

---

**XVI**  
**Capítulo**

---

**CARACTERIZAÇÃO TERMOHALINA DA REGIÃO NORTE DO BRASIL**

**DANIELLE SARA CORREIA ALVES**  
Oceanógrafo\_ Universidade do Estado do Rio de Janeiro

**1º Ten T MARCIA HELENA MOREIRA VALENTE**  
Mestre em Oceanografia pela Universidade de São Paulo  
Seção de Dados Oceanográficos \_ Centro de Hidrografia da Marinha

**Resumo**

*A Seção de Dados Oceanográficos do Centro de Hidrografia da Marinha vem elaborando trabalhos visando caracterizar o comportamento dos parâmetros físicos da água do mar (temperatura, salinidade e correntes), e definir configurações médias para estes parâmetros, importantes para o apoio às operações navais e atividades correlatas como previsão meteorológica e oceanográfica. Para tal são utilizados dados adquiridos durante as comissões integrantes do programa OCEANO, que, após sofrerem processos de validação e análise nesta Seção, são armazenados no BNDO (Banco Nacional de Dados Oceanográficos).*

*O presente trabalho se constitui no desenvolvimento de um estudo iniciado em 2001, cujos resultados preliminares se traduziram nos primeiros procedimentos para definição de uma máscara T-S da região norte brasileira, apresentados nos Anais Hidrográficos de 2001 (Alves & Valente, 2001).*

*Seguindo o mesmo objetivo, serão apresentados diagramas T-S, elaborados para a plataforma norte do Brasil e região oceânica adjacente.*

**Abstract**

*The Hydrography Center of the Navy (CHM\_Centro de Hidrografia da Marinha) has been working to characterize the behaviour of the physical properties of the seawater (temperature, salinity and currents) and define their medians, which are important for the naval operations and activities such as meteorological and oceanographical predictions. The utilized data are from the Oceanographic*

*Comissions of the OCEANO Program, these data are analized in the Oceanographic Data Section and stored in the BNDO (Banco Nacional de Dados Oceanográficos).*

*This paper continues the work initiated in 2001, whose first results are the principles to create a TS mask of the Brazilian Northern Region (Alves&Valente, 2001). In this paper, we present TS diagrams, for the Northern Brazilian Shelf and its next-to oceanic region.*

## **1. INTRODUÇÃO**

A definição da máscara T-S de uma região é uma ferramenta fundamental para o planejamento das operações navais e caracterização da sua circulação termohalina.

Estabelece-se uma máscara T-S considerando-se que os parâmetros temperatura e salinidade são conservativos. Desta forma, as massas d'água de grandes regiões oceânicas apresentam índices termohalinos característicos obtidos graficamente a partir dos chamados diagramas de estado ou simplesmente curvas T-S.

Quando uma massa d'água se distancia de seu local de origem ela começa a perder as suas características, se misturando com outras massas que atravessam seu caminho. Normalmente como as massas são originadas em regiões polares, elas se aquecem ao longo do seu percurso, variando sua densidade, e conseqüentemente seu posicionamento na coluna d'água.

Este trabalho tem como objetivo apresentar curvas T-S espalhadas, dividindo-as em áreas de plataforma e oceânicas, sob influência ou não da foz do rio Amazonas. As curvas foram comparadas com índices existentes na bibliografia, identificando assim as massas d'água presentes. Além disso, pretende-se ainda discutir a sazonalidade dos parâmetros físicos na região em estudo. Tais procedimentos determinam a metodologia para confecção da máscara T-S da Costa Norte, cujos primeiros desenvolvimentos se encontram detalhados em Alves&Valente (2001).

## **2. A REGIÃO ESTUDADA**

A costa Norte Brasileira, compreendida entre a foz do Rio Parnaíba e a fronteira marítima com a Guiana Francesa, possui características ímpares. A sua singularidade deve-se principalmente à influência da descarga do Rio Amazonas, o maior curso de água doce em volume do mundo. De fato, a sua vazão se constitui em 18% de toda a água doce da Terra (Oltman, 1968). A pluma de água com baixa densidade formada pela descarga do Rio Amazonas apresenta uma extensão de centenas de quilômetros em direção ao mar aberto, penetrando pelo Oceano Atlântico Norte.

