# ESTUDO DA BARRA DAS JANGADAS

#### PARTE - I

# DISTRIBUIÇÃO E MOVIMENTO DA CLORINIDADE — QUANTIDADE DE CORRENTE

Taizo OKUDA e Ramon NÓBREGA

# I – INTRODUÇÃO

Nos arredores da Barra das Jangadas, embocadura dos rios Pirapama e Jaboatão, as águas dos mesmos exercem grande influência não sòmente sôbre os componentes químicos das águas do mar, como também sôbre a flora e a fauna daquela zona litorânea.

Os principais fatôres que acarretam a variação das condições físico-químicas das águas dos rios são: As águas de chuva e as descargas das uzinas existentes ao longo dos mesmos em determinadas épocas

do ano.

Pela observação da figura 2 podemos verificar a variação da quan tidade de chuva caida durante o verão e inverno, únicas estações existentes nesta região.

Por estas razões os estudos físico-químicos na Barra das Jangadas, foram realizados no período de 1 ano, compreendido de Junho de 1959

à Junho de 1960.

Além da determinação da Clorinidade e componentes químicos das águas, foi efetuada também a medida da quantidade de corrente. Apresentamos nêste trabalho a distribuição da Clorinidade em função da maré e quantidade de corrente.

### II - CONDIÇÕES GEOGRÁFICAS

Os rios Pirapama e Jaboatão, se cruzam no local denominado Barra das Jangadas, (Fig. 1) percorrendo ainda uma extensão de 2,5Km. até à embocadura.

Têm seu curso neste trêcho quase paralelo ao litoral, desembocando a uns 25 Km ao sul da cidade do Recife. Com uma largura de 170m e profundidade máxima de 5m aproximadamente, com a maré cheia.

# III – VARIAÇÕES NA TEMPERATURA DA ÁGUA

A temperatura máxima da água encontrada na Barra das Jangadas, é um pouco maior que a temperatura do ar nesta região, com excessão dos mêses de Janeiro e Junho.

Acreditamos que estas variações tenham sido motivadas não só pela diferença dos lugares onde foram medidas as temperaturas do

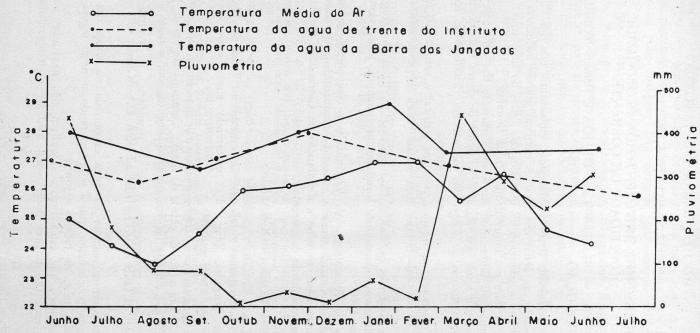


Fig. 2: Variação estacional das condições meteorológicas Seasonal variation of meteorological conditions Variations saissonniéres des conditions métérologiques

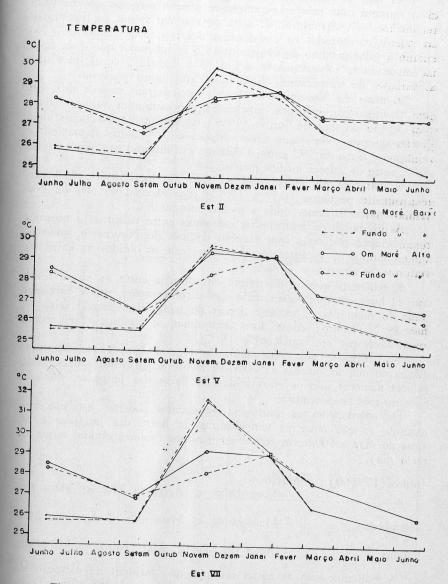


Fig. 3: Variação estacional da temperatura d'água Seasonal variation of water temperature Variation saisonniéres de la température de l'eau

ar e água respectivamente, mas também, devido a insolação, conforme Tabela I.

