

ALGUMAS CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS NA ÁREA NORDESTE DE NATAL (Setembro 1960)

Taizo Okuda
Lourinaldo Barreto Cavalcanti

I. INTRODUÇÃO

Alguns estudos sobre condições oceanográficas, foram realizados no período de Agosto a Outubro de 1959 por OKUDA, na região adjacente ao Nordeste do Brasil, estendendo-se de latitude 13° a 3,5°S e de longitude 30°W, até a costa do Brasil, numa missão realizada pela Marinha Brasileira.

Dando continuidade ao programa de pesquisas oceanográficas, nas costas do Brasil, a Marinha designou em Setembro 1960, o Navio Oc. "ALMIRANTE SALDANHA", para continuar os estudos iniciados em 1959, convidando, então, os autores do presente trabalho, para integrarem esta missão. Essas observações se extenderam de latitude 4°S a 1°N e longitude 32° a 36°W, tendo sido realizadas Estações distantes de 60 milhas e atingindo regulares profundidades. (FIG. 1).

Nesta região, o fundo do oceano apresenta-se bastante acidentado, aflorando algumas ilhas e rochedos, tais como: Fernando Noronha, — Atol das Rocas, Rochedo São Pedro e São Paulo, etc., zona de grande valor pesqueiro na costa brasileira, especialmente para pesca do atum.

II. MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO

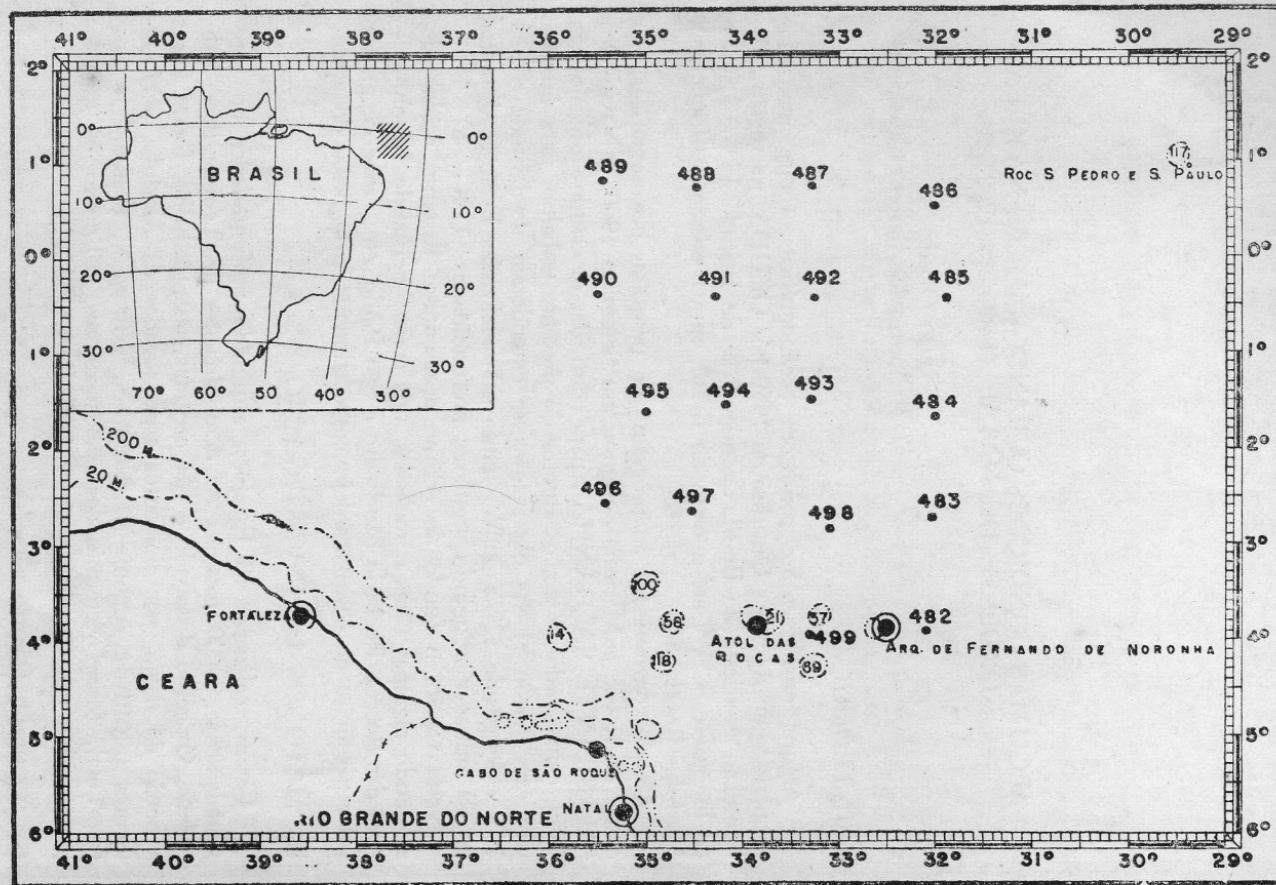
Foram realizadas 18 Estações, atingindo profundidades de aproximadamente 2.000 metros. As determinações de Temperatura, Salinidade, Oxigênio dissolvido e pH contidas neste trabalho, foram feitas a bordo do navio, por elementos especializados da Marinha. Os elementos nutritivos, Amônia-N, Nitrito-N, Nitrato-N, Fosfato-P e Fósforo-Total, foram determinados, pelos autores utilizando os métodos descritos em um trabalho anterior (OKUDA, 1961).

III. RESULTADOS

A. CONDIÇÕES OCEANOGRÁFICAS GERAIS

1. *Temperatura* (FIG. 2 e 3)

Algumas Condições. Fig. 1.



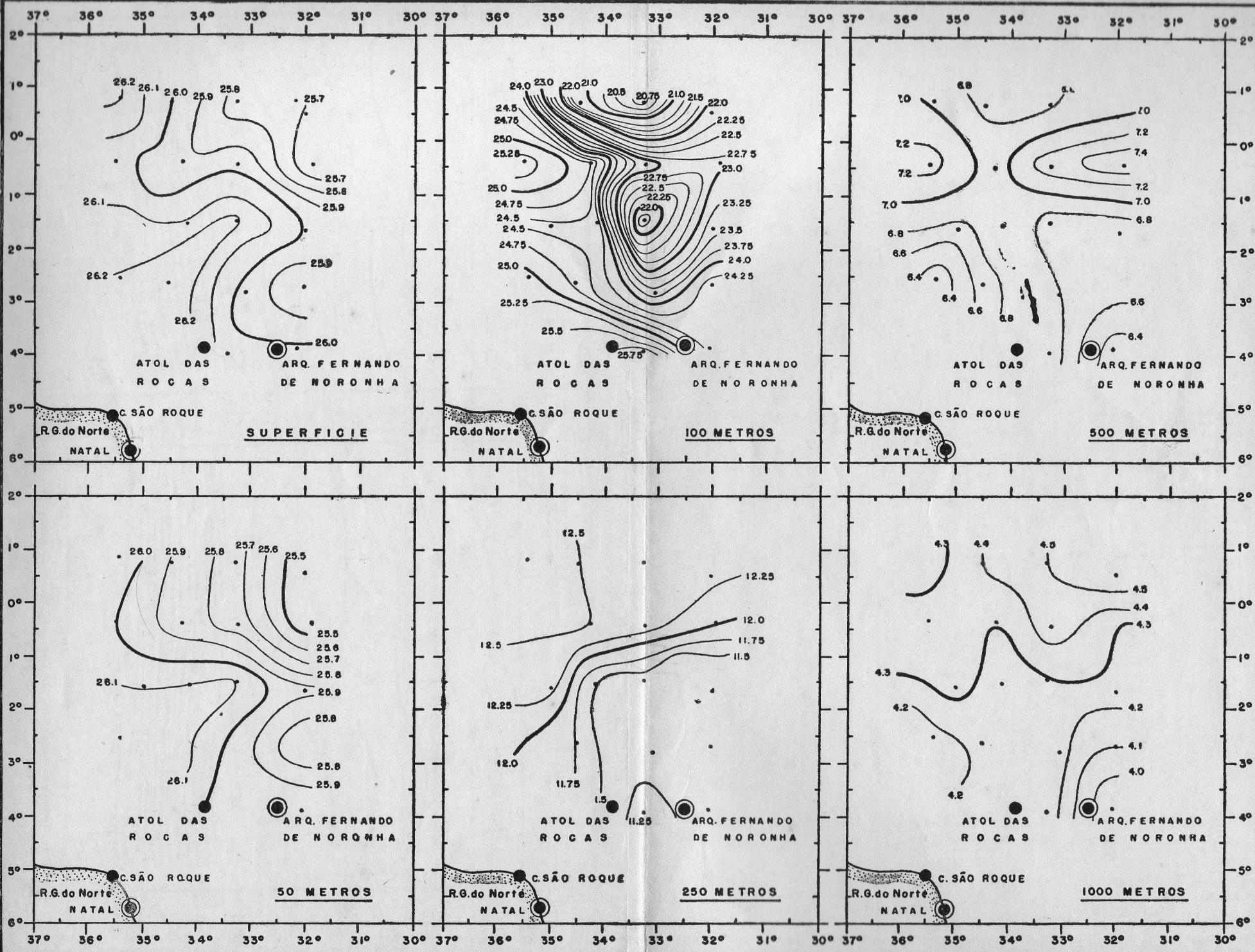


FIG. 2 — Distribuição horizontal da Temperatura da água.
Horizontal distribution of water Temperature.

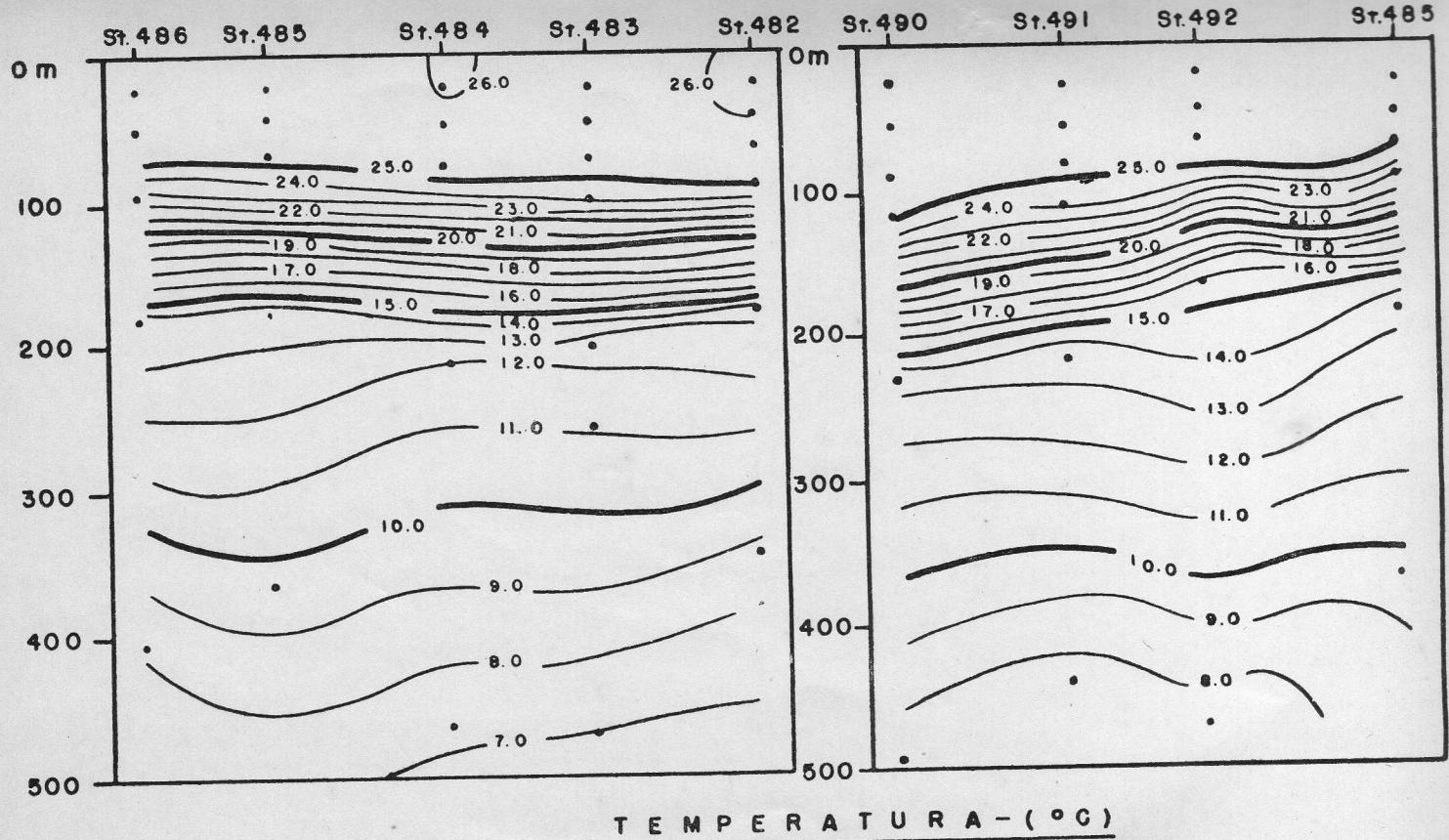


FIG. 3 — Distribuição da Temperatura da água em secções verticais.
Distribution of water Temperature in vertical sections.