Devido à sua localização em baixas latitudes, não se podem caracterizar estações do ano bem definidas nesta região; deve antes ser considerada a existência de uma estação seca e outra chuvosa, determinada pelo deslocamento meridional da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Os principais fatores influentes na dinâmica oceanográfica da região são a variação sazonal do fluxo do Amazonas e, mais

externamente, a Corrente Norte do Brasil (CNB), que arrasta as águas sobre a plataforma externa e o talude em direção a noroeste, acompanhando o norte da América do Sul.

Nos meses de abril a junho ocorre a descarga máxima do Rio Amazonas; no período entre outubro e início de janeiro (estação seca), é registrada uma menor influência da água doce proveniente do rio.

Em 1995, Linhares utilizou dados coletados em estações realizadas em profundidades locais maiores que 30m, identificando através dos mesmos as seguintes massas de água na Plataforma Continental Amazônica: Água do Rio (AR), Água Oceânica Sub-Superficial (AOSS) e Água Central do Atlântico Sul (ACAS). O diagrama T-S apresenta uma estrutura triangular, sendo a AR definida pelo vértice menos salino e mais quente, o vértice mais salino caracterizando a AOSS e o mais frio a ACAS. A Água do Rio é proveniente da descarga do Rio Amazonas, com a salinidade variando de 0 a 12 PSU, enquanto que a temperatura é relativamente mais constante (27° C – 30° C). O índice termohalino da AOSS é 36.3 PSU, 28.5 °C e o da ACAS 34.4 PSU, 5.1 °C. (Linhares, 1995).

Em regiões rasas (compreendidas entre as isóbatas de 10m e 20m), Curtin (1986), *apud* Linhares (1995), identificou, outra massa não mencionada anteriormente, a Água Superficial de Alta Temperatura (ASAT), com temperatura oscilando entre 29.1°C e 30.3°C, e salinidades entre 9.0 e 34.0 PSU. Entre a costa e a isóbata de 30 m a temperatura é elevada (27° C – 30° C), diminuindo em direção ao largo. Em uma faixa de profundidade que se estende de 200m a 700m, se constata a existência da termoclina permanente, demonstrando o predomínio da ACAS (Curtin, 1986).

### 3. METODOLOGIA

Os dados apresentados neste trabalho foram adquiridos em três comissões oceanográficas realizadas pelo Navio Oceanográfico ANTARES, subordinado à Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil. Tais dados consistem em perfis de temperatura, salinidade e pressão.

As comissões foram selecionadas de acordo com a época do ano de sua realização, de modo a ser possível o estudo da sazonalidade dos processos oceanográficos na área em questão.

Comissão	Estações realizadas	Época de Coleta	
REVIZEE NORTE I	203	março a maio de 1995	v
REVIZEE NORTE II	154	setembro a dezembro de 1997	de
REVIZEE NORTE IV/ /OCEANO NORTE I	147	julho a setembro de 2001	desc

Os dados de temperatura e salinidade foram reprocessados e filtrados com o auxílio do pacote *Seasoft* e rotinas *Matlab*. Devido à longa duração de cada comissão (aproximadamente 3 meses), e por forma a obter uma condição o mais sinótica possível, a região amostrada foi separada em quatro áreas, acompanhando o cronograma da coleta durante as pernadas realizadas (Figura 1). Além disso, foram confeccionados diagramas TxS em separado para a região de plataforma (sob influência direta da descarga do Amazonas, até a isóbata de 200 metros), e para a área mais externa e de características oceânicas (além da isóbata de 200 metros).