Pela Fig. 2 verificamos, que os valores médios das temperaturas do ar durante cada mês apresentaram-se sempre menores que os valores médios das temperaturas da água do mar em frente ao Instituto e aos valores encontrados na embocadura dos rios, respectivamente. No entanto o valor máximo da temperatura do ar foi maior que o da água na embocadura. Observando-se a Fig. 3 e Tabela I verificamos que as variações de temperatura durante um ano foram pequenas.

Os mêses de Novembro à Março, apresentaram valores altos em geral, enquanto que Junho e Setembro, apresentaram valores baixos com exceção do mês de Junho (1959) na baixamar. Nas mais altas ocorreu durante todo o ano uma variação de 7°C entre o máximo e o mínimo e cêrca de 5°C entre o máximo e o mínimo nas marés baixas

e 2°C entre os valores médios mensais.

As variações de temperatura da água no local do perfil, foram relativamente pequenas (0,5° à 1,8°C) com exceção do mês de Novembro com a baixamar onde a mesma atingiu 3°C.

As diferenças de temperatura existentes entre baixamar e preamar foram sempre pequenas com exceção do mês de Novembro, onde os valores obtidos na preamar foram maiores que os obtidos na baixamar conforme se observa na Tabela I.

Acreditamos que as diferenças encontradas entre as marés resultam da hora em que foram realizadas as observações, isto é baixamar antes do meio dia e preamar depois do meio dia, exceção feita no mês de Novembro. Além disto, atribuimos os seguintes fatos como responsáveis por esta variação:

— Verifica-se pela observação da Fig. 2 que as temperaturas d'água do mar localizadas a 500m em frente ao Instituto apresentaram valores menores que os encontrados na Barra das Jangadas, excessão

feita no mês de Setembro.

De acôrdo com os resultados encontrados podemos estabelecer a seguinte relação entre as temperaturas na Barra das Jangadas e na água do mar a 500m em frente do instituto (valores obtidos antes do meio dia).

Junho (1959-60). – Março –

- Maré baixa < Água do Mar < Maré alta

Setembro – Maré baixa < Maré alta < Água do Mar

Janeiro – Água do Mar < Maré baixa < Maré alta

Acreditamos que as águas do mar não influem na elevação de temperatura das águas do rio, entretanto, não podemos afirmar com certeza devido a observação ter sido feita em dias diferentes.

2 — Nas observações feitas durante a maré vazante em Junho de 1959 encontramos na baixamar depois do meio dia, resultados que de-

TABELA A - I -

Temperatura da água Water temperature Température de l'eau.

Mês	Dia	MARÉ BAIXA				MARÉ ALTA				   Diferença
		Max. (a)	Min. (b)	Média (A)	Dif.	Max (c)	Min.   (d)	Média   (B)	Dif.   cd	А-В
Junho	17	25.9	25.9	25.7	0.5	28.9	28.0	28.3	0.9	- 2.6
Setembro	14	25.7	25.2	25.5	0.5	27.0	26.4	26.7	0.6	- 1.2
Novembro	23	31.7	28.7	29.9	3.0	29.7	27.9	28.5	1.8	1.4
Janeiro	25	29.4	28.3	28.7	1.1	29.3	28.6	28.9	0.7	- 0.2
Março	7	27.1	26.2	26.6	0.9	27.8	27.2	27.5	0.6	- 0.9
Junho	21	25.9	24.8	25.0	1.1	27.7	25.9	26.9	1.8	- 1.9

- 179 -

feriram de 1,5°C para mais, que os valores encontrados antes do meio dia com a preamar.

3 — No mês de Novembro, as medidas de temperatura feitas antes do meio dia com a preamar foram menores que as encontradas depois do meio dia com a baixamar. Por outro lado, as medidas feitas no dia 27/11 depois do meio dia com preamar apresentaram valores maiores que os encontrados pela manhã com baixamar.