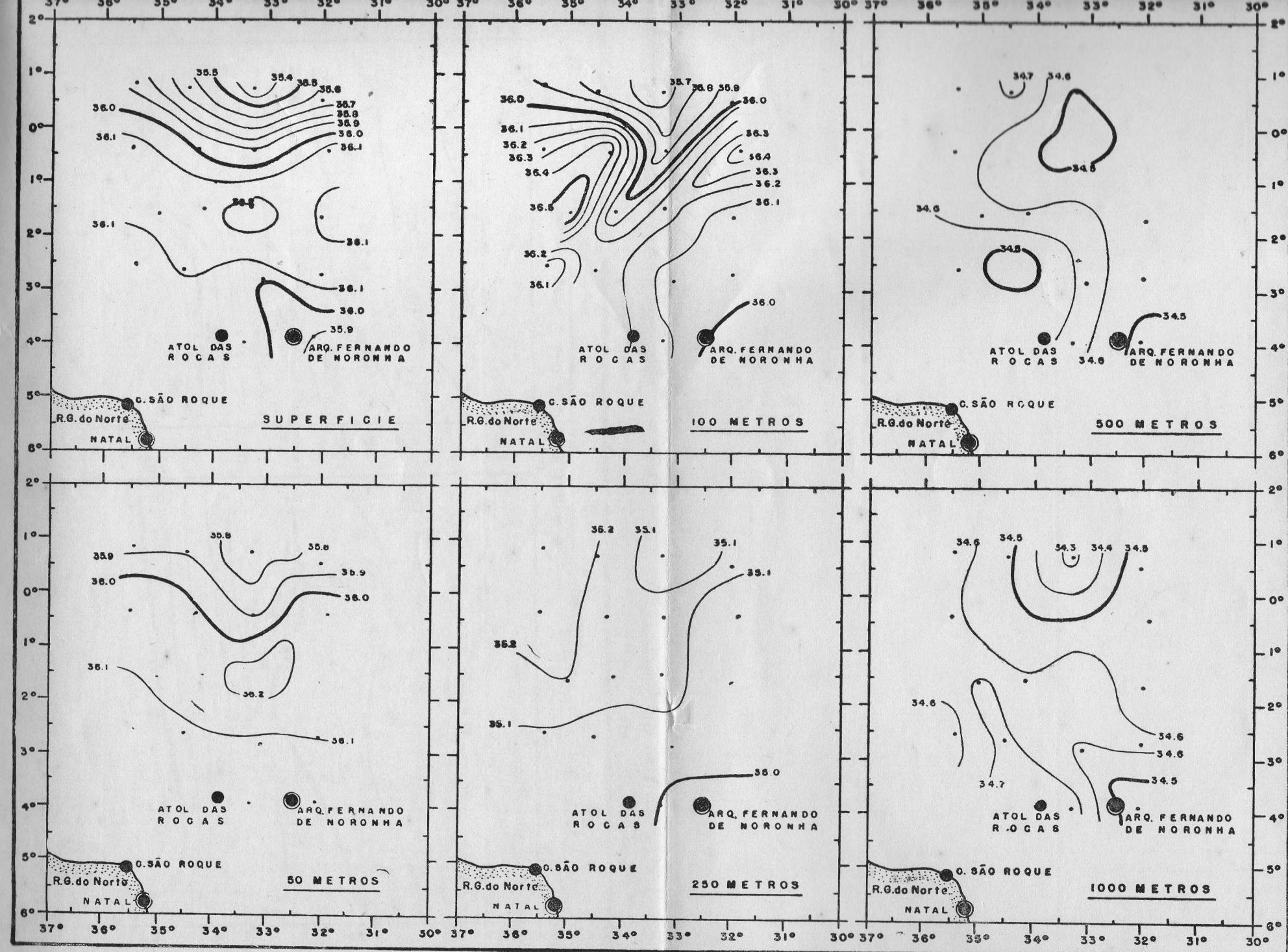


FIG. 4 — Distribuição horizontal da Salinidade da água.
Horizontal distribution of water Salinity.

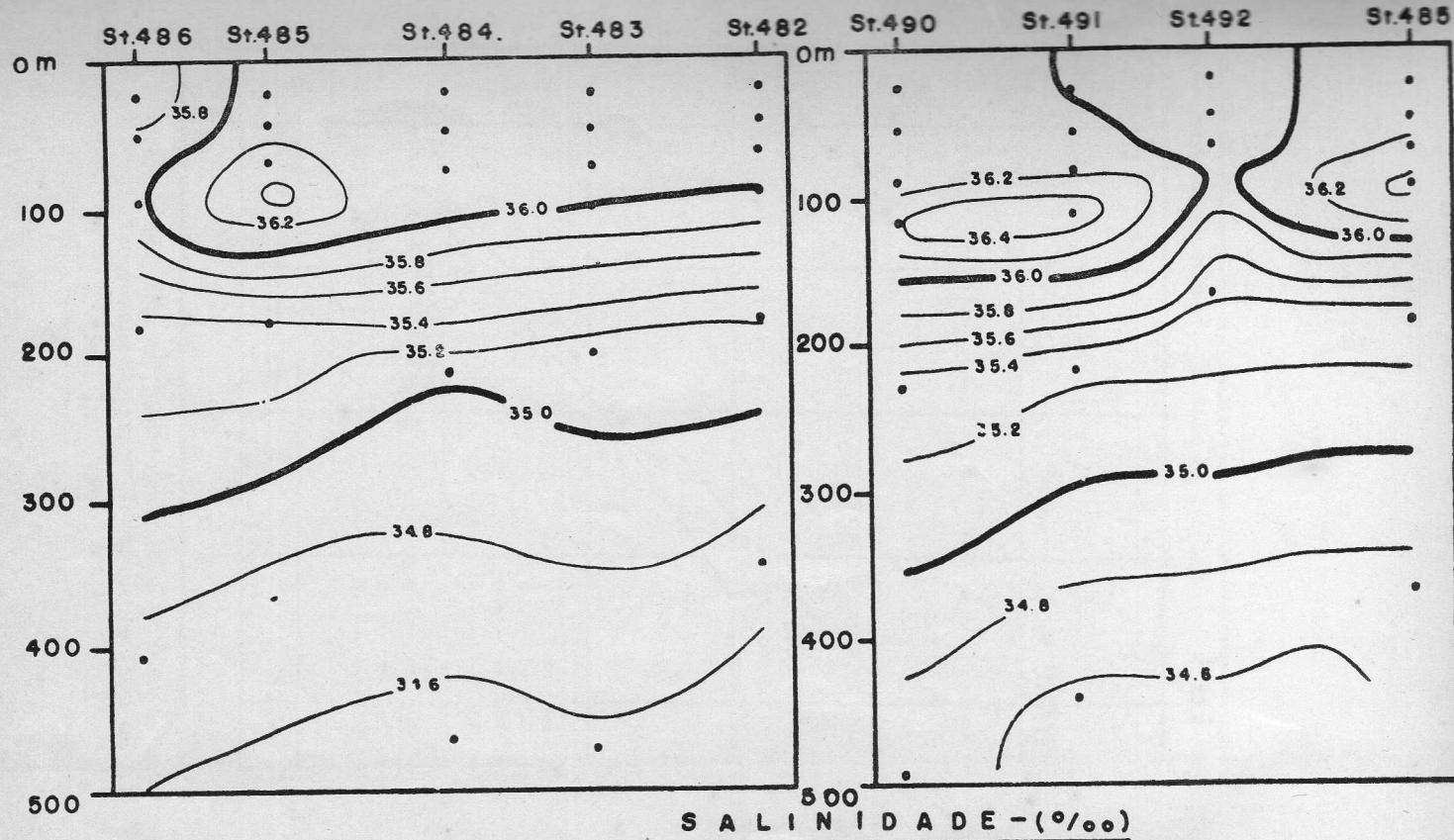


FIG. 5 — Distribuição da Salinidade da água em secções verticais.
Distribution of water Salinity in vertical sections.

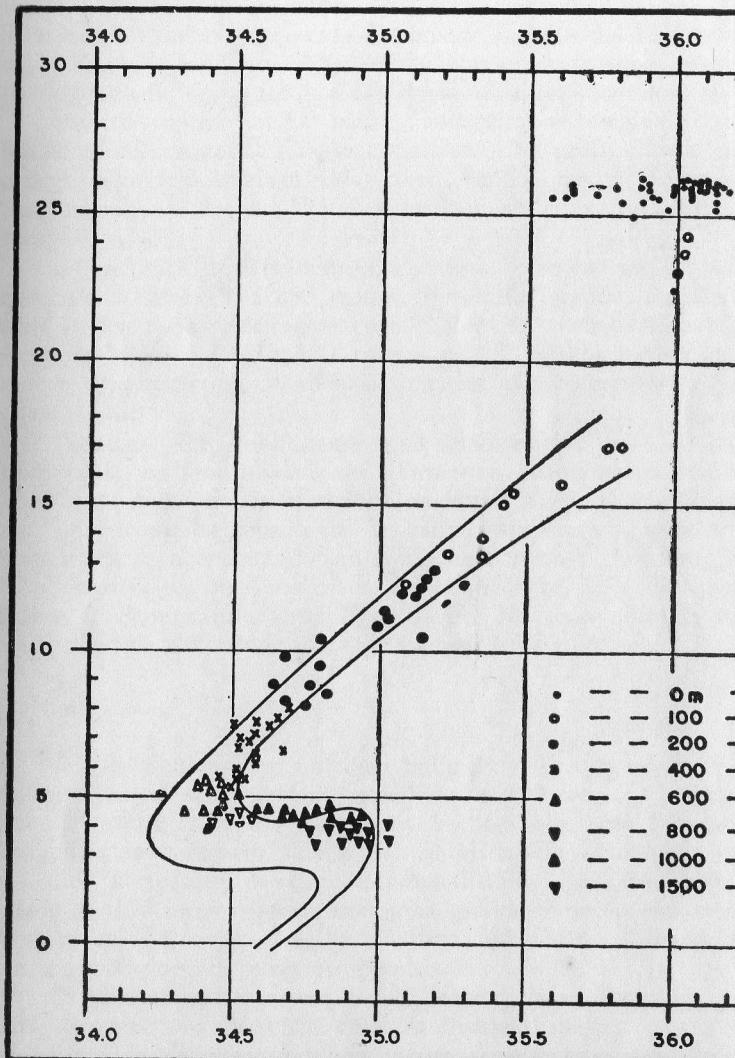


FIG. 6 — Diagrama de Temperatura-Salinidade (T-S) no todo.
Temperature-Salinity (T-S) diagram in whole water

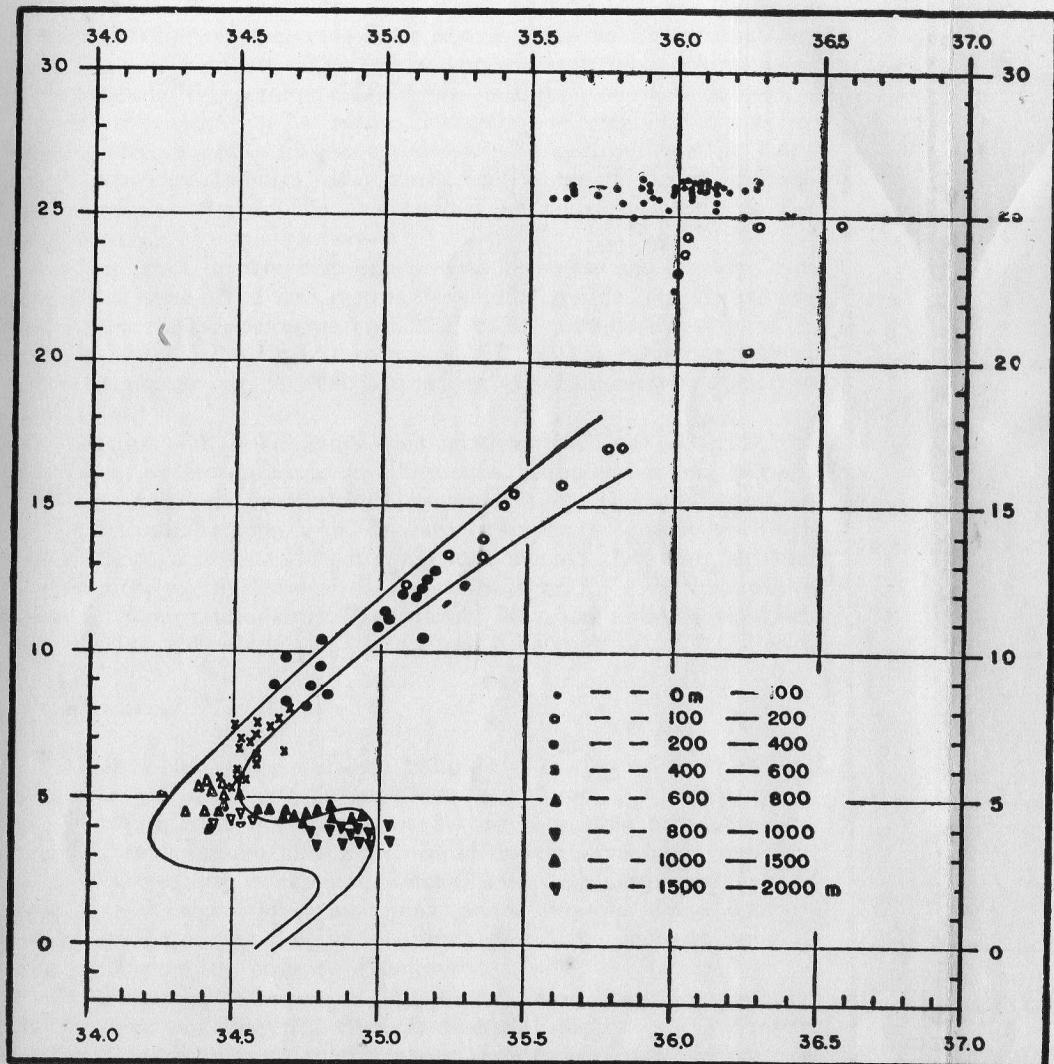


FIG. 6 — Diagrama de Temperatura-Salinidade (T-S) no total da coluna de água.
Temperature-Salinity (T-S) diagram in whole water column.

Em síntese, águas de temperaturas relativamente baixas, foram encontradas na camada acima de 100 metros, nas zonas norte e oriental. Há uma visível semelhança na distribuição horizontal da Temperatura, entre a superfície e 50 metros, isto é, a Temperatura apresentou-se relativamente elevada, formando uma língua, de sudoeste para a zona central. A 250 metros, ocorreram duas zonas distintas, ou seja, águas de Temperatura um tanto elevada, à noroeste e águas de Temperatura um tanto baixa, à sudoeste. Além disso, apresentou-se uma distinta faixa de discontinuidade, entre as duas zonas, na direção nordeste-sudeste.

Essa distribuição a 500 metros, apresentou-se irregular, com baixas temperaturas nas zonas sudeste e sudoeste. Na profundidade de 1.000 metros, ocorreram também, duas zonas, sendo uma de baixa Temperatura ao sul, e outra de alta Temperatura ao norte, na altura da latitude 1°S.

A diferença de temperatura, entre as Estações, nas camadas compreendidas entre 75 e 250 metros, foi muito grande, em comparação com as demais, especialmente entre 100 e 200 metros. A saber, as diferenças foram 5,7°C a 100 metros e 4,1° a 200 metros respectivamente, enquanto que as demais camadas não apresentaram mais que 1°C.

Nas Est. 487 e 493, uma água relativamente fria (20-21.5°) foi encontrada, na profundidade de 100 metros, atribuindo-se isto, à ressurgência das águas de profundidade moderada. Devido a esta ressurgência, foi encontrada uma água de baixa Temperatura, num trecho da zona nordeste, apresentando um gradiente horizontal, um tanto elevado.

