINENTAL PARÁ-MARANHÃO

Segundo Silva (1998) e Pontes (2005), a PCPM é subdividida em três compartimentos: parte interna compartimentada entre a linha de costa e a isóbata de 20 m; a parte média, situada

entre as isóbatas de 20 m e 40 m; e a parte externa, localizada entre as isóbatas de 40 m e 80 m (Figura 6).

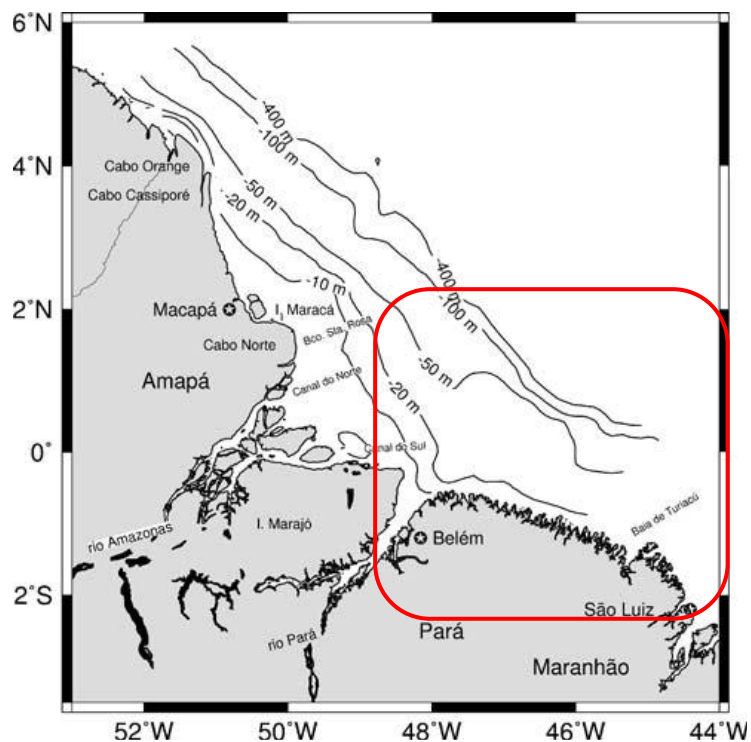


FIGURA 6 - Plataforma Continental do Pará-Maranhão destacado em vermelho, mostrando as isóbatas.

Fonte: Fontes, Castro e Beardsley, 2008.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 CAMPANHA OCEANOGRÁFICA

A campanha oceanográfica foi realizada no período de abril a julho de 1999 (Operação Norte III), a bordo do Navio Oceanográfico “Antares” da Marinha do Brasil (Figura 7).



FIGURA 7 - Navio oceanográfico “Antares” da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil.

Fonte: Navio-Oceanográfico "ANTARES", 2007.

No NOc., as estações oceanográficas foram georreferenciadas através de um sistema de posicionamento do tipo DGPS (Differential Global Positioning System). A cada estação fixa era feita uma perfilagem vertical com o uso do CTD Sea-Bird modelo SBE-9 (Figura 8), constituído por um conjunto de sensores de temperatura, condutividade e pressão. A aquisição de dados foi realizada em tempo real, por uma equipe de pesquisadores que participaram da campanha, utilizando-se uma unidade receptora permitindo o monitoramento por meio de um PC instalado a bordo.

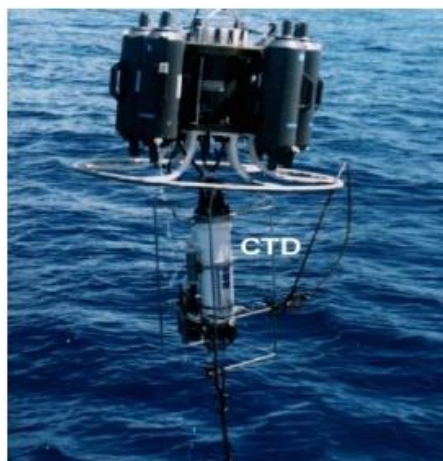


FIGURA 8 - Conjunto Rosette e CTD preparado para o processo de coleta.

5.2 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Foram feitas pesquisas bibliográficas ao longo do desenvolvimento deste trabalho, a fim de realizar um levantamento de diversos estudos desenvolvidos à cerca da área de estudo que retratassem aspectos meteorológicos, oceanográficos e geomorfológicos, objetivando conhecer as várias forçantes que atuam na plataforma continental Pará-Maranhão

5.2 ANÁLISE LABORATORIAL

Em laboratório, foi utilizado o Software *Surfer* versão 8.0 (Figura 9) para o processamento dos dados oceanográficos cedidos por um dos coordenadores do Programa Revizee. O mapa horizontal e os perfis verticais de temperatura e salinidade foram construídos para analisar suas distribuições na coluna d'água, além dos mapas de distribuição das massas d'água. Os perfis permitem visualizar as isolinhas destes parâmetros.

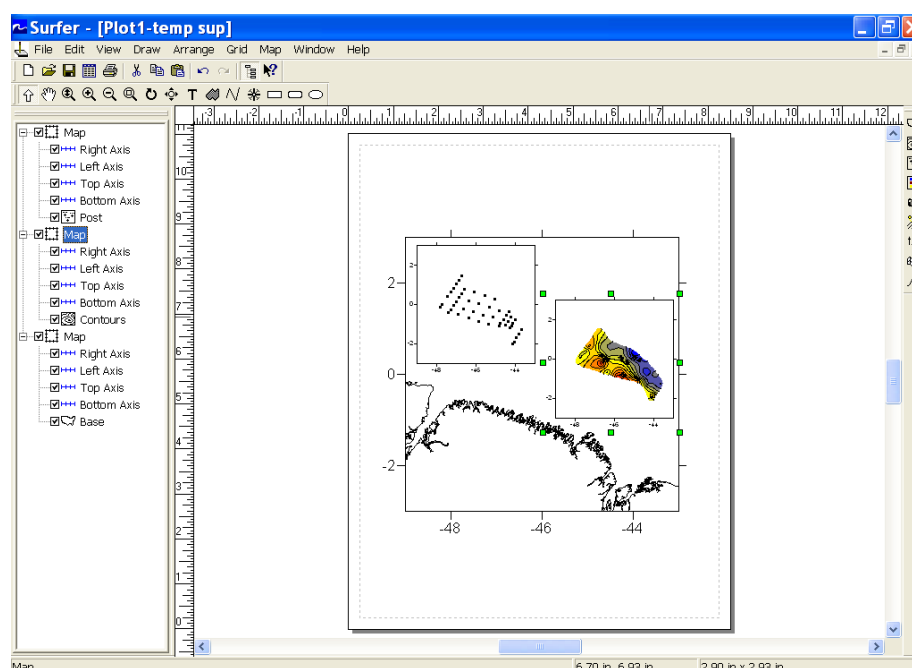


FIGURA 9 - Software Surfer versão 8.0, utilizado para gerar mapas horizontais e verticais de temperatura e salinidade.

Para os mapas superficiais, utilizou-se uma planilha de entrada de dados do próprio programa, *worksheet*, que permite importar planilhas de diversos aplicativos, como Excel. A partir dos dados da planilha criada, foram gerados arquivos *Grid* a partir do comando Grid >

Data, aonde se organiza os eixos e os limites dos mapas e é escolhido o método de interpolação. Interpolar é estimar o valor da variável em estudo num ponto não amostrado. Segundo Landim (2000) o método *Krigagem*, o qual foi utilizado neste trabalho, apresenta grande fidelidade aos dados originais e melhor precisão geral. Após a criação do *Grid*, é necessário inserir todos os pontos de amostragem e digitalizar a área ocupada por eles para então limitar o mapa a ser gerado, utilizando para isso o comando *Grid > Blank*. Na área em branco são plotados os mapas gerados a partir do arquivo *Grid* e o menu, no topo, permite selecionar os procedimentos para entrada de dados, geração, visualização e edição dos mapas.

Para os mapas verticais, é necessário criar um mapa base, com extensão bln. a partir das profundidades e distâncias da costa de cada estação da área de estudo. Para a criação do perfil vertical, cria-se um arquivo *Grid* a partir do comando *Grid > Data* e então é gerado o mapa.

O mapa de distribuição das massas d'água foi gerado a partir dos mapas verticais de temperatura e salinidade o quais foram sobrepostos e então se limitou as massas de água com base nos valores encontrados no diagrama T-S.

Foi utilizado também o Microsoft Office Excel para geração do gráfico de dispersão, o diagrama T-S, para a classificação das massas d'água, sendo esta a forma mais simples de classificar massas d'água, em que são plotados dados de temperatura no eixo vertical do gráfico e os dados de salinidades no eixo horizontal.

5.3 ÁREA DE ESTUDO

Na Plataforma Continental Pará-Maranhão (PCPM), foram utilizadas 47 estações de coleta, ao longo de seis perfis perpendiculares a costa (Figura 10).