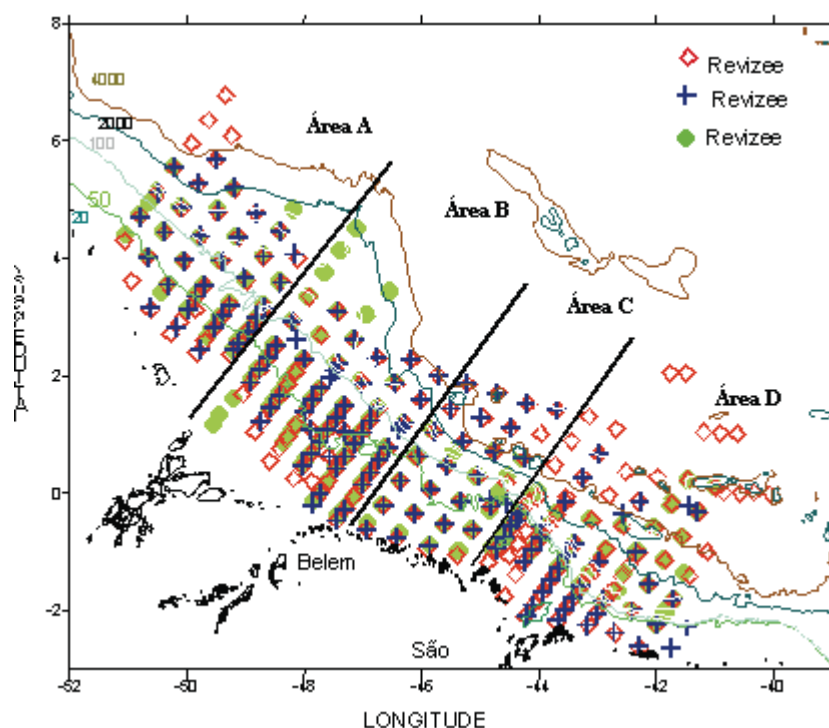


Figura 1 - Área Estudada

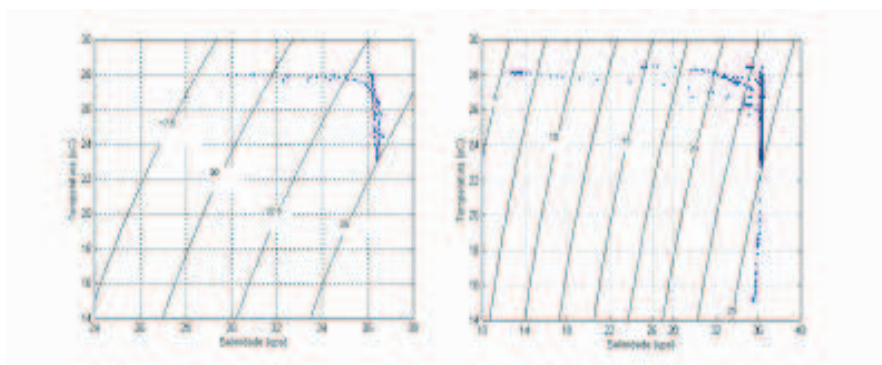
#### 4. RESULTADOS

Os dados coletados em cada uma das três comissões foram separados pelas quatro áreas (A a D), bem como segundo as regiões plataforma/oceânica. Assim, para cada época do ano correspondente a uma comissão, foram gerados 4

diagramas T-S para a região de plataforma e 4 diagramas para a região oceânica adjacente a cada uma das áreas.