Verificou-se, uma acentuada termoclinia entre 75 e 200 metros, variando a Temperatura entre 25 e 15°C. Na zona norte, a superfície da termoclinia foi encontrada a 75 metros, e na zona sul, a 100 metros.

2. Salinidade (FIG. 4,5 e 6)

Na distribuição horizontal da Salinidade, a zona norte, apresentou valores baixos, nas camadas superiores a 100 metros. Nas camadas compreendidas entre 0 e 50 metros, encontrou-se uma distribuição horizontal semelhante em toda a área estudada, com exceção da superfície na zona norte, que, apresentou, uma distinta discontinuidade. A camada de 100 metros, apresentou uma grande variação, em comparação com as demais e uma isolinha em forma de língua, de baixa Salinidade, estendendo-se de norte para sudeste.

Nas camadas inferiores à 250 metros, essa distribuição apresentou, uma pequena diferença, entre as diversas Estações. Aos 250 metros a Salinidade decresceu gradativamente de noroeste para sudeste, encontrando-se também valores baixos na Est. 487.

Embora, a faixa de discontinuidade da Salinidade, não tenha sido distinta como a da termoclinia, apresentou-se entre 75 ou 100 e 200 metros, aproximadamente.

Como se poderá ver, nas secções verticais, uma faixa de baixa

Salinidade (menor que 36,/₀₀), estendeu-se de noroeste para a zona central, nas camadas superiores a 100 metros.

A Salinidade máxima, foi encontrada entre 50 e 100 metros, correspondendo aproximadamente à superfície da termoclina. De cresceu verticalmente, com acentuado gradiente, atingindo um mínimo a cerca de 700-800 metros, correspondendo à água Intermediária Atlântica, aumentando em seguida seu valor, até 1.500 metros. É evidente pelo diagrama T-S, que, as massas d'água na área estudada, concordam com a curva média da Água Central Atlântica Sul de Sverdrup (1942).

3. Densidade (sigma-t) (FIG. 7 e 8)

A Densidade na superfície e a 50 metros na zona norte, apresentou também, alguns valores baixos, refletindo a baixa Salinidade.

Por outro lado, na zona oriental, nas mesmas camadas, seus valores foram altos, em consequência da baixa Temperatura e alta Salinidade.

Aos 100 metros, apresentou grande semelhança com a Temperatura e grande variação entre as Estações. Valores altos, foram, encontrados nas Est. 487, 493 e 495. Vale-se notar, que, para as duas primeiras, houve também, um aumento na Temperatura, o que podemos atribuir, à ressurgência das águas de profundidade moderada. Como é evidente na Fig. 8, nas camadas abaixo de 250 metros, ocorreram pequenas diferenças entre as Estações e tanto a discontinuidade superficial da Densidade, como da Temperatura, apresentaram uma tendência a aumentar para leste e norte.

4. Oxigênio (FIG. 9 e 10)

A distribuição horizontal do Oxigênio, apresentou um complicado aspecto. Os valores apresentaram-se também semelhantes, entre a superfície e 50 metros, como se verifica, pelo baixo teor, em ambas as camadas da Est. 492. A 100 metros, as isolinhas em forma de língua, de baixo Oxigênio (menor que 4.3 ml/L), estenderam-se de norte para sul. Pelos resultados observados nas temperaturas e densidades, isto pode ser atribuído à ressurgência. Valores altos, foram obtidos na zona sul. A 250 e 500 metros, eles foram mais baixos, que nas demais camadas, principalmente na zona sul. Esses fatos podem indicar que, nas referidas camadas se processa uma ativa decomposição de matéria orgânica. A 1.000 metros, foram encontrados, baixos valores nas Est. 487, 493 e 495, em comparação, com os valores das zonas oriental e ocidental.

Na distribuição vertical, embora os valores não tenham apresentado grandes diferenças acima de 100 metros, decresceram a partir daí, apresentando mínimos entre 400 e 600 metros, e cresceram gradativamente, a partir de 800 metros. Ainda em relação a essa distribuição, os

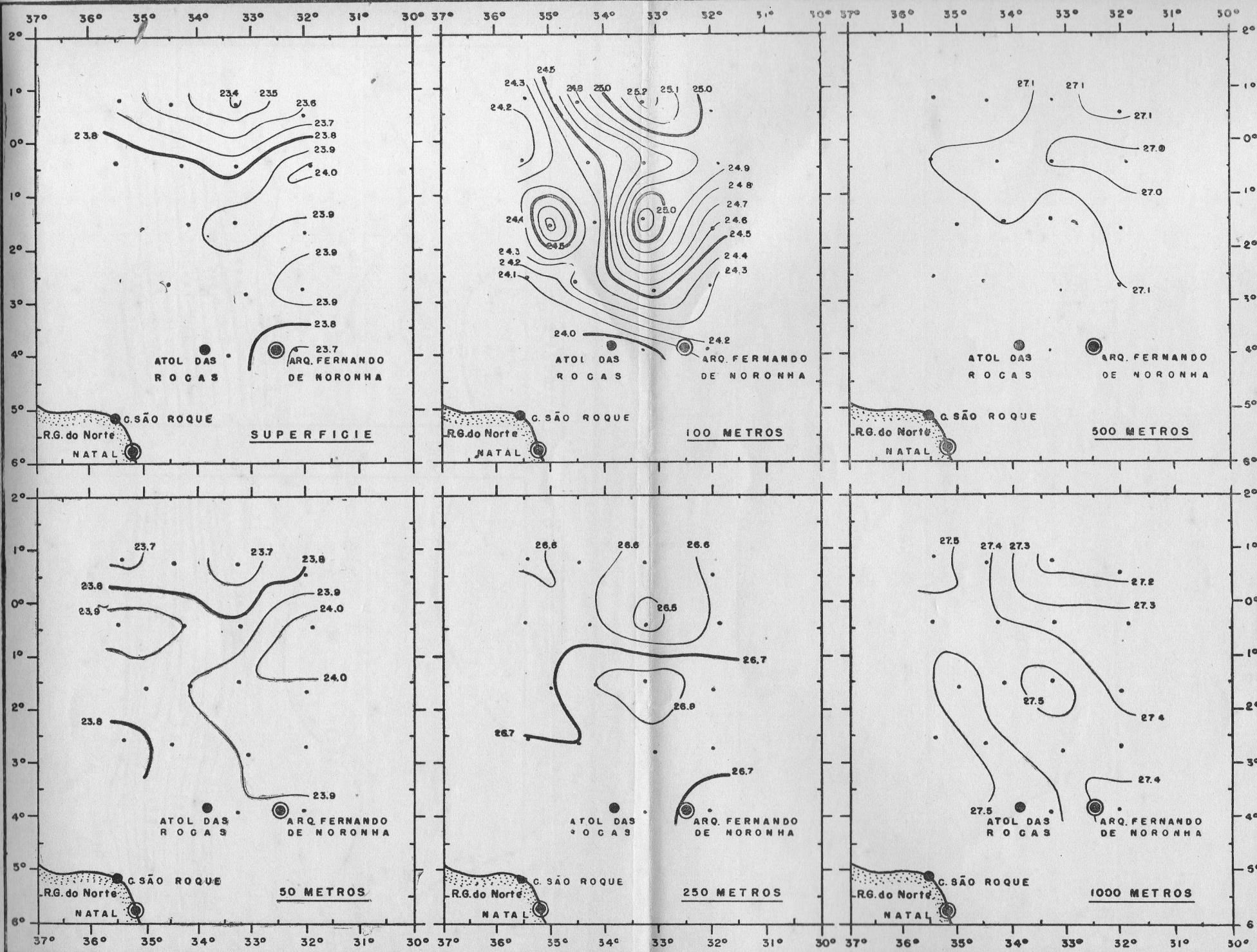


FIG. 7 — Distribuição horizontal da Densidade da água (σ_t).
Horizontal distribution of water Density (σ_t).

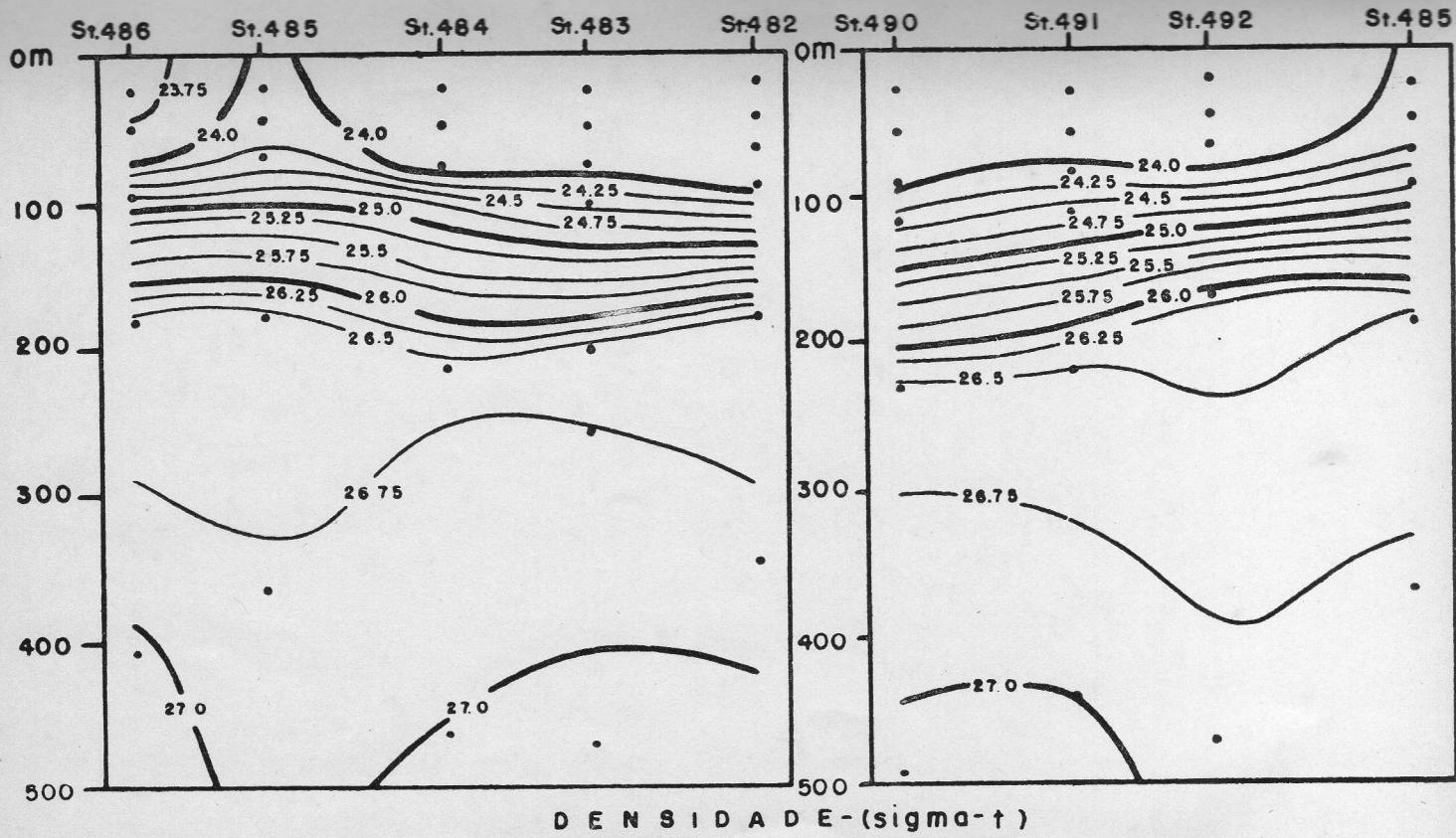


FIG. 8 — Distribuição da Densidade da água (σ_t) e secções verticais.
Distribution of Water Density (σ_t) in vertical sections.

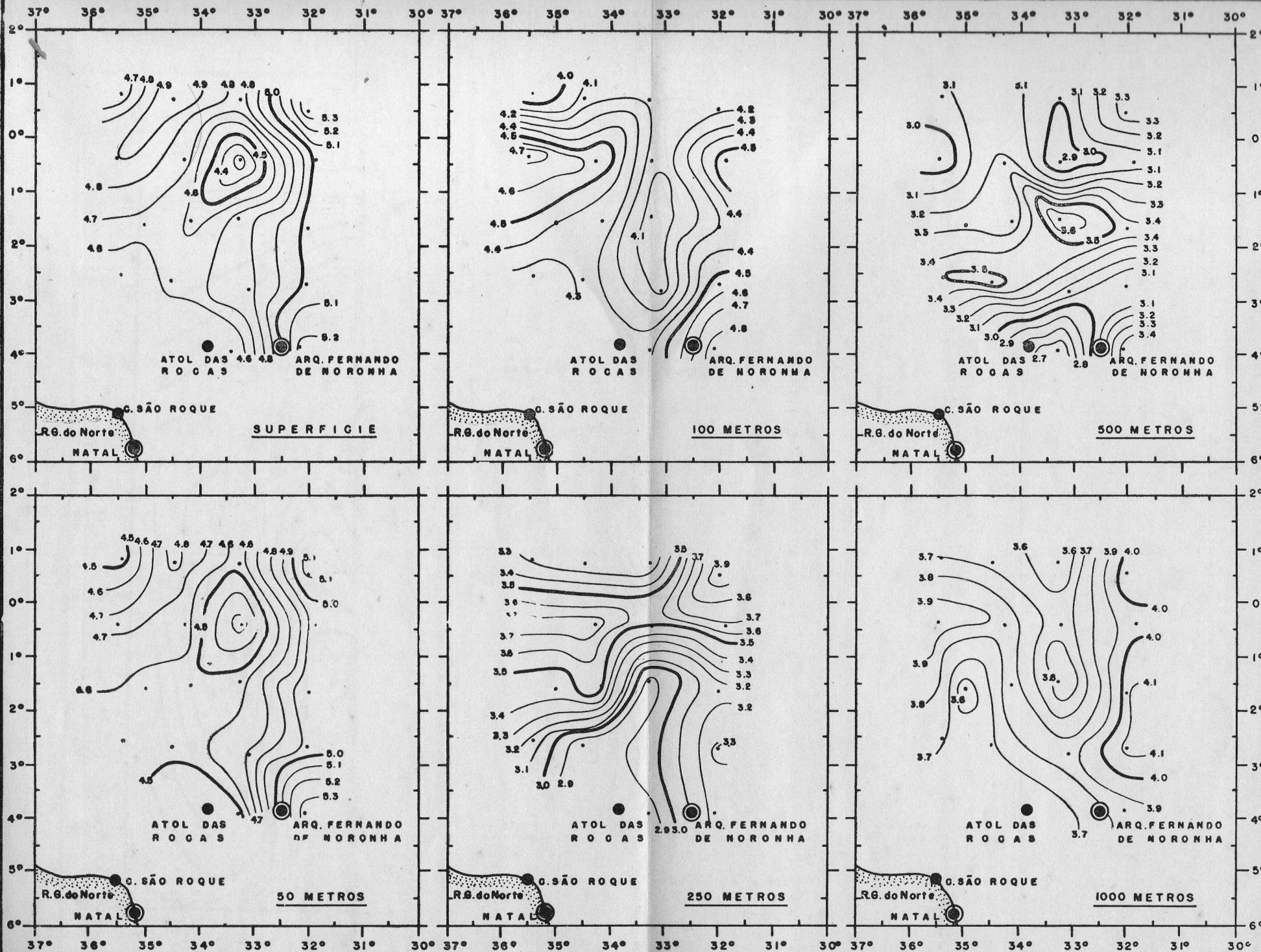


FIG. 9 — Distribuição horizontal do Oxigênio.
Horizontal distribution of Oxygen.