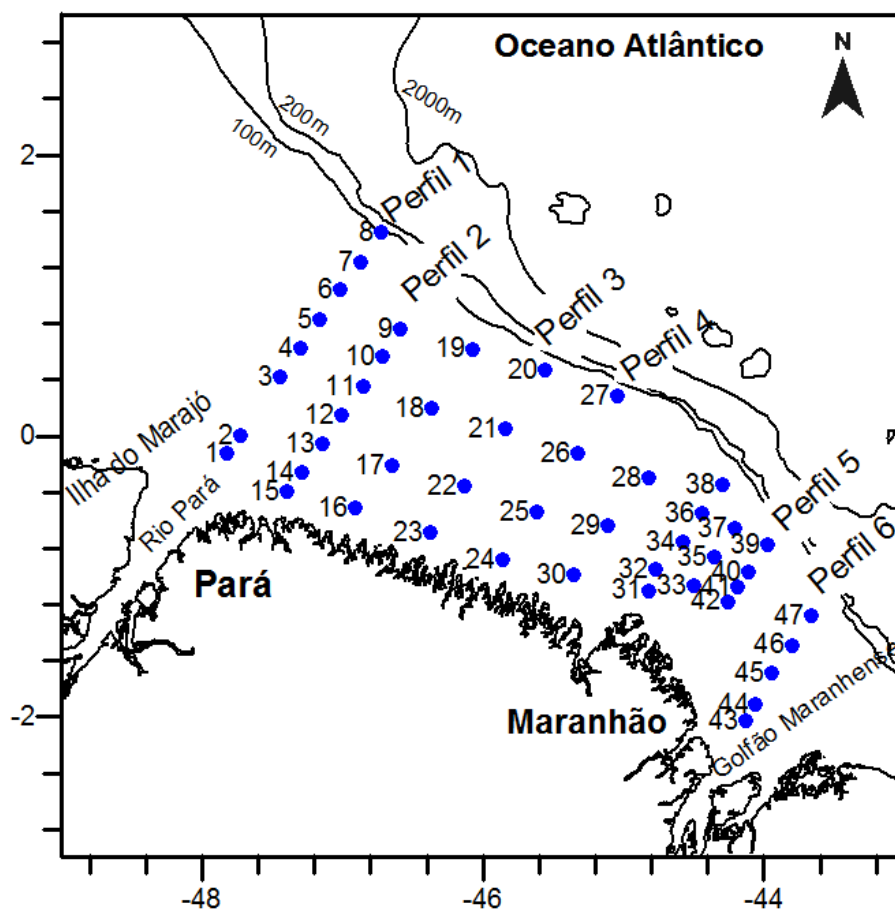


FIGURA 10 - Localização da PCPM, com as isóbatas de 100m, 200m e 2000m, mostrando as estações de coleta e perfis.

Os perfis foram escolhidos a fim de se observar a influência dos dois sistemas de drenagem, o amazônico e o maranhense, na PCPM e, portanto escolheu-se dois perfis nas proximidades de cada sistema (perfil 1, 2, 5 e 6), e foram escolhidos dois perfis distantes, no limite dos estados do Pará e Maranhão, com o intuito de observar até onde estes sistemas influenciam a coluna d'água da área de estudo, e assim o padrão de distribuição da temperatura e salinidade e, conseqüentemente, as massas d'água.

6 RESULTADOS

6.1 DISTRIBUIÇÃO SUPERFICIAL

6.1.1 Temperatura

A distribuição superficial da temperatura da água na plataforma continental do Pará-Maranhão, durante o período chuvoso/1999, apresentou relativa variação, com amplitude térmica de $1,8^{\circ}\text{C}$, observando maiores valores próximo à costa ($29,3^{\circ}\text{C}$) e valores mais baixos em direção offshore, na plataforma continental externa. O menor valor de temperatura ($27,5^{\circ}\text{C}$) foi observado a NW do Maranhão, onde a estratificação costa-offshore foi mais acentuada, em contrapartida no NE do Pará, a temperatura foi mais homogênea, em especial ao longo do perfil 1 (Figura 11).

A NW do Maranhão observa-se que a CNB atinge esta região da plataforma, visto que esta corrente leva consigo água de baixa temperatura, e como visto no mapa (Figura 9), a temperatura fica em torno de $27,8^{\circ}\text{C}$. Porém neste mapa, por apresentar a distribuição apenas na faixa superficial da coluna d'água, não se pode afirmar que a CNB limita-se apenas a porção maranhense, não alcançando a porção NE do Pará.

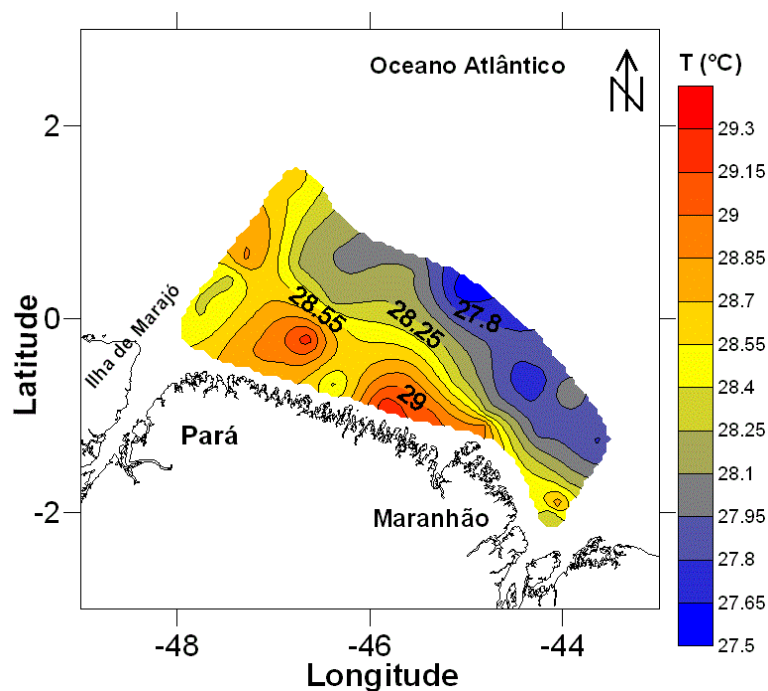


FIGURA 11 - Distribuição superficial da temperatura das águas na PCPM.

6.1.2 Salinidade

A distribuição superficial da salinidade (Figura 12) teve comportamento diferente da temperatura na plataforma continental do Pará-Maranhão no período chuvoso/1999. A amplitude salina foi extremamente alta com cerca de 33, sendo que esta amplitude de variação é observada apenas na parte NE do Pará, em especial ao longo do perfil 1e áreas costeiras. Em contrapartida, a NW do Maranhão, especificamente no Golfão Maranhense, a variação de salinidade foi relativamente baixa, pois o menor valor atingido nesta área foi de 34, sendo que este valor foi observado apenas em um ponto de coleta no perfil 6, o mais interno no Golfão Maranhense. Desta forma, o menor valor de salinidade foi 4, próximo a foz do rio Pará, e o maior valor de salinidade foi próximo de 37 na parte mais externa da plataforma continental e no Golfão Maranhense.

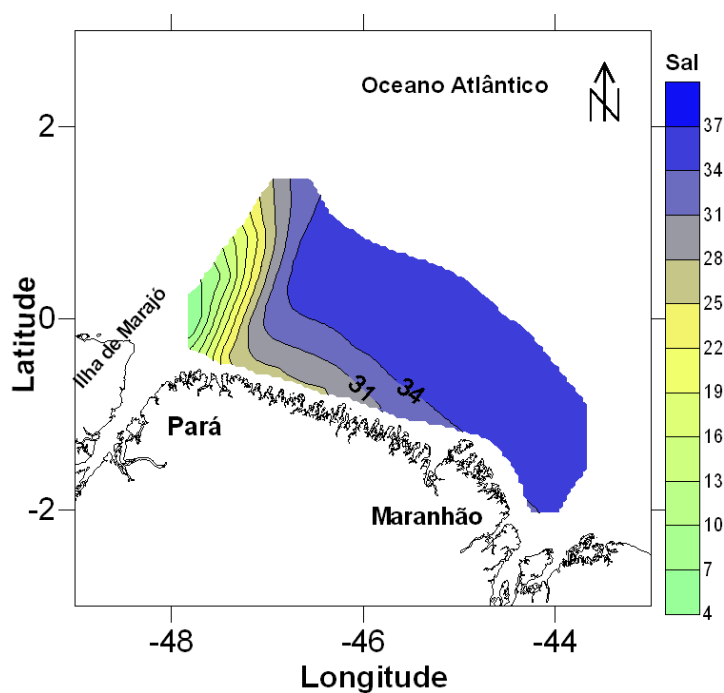


FIGURA 12 - Distribuição superficial da salinidade na PCPM.

6.2 DISTRIBUIÇÃO VERTICAL

6.2.1 Temperatura

A distribuição vertical da temperatura na plataforma continental do Pará-Maranhão apresentou algumas variações entre os diferentes perfis estudados, como a estratificação térmica vertical observada no perfil 1, diferentemente dos demais perfis, nos quais foi visto uma estratificação horizontal. Além disso, a mistura na coluna d'água não ocorreu de forma semelhante, visto que os perfis não estão sujeitos às mesmas forçantes.

Sendo assim, o perfil 1 (Figura 13) apresentou uma estratificação térmica alta ($4,5^{\circ}\text{C}$), com as isotermas assumindo um comportamento horizontal. Neste perfil, a maior temperatura ($28,8^{\circ}\text{C}$) foi encontrada em superfície, diminuindo com o aumento da profundidade, não havendo estratificação no sentido costa-offshore. Na profundidade de 70m, foi encontrado o menor valor de temperatura ($24,3^{\circ}\text{C}$) a uma distância de 255 km da costa. A CNB neste perfil é observada apenas na plataforma continental externa (70m), com temperatura em torno de 27°C , representando uma água com temperaturas mais baixas, já que esta corrente é resultante da confluência da CSE.

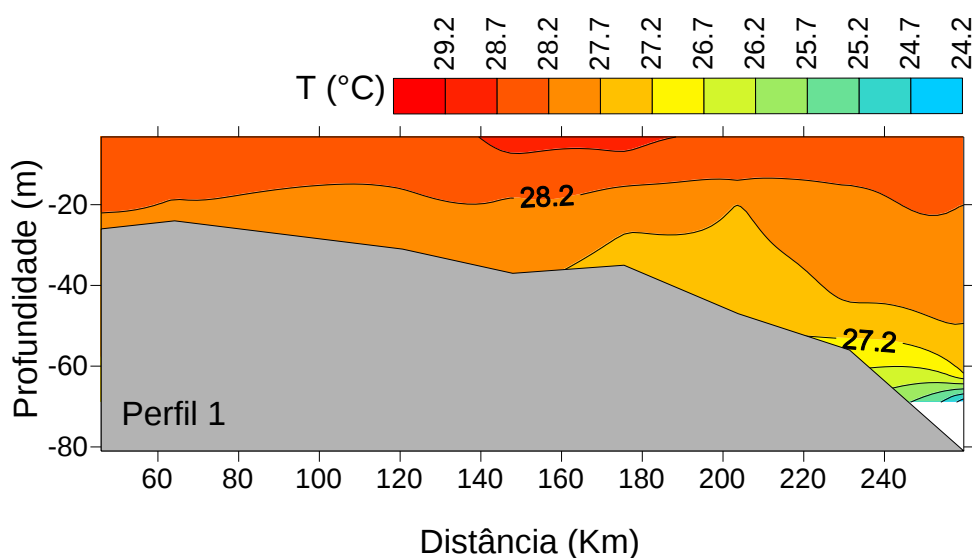


FIGURA 13 - Distribuição vertical da temperatura no perfil 1.