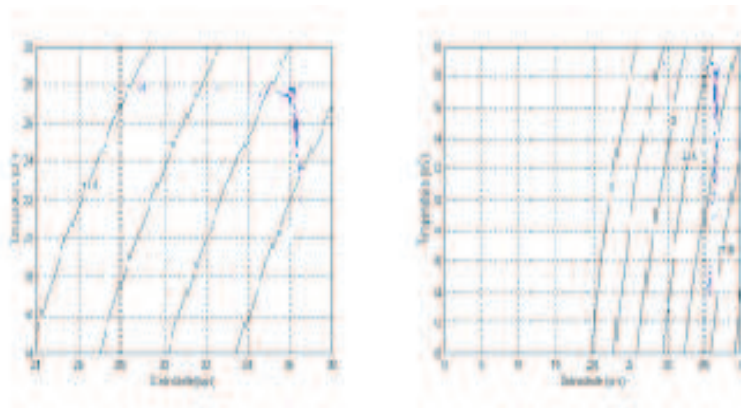
#### A – PLATAFORMA AMAZÔNICA (ATÉ A ISÓBATA DE 200 METROS)

A análise dos diagramas T-S foi realizada seguindo o padrão das áreas A a D (Fig.1). A região de plataforma, estando sob a influência direta da descarga do Rio Amazonas, apresenta maior variabilidade sazonal da salinidade em função do volume de água doce presente. Na comissão de transição, foram realizadas 3 estações mais internas, localizadas ainda no estuário, antes da isóbata de 30 metros, cujos valores de salinidade oscilaram entre 0 a 5 psu. À exceção destes, os valores de salinidade registrados durante a descarga máxima são os mais baixos de modo geral para toda a região em consideração, como esperado. No entanto, na área A, localizada a noroeste da foz do Amazonas, durante a época de transição, foram registrados valores menores de salinidade em relação ao período de descarga máxima, como se apresenta na figura 2.



**Fig. 2** – Diagrama TS para área A, durante a descarga (esq.) e transição (direita).

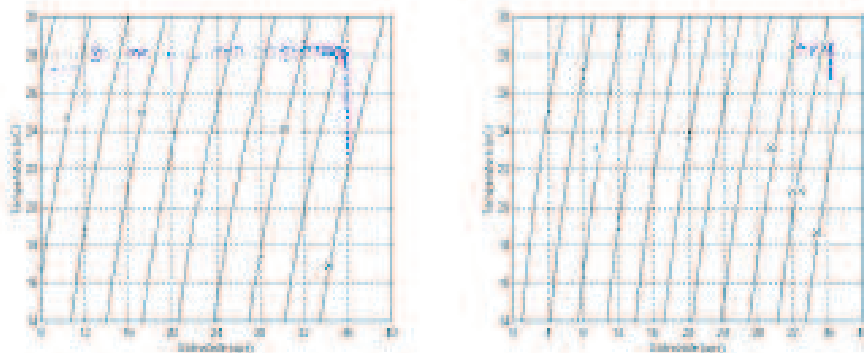
A área B é constituída pelos perfis adjacentes à foz do Amazonas, tendo como limites a Barra Norte e a Barra Sul, apresentando marcante influência estuarina. Ressalta-se a existência, em 2001, de registros de salinidade que atingem 0 PSU, que, embora quantitativamente tratam-se de apenas duas estações, indicam a presença de água doce principalmente nas profundidades inferiores a 30 metros. Isto não ocorre com os dados de 1995, quando estas estações tão rasas não foram realizadas, e conseqüentemente a salinidade registrada se mantém próxima de 28-29 PSU. Se forem retirados os pontos T-S, obtidos nestas duas estações costeiras coletadas em 2001, os diagramas de 1995 e de 2001 tornam-se bastante semelhantes, com as salinidades mais baixas em 1995. (Alves & Valente, 2001). Em contrapartida, na descarga mínima, como esperado, os valores de salinidade são maiores, como se observa na figura 3.