Chegamos a conclusão que as diferenças de temperatura encontradas entre as marés, embora pequenas, são devidas mais a diferença das horas em que foram feitas as medidas que a diferença de temperaturas existentes entre água do mar e água doce.

## IV – PENETRAÇÃO DA CLORINIDADE A PREAMAR

Para verificação do limite da penetração da água do mar no rio procuramos fazer tôdas as observações no início da hora prevista para maré alta.

Todavia, as observações realizadas no mês de Setembro foram iniciadas um pouco mais cêdo e no mês de Março um pouco mais tarde.

Dêste modo os resultados obtidos nêstes dois mêses não nos deram valores precisos para a discussão sôbre a penetração das águas do mar.

Nos mêses de Novembro e Janeiro em que há uma ausencia quase total de chuvas, obtivemos altos valores de Clorinidade em tôdas as camadas das Est. I, II e III e nas camadas mais profundas das Est. IV e VI, enquanto valores muito baixos na camadas superficial das Est. IV e VI, e também tôdas as camadas das Est. V e VII, situadas no curso inferior dos dois rios.

Durante o mês de Janeiro, verificou-se que a água do mar (Clorinidade — 20%) penetrou ao longo dos dois rios. Dêste modo a diferença do limite de penetração verificado nêstes dois mêses, em que há uma ausência quase total de chuvas, é devido as diferentes alturas de marés. (1,60m em 23/11 e 2,10m em 25/1).

Já no mês de Março, devido a grande quantidade de chuvas (174mm) a água do mar penetrou sòmente até a Est. II (tôdas as camadas).

Não obtivemos maiores valores de Clorinidade, talvez em consequência não sòmente da grande quantidade de chuva, mas também da preamar, por haver sido nêste dia (7/3), de apenas 1,5m e também as observações que não foram realizadas na hora exata da preamar.

No mês de Junho (1959-60), que corresponde a estação de chuvas, a água do mar atingiu na preamar as camadas mais profundas do curso inferior dos dois rios, no entanto em Junho de 1960 a Clorinidade atingiu sòmente até o encontro dos mesmos.

Poderemos comparar êstes resultados (Junho 1959) com os encontrados em Novembro 1959, (estação sêca). Atribuimos esta semelhança a diferença da altura das marés altas.

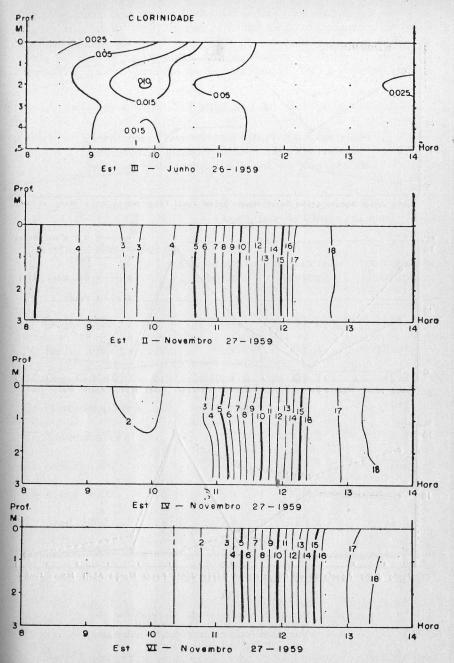


Fig. 5: Variação de clorinidade durante as marés vazantes e enchente Variations of chorinity during ebb and flow tides Variation de la chlorinité pendant la marée basse et la marée haute