No perfil 2 (Figura 14), em contrapartida, as isotermas passam a se comportar bem diferentes do perfil 1, estando dispostas verticalmente com suaves inclinações, indicando que a coluna d'água é bem misturada quanto à temperatura. Em relação à variação horizontal, esta foi bem pequena, pois sua amplitude térmica foi de $0,8^{\circ}\text{C}$. O maior valor ($28,9^{\circ}\text{C}$) foi

encontrado próximo à costa, diminuindo gradualmente ao se distanciar da mesma, atingindo mínimo de 28,1°C. Neste perfil, como a temperatura não foi baixa, ou seja, menor que 28°C, não se pode afirmar que a CNB está presente.

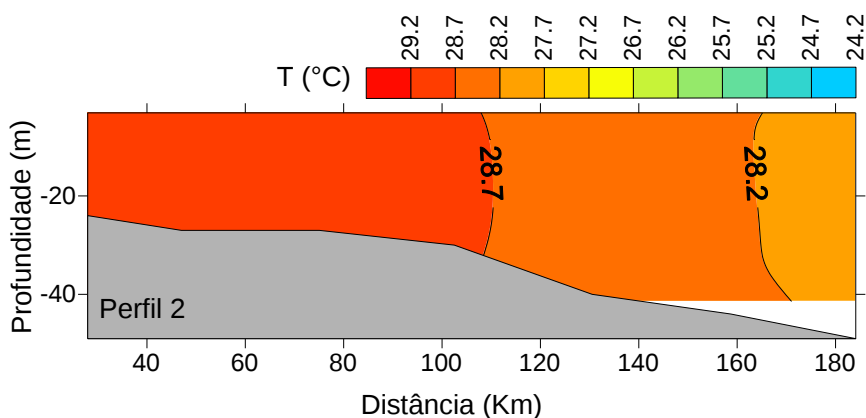


FIGURA 14 - Distribuição vertical da temperatura no perfil 2.

Os perfis 3 (Figura 15) e 4 (Figura 16) apresentaram variações de temperatura semelhantes ao perfil 2, onde as maiores temperaturas foram encontradas próximas a costa e diminuindo ao se distanciar da mesma. Nestes perfis, foram observadas as menores temperaturas da área de estudo ocupando uma zona relativamente grande, a partir de 140 km da costa e a uma profundidade além de 40 m. Nestes perfis, percebe-se que a CNB exerce uma influência bastante significativa, com temperatura em torno de 27°C, a uma distância a partir de 140 km da costa, notando que as isótermas estão com uma inclinação bastante expressiva na área mais profunda.

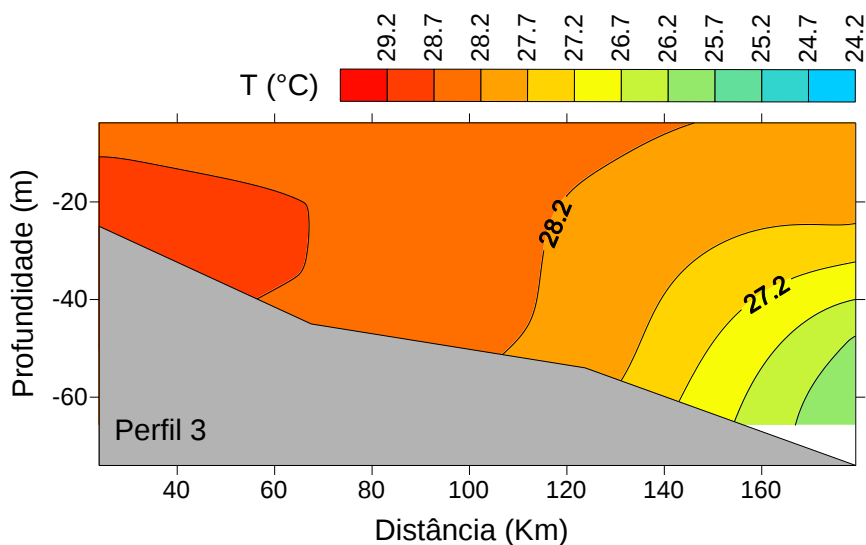


FIGURA 15 - Distribuição vertical da temperatura no perfil 3.

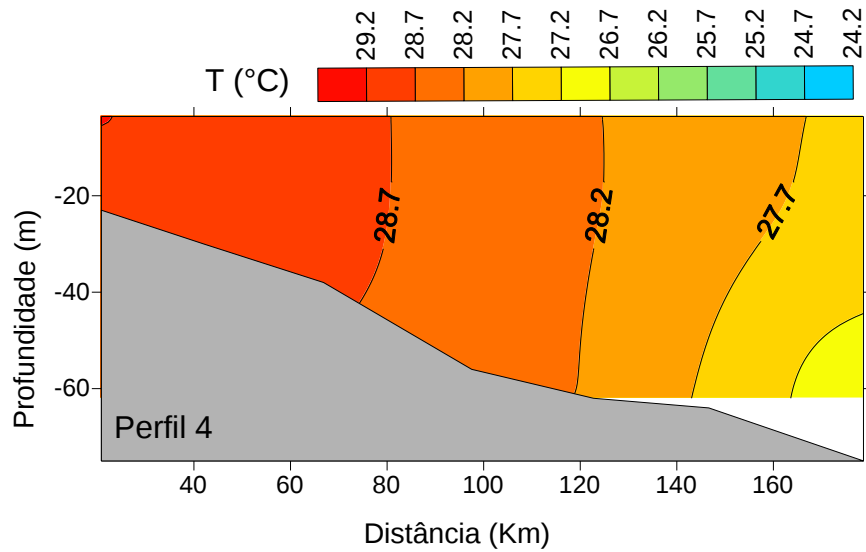


FIGURA 16 - Distribuição vertical da temperatura no perfil 4.

O perfil 5 apresentou uma amplitude térmica muito baixa ($0,3^{\circ}\text{C}$) não havendo, portanto apresentação de isotermas (Figura 17). O perfil logo seguinte, perfil 6 (Figura 18) apesar de apresentar baixa sua amplitude térmica, com $1,2^{\circ}\text{C}$, foi possível observar alguma estratificação horizontal.

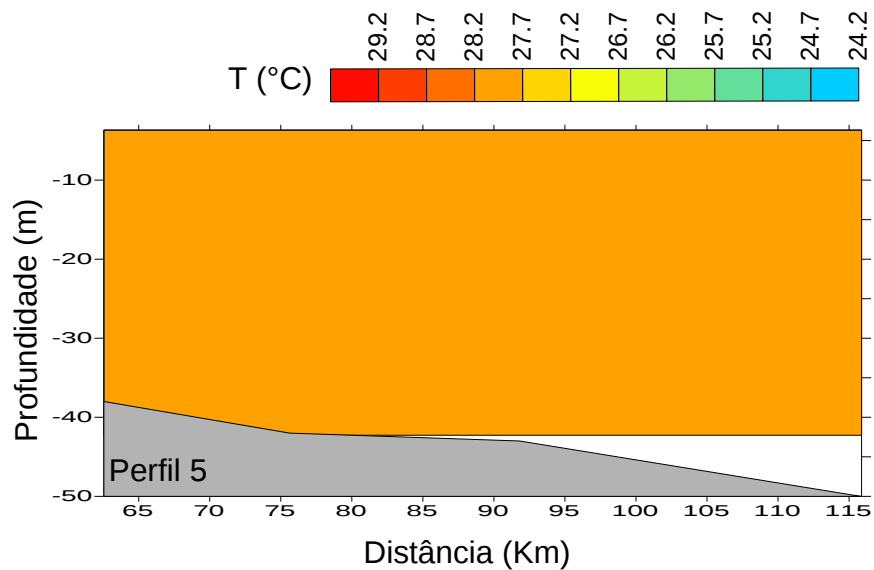


FIGURA 17 - Distribuição vertical da temperatura no perfil 5.

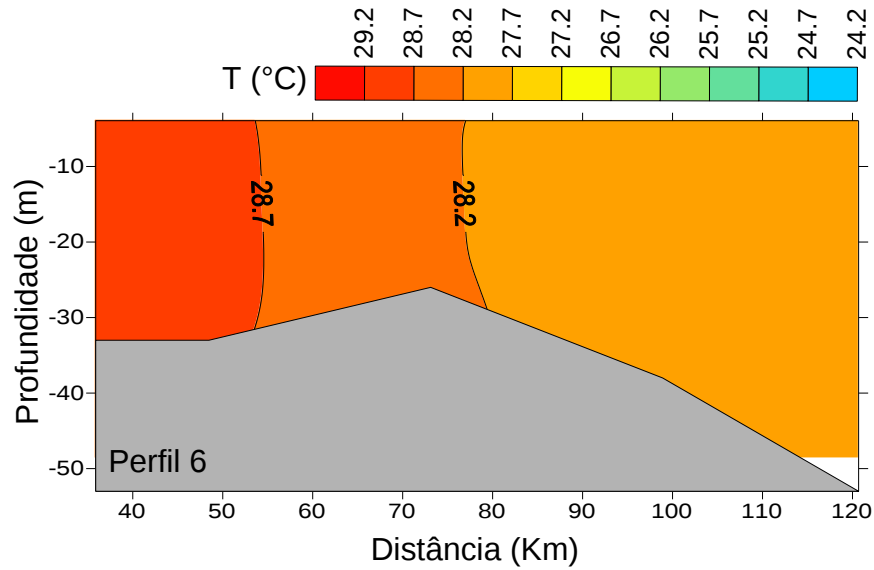


FIGURA 18 - Distribuição vertical da temperatura no perfil 6.