**Fig. 3-** Diagramas TS relativos à Área B, 95-fluxo max. (esq.) e 97-fluxo min. (dir.).

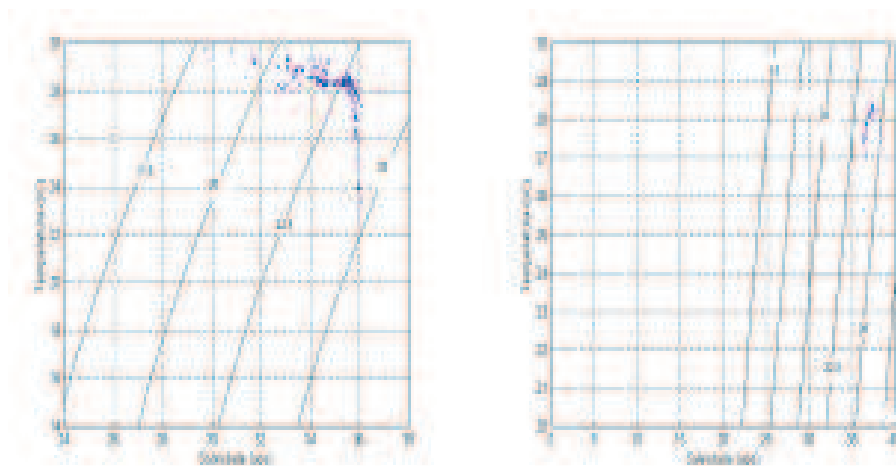
Na área C, por outro lado, é bem evidente a presença da água doce, registrando portanto os menores valores de salinidade durante a descarga máxima, com a salinidade aumentando

Durante a descarga mínima, a salinidade apresenta apenas valores superiores a 35 PSU. Observa-se portanto nesta região a variação da salinidade em razão inversa do fluxo de água doce.



**Fig.4-** Diagramas TS para a área C, durante a descarga máxima (esq) e descarga mínima (inferior)

Finalmente, na área D, mais afastada da foz do Amazonas, a influência da água doce é menor, porém, durante a descarga máxima, ainda é expressiva, reduzindo a salinidade para valores da ordem de 29 PSU. Durante a época de transição e de descarga mínima, os valores registrados são superiores, atingindo 37 PSU (Fig.5).



**Fig. 5** – Diagramas TS relativos a área D (plataforma), 95 (esq.) e 97 (dir.).

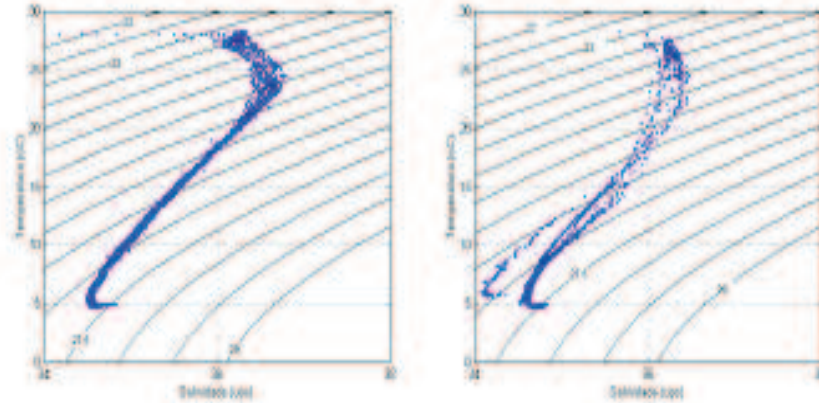
A tabela 1 tem como função sintetizar os valores mínimos e máximos encontrados sobre a plataforma nos períodos de descarga máxima, transição e descarga mínima.