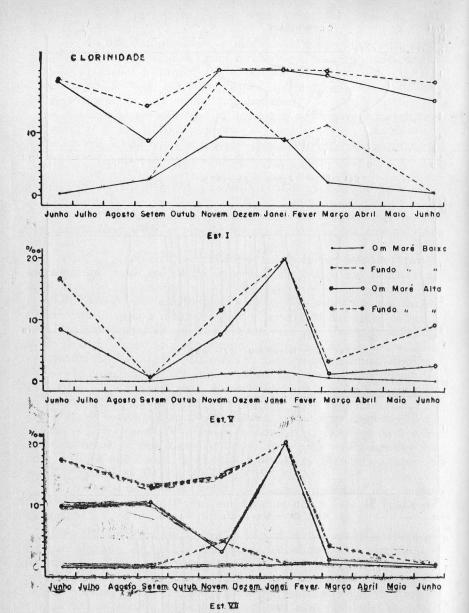


Fig. 6: Variação estacional da clorinidade Seasonal variation of clorinity Variation saisonniéres de la chlorinité

Por outro lado, os resultados das observações durante as marés vazantes em junho 1959 na Est. III, apresentaram pequenas variações de Clorinidade, de 0,02º/oo à 0,10º/oo em virtude da grande quantidade de chuvas caidas antes das observações (Tabela 2), apesar da variação entre as alturas das marés baixamar (0.5m) e preamar (1,9m).

#### TABELA 2.

Resultados Pluviometricos antes da Observação Pluviometric quantity before the Observation Resultats pluviométriques avant les observations

	Quantidade de Chuva em mm.					
· Datas de observação	3 dias antes da observação	5 dias antes da observação	10 dias antes da observação			
17 Junho 1959	28.6	55.1	112.5			
26 Junho 1959	39.8	132.2	182.4			
14 Setembro 1959	17.4	21.2	41.8			
23 Novembro 1959	0	0	1.2			
27 Novembro 1959	0	1.2	0			
25 Janeiro 1960	0	19.5	22.0			
7 Março 1960	176.8	176.8	176.8			
12 Abril 1960	8.2	18.2	21.9			
21 Junho 1960	31.2	31.2	112.9			

Por outro lado, na maré enchente em Novembro encontramos altos valores para a Clorinidade ao longo do curso inferior dos dois rios, devido ao alto nível da preamar (2.10m). e à escassez de chuvas (Fig. 5).

Concluimos destas observações que o limite de penetração das águas do mar no rio, depende da altura das marés altas e do cresci-

mento das águas dos rios pelas chuvas. Verificamos que na estação chuvosa, as águas do mar durante a preamar penetram até o encontro dos dois rios enquanto no período de sêca até as Estações V e VII, ambas situadas já no curso inferior dos mesmos.

Constatamos ainda que após chuvas torrenciais as águas do mar

mal penetram na embocadura do rio.

# V – VARIAÇÃO MENSAL DA CLORINIDADE

Torna-se difícil uma discussão da distribuição da Clorinidade na área estudada, uma vez que pelos fatores, tais como, variação nas alturas das marés e chuvas caidas, tornaram muito irregular sua variação.

Em geral, quer na preamar, quer na baixamar, a Clorinidade diminue gradualmente a partir da embocadura no sentido ascendente do

curso dos rios.

Tivemos como excessão os resultados do mês de Janeiro, onde os valores apresentaram-se aproximadamente iguais em tôdas as Estações.

Quanto as variações verticais, encontramos valores mais elevados

nas camadas superficiais, principalmente nas marés altas.

As variações de Clorinidade entre os mêses, foram pequenas nas Estações I e II apresentando-se mais acentuada nas demais estações.

# VI - MEDIDA DA VELOCIDADE DE CORRENTE

As medidas foram realizadas no dia 12/4/60, de 6;00 às 17;30 horas, ao longo de uma secção transversal escolhida, próximo à embocadura, e usando-se o correntometro de ECKMAN-MERZ. As medidas foram feitas em 5 Estações (a, b, c, d, e,) escolhidas na secção transversal e em camadas situadas a 20% e 70% da profundidade de cada Estação. Fig. 7

Estivemos 7 vêzes em cada Estação com intervalos de tempo de uma hora. Pela Fig. 8 se poderá verificar que as variações de Clorinidade e Velocidade das Correntes foram relacionadas ao período de uma maré.