A variação da temperatura ao longo dos perfis foi diferente, observando em alguns perfis uma amplitude térmica relativamente alta, e em outros, bem baixas (Tabela 2).

TABELA 2: Variação da Temperatura nos diferentes perfis estudados e suas respectivas amplitudes térmicas.

Perfil	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Amplitude Térmica (°C)
Perfil 1	24,3	28,8	4,5
Perfil 2	28,1	28,9	0,8
Perfil 3	25,7	28,8	3,1
Perfil 4	26,7	29,2	2,5
Perfil 5	27,7	28,0	0,3
Perfil 6	27,7	28,9	1,2

6.2.2 Salinidade

A salinidade ao longo do perfil 1 sofreu variação diferente dos demais perfis estudados (Figura 19), sendo que suas isohalinas apresentaram disposição horizontal, mostrando uma coluna d'água bastante estratificada, com variação da superfície ao fundo, encontrando baixa

salinidade na superfície, aumentando com a profundidade até 36,3. A amplitude salina deste perfil é de 32, com mínimo de 4 na área superficial a 60 km da costa.

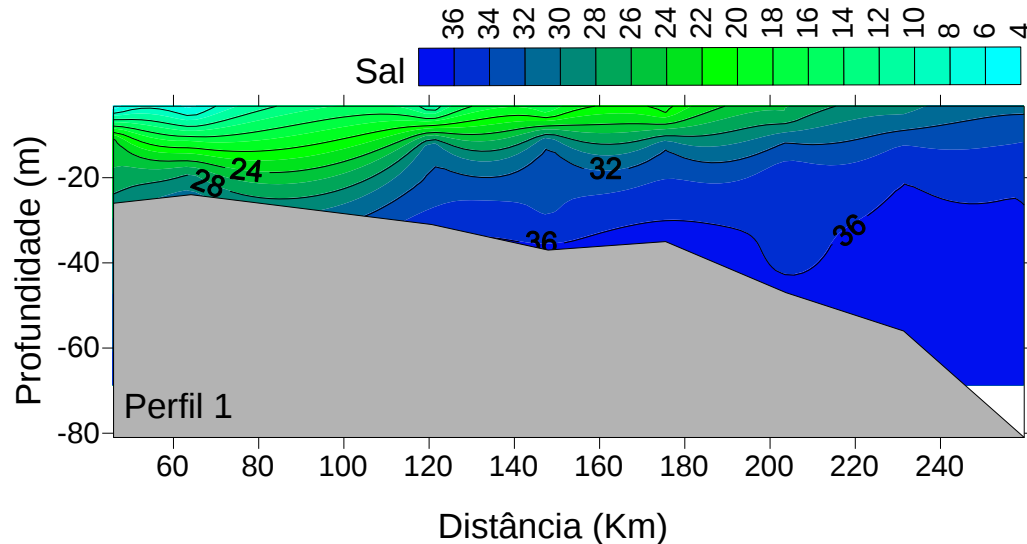


FIGURA 19 - Distribuição vertical da salinidade no perfil 1.

No perfil 2 (Figura 20), assim como nos demais, as isohalinas são verticais indicando que a coluna d'água é bem misturada. Contudo próximo à costa, onde há baixos valores de salinidade, as isotermas apresentam inclinações suaves. A menor salinidade foi de 25,3 e a máxima de 35,2, sendo que o aumento de salinidade ocorre no sentido costa-offshore.

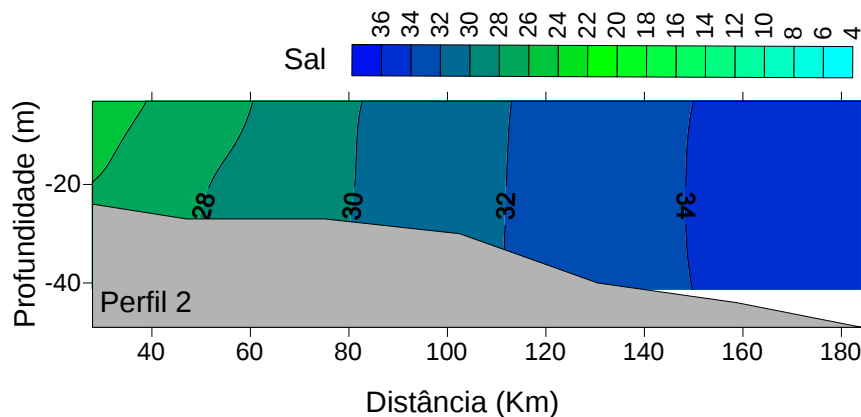


FIGURA 20 - Distribuição vertical da salinidade no perfil 2.

A camada de baixa salinidade próximo a costa alcança uma distância cada vez menor da costa no sentido perfil 2-perfil 3- perfil 4 e com valores maiores. Em vista disso, a camada mais salina é observada cada vez mais próxima da costa (Figuras 21 e 22). Nos perfis 2 e 3, as isohalinas próximas à costa apresentam uma forte inclinação em direção a mesma (côncava) até a profundidade de 20 m no perfil 3 e 15 m no perfil 4, diminuindo posteriormente, e em

seguida torna a aumentar quando a distância da costa também é maior, porém com inclinação em direção oposta à costa (convexa).

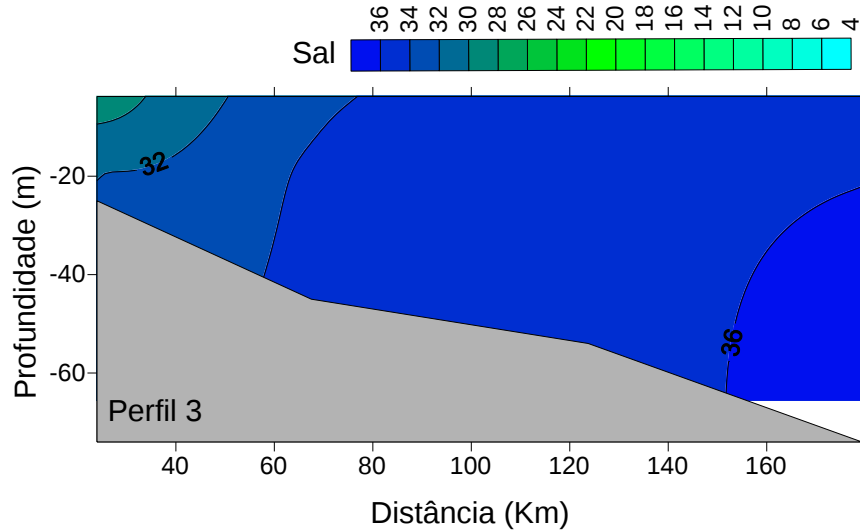


FIGURA 21 - Distribuição vertical da salinidade no perfil 3.

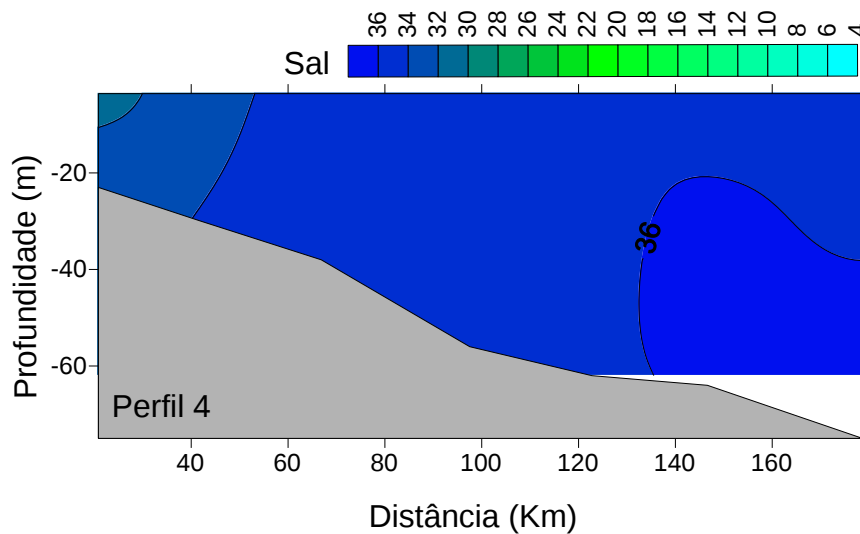


FIGURA 22 - Distribuição vertical da salinidade no perfil 4.

O perfil 5 apresentou a menor amplitude salina, de 0,3, representando uma área bastante misturada, onde não se observa uma estratificação vertical e também horizontal (Figura 23). O perfil 6 comporta-se um pouco diferente do anterior, com salinidade máxima de 35,9 e mínima de 32,9 (Figura 24), e ainda com valores diminuindo no sentido costa-offshore. As isohalinas no perfil 6, a 45 km da costa, têm uma inclinação bastante suave ao longo de toda coluna d'água, sendo também um ambiente bem misturado.

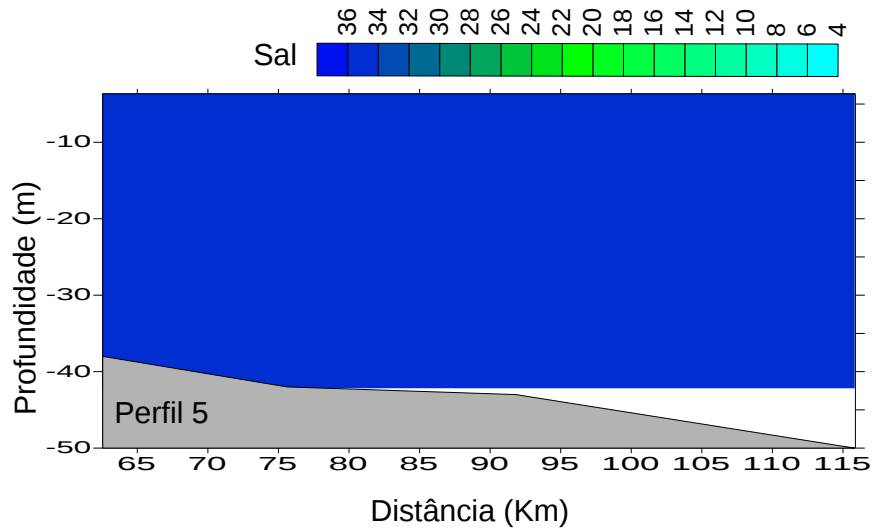


FIGURA 23 - Distribuição vertical da salinidade no perfil 5.