**Tabela 1-** valores máximos e mínimos de T (em °C) e S (em PSU) sobre a plataforma

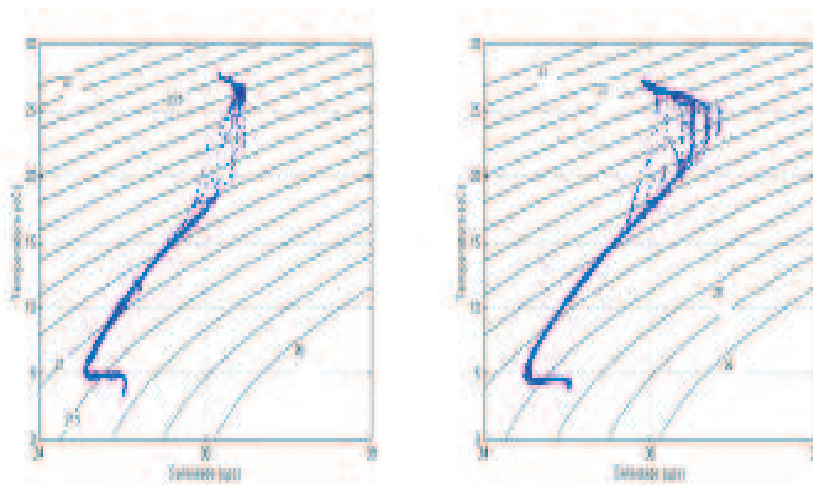
	Área A	Área B	Área C
T(d.max,1995)	23.05-28.0	23.06-27.83	22.7-28.3
S(d.max,1995)	29.85-36.70	27.8-36.4	9.12-36.07
T(trans,2001)	15.11-28.5	24.98-29.0	26.83-28.6
S(trans,2001)	12.69-36.5	0-36.4	32.43-36.4
T(d.mín,1997)	19.26-28.77	13.82-28.87	26.52-28.58
S(d.mín,1997)	24.84-36.41	29.27-37.13	36.2-37.27

## B – REGIÃO OCEÂNICA (ALÉM DA ISÓBATA DE 200 METROS)

Além da quebra da plataforma, a principal feição dinâmica é a Corrente Norte do Brasil, que flui para noroeste com velocidade de até 75 cm/s (Milliman *et al*, 1975). Deste modo, a pluma de água com baixa salinidade proveniente da foz do Amazonas é arrastada em direção a noroeste.



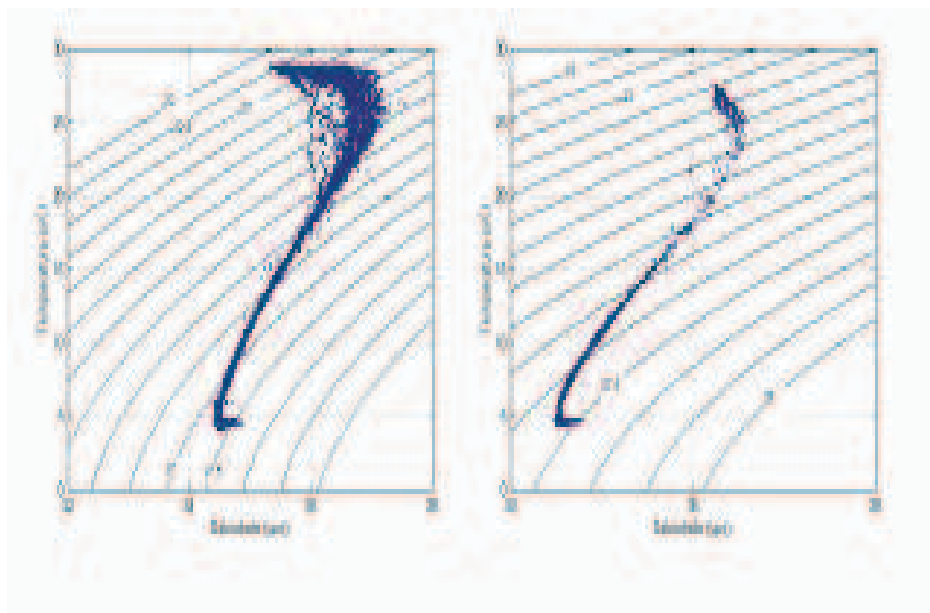
**Fig. 6-** Diagramas TS relativos à Área A, 95 (esq.) e 97 (dir.)



**Fig. 7-** Diagramas TS relativos às Áreas B, (esq.) e D (dir.), na transição (2001).

È possível constatar a existência de água de descarga continental, representada pelos valores de menores salinidades e temperaturas mais elevadas, na porção superior esquerda do diagrama. A feição mais expressiva, no entanto, é a curva comum a todos os diagramas, que compreende os pontos representativos da ACAS, AIA (Água Intermediária Antártica), e nas estações mais profundas, até da APAN (Água Profunda do Atlântico Norte), que engloba os valores de mais alta densidade, como identificado anteriormente de base para a criação do gabarito.