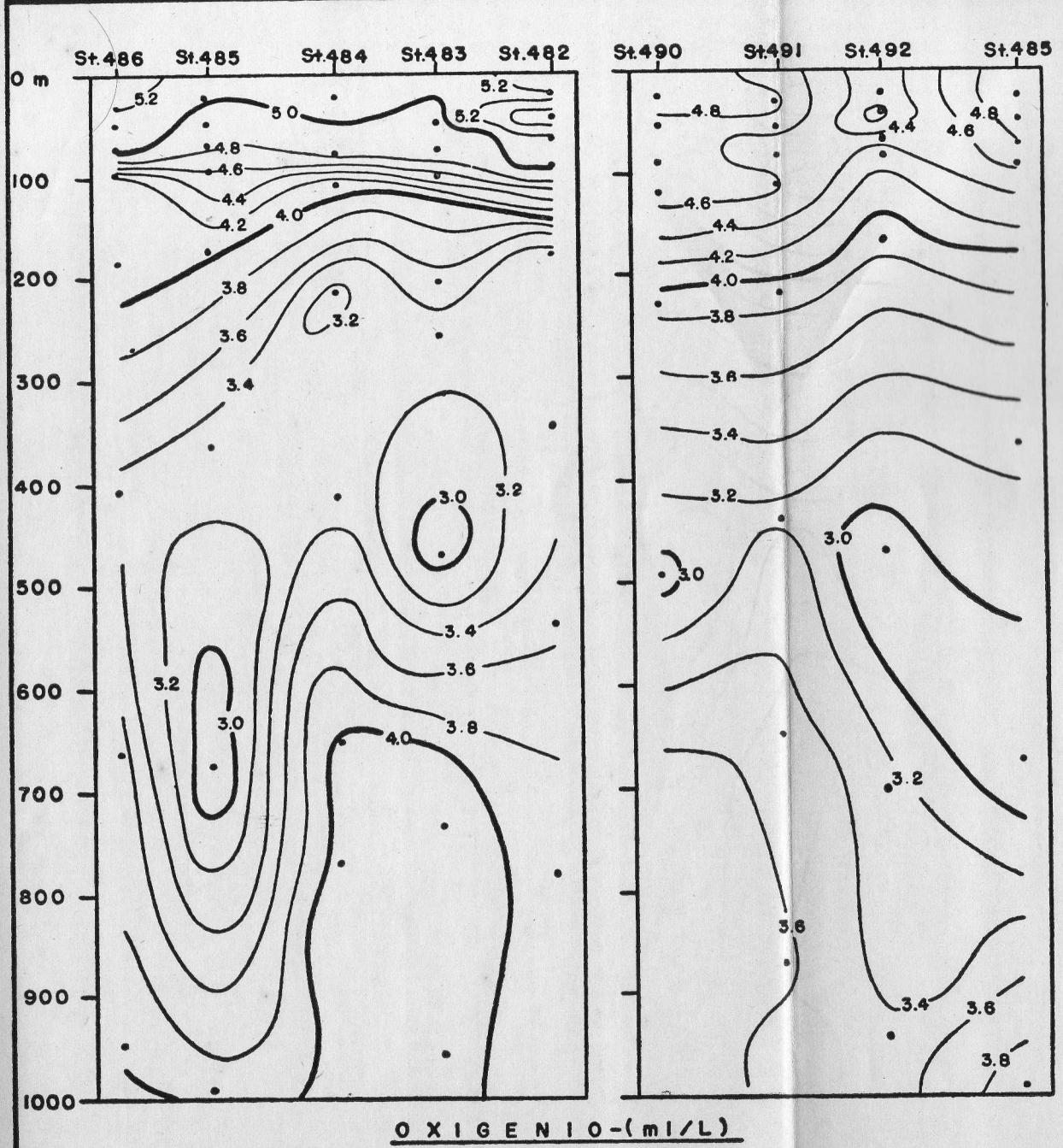


FIG. 10 — Distribuição do Oxigênio em secções verticais.
Distribution of Oxygen in vertical sections.

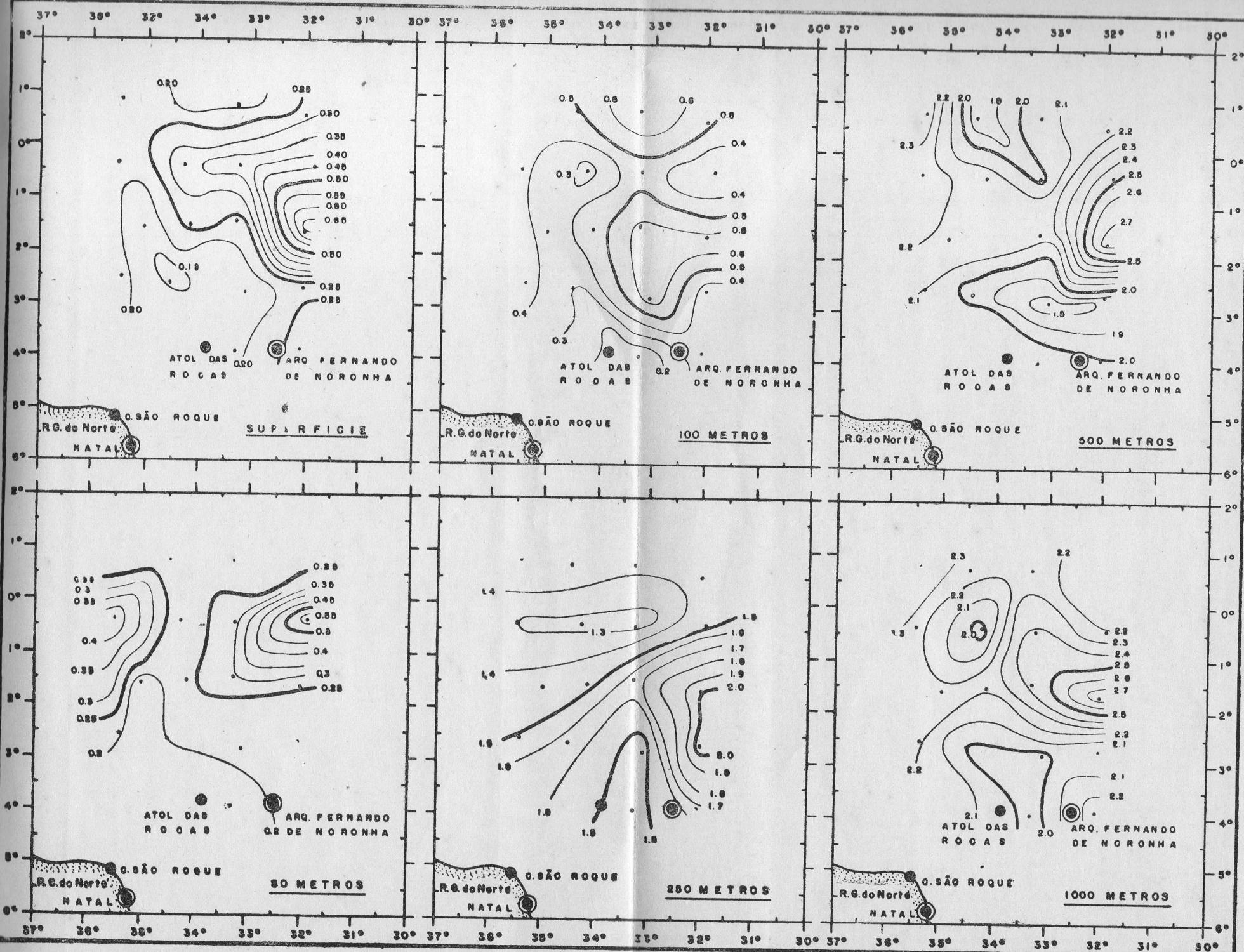


FIG. 11 — Distribuição horizontal do Fosfato — P.
Horizontal distribution of Phosphate — P.

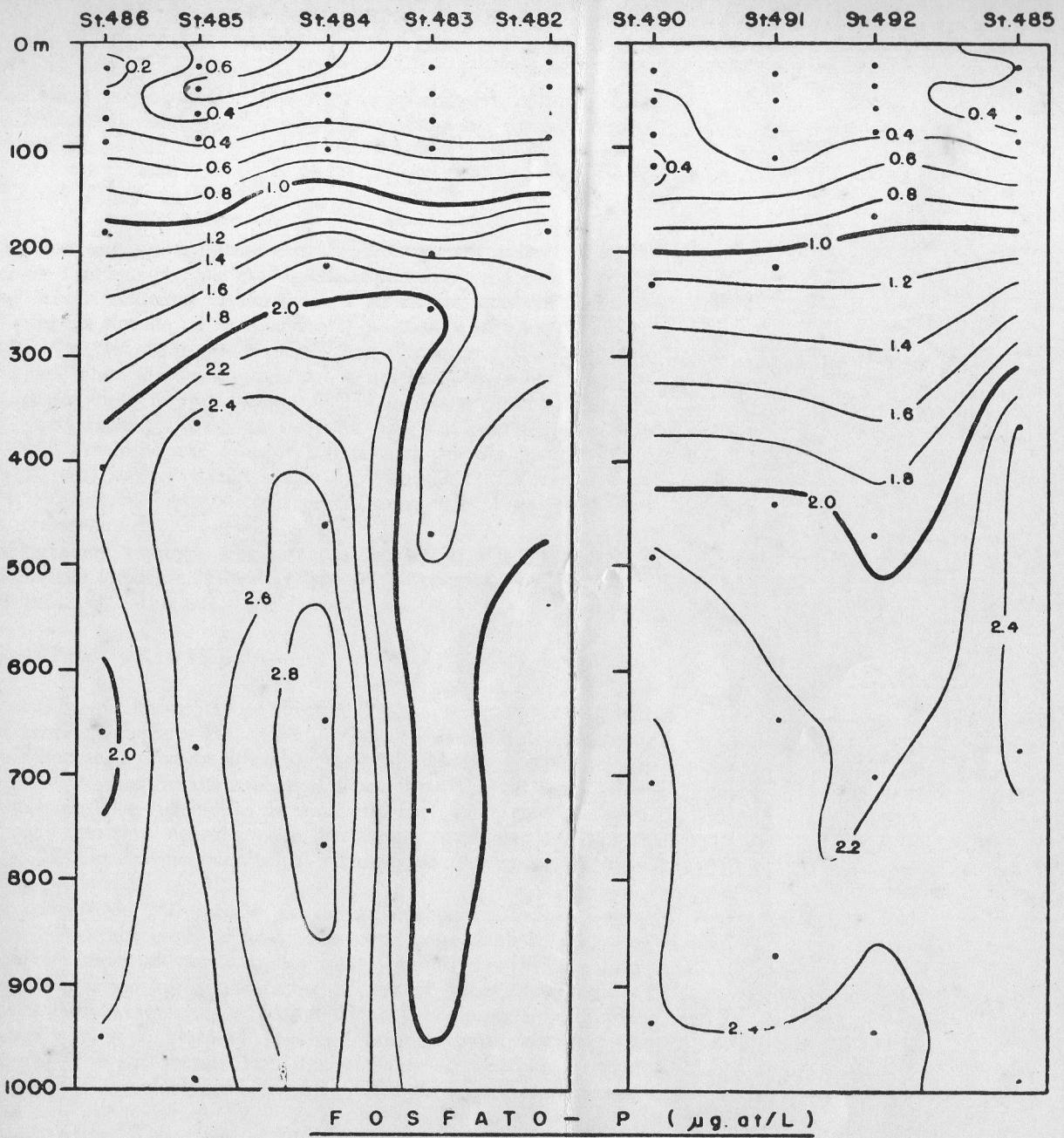


FIG. 12 — Distribuição do Fosfato — P em secções verticais.
Distribution of Phosphate — P in vertical sections.

mínimos foram encontrados à diferentes profundidades, entre as Estações. A isolinha apresentou um aspecto complicado, nas camadas abaixo dos 400 metros.

5. Fosfato-P (FIG. 11 e 12)

Na zona oriental, em cada camada, encontramos valores elevados de Fosfato-P, como também na superfície das Est. 484 e 485; dirigidos para a zona ocidental. Além disso, a 50 metros, também encontramos Fosfato-P; elevado na zona ocidental, ao passo que, na região intermediária, entre as zonas este e oeste, este foi baixo. A 100 metros, baixos teores foram obtidos na zona sul, e nas Est. 487 e 493 a ressurgência apresentou-se muito intensa. A 250 metros, a isolinha de PO_4 elevado (2.0 ug-at/L), situou-se na zona sul. Em resumo, uma área do alto PO_4 (maior que 1.5 ug-at/L) na zona sudeste, evidenciou-se das outras, com valores menores que 1.5 ug-at/L. Nas camadas de 500 e 1.000 metros, foram encontrados na zona este (Est. 484), altos valores, maiores que 2.5 ug-at/L.

Encontramos, também, nas camadas de 100 e 200 metros, uma discontinuidade evidente, tal como, as já observadas, em relação à Temperatura e à Salinidade.

6. Fósforo-Total (FIG. 13 e 14)

A distribuição horizontal de Fósforo-Total, apresentou um aspecto bem diferente do Fosfato-P, através de todas as camadas. Além disso, convém salientar, a grande diferença regional, relativa à todas as camadas. Valores altos, foram encontrados, na superfície da Est. 492 e nas camadas de 50 e 100 metros da zona sul (Est. 498), como também na Est. 487 (próxima do sul), onde através dos resultados de Temperatura e Densidade, notamos uma ressurgência de águas de profundidade moderada.