De acôrdo com as "TÁBUAS DE MARÉS" tivemos para o dia 12/4/60: Preamar às  $16;40\,h-(2.40m)$  e Baixamar às  $10;25\,h-(0,1m)$ .

A variação dada pela Tábua do Porto do Recife era 2,50m, e a variação encontrada no local pela observação foi apenas de 1,40m entre baixamar (12,41 h) e preamar 17,40 h) uma vez que no local da Barra das Jangadas, a maré tem aproximadamente uma hora de atrazo na maré alta e duas horas na maré baixa em relação ao Pôrto.

Verificou-se um mínimo de velocidade de corrente de 12;00 h às 12;30 h, na baixamar, em tôdas as estações com exceção da estação *a* 

cujo menor valor verificou-se às 14;00h.

O máximo de velocidade no início da maré vazante foi encontrado entre 6;00 h e 7;30 h e na maré enchente (um pouco antes da preamar) entre 15;30 h e 16;30 h.

Hora	Área (m²)	Velocidade m/s			Direção da	Quanti- dade de	Clorinidade °/00		
		Max.	Min.	Média	maré 	Corrente m <sup>3</sup> /s	Max.	Min.	Média
6;15 h — 7;43 h	586	1.10	0.65	0.88	Descer	521.	18.44	16.93	17.77
7;54 h — 9;13 h	512	1.03	0.47	0.71	"	354.	16.72	13.13	14.28
10;00 h - 10;51 h	426	0.87	0.39	0.62	"	256.	10.53	8.61	9.56
11;57 h — 12;41 h	420	0.70	0	0.14	"	42.	4.51	3.79	4.10
14;10 h - 15;06 h	542	0.91	0.03	0.43	Subir	254.	17.26	11.46	15.92
15;36 h — 16;26 h	604	1.07	0.54	0.82	"	503.	17.78	17.11	17.56
16;50 h — 17;22 h	668	0.74	0.42	0.59	"	392.	18.37	17.66	18.18

- 185 -

A corrente de descida estacionou às 12;30 h e a corrente de subida iniciou aproximadamente às 13;30h.

A variação das velocidades máximas obtidas entre maré vazante e enchente é desprezível.

Podemos tomar como exemplo os resultados obtidos nas medições das velocidades de correntes no tempo da sêca (Tabela 3) onde de 7 medidas efetuadas, quatro correspondem à maré vazante (I à IV) e três a maré enchente (V à VII).

Encontramos grande diferença entre as estações da secção transversal. Na maré vazante os valores obtidos nas Est. a, b, e c foram maiores que os obtidos nas Est. d e e, isto é a camada superior e inferior da Est. e na observação I, a camada superior das Est. a, b, e c nas observações II e III e a Est. a na observação II, apresentaram maiores valores de velocidade de corrente que as demais Estações.

Por outro lado, durante a maré enchente, na observação V, apesar da velocidade de corrente existente nas Est. *a* e *b*, encontramos uma velocidade mais acentuada nas Est. *d* e *e*, enquanto que nas observações VI e VII, a variação das velocidades nas diversas estações foram insignificantes.

Os trabalhos foram realizados no sentido de *a* para *e*, e no entanto as diferenças de velocidade das correntes encontradas durante a maré vazante não foram motivadas pelos intervalos de tempo necessário para a realização de cada estação, apesar de termos encontrado maiores velocalidades nas Est. *a*, *b*, e *c* que nas *d* e *e*.

Verificamos ainda que cada valor encontrado na Estação e foi sempre maior que o valor encontrado na observação seguinte da Est. a.

Encontramos ainda com exceção da observação I, Est. a e d, maior velocidade nas camadas superiores que nas inferiores.