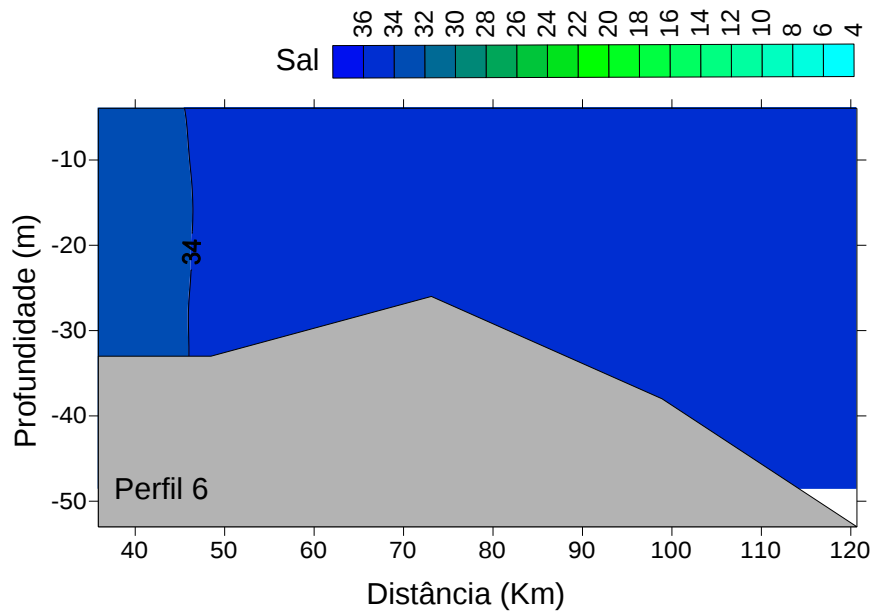


FIGURA 24 - Distribuição vertical da salinidade no perfil 6.

A variação de salinidade ao longo dos perfis também foi diferente, observando em alguns perfis uma amplitude salina relativamente alta, e em outros, bem baixas (Tabela 3).

TABELA 3 - Variação de salinidade nos diferentes perfis estudados e suas respectivas amplitudes salinas.

Perfil	Salinidade Máxima	Salinidade Mínima	Amplitude Salina
Perfil 1	36,3	4,8	31,5
Perfil 2	35,2	25,3	9,9
Perfil 3	36,3	28,2	8,1
Perfil 4	36,0	30,9	5,1
Perfil 5	36,0	35,7	0,3
Perfil 6	35,9	32,9	3

6.3 MASSAS D'ÁGUA

A partir da distribuição horizontal e vertical dos parâmetros de temperatura e salinidade das águas da PCPM, juntamente com a análise do gráfico T-S (Figura 25), na plataforma continental do Pará-Maranhão foram identificadas três massas d'água: Água Costeira (AC), Água de Mistura (AM) e Água Tropical (AT), as quais apresentam características de temperatura e salinidade próprias (Tabela 4).

A AC caracteriza-se por apresentar baixos valores de salinidade e altos valores de temperatura, ocupando as áreas mais próximas da costa. Desta forma, a AC na PCPM apresenta temperatura entre 28,2°C e 29°C e salinidade entre 4,8 e 32,0.

A AM apresenta uma variação de temperatura e salinidade intermediária à AC e a AT, representando a mistura de águas continental e oceânica, respectivamente. A AM, portanto possui salinidade entre 30,9 e 36,1 e temperatura entre 27,4°C e 29,2°C.

A AT é uma massa d'água essencialmente oceânica, sendo uma água mais fria e salina em relação as outras, que na PCPM está localizada em áreas mais distantes da costa e em profundidades além de 40 m. Assim, a temperatura da AT é entre 24,3°C e 27,2°C e a salinidade entre 36,0 e 36,3.

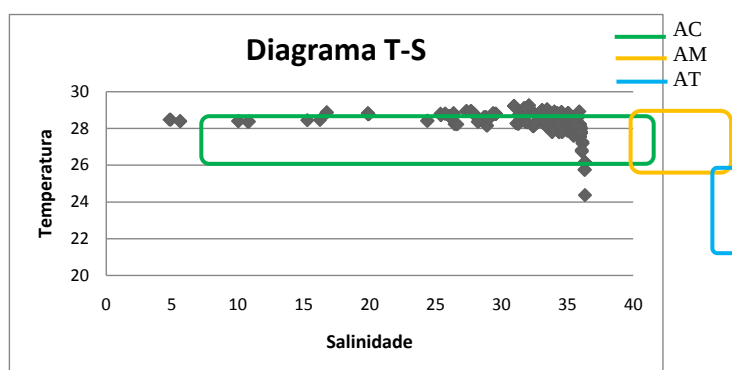


FIGURA 25 - Diagrama T-S mostrando as massas d' água encontradas na PCPM: Água Costeira (AC), Água de Mistura (AM) e Água Tropical (AT).

TABELA 4 - Massas d'água encontradas na PCPM com seus respectivos valores de temperatura e salinidade.

Massa d' Água	Temperatura	Salinidade
Água Costeira (AC)	28,2°C – 29°C	4,8 – 32,0
Água de Mistura (AM)	27,4°C – 29,2°C	30,9 – 36,1
Água Tropical (AT)	24,3°C – 27,2°C	36,0 – 36,3

A distribuição das massas d'água encontradas na PCPM não foi homogênea (Figura 26), pois as três massas de água não foram observadas em todos os perfis estudados. Sendo assim os perfis 1, 3 e 4 foram os únicos nos quais se observou a ocorrência das três massas de água, AC, AM e AT.

Além disso, a AC foi observada nos quatro primeiros perfis (perfis 1, 2, 3 e 4) enquanto que nos demais foi ausente. De semelhante modo, a AT está presente nos perfis 1, 3 e 4, estando ausente nos demais. A AM foi a única massa d'água presente em todos os perfis estudados, sendo que nos perfis 5 e 6 ela foi dominante. A AC foi mais expressiva no perfil 1 e 2, enquanto que nos perfis 3 e 4 limitaram-se até a distância próxima a 50 km. A AT no perfil 1 ocorreu apenas à 200 km da costa, enquanto que nos perfis 3 e 4 foi encontrada logo a partir dos 150 km.

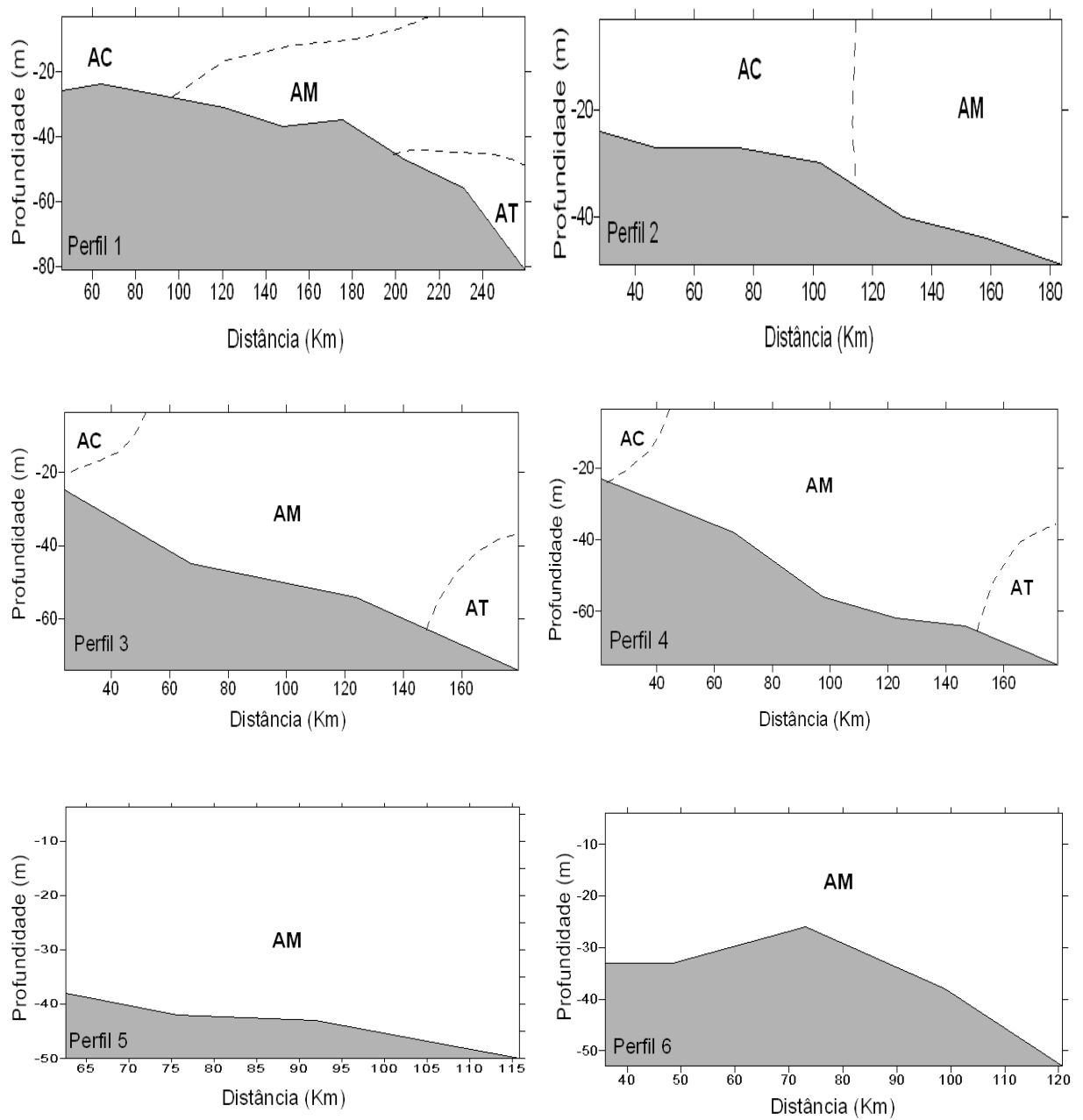


FIGURA 26 - Distribuição das massas d'água nos seis perfis estudados.