Na camada de 250 metros, os valores na zona sul, foram também altos. Podemos então afirmar, que nesta zona, embora não concordassem em todas as camadas, eles foram obtidos nas diversas Estações, correspondendo aproximadamente à área de baixo Oxigênio.

A distribuição vertical de Fósforo-Total, apresentou uma grande semelhança com a de Fosfato-P, a saber, uma discontinuidade na camada entre 100 e 200 metros, com um gradiente acentuado e os máximos valores nas camadas entre 700 e 1.000 metros aproximadamente.

7. Amônia-N

A distribuição vertical e horizontal da Amônia-N, apresentou um aspecto insignificante, em comparação com os demais elementos. Podemos atribuir, este fato, a presença ínfima, deste elemento no oceano, e a deficiência dos métodos de análise conhecidos. Além disto,

devemos considerar, que, no processo da decomposição da matéria orgânica, no que se refere ao Nitrogênio, a oxidação da Amônia, é bastante rápida, levando assim de pronto, aquél elemento, ao estado de Nitrato-N. Por esta razão, a distribuição vertical e horizontal da Amônia-N não pode ser apresentada em gráfico. A maioria dos valores apresentaram-se, entre 0,5 e 3 ug-at/L, com exceção de alguns que variaram entre 6,9 e 31 ug-at/L. Atribuimos êstes valores altos, a erros de medida, na impossibilidade da repetição da análise, pela falta de amostras.

Muitos valores, em tôdas as camadas, apresentaram-se entre 1,0 e 1,3 ug-at/L e suas diferenças verticais foram também pequenas.

8. *Nitrito-N* (FIG. 15)

Os valores significativos de Nitrito-N, obtidos através de tôda a coluna d'água, ocorreram sómente entre as Est. 496 e 499. Nas demais Estações, os mesmos apresentaram-se nulos, com exceção de alguns elevados entre as camadas de 50 e 100 metros aproximadamente, região esta, correspondente a termoclina superficial. Tal fenômeno, foi encontrado ,em observações oceanográficas, na região de Cabo Frio (1960), embora, não tenha sido observado, na região nordeste, no ano anterior, podendo-se atribuir isto, à falta de precisão do colorímetro usado em 1959.

Devido ao baixo conteúdo de Nitrito-N, os resultados, não são suficientes, para uma boa compreensão da sua distribuição, visto que, apenas na distribuição vertical, foram observados valores altos, na camada correspondente a termoclina superficial.

9. *Nitrato-N* (FIG. 16 e 17)

A única concordância, na distribuição horizontal do Nitrato-N foi observada entre a superfície e 50 metros, notando-se aí altos valores nas zonas nordeste e sudeste, e baixos valores numa área intermediária, de noroeste e sudeste. A 100 metros, êles foram altos na zona norte, e baixos nas zonas sul e ocidental.

A 250 metros, altos valores foram encontrados, nas zonas sudeste e a 500 metros nas zonas ocidental e oriental, respectivamente, e valores baixos a 1.000 metros na zona noroeste. Embora, os valores tenham sido baixos nas camadas acima de 100 metros, aumentaram consideravelmente de 100 a 200 metros, atingindo os máximos de 200 a 1.000 metros, decrescendo ligeiramente nas camadas mais profundas.

Em resumo, as isolinhas de Temperatura, Salinidade e Densidade nas secções verticais, permaneceram paralelas, através de tôda a coluna de água, com pequenas diferenças regionais nos diversos valores. Por outro lado, embora as isolinhas de O₂ e elementos nutritivos, apresentassem a mesma horizontabilidade, nas camadas, acima de 400 metros, tornaram-se mais irregulares nas camadas mais profundas, indi-

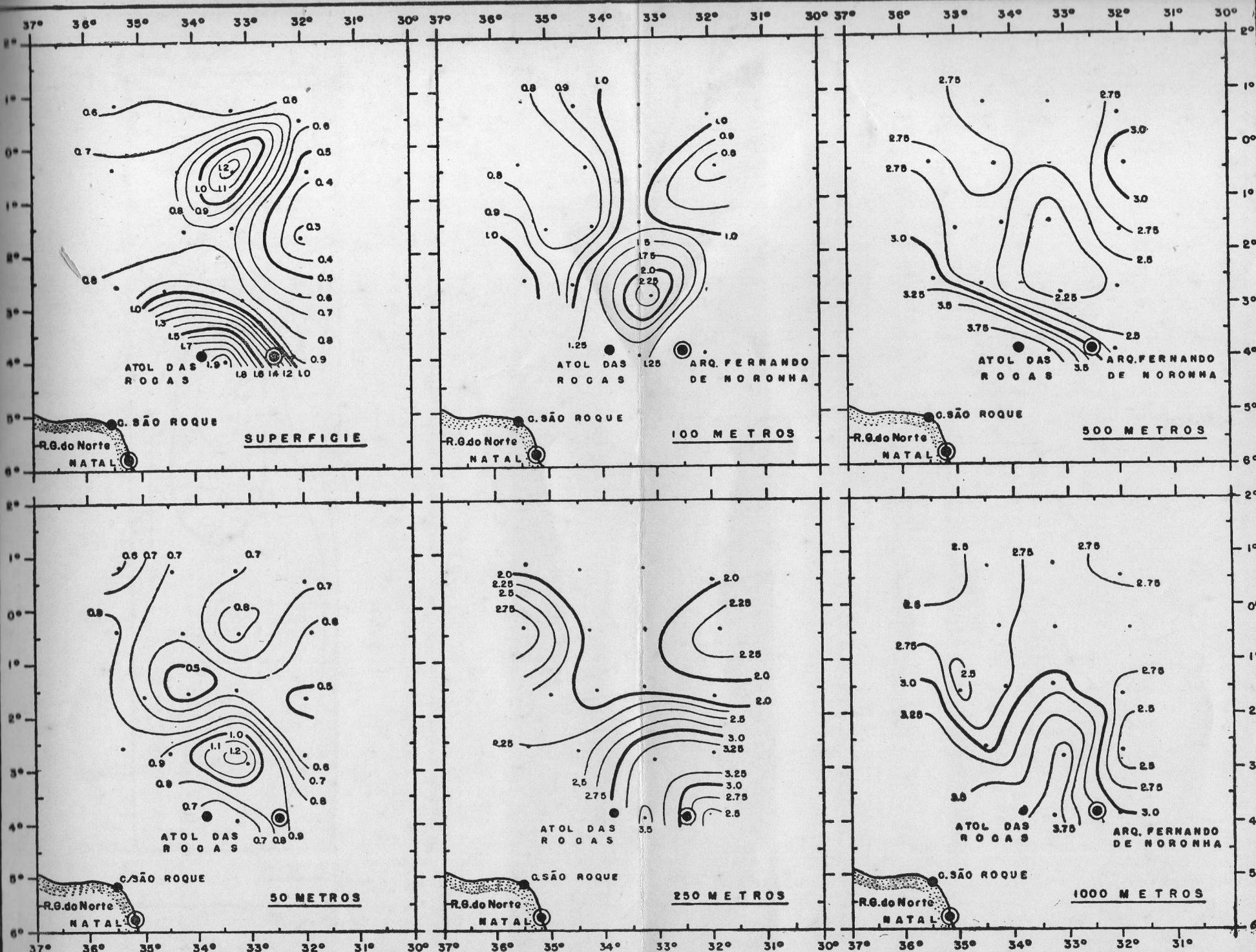


FIG. 13 — Distribuição horizontal do Fósforo — Total.
Horizontal distribution of Total Phosphorus.

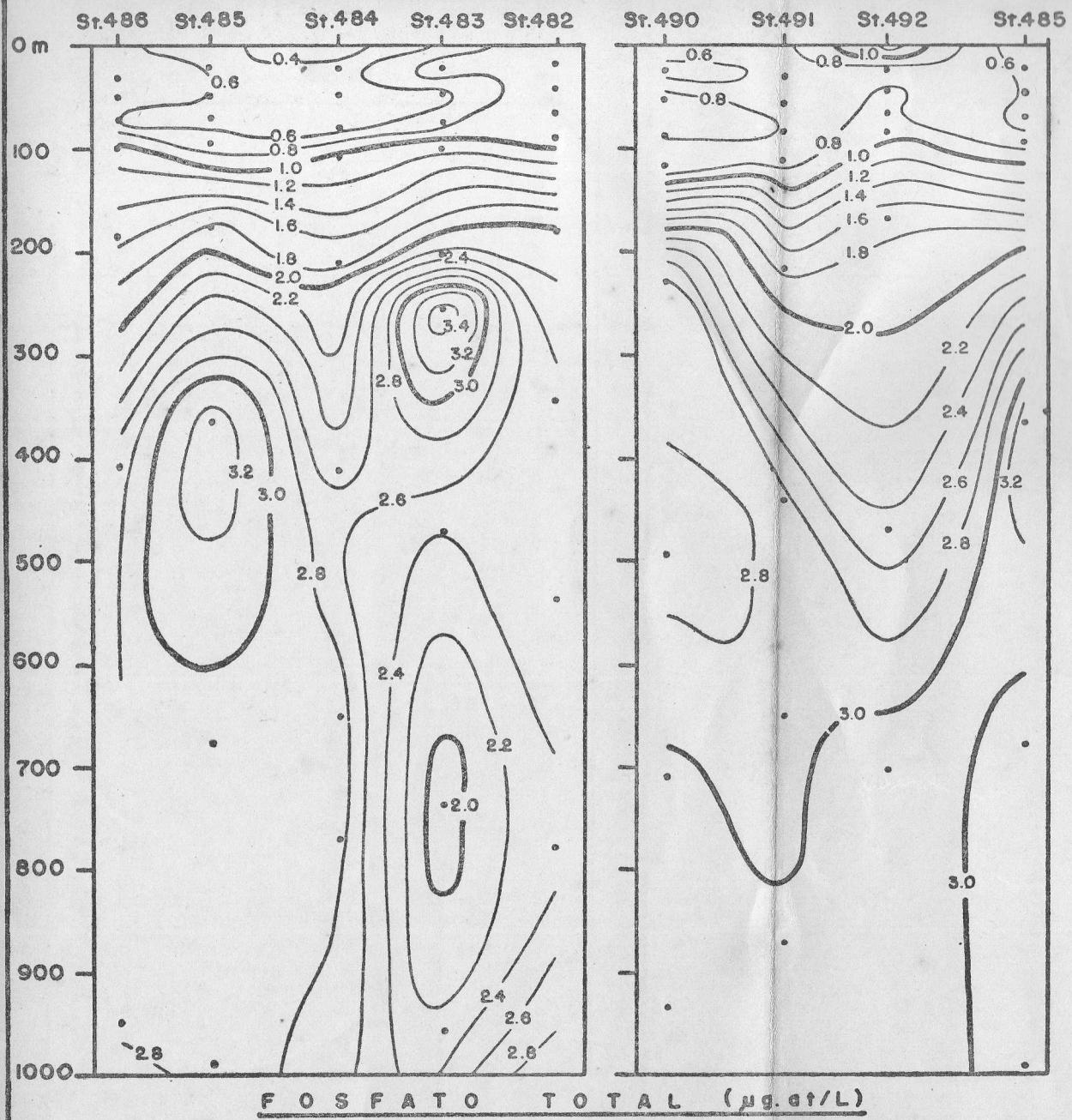


FIG. 14 — Distribuição do Fósforo — Total em secções verticais.
Distribution of Total Phosphorus in vertical sections.

N I T R I T O - N - (ug.at/L)

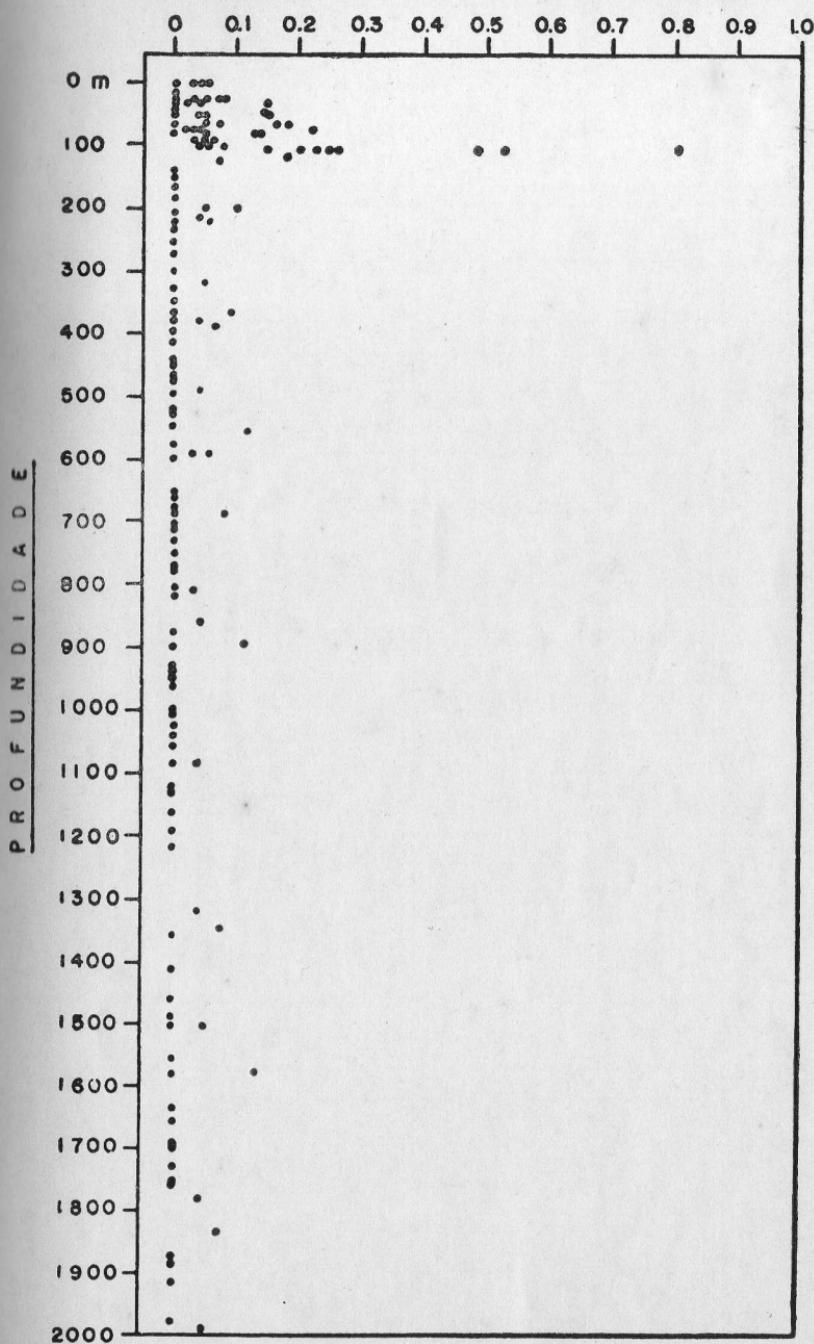


FIG. 15 — Distribuição vertical do Nitrito — N.
Vertical distribution of Nitrite — N.