**Fig. 8** - Diagramas TS relativos à Área D, 95 (esq.) e 97 (dir.)

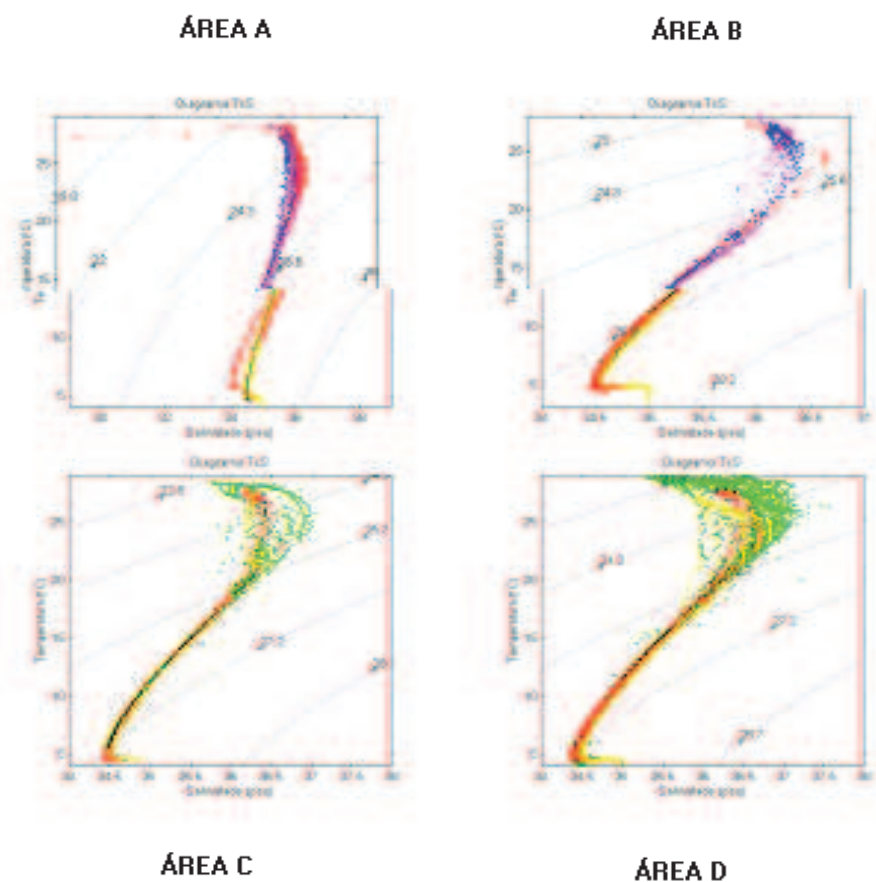
A tabela 2 apresenta os valores máximos e mínimos de temperatura e salinidade encontrados na região oceânica de cada uma das quatro áreas.

**Tabela 2-Valores máximos e mínimos de T e S para as Áreas A a D (além da isóbata de 200m). T em °C; S em PSU**

	Área A	Área B	Área C	Área D
T(d.max,1995)	4.65-28.3	5.02-27.43	4.47-28.41	4.15-28.86
S(d. max,1995)	29.6-38.7	34.5-36.79	34.47-37.03	34.4-37.54
T(trans,2001)	4.01-28.18	3.53-27.9	4.62-27.42	3.9-27.36
S(trans,2001)	34.6-36.5	34.5-36.46	34.54-36.5	34.5-36.83
T(d.mín,1997)	4.63-28.2	4.41-27.41	4.43-27.83	4.48-27.73
S(d.mín,1997)	34.1-36.47	34.48-36.55	34.45-36.69	34.39-36.77

A seguir, apresentam-se os diagramas TS com os **dados oceânicos** das três comissões analisadas, para cada área (A a D), onde estão representados:

- em vermelho, os dados do período de descarga máxima;
- em azul, o período de descarga mínima;
- em magenta, os dados da época de transição.