## VII - CÁLCULO DA QUANTIDADE DE CORRENTE

Utilizamos uma maneira simples para calcular a quantidade total Q de corrente. Seja s<sub>i</sub> a área em m² de cada uma das pequenas áreas consideradas em cada estação da secção transversal.

Seja  $\pm$  v a medida em m/s da velocidade de corrente na área correspondente, empregando-se o sinal (+) ou (-) conforme a direção da velocidade coincida ou não com a direção da maré.

Chamemos de  $q_{\,i}$  a quantidade de corrente que atravessa a secção  $s_{_i}$  na unidade de tempo, donde :

$$q_i = \pm v_i \cdot s_i$$

num ntervalo de tempo qualquer (t, -to), teremos:

$$q_i = \pm v_i \cdot s_i \cdot (t_i - to)$$

Suponhamos que seja Hº/oo o valor da Clorinidade d'água do mar e M,º/oo o valor da Clorinidade medida em cada observação.

Como no local das observações as águas estão sempre misturadas, teremos que a proporção da água do mar será dada por:  $M_i$  e da água

doce por:  $H-M_i$ .

Teremos então que as quantidades de corrente d'água do mar  $(q_i)$  M e d'água doce  $(q_i)$ , num intervalo de tempo (ti-to) sendo to o tempo inicial, serão dadas por:

$$\mathbf{q_{i}}_{\mathrm{M}} = \pm \mathbf{v_{i}} \cdot \mathbf{s_{i}} \cdot (\mathbf{t_{i}} - \mathbf{to}) \cdot \frac{\mathbf{M_{i}}}{\mathbf{H}}$$

$$\mathbf{q_{i}}_{R} = \pm \mathbf{v_{i}} \cdot \mathbf{s_{i}} \cdot (\mathbf{t_{i}} - \mathbf{to}) \cdot \frac{\mathbf{H} - \mathbf{M_{i}}}{\mathbf{H}}$$

sendo a quantidade de corrente q em cada secção dada por:

$$q_i = \pm q_{i_M} \pm q_{i_R}$$

e a quantidade de corrente que passa através da secção correspondente a cada estação, por :

$$q = \sum_{i=1}^{n} q_i$$

No nosso caso, com 5 estações (a, b, c d e), estivemos em cada uma delas 7 vezes. Seja q a quantidade total de corrente que passa

numa secção qualquer da Est. a, então a quantidade total de corrente que possa através de tôda a secção da Est. a, será:

$$qa = \sum_{i=1}^{7} q_{a_i}$$

Fazendo o mesmo raciocínio para as demais estações, teremos que a quantidade total de corrente que atravessa a secção do rio será:

$$Q = q_a + q_b + \dots + q_e$$

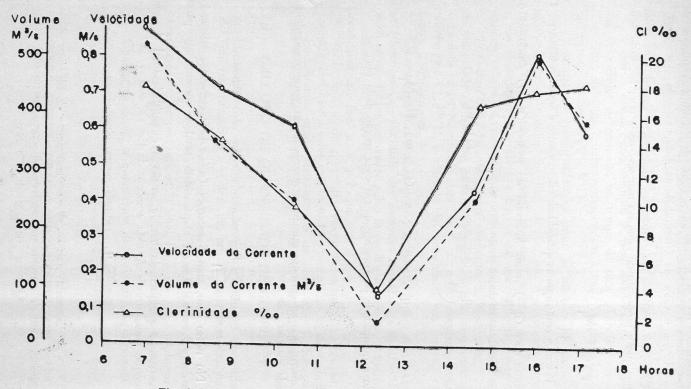


Fig. 8: Velocidade e volume da corrente e clorinidade durante uma maré Velocity and quantity of current and clorinity during a tide Vitesse et débit du courant et chlorinité durant une marée.

#### VIII - RESULTADOS

Todos os resultados foram obtidos em uma maré de sizigia, empregando-se as fórmulas acima, num período de verão.

Os resultados estão reunidos na Tabela 3 e 4, e Fig. 8.