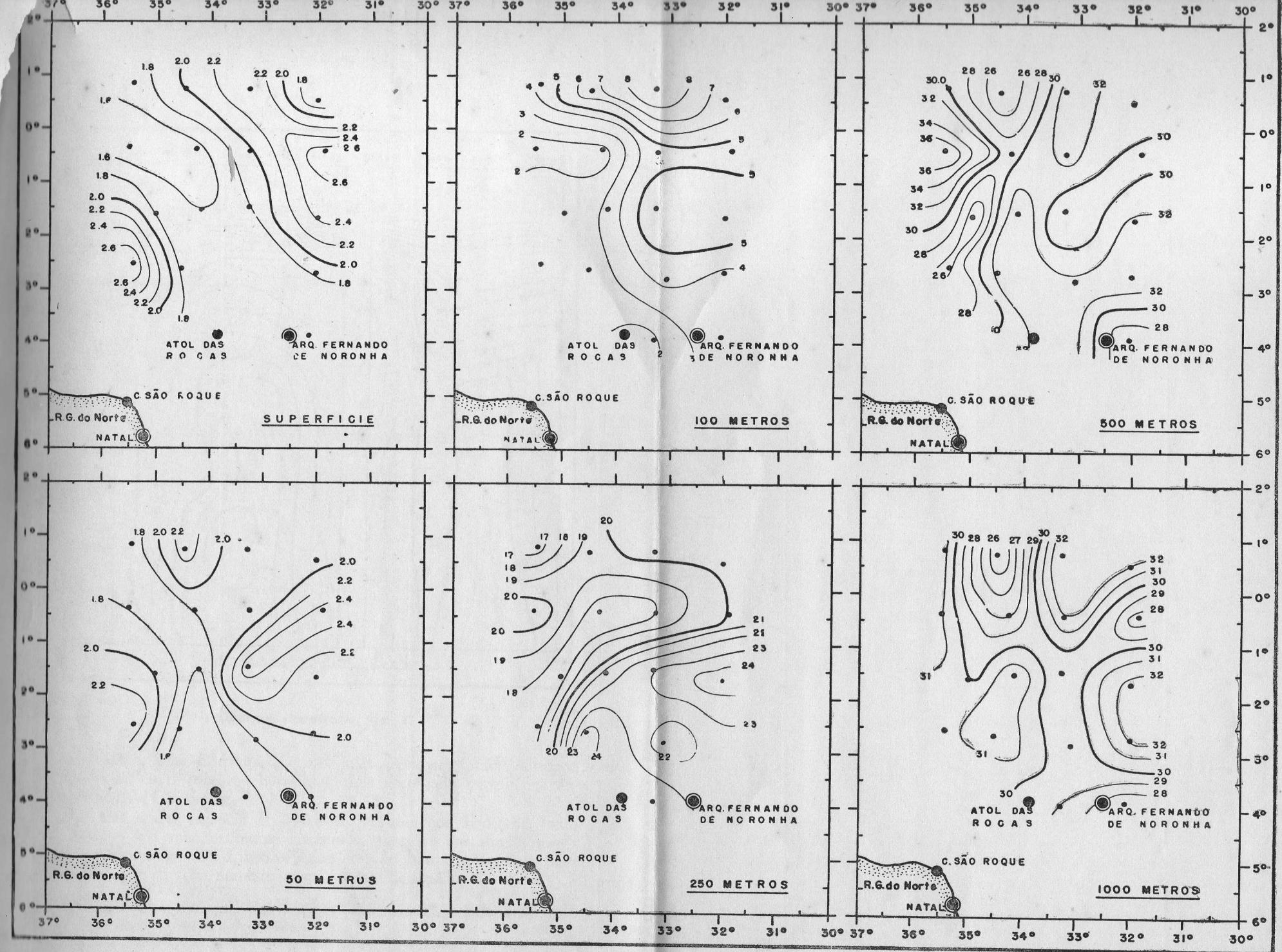
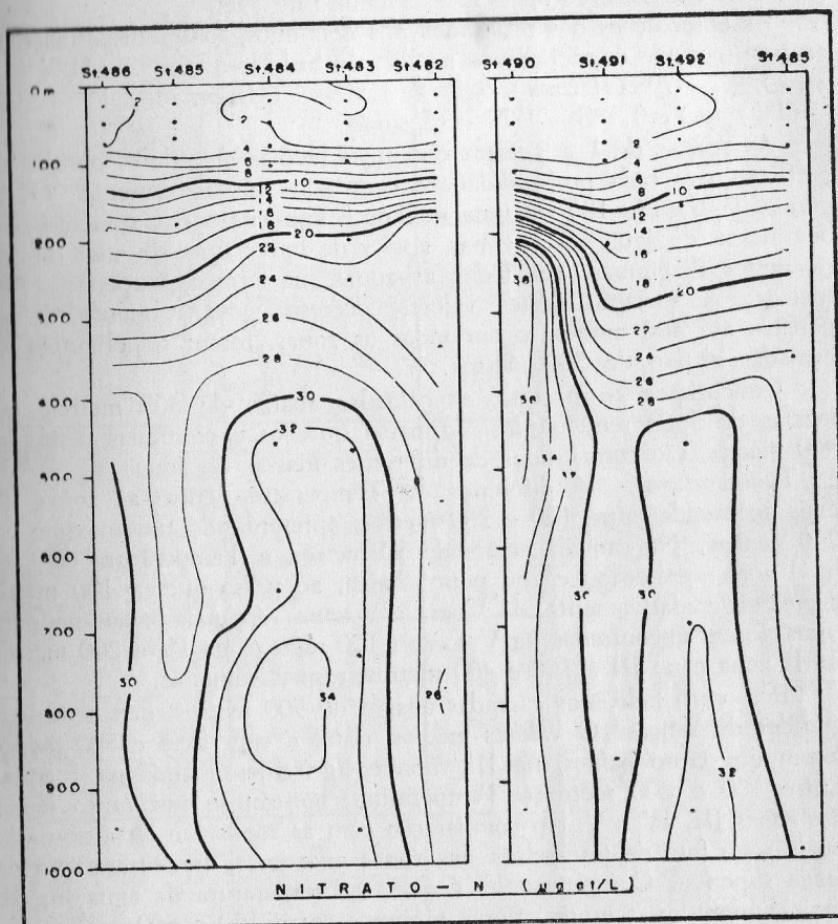


FIG. 16 — Distribuição horizontal do Nitrato — N.
Horizontal distribution of Nitrate — N.



Algumas Condições. Fig. 17

cando assim, uma diferença regional mais acentuada nestas últimas. Observa-se, na distribuição horizontal, uma acentuada semelhança entre Nitrato-N e Fosfato-P.

Na área de ressurgência das águas de profundidade moderada, tanto o Nitrato-N, como os outros elementos, apresentaram altos valores. Na zona sudeste, a 250 metros, os valores de Nitrato-N foram mais elevados, que da zona noroeste, como no caso de Fosfato-P.

B. COMPARAÇÃO DE OBSERVAÇÕES REALIZADAS EM 1959 (Outubro) e 1960 (Setembro)

Para uma melhor compreensão, das propriedades da água do mar,

na área nordeste do Brasil, confrontaremos os resultados das observações, realizadas em Outubro de 1959 e Setembro de 1960.

As observações dos resultados nos dois anos, foram dispostas em 5 grupos, segundo os meridianos na direção Sul-Norte. $13^{\circ} - 11^{\circ}\text{S}$ — (I zona), $9^{\circ} - 7^{\circ}\text{S}$, (II zona), $5.3^{\circ} - 3.5^{\circ}\text{S}$ — (III zona), $2.5^{\circ} - 1.5^{\circ}\text{S}$ — (IV zona) e $0.5^{\circ}\text{S} - 1^{\circ}\text{N}$ — (V zona).

As tabelas de 1 a 9, representam as médias de valores obtidos dos gráficos, para cada profundidade e cada zona respectivamente. O diagrama T-S (Fig 18) dá uma melhor compreensão das características, das massas de água nestas zonas, apesar de haver uma singular diferença nestes diagramas, em tôdas as zonas, na camada superior a 100 metros. A variação destes valores, decresce gradativamente da superfície até 400 metros, e em tôdas as zonas, foram semelhantes nas camadas abaixo de 500 metros.

Concluimos assim, que, as camadas abaixo de 500 metros, tem massas de água semelhantes, ao passo que, as encontradas acima de 400 metros, são constituídas de diferentes massas de água.

1. *Temperatura* — A diferença de Temperatura entre as zonas, foi mais acentuada entre 100 e 300 metros, apresentando um máximo aos 200 metros. Na camada acima de 50 metros, a Temperatura da água na I zona apresentou-se um pouco baixa, ao passo que, a 100 metros decresceu gradativamente, da I para a V zona. As mais baixas temperaturas, foram encontradas na V zona a 100 metros, na IV a 200 metros, na II zona e na III a 300 e 400 metros, respectivamente.

Por outro lado, nas camadas abaixo de 500 metros, não ocorreram grandes diferenças. Os valores médios, entre a superfície e 500 metros foram um tanto baixos, na III zona e ligeiramente altos na I zona. Entre 100 e 200 metros, a Temperatura, mostrou-se um tanto baixa, nas zonas III, IV e V, em comparação com as zonas I e II, atribuindo-se isto, ao fato da termoclinia nas zonas anteriores, encontrar-se na camada superior. O interessante, é que, a Temperatura da água, na III zona, apresentou sempre valores mínimos entre 100 e 600 metros.

2. *Salinidade* — Da superfície aos 100 metros, notou-se uma acentuada variação de Salinidade e uma pequena variação de Temperatura, entre as diversas zonas, ao passo que, entre 200 e 400 metros não foi tão grande como na camada acima, embora a diferença de Temperatura tenha sido maior. Nas camadas superiores a 500 metros, a Salinidade aumentou de norte para sul, (Tabela 2), não ocorrendo o mesmo, nas camadas mais baixas. Obteve-se um mínimo a 700 metros e um máximo a 100 metros.

3. *Oxigênio* — Em geral, o Oxigênio apresentou, uma grande diferença, entre 200 e 700 metros, nas diversas zonas. Notou-se, que, a camada superior a 50m, apresentou valores consideravelmente altos, nas zonas IV e V, em relação às zonas I, II e III cujos valores de saturação, mostraram-se maiores que 100% (supersaturação). Além disso, as percentagens de saturação, na II zona entre 300 e 1.200 metros, foram menores que nas demais. Os valores médios, nas camadas superiores a 500

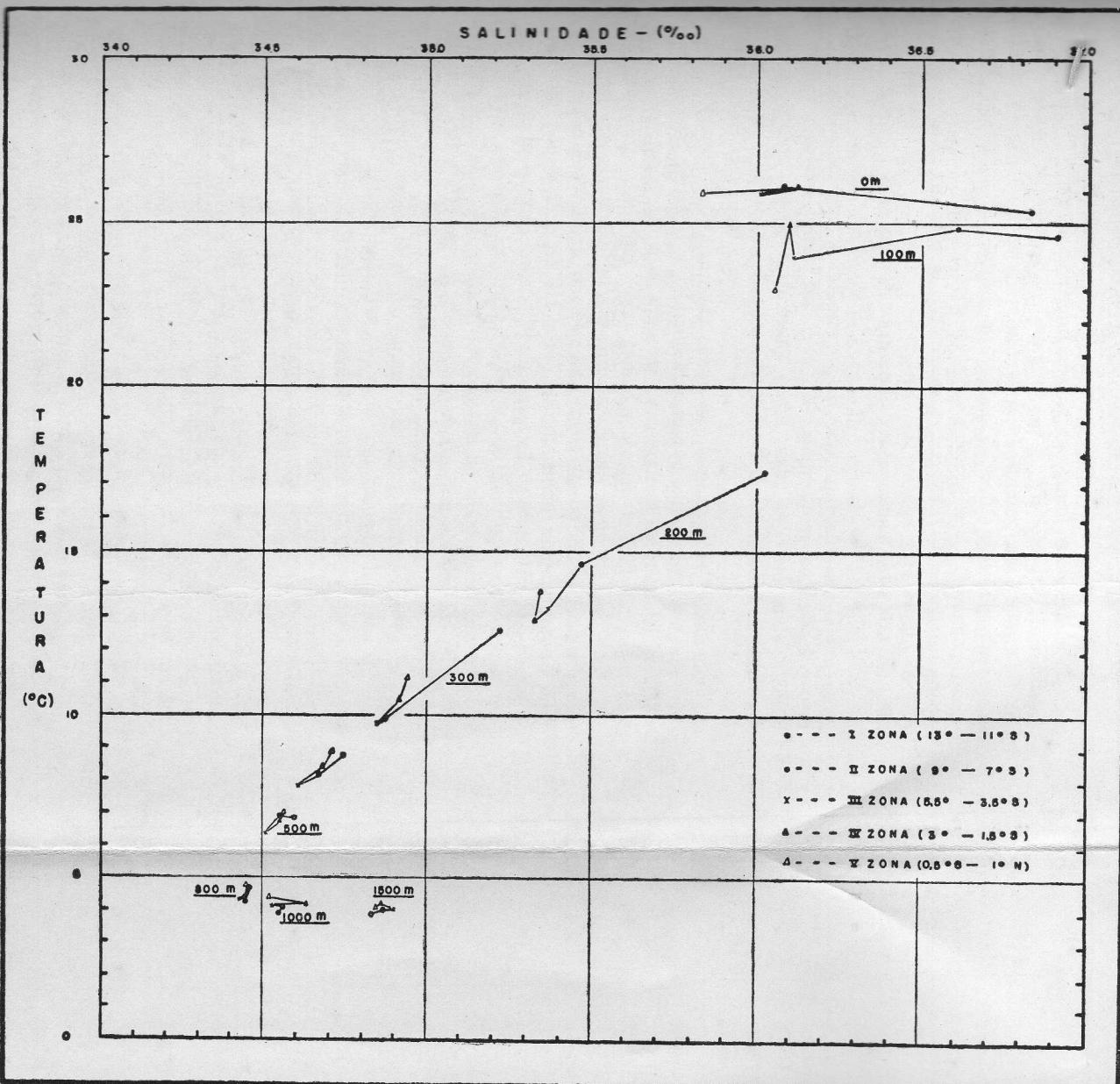


FIG. 18 — Diagrama de Temperatura — Salinidade (T-S) nas cinco zonas.
 Temperature — Salinity diagram (T-S) in the five zones.

metros, nas zonas II e III mostraram-se menores, que os de todas as outras zonas. Os valores mínimos, foram encontrados entre 300 e 500 metros em todas as zonas.