## 5. DISCUSSÃO

Como apresentado em Alves & Valente (2001), os resultados mostraram que a variabilidade dos diagramas T-S depende principalmente da proximidade à foz do Rio Amazonas. As estações mais próximas da foz da Barra Norte apresentaram os valores mínimos de salinidade. Os mínimos de temperatura foram verificados nas estações oceânicas ao norte do delta do Rio Amazonas (Área B) e na área D, mais ao sul da plataforma norte brasileira; os máximos se localizaram nas proximidades da foz do Rio. Os máximos de salinidade, conforme o previsto, foram obtidos na época de descarga mínima, para todas as áreas; por outro lado os mínimos, para a descarga transicional, se localizaram a noroeste da região, e durante a descarga máxima foram encontrados na área central. Pode-se inferir a influência da Corrente Norte do Brasil, transportando a pluma de baixa densidade para noroeste, durante a transição do Rio; enquanto que na descarga máxima o maior volume de água doce permanece durante mais tempo retido

na área central da plataforma. Para além da isóbata de 200 metros, é durante a descarga máxima que se obtêm os menores valores de salinidade, a noroeste da região.

De fato, comparativamente à região de plataforma, além da isóbata de 200 metros a influência de água do rio é bem menos significativa. Os diagramas TS apresentados revelam a presença de diversas massas d'água na região oceânica norte brasileira, cuja amostragem é função da profundidade de coleta. Foram encontradas, além das águas mais superficiais (AOSS e ACAS), a AIA e a APAN. Deve-se ainda salientar o fato de que nos diagramas é também visível a mistura desta última com a água mais densa dos oceanos, a Água Antártica de Fundo (AAF) a maiores profundidades.

## 6. FUTUROS DESENVOLVIMENTOS

Espera-se na continuação deste trabalho proceder à inclusão de dados coletados durante o verão, bem como de perfis verticais de mistura, de forma a ser possível uma visualização, em corte, da disposição das diferentes massas d'água e de possíveis flutuações sazonais.

Além disso, com a análise de mais comissões, pretende –se comparar os índices obtidos com os existentes na bibliografia, e deste modo confeccionar um gabarito final de massas d'água para a região oceânica norte brasileira.

## 7. BIBLIOGRAFIA

ALVES, D. & VALENTE, M.H., 2001 - **Primeiros Desenvolvimentos para Definição da Máscara TS na Região Norte Brasileira**. Anais Hidrográficos 2001, tomo LVIII, p117-127. Diretoria de Hidrografia e Navegação, Niterói, RJ.

CASTRO, M. C. T., 2000 – **Relatório de Análise de Comissão Oceanográfica (Revizee Norte III)**. Arquivo Técnico, Centro de Hidrografia da Marinha, Diretoria de Hidrografia e Navegação. Niterói (RJ), 35 p.

CURTIN, T.B., 1986 – **Physical Observations in the Plume Region of the Amazon River during Peak Discharge\_ Water Masses**. Cont. Shelf Res., 6, 53-71.

LINHARES, V. P., 1995 – **Circulação e Massas de Água na Plataforma Continental Externa Amazônica**. Dissertação de Mestrado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo. São Paulo, 191 p.

MILLER, A. R., 1950 – **A study of mixing processes over the edge of the continental shelf**. J. Mar. Res., 9(2):145-160.

MILLIMAN, J.D.; SUMMERHAYES, C.P.; BARRETO, H.P., 1975 – **Oceanography and suspended matter of the Amazon River, February-March 1973**. Journal of Sedimentary Petrology, 45: 189-206.

OLTMAN, R.E., 1968 – **Reconnaissance investigations of the discharge and water quality of the Amazon River**. U.S. Geological Survey, circular 552, 16pp.