7 DISCUSSÃO

A área de estudo é caracterizada por ser um ambiente de alta energia, onde as marés e correntes de marés, Corrente Norte Brasileira, ventos e descarga hídrica fluvial, definem condições dinâmicas periódicas, regidas pelas condições meteorológicas.

De acordo com os resultados, as temperaturas mais elevadas próximo a região costeira estão associadas à presença de água continental, que segundo Silva et al. (2007) apresenta maior concentração de material em suspensão, o que conseqüentemente propicia maior absorção da radiação solar. O padrão de variação costa-offshore observado, está de acordo com a variação encontrada em estudos em outras áreas da plataforma continental Norte Brasileira, realizados por Silva, Araujo e Pinheiro (2007) e Pontes (2007) para o período chuvoso e Pontes (2005) para o período seco; em contrapartida discordando com o apresentado por Santos (2000) e Silva (2000) que observaram que a temperatura apresentava pequenas oscilações em superfície e pequena diminuição em relação ao aumento da profundidade.

A NW do Maranhão observou-se maior estratificação longitudinal, o que pode ser justificado pelo fato da descarga hídrica dos rios maranhenses ser fraca quando comparada aos da região amazônica, sendo incapaz de dominar grande parte da plataforma continental, além disso a plataforma continental torna-se mais estreita nesta região, favorecendo a subida da CNB até esta feição, influenciando a mesma com baixas temperaturas e causando a estratificação longitudinal nas regiões mais afastadas da costa. Porém no NE paraense a situação é bastante diferente, pois a descarga dos rios amazônicos é forte suficiente para ocupar praticamente toda área superficial da plataforma continental.

A salinidade na costa Norte brasileira é influenciada por alguns fatores primordiais tais como a ZCIT juntamente com as linhas de instabilidades, que são responsáveis pela grande quantidade de chuva, e a descarga hídrica dos rios amazônicos e maranhenses. De acordo com Diegues (1972) a salinidade é o parâmetro que melhor se adéqua para a realização de estudo de influências que se verificam entre o rio e o mar. Assim, ao se avaliar a distribuição da salinidade percebeu-se que as regiões do NE do Pará e NW do Maranhão são bem distintas, pois no Pará há uma grande variação de salinidade, enquanto que no Maranhão a variação é bem pequena. Este fato se deve principalmente a diferenças na descarga hídrica nas duas regiões.

No perfil 1 a variação foi extremamente alta devido esta influência de água continental, que leva para a plataforma continental água de baixa salinidade. Além do perfil 1, as áreas mais próximas da costa também apresentaram menores salinidades, e isto se deve, como observado por Silva (2006), ao fato de que no período chuvoso a pluma do rio Amazonas alcança exatamente os pontos de baixa salinidade encontrados na área costeira, sendo que esta pluma atinge cerca de 300 km de distância. Porém no Maranhão, fica nítido que os rios não têm força suficiente para influenciar toda a plataforma continental, por isso o ponto de menor salinidade foi o mais próximo da costa, que se refere ao ponto mais interno ao Golfão Maranhense, corroborando com Silva, Araujo e Pinheiro (2007).

Quanto à distribuição vertical, o perfil 1 novamente se destacou por grande variação tanto da temperatura quanto da salinidade, pois foi o único perfil em que se observou estratificação vertical, da superfície ao fundo. Este fato se deve novamente devido este perfil sofrer influência direta da descarga hídrica e sedimentar dos rios Pará e Amazonas. Para a temperatura, como a área superficial está sujeita a receber maior radiação solar e como a carga sedimentar trazida pelos rios também é alta, em superfície se teve altos valores para este parâmetro. Nas profundidades seguintes, a radiação vai reduzindo sua influência proporcionando tal estratificação. Como a força da descarga é alta, entende-se que as forçantes meteorológicas e oceanográficas não são capazes de misturar a coluna d'água. Para a salinidade, a água do rio alcança em superfície toda a plataforma continental, e até 100 km de distância a pluma de baixa salinidade atinge o fundo oceânico, corroborando com Silva (2006).

No perfil 2, não houve estratificação térmica na coluna d'água, o que pode estar associado à alta dinâmica da região a partir da intensificação do vento em função das ondas de Leste e do efeito de brisa, e conseqüentemente grande influência das ondas causando uma coluna d'água bem misturada. Esta situação também foi apontada por Silva (2000), aonde as ondas geradas pelos ventos, representam um importante agente na dinâmica das águas por ele analisadas, o que propicia um intenso processo de mistura das águas oceânicas com as águas oriundas dos rios. Neste perfil 2, não foi observada água de baixa temperatura pelo fato das coletas se limitarem a 40 m de profundidade, sendo que os valores de baixas temperaturas foram encontrados além desta profundidade nos demais perfis estudados.

A temperatura no perfil 3 e 4 variou no sentido costa-offshore, com as isotermas apresentando inclinações na região externa e mais profunda dos perfis evidenciando a presença de água oceânica, com águas mais frias. Quanto à salinidade nestes perfis, é possível visualizar que a pluma de baixa salinidade está presente do perfil 1 ao perfil 4, porém em

profundidades e distância da costa cada vez menor, pois a pluma além de alcançar 300 km de extensão, também atinge áreas adjacentes, que é o caso do NE do Pará. Porém os valores são mais altos devido à ocorrência de mistura da pluma com a água oceânica de alta salinidade que ganha espaço na plataforma continental com a ausência de força da descarga hídrica. Contudo, como os ventos alísios incidem quase perpendicularmente à costa, ocorre a limitação dessa pluma na parte mais costeira, o que proporciona o caráter de variação encontrado.

Silva, Araujo e Bourles (2005) afirmaram que a água doce provinda do rio Amazonas fica confinada na área frontal à sua foz, e mais recente Silva, Araujo e Pinheiro (2007) afirmaram que a mesma pluma atinge a plataforma continental do Maranhão até próximo ao Golfão Maranhense, o que vai totalmente de encontro com o que acontece aqui, pois se observa a pluma até o perfil 4, ou seja bem distante da área de sua foz mas não alcança o Golfão Maranhense. E assim como encontrado na PCPM, Silva (2000), durante a descarga mínima (outubro de 1997) do Rio Amazonas, também verificou a presença de água oceânica na plataforma Norte brasileira, visto que na região tropical, o aumento da salinidade ocorre devido à evaporação à superfície, aumentando a densidade, e deslocando uma massa de água mais densa para uma profundidade subsuperficial.

Dentre todos os perfis estudados, o perfil 5 foi o único que não teve variação de temperatura e salinidade, sendo uma coluna d'água praticamente homogênea, como observado por Silva, Araujo e Pinheiro (2007), pois além de não receber diretamente água da drenagem continental, conta com a presença das forçantes meteorológicas e oceanográficas para misturar a coluna d'água. Porém a ausência de águas mais quentes e pouco salinas próximo a costa pode estar associado ao fato das coletas neste perfil iniciarem a partir de 60 km da costa, diferente dos outros perfis em que as coletas começaram a partir de 40 km.

No perfil 6, os rios maranhenses por terem uma vazão baixa e não desaguiarem diretamente na plataforma continental e sim em uma baía, são incapazes de alcançar grandes distâncias, diferente do que acontece com os rios amazônicos, por este fato os valores encontrados para temperatura e salinidade próximo à costa não são tão diferentes dos encontrados nas proximidades da plataforma continental externa.

A combinação da temperatura e salinidade na PCPM resultou em três massas de água que caracterizam áreas que recebem grande quantidade de água fluvial e, portanto caracterizam de uma forma geral a plataforma continental Norte do Brasil. Abreu (2004) obteve o mesmo resultado em seu estudo na foz do rio Pará, em contrapartida Silva, Araujo e Bourles (2005) encontraram, além da AC e AT, duas massas diferentes, sendo elas Água

Central do Atlântico Sul (ACAS) e Água Intermediária da Antártica (AIA), mas isto se deve ao fato das profundidades estudadas por eles serem bem maiores que as estudadas neste trabalho. Além disso, Silva, Araujo e Bourles. (2005) não encontraram AM em seu estudo, isto pode ser explicado pelo fato dos limites utilizados como referência para eles terem sido diferentes dos utilizados neste estudo.

A AC foi mais expressiva no perfil 1 devido ao efeito combinado da descarga do rio Pará e do rio Amazonas, somando-se ao fato de que no período de estudo, chuvoso, os rios apresentam máxima descarga hídrica. A AC foi encontrada até o perfil 4 devido este ser o limite em que se tem a presença da pluma de água doce dos rios, sendo por isso que esta massa de água ocupa as áreas costeiras, e do perfil 1 ao 4 a profundidade em que ela se encontra diminui.

A AM existe a partir da mistura das massas de água costeira e tropical, logo sua existência está diretamente ligada à presença de água continental e oceânica. Esta massa de água, assim como a AC, é característica de influência continental. A AM presente em todos os perfis estudados indica uma região de alta dinâmica, bastante influenciada por rios, ondas, correntes e ventos.

A AT essencialmente oceânica de alta salinidade, encontrada apenas em três perfis deve estar associada à presença de corrente oceânica – CNB, que atua próximo ao limite da plataforma continental levando água da quebra da plataforma para a plataforma continental externa, além de que foi encontrada em altas profundidades, pois é onde os rios têm sua influência fortemente reduzida e até mesmo inexistente. Este resultado também foi encontrado por Abreu (2004).

As massas de água apresentaram distribuição horizontal visto que o fator gerador preponderante para a existência das duas massas mais expressivas na área de estudo, a AC e a AM, é a descarga hídrica, que na PCPM é bastante significativa no período chuvoso. Abreu (2004), observou a presença de AC no perfil 2 a uma distância de aproximadamente 90 Km, discordando com o encontrado neste estudo, a qual atingiu uma distância de aproximadamente de 120 km da costa.