4. Fosfato-P — Para os elementos nutritivos, foram estabelecidas, apenas quatro zonas, não existindo, portanto, a V. Embora não tenha ocorrido uma grande diferença entre elas, os valores de Fosfatos-P, na camada acima de 50 metros, nas zonas IV e V, apresentaram-se um tanto baixos. De uma maneira geral, os valores baixos, foram encontrados na camada superior a 100 metros e a camada de discontinuidade, apresentou-se de 100 para 200 metros. Os valores altos foram obtidos entre 500 e 1.000 metros, ocorrendo os máximos aos 800 ou 900 metros.

Observou-se, que, os valores na II zona, apresentaram-se um tanto altos nas camadas entre 300 e 1.200 metros, em comparação, com todas as outras zonas. Entretanto, como pode ser visto mais adiante, os valores de Fósforos — Total e Nitrato na II zona, não apresentaram grandes diferenças das outras.

5. Fósforos-total — Na camada acima de 50 metros, os valores de Fósforo-Total nas zonas II e III, apresentaram-se um tanto altos, em relação aos das zonas IV e V embora as diferenças entre todas, tenham sido geralmente pequenas. Nas camadas abaixo de 100 metros, o Fósforo-Total nas zonas III e IV mostrou-se frequentemente alto.

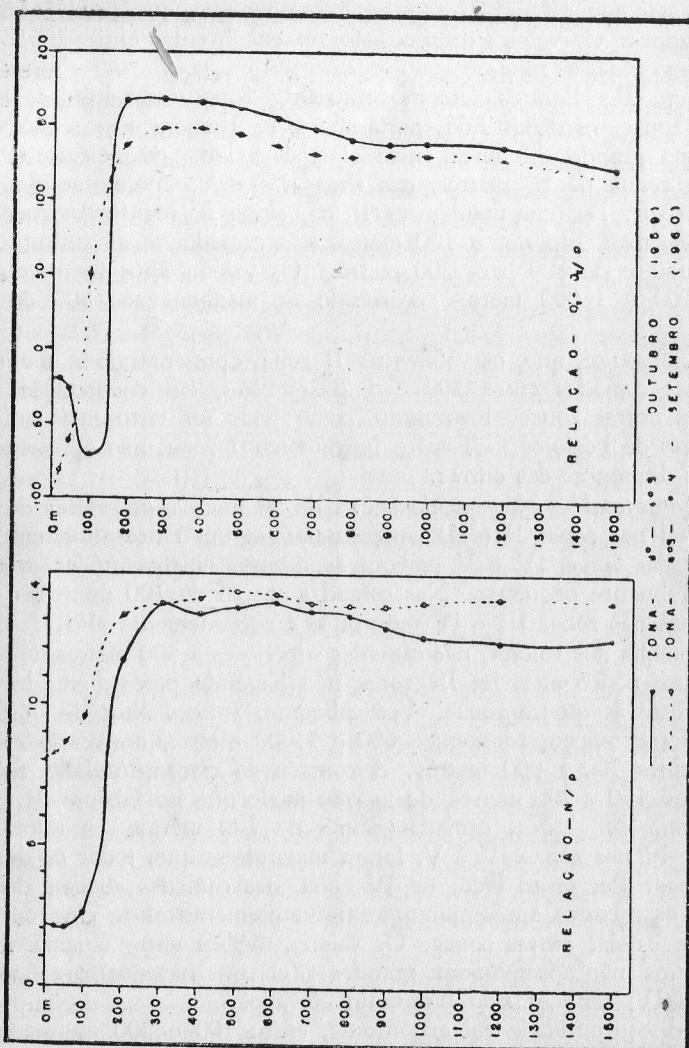
A média dos valores, nas camadas superiores a 500 metros, apresentou-se um pouco alta, na III zona, não havendo porém, grande diferença entre as quatro zonas. Verticalmente, valores altos de Fósforos-Total foram encontrados entre 600 e 1.000 metros, ocorrendo os máximos entre 700 e 900 metros. A camada de discontinuidade, foi obtida entre 100 e 200 metros, do mesmo modo que no Fósforo-P.

6. Nitrato-N — Nas camadas acima de 100 metros, os valores de Nitrato-N nas zonas IV e V, foram mais altos, que, todos os das outras zonas. Por outro lado, na IV zona, nas camadas abaixo de 200 metros, os mesmos apresentaram-se frequentemente altos, em comparação com os das outras zonas. Os valores médios entre a superfície e 500 metros, não apresentaram grandes diferenças nas quatro zonas embora na IV, tenham sido um tanto elevados.

A discontinuidade foi encontrada, entre 100 e 200 metros e entre 400 e 1.000 metros encontramos em todas as zonas, valores altos. N/P — A distribuição vertical da relação N/P, é apresentada na Fig. 19 e na Tabela 8. N/P representa a média dos valores obtidos dos gráficos, a vários níveis, em Outubro de 1959 e Setembro, de 1960.

Como é evidente, na Tabela 8 e na Figura 19, a relação N/P em 1960, apresentou-se sempre com valores elevados, exceto a 300 metros. Nas camadas abaixo de 200 metros, notamos especialmente, uma grande diferença, embora, os valores entre 300 e 800 metros, tenham se mostrado aproximados.

Esta elevação de 1960, é atribuída aos valores altos de Nitrato-N, apesar de não haver grande diferença de Fosfato-P, entre os dois anos.



Algumas condições Oceanográficas. Fig. 19.

Entretanto, não podemos afirmar que a diferença de Nitrato-N, entre os dois anos, tenha significação, ou se ocorreram erros experimentais.

As relações N/P, obtidas pelos autores, mostraram-se mais baixas, que, as de outros trabalhos. (Relação de COOPER 15, Relação de RILEY 12-16). Isto pode ser atribuído, ao fato de, as análises de Fosfato-P, terem sido feitas em laboratório, após a viagem, onde valores elevados foram obtidos como resultado da liberação de algumas partes

do Fosfato-P, do Fósforo Orgânico, pelo antisséptico adicionado como preventivo da função bacteriológica.

Nas camadas abaixo de 200 metros, a relação N/P apresentou valores verticais constantes. Os pequenos valores encontrados acima de 200 metros, podem ser atribuídos, a mais ativa utilização de Nitrato-N na fotossíntese das plantas ou a mais rápida liberação do Fosfato-P na decomposição da matéria orgânica.

8. $O_2 - O_2/P$ — Em resumo, é interessante notar, que a relação $O_2 - O_2/P$ apresentou, nas camadas abaixo de 200 metros, uma variação vertical paralela, com pequenas diferenças entre ambos os anos. Também não apresentaram, estas diferenças, médias significativas entre ambos os anos. Nas camadas abaixo de 100 metros, as relações apresentaram valores negativos em 1960, isto causado, pelo fato de o Oxigênio ter apresentado supersaturação, em grande parte desta área em 1960.

Em comparação com as relações $O_2 - O_2/P$, encontradas em outros trabalhos (180 por COOPER e 235 por RICHARDS), os valores, baixos, por nós encontrados, podem ser atribuídos por muitas razões, às variações da relação N/P, descritas anteriormente. Vale-se notar, que, esta relação, manteve-se constante nas camadas abaixo de 200 metros.

IV. — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Devido, as observações nessa área terem sido restrinpidas, a uma região limitada, os resultados não são suficientes para uma melhor discussão das condições oceanográficas. Entretanto, algumas características podem ser discutidas a partir dos resultados obtidos. A camada entre a superfície e 50 metros, apresentou Salinidade e Densidade baixas na zona nordeste, podendo se atribuir à influência da água litorânea. Além disso, a Est. 492 apresentou valores bem baixos de O_2 (menos que 4.3 ml/L) e também altos valores de Fósforo-Total, embora o Fosfato-P e Nitrato-N, não tenham sido elevados. Pela localização desta Estação, entre 487 e 493, onde a ressurgência foi observada, os valores baixos de O_2 e os altos de Fósforo-Total, podem ser atribuídos a acumulação de matéria orgânica (especialmente plankton) e sua decomposição.

Através da citada camada, a zona leste apresentou valores relativamente altos, valescer do Fósforo-Total mostrar-se um pouco baixo. Portanto, não é bem claro, que, os valores altos de Oxigênio dissolvido, nesta zona, sejam causados pelos fatores bioquímicos.

É importante frisar, que, a distribuição horizontal dos vários elementos, a 100 metros, correspondeu à termoclinia superficial de muitas Estações. Na distribuição horizontal da Temperatura e da Densidade, uma distinta ressurgência das águas de profundidade moderada, observou-se nas Est. 487 e 493. Além disso, uma baixa Densidade indicando ressurgência, foi encontrada também na Est. 495, porém não se pronunciando tanto, em relação à Temperatura.

Refletindo a ressurgência da água profunda moderada, as Est.

487 e 493 apresentaram valores baixos de Oxigênio (menos de 4.2 ml/L) e valores altos de Nitrito-N, Fosfato-P e Fósforo-Total.

Embora, os resultados de 1959 mostrassem a existência de ressurgência na região em torno da Est. 499, em 1960 não foi observada. Em consequência, esta área pode apresentar, condições oceanográficas complicadas, devido talvez a presença de dorsos, que, poderiam modificar de intensidade as ramificações da corrente equatorial, e além disso, por ser perto da costa.

É interessante notar, que, a distribuição horizontal dos vários elementos, apresentou uma distinta diferença entre as zonas sudeste e nordeste, isto é: a primeira tem alta Densidade, baixa Temperatura, baixa Salinidade, baixo teor de Oxigênio dissolvido e altos valores de elementos nutritivos, em comparação com a ultima. Isto pode indicar, a existência de diferentes massas de água, em ambas as zonas.

Em todas as camadas, houve uma correlação negativa entre os valores de Oxigênio dissolvido e Fósforo-Total. Embora, uma grande parte dos valores T-S obtidos nesta área, estivessem incluídos na curva das massas d'água do Atlântico Sul, representada por Sverdrup, alguns valores mostraram alta Salinidade. Isto pode indicar, as massas de água características na região equatorial.

Da comparação dos resultados entre os dois anos (1959-1960), chegamos às seguintes conclusões:

A Temperatura e a Salinidade da água, na camada de 100 metros, mostraram uma tendência a aumentar do sul para o norte (região equatorial). Além disso, a quantidade de Oxigênio dissolvido na camada superior a 50 metros, apresentou uma grande diferença nos dois anos, visto que, em 1960 (4°S — 1°N), encontramos regiões com supersaturação, ao passo que, em 1959, esse valor nunca atingiu a saturação.

Por outro lado, em 1960, o Fósforo-Total e o Fosfato-P, apresentaram valores baixos, ao passo que, o Nitrito-N, mostrou-se alto, em relação a 1959. Entretanto, nas camadas abaixo mais ou menos de 500 metros, o Oxigênio dissolvido e os elementos nutritivos, como também, Temperatura e a Salinidade, não apresentaram grandes diferenças entre os dois anos (1959-1960). Convém também salientar, que, a camada de discontinuidade e seus máximos e mínimos, foram estabelecidos, mais ou menos, na mesma profundidade.

Nas camadas superiores, tal diferença nas condições oceanográficas, entre os dois anos, pode não sómente ser atribuída às diferenças regionais, como também, aos diferentes tempos de observação.

É importante salientar, a distribuição vertical do Nitrogênio-N. Isto é, valores elevados de Nitrito-N, foram frequentemente observados em torno dos 100 metros, correspondendo a termoclinia superficial e o Nitrito-N acusou elevação nas camadas inferiores a 200 metros, porém Amônia-N, não apresentou uma tendência clara, na distribuição vertical. Entretanto, o conteúdo de Nitrito-N, mostrou-se bem baixo, em comparação com as outras duas formas.

Assim, a existência de elevado valor de Nitrito-N, em torno dos

100 metros, pode indicar, a significação da existência de Nitrito-N, no oceano, isto é, a formação do Nitrito-N a partir da Amônia-N, através do Nitrito-N, pode-se processar relativamente rápida.

É interessante, que, a distribuição vertical das relações N/P e O₂—O₂/P, tenha apresentado diferença entre os dois anos, nas camadas entre a superfície e 200 metros, e, que também tenha sido mais ou menos constante, abaixo dos 200 metros. Entretanto, como já salientamos, estas relações mostraram-se baixas, em comparação com as obtidas por outros autores (COOPER, RICHARDS e RILEY). Embora os resultados da Est. 499, não tenha acusado, a existência da saliente ressurgência das águas de profundidades moderadas, em 1959, aproximadamente na mesma posição, ela ocorreu bem distinta.

Isto pode muito bem indicar, que, as condições oceanográficas nesta área, podem sofrer grande influência das mudanças sazonais e das condições meteorológicas.

A existência das ilhas e dorsos, podem afetar as condições oceanográficas nesta região, e podem provocar, a ressurgência das águas de profundidades moderadas. Como consequência desta ressurgência, as águas conduzem os elementos nutritivos necessários às plantas, para a zona eufótica e torna-se então, possível, o desenvolvimento de grandes populações de plantas.

Esta ressurgência, é de grande importância, para as condições pescueiras.

V. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Capitão de Fragata PAULO MOREIRA DA SILVA, Comandante do N. Oc. "ALMIRANTE SALDANHA" da Marinha de Guerra do Brasil, por sempre nos honrar com convites, para tomar parte nas pesquisas oceanográficas, realizadas pela Marinha, permitindo assim, nossa participação direta nessas missões. Estendemos ainda, nossos agradecimentos, aos Oficiais do referido navio, com quem sempre mantivemos, as melhores relações de amizade e de cooperação.

Somos gratos aos colegas, Dr. RAMON NÓBREGA e Dr. JÚLIO DE ARAÚJO, pela cooperação na discussão do presente manuscrito, como também ao Magnífico Reitor da Universidade do Recife, Prof. Dr. JOÃO ALFREDO DA COSTA LIMA, por nos ter permitido e a realização deste trabalho.

VI. SUMMARY

As a part of the searies of oceanographic work in Brasilian coastal waters, an observation cruise was made in September 1960, by the Brasilian Navy ship "ALMIRANTE SALDANHA", in which the authors were invited to participate.

The existence of the island and ridges lying in the area observed

bring about some complicated hydrographical conditions, such as, upwelling and convergence.

Distribution of various micro-nutrients, such as, Phosphate-P. Total-P, Nitrate-N, Nitrite-N and Ammonia-N, are discussed in connection with the general physical conditions.

Some aspects of the physical and chemical oceanography in this region, are described through a comparison with the results obtained in the previous investigations made in October 1959 (Okuda 1960).

It was notable that the mean ratios of N/P and of O₂—O₂/P in the water deeper than about 200 meters showed approximately uniform values and not so much difference between the two years.

VII. RESUMO

Como parte da série de trabalhos Oceanográficos, nas águas costeiras do Brasil, um cruzeiro de observação foi feito, em Setembro de 1960 , pelo Navio Oc. "ALMIRANTE SALDANHA" da Marinha Brasileira, no qual, os autores foram convidados a participar.

A existência de ilhas e rochedos, na área observada, ocasionam algumas complicadas condições hidrográficas tais como, ressurgência e convergência.

A distribuição dos micro-nutritivos, tais como, Fosfato-P, Total-P, Nitrito-N, Nitrito-N e Amônio-N, são discutidas, em relação com as condições físicas gerais.

Alguns aspectos de oceanografia física e química, nesta região, são descritos, através de uma comparação, com os resultados obtidos em investigações anteriores, feitas em Outubro de 1959, (Okuda 1960).

Foi notável, que, a média de relações de N/P e de O₂—O₂P, na água, em profundidades além de 200 metros, mostrou valores aproximadamente uniformes, e não muita diferença entre os dois anos.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- COOPER, L. H. N. (1938): Redefinition of the anomaly of the nitrate-phosphate ratio. *Marine Biol. Asn. U. K.*, 23(1), 179.
- Diretoria de Hidrografia e Navegação Marinha do Brasil (1960): Estudo das condições oceanográficas na região profunda a nordeste de Natal, Estado do Rio Grande do Norte DG-06-XI. (Escrito por Paulo Moreira da Silva).
- OKUDA, T. 1961): Chemical Oceanography in the South Atlantic Ocean, adjacent to north-eastern Brazil, *Trab. Inst. Biol. — Mar. e Ocean.* Vol. 2, n.^o 1.
- OKUDA, T. (1961): On the Oceanographical conditions in the coastal water of central Brazil, *Trab. Inst. Biol. Mar. Ocean.* Vol. 3 n.^o 1.
- RICHARDS, F. A. and VACCARO, R. F. (1956): The Cariaco Trench, an anaerobic basin in the Caribbean Sea Research, 3. p. 214-228.
- RILEY, G. A. (1951): Oxygen, phosphate, and nitrate in the Atlantic Ocean, *Bull. Bingham oceanogr. Coll.* vol. 13, 1-126.
- SVERDRUP, H. U., JOHNSON, M. W. and FLEMING, R. R. (1952): *The ocean*, 4th ed., Prention — Hall Inc. New York.

TABELA I.
TEMPERATURA (Média de valores obtidos dos gráficos de cada camada)

Prof. m	I (13 – 11°S)	II (9 – 7°S)	III (5,5 – 3,5°S)	IV (2,5°S – 1,5°S)	V (0,5°S – 1°N)	Diferença entre valor max. e min.
0	25.37	26.10	25.93	26.09	25.91	0.73
25	25.35	25.94	26.05	25.86	25.83	0.70
50	25.30	25.81	26.01	25.82	25.76	0.71
100	24.64	24.86	23.93	23.97	23.01	1.85
200	17.41	14.67	13.36	13.21	14.28	4.05
300	12.54	9.91	10.44	9.76	11.19	2.78
400	8.74	8.10	8.42	7.80	8.86	1.00
500	6.78	6.86	6.68	6.37	7.06	0.69
600	5.80	6.03	5.48	5.42	6.01	0.61
700	4.66	5.05	4.68	4.77	5.13	0.54
800	4.22	4.56	4.31	4.31	4.74	0.52
900	4.03	4.42	4.51	4.14	4.24	0.48
1000	3.92	4.06	4.23	4.10	4.35	0.43
1200	3.87	4.03	4.22	4.13	4.20	0.35
1500	3.90	4.00	4.14	4.00	4.01	0.24
Média de 0–500m	15.91	15.08	14.83	14.51	15.05	1.40
N.º de Estação	15,	11,	8,	10,	8,	

TABELA 2.

SALINIDADE (Média de valores intermediários dos gráficos de cada camada)

Prof. m	I (13 – 11°S)	II (9 – 7°S)	III (5,5 – 3,5°S)	V (2,5°S – 1,5°S)	V (0,5° – 1°N)	Diferença entre valor max. e min.
0	36.83	36.08	36.01	36.12	35.83	1.00
25	36.86	36.11	35.99	36.09	35.85	1.01
50	36.90	36.19	36.02	36.13	35.95	0.95
100	36.91	36.61	36.11	36.15	36.03	0.88
200	36.03	35.47	35.37	35.28	35.35	0.75
300	35.22	34.87	34.85	34.95	34.99	0.37
400	34.74	34.67	34.61	34.69	34.74	0.13
500	34.59	34.55	34.51	34.56	34.56	0.08
600	34.46	34.49	34.44	34.49	34.49	0.05
700	34.44	34.45	34.42	34.45	34.44	0.02
800	34.45	34.46	34.43	34.45	34.45	0.03
900	34.49	34.50	34.48	34.53	34.48	0.05
1000	34.55	34.56	34.53	34.63	34.52	0.11
1200	34.68	34.74	34.70	34.75	34.74	0.07
1500	34.83	34.87	34.90	34.86	34.85	0.07
Média de 0–500m	35.72	35.38	35.24	35.29	35.25	0.48
N.º de Estação	15,	11,	10,	8,	8,	

TABELA 3

OXIGÉNIO ml/L (Média de valores intermediários dos gráficos de cada camada)

Prof. m	I (13 – 11°S)	II (9 – 7°S)	III (5,5 – 3,5°S)	IV (2,5°S – 1,5°S)	V (0,5° – 1°N)	Diferença entre valor max. e min.
0	4.42	4.41	4.43	4.74	4.82	0.41
25	4.43	4.42	4.40	4.71	4.76	0.36
50	4.44	4.41	4.37	4.67	4.68	0.31
100	4.39	4.39	4.10	4.29	4.32	0.29
200	3.88	3.15	3.06	3.30	3.79	0.73
300	3.38	2.59	2.95	3.13	3.24	0.79
400	3.05	2.39	2.73	3.13	3.15	0.76
500	3.15	2.41	2.91	3.35	3.11	1.01
600	3.35	2.75	3.32	3.73	3.28	0.98
700	3.53	3.09	3.52	3.80	3.46	0.75
800	3.66	3.41	3.58	3.80	3.57	0.39
900	3.76	3.54	3.65	3.76	3.63	0.22
1000	4.12	3.67	3.73	3.80	3.81	0.45
1200	4.07	3.97	4.05	4.10	4.28	0.31
1500	4.71	4.77	4.85	4.72	4.93	0.22
Média de 0–500m	3.71	3.21	3.36	3.66	3.74	0.52
N.º de Estação	15,	11,	10,	8,	8,	

TABELA 4.

OXIGÉNIO – SATURAÇÃO % (Média de valores intermediários dos gráficos de cada camada).

Prof. m	I (13 – 11°S)	II (9 – 7°S)	III (5,5 – 3,5°S)	IV (2,5°S – 1,5°S)	V (0,5°S – 1°N)	Diferença entre valor max. e min.
0	97,5	97,8	97,9	105	106	8,5
25	97,7	97,5	97,7	105	105	7,5
50	98,0	97,1	96,1	104	103	7,9
100	95,0	95,4	86,6	95,9	91,3	8,4
200	74,3	58,4	55,5	60,0	68,4	8,8
300	60,1	42,8	48,2	52,0	57,0	7,3
400	49,4	37,7	43,6	49,3	50,4	12,7
500	49,0	35,8	45,3	50,6	47,8	14,8
600	50,3	41,1	48,5	53,6	49,1	12,5
700	51,4	45,2	50,7	54,5	50,6	9,3
800	52,5	48,5	50,8	53,8	51,5	5,3
900	53,2	49,8	51,4	53,6	51,9	3,8
1000	54,1	51,7	52,5	54,0	56,6	4,9
1200	57,9	56,4	57,4	58,5	61,0	4,6
1500	65,6	67,1	68,4	67,0	69,9	4,3
Média de 0–500m	70,9	61,3	62,9	68,1	70,2	9,6
N.º de Estação	15,	11,	10,	8,	8,	

— 20 —

TABELA 5.

FOSFATO INORGÂNICO (Média de valores intermediários dos gráficos de cada camada).

Prof.	II (9 – 7°S)	III (5,5 – 3,5°S)	IV (2,5°S – 1,5°S)	V (0,5 – 1°N)	Diferença entre valor max. e min.
0	0,33	0,37	0,26	0,29	0,11
25	0,33	0,36	0,26	0,24	0,12
50	0,34	0,35	0,23	0,28	0,12
100	0,39	0,48	0,47	0,45	0,09
200	1,27	1,34	1,39	1,14	0,25
300	1,82	1,67	1,76	1,62	0,20
400	2,10	1,92	1,96	1,96	0,18
500	2,31	2,08	2,09	2,15	0,23
600	2,27	2,08	2,16	2,21	0,19
700	2,31	2,15	2,22	2,28	0,16
800	2,35	2,22	2,26	2,31	0,13
900	2,38	2,17	2,26	2,31	0,21
1000	2,28	2,11	2,21	2,23	0,17
1200	2,08	1,92	1,07	1,94	0,16
1500	1,70	1,59	1,85	1,61	0,26
2000	1,55	1,39	—	1,44	0,16
Média de 0 – 500m	1,37	1,31	1,32	1,27	0,10
N.º de Estação	11,	10,	8,	8,	

— 21 —

TABELA 6.

FOSFATO TOTAL (Média de valores intermediários dos gráficos de cada camada).

Prof.	II (9 – 7°S)	III (5.5 – 3.5°S)	IV (2.5 – 1.5°S)	V 0.5 – 1°S)	Diferença entre valor max. e min.
0	0,86	0,98	0,71	0,69	0,29
25	0,79	0,96	0,72	0,62	0,34
50	0,80	0,89	0,71	0,69	0,20
100	0,81	1,02	1,14	0,89	0,33
200	1,65	1,92	2,11	1,78	0,46
300	2,28	2,27	2,41	2,29	0,14
400	2,48	2,60	2,43	2,60	0,17
500	2,74	2,86	2,54	2,74	0,32
600	2,62	2,89	2,63	2,80	0,27
700	2,67	2,86	2,74	2,84	0,19
800	2,78	2,93	2,86	2,82	0,15
900	2,89	2,85	2,92	2,81	0,11
1000	2,75	2,74	2,92	2,69	0,23
1200	2,49	2,49	2,86	2,50	0,37
1500	1,98	2,06	2,69	2,13	0,71
Média de O–500m	1,80	1,94	1,89	1,83	0,14
N.º de Estação	11,	10,	8,	8,	

TABELA 7.

NITRATO (Média de valores intermediários dos gráficos de cada camada).

Prof. m.	II (9 – 7° S)	III (5.5 – 3.5°S)	IV (2.5 – 1.5°S)	V 0.5 – 1°N	Diferença entre valor max. e min.
0	0,66	0,78	1,9	1,90	1,24
25	0,62	0,67	1,8	1,80	1,18
50	0,64	0,69	1,9	1,90	1,26
100	0,70	2,88	3,9	4,9	4,20
200	14,8	16,8	18,1	15,2	3,30
300	26,3	21,8	23,4	21,9	4,5
400	27,7	26,7	27,6	26,9	1,0
500	28,9	27,9	30,1	30,0	2,2
600	29,5	28,4	31,3	30,0	2,9
700	30,4	29,8	31,8	29,8	2,0
800	30,9	29,3	32,2	29,7	2,9
900	29,6	28,2	31,7	29,9	3,5
1000	27,6	27,0	30,9	29,6	3,9
1200	24,8	24,4	28,1	26,7	3,7
1500	19,8	20,4	24,5	22,5	4,7
Média de 0 – 500m	16,5	16,1	17,5	16,8	1,4
N.º de Estação	11,	10,	8,	8,	

TABELA 8.

RELAÇÃO N/P (Média de valores intermediários dos gráficos de cada camada).

Prof. m.	II (9 - 7°S)	III (5.5 - 3.5S)	IV (2.5 - 1.5'S)	V (0.5°S - 1°N)	Diferença entre valor max. e min.
0	2.2	2.2	8.9	7.3	6.7
25	1.9	2.0	8.9	7.9	7.0
50	1.9	2.1	9.3	7.8	7.4
100	1.8	3.4	8.0	10.2	8.4
200	11.0	11.4	12.8	12.5	1.8
300	14.0	12.4	13.0	13.5	1.6
400	13.1	13.2	13.6	13.7	0.6
500	12.4	13.6	14.0	14.1	1.7
600	12.9	13.8	14.0	13.6	1.1
700	13.2	13.6	14.1	13.1	1.0
800	13.0	13.3	14.1	12.9	1.2
900	13.0	12.8	14.0	13.0	1.2
1000	12.2	12.8	13.9	13.4	1.7
1200	12.0	12.5	13.6	13.7	1.7
1500	11.7	13.0	13.2	13.6	1.9
Média de 0 - 500m	9.1	9.4	11.7	11.9	2.8
N.º de Estação	11,	10,	8,	8,	

TABELA 9.

RELAÇÃO O₂ - O₂/P (Média de valores intermediários de cada camada).

Prof. m.	I (9 - 7°S)	III (5.5 - 3.5°S)	IV 2.5°S - 1.5'S)	V (0.5°S - 1°N)	Diferença entre valor max. e min.
0	26,	20	87	-108	134
25	20,	26	69	-115	141
50	30,	45	54	-81	126
100	47,5	102	58	69	54,5
200	174	170	143	118	56
300	172	165	146	140	32
400	170	162	144	144	26
500	164	160	136	145	28
600	157	153	126	141	31
700	148	146	124	135	24
800	137,5	140	124	131	16
900	134	141	128	130	13
1000	135	141	130	129	12
1200	133	140	127	125	15
1500	122	123	113	110	13
Média de 0 - 500m	126	130	90	85	45
N.º de Estação	11,	10,	8,	8,	