Contudo, como visto em todas as análises, o perfil 1 teve comportamento diferente dos demais, com distribuição vertical das massas d'água, da superfície ao fundo com AC, AM e por fim AT, resultado que corrobora com o apresentado por Abreu (2004). Este padrão se deve ao fato deste perfil sofrer forte influência dos rios Pará e Amazonas, contando com as descargas máximas dos mesmos devido ao período chuvoso, resultante do clima em que foi realizado o trabalho, e assim tendo fortes chuvas, intensificadas pela ZCIT e pelas LI's.

A CNB esteve presente na parte mais externa da plataforma continental em quase todos os perfis, sendo a exceção o perfil 2, trazendo água fria e salina para a PCPM. Segundo Bourlès et al. (1999), o período de junho de 1999 é caracterizado pela alta capacidade de transporte da Corrente Norte do Brasil na parte maranhense, com volume transportado de 26.7 Sv na longitude de 44°W. Moraes e Paiva (2009) observaram a presença da CNB na plataforma continental externa do Amazonas, na profundidade próxima de 100 m.

No perfil 2 a ausência da CNB é justificada pela profundidade em que ocorreu a coleta mais profunda, ou seja próximo de 40 m. Porém pode-se dizer que há a influencia da CNB porque se teve a ocorrência da AM, visto que esta água apenas ocorre quando há influencia da zona costeira com a zona oceânica. Desta forma, a CNB influenciou também o perfil 2.

8 CONCLUSÕES

A PCPM é altamente influenciada por duas forçantes principais, a descarga hídrica e sólida dos rios e pela Corrente Norte Brasileira.

Ao analisar a distribuição da temperatura e salinidade na PCPM, verificou o predomínio da variação costa-offshore, com a temperatura diminuindo neste sentido e a salinidade aumentando. Contudo o perfil 1 teve uma distribuição diferenciada, pois sua estratificação ocorreu na vertical, com a temperatura decrescendo com a profundidade e a salinidade aumentando neste mesmo sentido. Com exceção do perfil 1, localizado em frente à foz do rio Pará, a região apresentou forte mistura na coluna d'água, enquanto que no perfil 1 esta mistura não ocorreu, visto que o rio foi a forçante que predominou nesta região. No Pará a influência dos rios amazônicos é muito forte, capaz de alterar as propriedades físicas da coluna d'água da plataforma continental adjacente, enquanto que no Maranhão os rios maranhenses não têm essa força.

Após o conhecimento do padrão de distribuição dos parâmetros de temperatura e salinidade, foi possível identificar a ocorrência de três massas d'água na PCPM: AC, AM e AT. A AM foi observada em todos os perfis indicando uma ambiente de alta mistura; a AC foi altamente expressiva na parte paraense da plataforma continental, devido receberem maior volume de água continental em relação aos demais perfis; e a AT foi observada apenas em grandes profundidades e na parte mais externa da plataforma continental nos perfis 1, 3 e 4.

Verificou-se ainda, que na parte externa da plataforma continental, a CNB apresentou bastante influência, em especial na parte maranhense visto que nesta área a plataforma continental possui uma extensão menor quando comparada a parte paraense.

REFERÊNCIAS

ABREU, M.W.M. **Estudo das Massas D'água Oceânica da Plataforma Continental Norte entre as Latitudes 01°29'06" N, 00°27'29,88" N, 00°45'59,76" N e 00°23'30" S e longitudes 47°18'57,6" W, 48°16'48" W, 46°35'16,8" W e 47°23'42" W e suas Características Físicas.** 88 f. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Recursos hídricos superficiais – MA.** Disponível em: <http://parnaiba.ana.gov.br/atlas_nordeste/ma.aspx>. Acesso em: 10 maio. 2008. 2005.

ALVES, M. A. M. da S.. **Caracterização sedimentológica e geomorfológica da plataforma e parte superior do talude continentais do estado do Pará.** 1998.Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Geologia). Universidade Federal do Pará. Belém. 1998.

BARBOSA, G. V.; PINTO, M. N.. **Geomorfologia da Folha AS 23 (São Luiz) e parte da Folha AS 24 (Fortaleza): Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Uso Potencial.** Rio de Janeiro, Projeto RADAM. v.1. 1973.

BOURLES, B. et al.. Upper layer currents in the western tropical north Atlantic (1989-1991). **Journal Geophysical Research**, 104: 1361–1375. 1999.

BRASIL. Diretoria de Hidrografia Navegação. **Marés e correntes de maré, correntes oceânicas.** Rio de Janeiro. p. 227-274. 1976. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/bhm/publicacao/download/cap10.pdf>> Acesso em: 10 maio. 2008.

BRASIL. Diretoria de Hidrografia e Navegação. **135º Comissão Oceanográfica: operação PAVASAS I, Costa Norte oceanografia física, química, biológica e geológica.** [S.l.], 1989. 28 p.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. Influências da circulação de brisa marítima na costa N-NE da América do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1982, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas, RS: SBMET, 1982. V. 4, p. 409-425.

CHESTER, R.. **Marine Geochemistry.** Londres; Chapman e Hall , 698 p. 1993.

CODOMAR - Companhia Docas do Maranhão. Administração das Hidrovias do Nordeste – AHINOR. **Informativo Rio Pindaré**. 2009. p. 1. disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/bit/hidro/rios-pdf/rioMearim.pdf>> acesso em 2 de fev. 2009.

COELHO, A. L. **Massas de água e circulação no canal de São Sebastião São Paulo**. 244p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física) – Instituto oceanográfico da Universidade de São Paulo, 1997.

COHEN, J. C. P.. **Um Estudo observacional de linhas de instabilidade na Amazônia**. 174 f. 1989. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). São José dos Campos, INPE. 1989.

COMPANHIA DOCAS DO PARÁ. **Ilha dos Guarás (Mariteua) – Município de Curuça (NE do Pará): Aspectos Físicos, Meteorológicos e Oceanográficos**. Relatório Final. Belém-Pará. (Convenio DNPM/CPRM), 35 p. 2004.

CORRENTES OCEÂNICAS E MASSAS DE ÁGUA. 2011. Disponível em: <http://cursos.unisanta.br/oceanografia/correntes_marinhas.htm>. Acesso em 4 jan. 2011.

CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. **Boletim Climanalise**. Perturbações atmosféricas sobre o Brasil. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>> acesso em 5 de maio 2009

CURTIN, T. B.. Physical observations of the plume region of the Amazon river during peak discharge, II – water masses. **Continental Shelf Research**, v. 6, p. 53-71. 1986.

DEPARTAMENTO DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Tábuas de maré (pará). Costa do Brasil e alguns portos estrangeiros**. Rio de Janeiro, GHN. P:1-6. 1994.

DIEGUES, F. M. F.. Introdução à oceanografia do estuário amazônico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA. Belém. **Anais**. São Paulo. 3 v. v. 2, 301-317 p. 1972.

EL-ROBRINI, M. et al.. Deposição e assoreamento das rias do nordeste do estado do Pará/Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 37., 1992, São Paulo. **Boletim de resumos expandidos**. São Paulo. Vol.1/79-80. 1992.

FEITOSA, F. A. N.. **Produção primária do fitoplâncton correlacionada com parâmetros bióticos e abióticos na Bacia do Pina**. 270 f. 1988. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 1988.

FERREIRA, D. B. ; COHEN, J. C. P.. Comportamento do Vento em Superfície na Área Norte do REVIZEE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 11., 2000, Rio de Janeiro. **Anais**. Rio de Janeiro. 2000.

FERREIRA, S. A.; COHEN, J. C. P.. Estrutura vertical da atmosfera associada às circulações de mesoescala durante a Operação Norte II do Programa REVIZEE. **Revista Virtual da Iniciação Acadêmica**. 2001.

FONSECA, C. A. et al.. Investigation of the North Brazil Current retroflection and North Equatorial Countercurrent variability. **Geophysical Research Letters**, Estados Unidos, v. 31, n. L21304. 2004.

FONTES, R. F. C.; CASTRO, B. M. ; BEARDSLEY, R. C.. Numerical study of circulation on the inner Amazon Shelf. **Ocean Dynamics**, v. 58, p. 187-198. 2008.

FRAZÃO, E.P., **Estudos dos parâmetros físicos de temperatura e salinidade na plataforma continental do Maranhão entre as latitudes de 0°80'S e 2°20'S e longitude de 44°40'W e 43°25'W: Uma análise ambiental**. 87 f. 2001. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. Belém. 2001.

GABIOUX, M.. **Influência da lama em suspensão sobre a propagação da maré na plataforma Amazônica**. 99 f. 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2002.

GABIOUX, M. S.; VINZON, B.; PAIVA, A. M.. Tidal propagation over fluid mud layers on the Amazon Shelf. **Continental Shelf Research**, v. 25, 113-125. 2005.

GEYER, W. R.; KINEKE, G. C.. Observations of currents and water properties in the Amazon frontal zone. **Journal of Geophysical Research**, v. 100, n. C2, p. 2321-2339. 1995.

GOES FILHO, L. et al.. **Estudo fitogeográfico da Folha AS-23 São Luís e parte da Folha AS-24 Fortaleza**. Rio de Janeiro. Projeto RADAM. Ministério das Minas e Energia. Departamento da Produção Mineral. Cap. IV. p. 1-90. 1973.

GROSS, M. G.. **Oceanography: a view of the Earth**. 4ª ed. New Jersey. Ed. Prentice-Hall: 406 p. 1987.

GUALBERTO, L.P.S.. **Plataforma continental do Maranhão: distribuição espacial e análise textural da cobertura sedimentar superficial**. 57 f. 2003. Trabalho de Conclusão de

Curso (Graduação em Geologia). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. Belém. 2003.

INNOCENTINI, V. et al.. A agitação marítima no litoral Nordeste do Brasil associada aos distúrbios africanos de leste. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.3, 367-374. 2005.

KEMPF, M.; COUTINHO, P. N.; MORAIS, J. O., Plataforma continental do Norte e Nordeste do Brasil: nota preliminar sobre a natureza do fundo. **Trabalhos oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco**. V. 9-11. p. 9-26. 1970.

LANDIM, P.M.B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para confecção de mapas**. 20 p. Rio Claro: UNESP. (Texto Didático 02). 2000.

LINHARES, V.P. **Circulação e massas de água na plataforma continental externa amazônica**. 191 f. 1995. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo. 1995.

LUEDEMANN, E.F.. Preliminary results of drift-bottle releases and recoveries in the western Tropical Atlantic. **Boletim do Instituto Oceanográfico**, v. 16, n. 1, p. 13-22. 1967.

MARTORANO, L. G. et al.. **Estudos climáticos do estado do Pará: classificação climática (Köppen) e deficiência hídrica (THORNTHITE, MATHER)**. SUDAM / EMBRAPA / SNLCS. Belém. 53 p. 1993.

MILLERO, F.K.. **Chemical Oceanography**. 2. ed. New York: CRC Press, 469 p. 1996.

MIRANDA, L. B. **Propriedades e variáveis físicas das águas da plataforma continental do Rio Grande do Sul**. 127p. Tese (Doutorado em Física) – Instituto de Física da Universidade de São Paulo, 1972.

MOLINARI, J. et al.. Potential vorticity, Easterly waves, and eastern Pacific tropical cyclogenesis. **Mon. Wea. Rev.**, 125, 2699-2708. 1997.

MIRANDA, L. B. **Análise de massas de água da plataforma continental e da região oceânica adjacente: Cabo de São Tomé (RJ) à ilha de São Sebastião (SP)**. 194p. Tese (Livre Docência em Oceanografia) Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 1982.

MOLLERI, G. S. F. et al. Utilização de álgebras booleanas para a identificação de massas de água na Plataforma Continental Amazônica. In: OCEANOGRAFIA e Mudanças Globais. São Paulo: INPE, 2008. p. x.

MOLLERI, G. S. F.; NOVO, E. M. L. M.; KAMPEL, M.. Space-time variability of the Amazon River plume based on satellite ocean color. **Continental Shelf Research**, v. 30, p. 342–352. 2010.

MORAES, S. O. ; PAIVA, A. M.. Interações entre a Corrente Norte do Brasil e a Plataforma Externa Amazônica. In: SIMPÓSIO SOBRE ONDAS, MARÉS, ENGENHARIA OCEÂNICA E OCEANOGRAFIA POR SATÉLITE – OMAR-SAT, 8. 2009, Arraial do Cabo. **Anais...** Arraial do Cabo: [s.n.], 2009.

MÜLER-KARGER, F. E.; MCCLAIN, C. R.; RICHARDSON, P.. The dispersal of Amazon's water. **Nature**, v. 333, p. 56-59. 1988.

NAVIO-OCEANOGRÁFICO "ANTARES", 2007. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/gnho/nocant.html>>. Acesso em 4 jan. 2011.

NESHYBA, S.. **Oceanography**: perspectives on a fluid earth. 1ª ed. Toronto-Canadá. Ed. John Wiley e Sons. 1987. 506 p.

NIKIEMA, O. J.; DEVENON, L.; BAKLOUTI, M.. Numerical modeling of the amazon river plume. **Continental Shelf Research**, v. 27, p. 873-899. 2007.

NOGUEIRA, A. S.. **Condições oceanográficas da plataforma continental e região oceânica adjacente entre Santos (SP) e cabo de Santa Marta Grande (SC)**. 211 p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física) – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. 1993.

OGUMA, S. et al.. Isotopic tracers for water masses in the coastal region of eastern Hokkaido. **J. Oceanogr.**, v. 64, p. 525–539. 2008.

PAIVA, R.S. **Parâmetros físicos, químicos, biomassa e produção primária do fitoplâncton na plataforma continental amazônica**. 153 f. 2001. Tese (Doutorado em Oceanografia Biológica). Universidade de São Paulo. São Paulo. 2001.

PALMA, J. J. C.. Geomorfologia da Plataforma Continental Norte. In: PETROBRÁS. **Geomorfologia da Margem Continental Brasileira e Áreas Oceânicas Adjacentes**. Rio de Janeiro: CENPES/DINTEP, 1979. (Série Projeto REMAC nº 7/25-47).

PANTOJA, C.. Mangrove Forests of Pará State, North Brazil. In: WORKSHOP ON CONSERVATION AND SUSTAINABLE UTILIZATION OF MANGROVE FORESTS IN LATIN AMERICA AND AFRICA REGIONS, 1993, Rio de Janeiro. **Mangrove ecosystems proceedings**. Niterói: ITT/ISME Project PD114/90, n 1. 1993. P. 13-14. 1993.

PATCHINEELAM, S. M.. Circulação Oceânica. In: BAPTISTA NETO, J. A.; PONZI, V. A.; SICHEL, S. E.. (Org.). **Introdução a Geologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004, v. , p. 153-173. 2004.

PICKARD, G. L.; D. PHIL, M. A.. **Oceanografia Física Descritiva: uma introdução**. 2. ed. Rio de Janeiro. 95-98 p. 1974.

PONTES, P. H. P.. **Identificação e Caracterização das Massas D'água da Plataforma Continental do Maranhão, Durante os Períodos Seco (Novembro, 1997) e Chuvoso (Junho, 1999)**. Dissertação (Mestrado em Geologia e Geoquímica). Universidade Federal do Pará. Belém. 2007.

PONTES, P. H. P.; EL-ROBRINI, M.; KAMPEL, M.. Ocorrência sazonal de massas d' água na plataforma continental do Maranhão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA, 3.; CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE OCEANOGRAFIA, 1., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: [s.n.], 2008.

PONTES, P. H. P.. **Massa d'água da plataforma continental do Maranhão, durante o período seco (Novembro, 1997)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. Belém. 2005.

PROST, M. T.; RABELO, B. V.. Variabilidade fito-espacial de manguezais litorâneos e dinâmica costeira: exemplos da Guiana Francesa, Amapá e Pará. **Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi**, sér. Cienc. da Terra, v. 8, p. 101-121. 1996.

RAMOS, J.A.P.. **Uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e Banco de Dados para Análise de Parâmetros Meteorológicos e Oceanográficos**. 142 f. 1999. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). São José dos Campos: instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 1999.

RÉ, P. M. A. B.. **Biologia Marinha**. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. p. 8-10 2000.

RICHARDSON, P. L. et al.. North Brazil Current retroflection eddies. **Journal of Geophysical Research**. V. 99, nº 6, p. 997-1014, 1994.

ROCHA, C. R. M. da, **Inclusão dos processos radiativos associados às massas d'água na modelagem da circulação oceânica do Atlântico Sudoeste**. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil). Rio de Janeiro. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. 2007.

RODRIGUES, T. L. N. das; BARROS, E.J. M.; CAMOZZATO, E.. Folha SB.23-X-A: Estado do Maranhão. *Brasília*. In.: PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL. **Programa Grande Carajás**. Cap. I. p. 1-28. Ministério de Minas e Energia/CPRM. 1994.

SANTOS, M. L. S.. **Dinâmica dos nutrientes (fósforo e nitrogênio) na Plataforma Continental do Amazonas**. 124 f. 2004. Tese (Doutorado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2004.

SANTOS, M. L. S.. **Influências dos rios Amazonas e Pará sob a biomassa fitoplanctônica**. 108 f. 2000. Dissertação (Mestrado em Oceanografia). Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2000.

SILVA TANAKA, L. M. ; PORTELA, B. T. T.. Um estudo da precipitação, temperatura e umidade relativa do ar na costa Norte-Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA METEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis-SC. **Anais...** Florianópolis-SC: SBMet, 2006. p. 2-6.

SILVA, A. C. da. **An analysis of water properties in the western tropical Atlantic using observed data and numerical model results**. 135 f. 2006. Tese (Doutorado em Oceanografia), Universidade Federal de Pernambuco. Recife. 2006.

SILVA, A. C. da; ARAUJO, M.; BOURLES, B.. Variação sazonal da estrutura de massas de água na plataforma continental do Amazonas e área oceânica adjacente. **Revista Brasileira de Geofísica**, v..23, n.2, pp. 145-157. 2005.

SILVA, A. C. da; ARAUJO, M.; PINHEIRO, L. de S.. Caracterização hidrográfica da plataforma continental do Maranhão a partir de dados oceanográficos medidos, remotos e modelados. **Rev. Bras. Geof.**.v. 25, n.3, pp. 281-293. 2007.

SILVA, A. C. da. **Campos de temperatura e salinidade na plataforma continental do Amazonas, durante a descarga mínima (outubro de 1997) do Rio Amazonas: “uma análise ambiental”**. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geologia). Universidade Federal do Pará. Belém. 2000.

SILVA, M. G. L.. **Caracterização morfológica da cobertura sedimentar da plataforma continental do Amazonas/ Norte-Brasil**. 112 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em geologia). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Pará. Belém. 1998.

SILVA, M. P. **Caracterização físico-química das massas de água da bacia de Santos durante o projeto COROAS. Verão e inverno de 1993**. São Paulo. 153p. Dissertação (Mestrado em oceanografia) – Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, 1995.

SOUZA FILHO, P. W. M.. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação de áreas usando dados de sensores remotos. **Rev. Bras. Geof.** v.23, n.4, pp. 427-435. 2005.

STRAMMA, L.. Upper ocean circulation in the western tropical Atlantic in boreal fall 2000. **Deep-Sea Research I** v. 52, p. 221–240. 2005.

STRAMMA, L., SCHOTT, F.. Western equatorial circulation and interhemispheric exchange. In: KRAUSS, W. (Ed.), **The Warmwatersphere of the North Atlantic Ocean**. Gebr. Borntraeger, Berlin, Stuttgart, pp. 195–227 446pp. 1996.

TOMCZAK, M.. Some historical, theoretical and applied aspects of quantitative water mass analysis. **Journal of Marine Research**, v. 57, p. 275-303. 1999.