#### TABELA 4.

Quantidade de Corrente da Água doce e salgada durante uma Maré. Quantity of Current of River Water and of Sea Water during a tide Débit du courant pour l'eau du fleuve, pour l'eau de mer durant une marée.

	Quantidade d'água Descida X 10 <sup>6</sup> m³	Quantidade d'água Subida X 10 <sup>6</sup> m³	Diferença X 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	TOTAL X 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Água do mar	6.3	6.0	0.3	12.3
Água doce	1.7	0.3	1.4	2.0
TOTAL	8.0	6.3	1.7	14.3

A quantidade máxima de corrente tanto na maré vazante como na maré enchente, obtida na secção transversal considerada foi de 500 m³/s. Sendo a quantidade mínima de 42 m³/s. A quantidade total no período de uma maré foi de 14,3 x  $10^6$ m³, sendo 8,0 x  $10^6$ m³ durante uma maré vazante e 6,3 x  $10^6$ m³ uma maré enchente. A quantidade total d'água doce, saida durante a maré vazante foi de 1,7x $10^6$ m³.

No entanto é necessário considerar que nêste valor está incluida tôda a água doce saida, sendo que os 82% equivalentes a 1,4x10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>

infiltra-se no mar, valor que representa a descarga dos rios.

Com o emprego da fórmula anteriormente descrita, obtivemos uma pequena diferença (0.3 x 10<sup>6</sup>m³) entre a quantidade d'água do mar que penetra no rio com a maré enchente e a que sai com a maré vazante, isto devido a êrros de observação.

Acreditamos que a quantidade d'água doce que retorna ao rio, é motivada pela localização do perfíl estudado, uma vez que o mesmo distou sòmente 1km da embocadura. É possível portanto que os 18% d'água que retornou ao rio seja equivalente a quantidade d'água existente entre a embocadura e o local do perfíl estudado.

A descarga do rio é portanto função das águas de chuva, altura 💌 das marés e também direção e velocidade dos ventos, sendo necessário a realização de várias outras observações a fim de se poder tirar conclusões mais concretas.

#### IX - CONCLUSÃO

A Clorinidade por sua vez é função das marés e do crescimento das águas dos rios pelas chuvas. Em geral a Clorinidade no rio por ocasião das marés, baixamar e preamar, diminue gradualmente a partir da embocadura.

Na época das chuvas a água do mar sobe sòmente ao cruzamentos dos dois rios, enquanto que na época sêca penetra ao longo dos mesmos, e por ocasião de chuvas torrenciais não consegue penetrar além da embocadura.

A velocidade das correntes na camada superficial é maior que

nas camadas mais fundas e varia entre 0 e 1.10m/s.

As velocidades máximas durante a maré vazante e maré enchente apresentaram aproximadamente os mesmos valores, sendo que os maiores valores foram obtidos no intervalo compreendido entre 15;30 h e 16;30 h, isto é, um pouco antes da preamar e início da maré vazante.

Obteve-se os resultados seguintes para a quantidade de corrente, na secção transversal escolhida.

- 1 A descarga total do rio na maré vazante foi de 1,4 x 106m3, que corresponde a 82% d'água doce saida.
- 2 A maior parte d'água do rio (82%) infiltrou-se no mar, retornando apenas 18% na maré seguinte.
- 3 A quantidade d'água do mar que desceu na maré vazante foi aproximadamente a mesma que penetrou no rio na maré enchente (6x106m3).

#### ABSTRACT:

The study was made to present the general hydrographic and sedimentological conditions in the estuary of the river "Barra das Jangadas". The results obtained in this study are described in four parts.

The part I is concerned with the distributions of water temperature and clorinity by tides, and the velocity of current during a tide (from one high tide to the next). The distribution of clorinity in flood tide was influenced strongly by the quantity of rain.

Sea water did not enter the river far in the rainy season but penetrated to the upper part of the river in dry season. The quantity of outflowing water was computed, from the velocity, of current

during one tide.

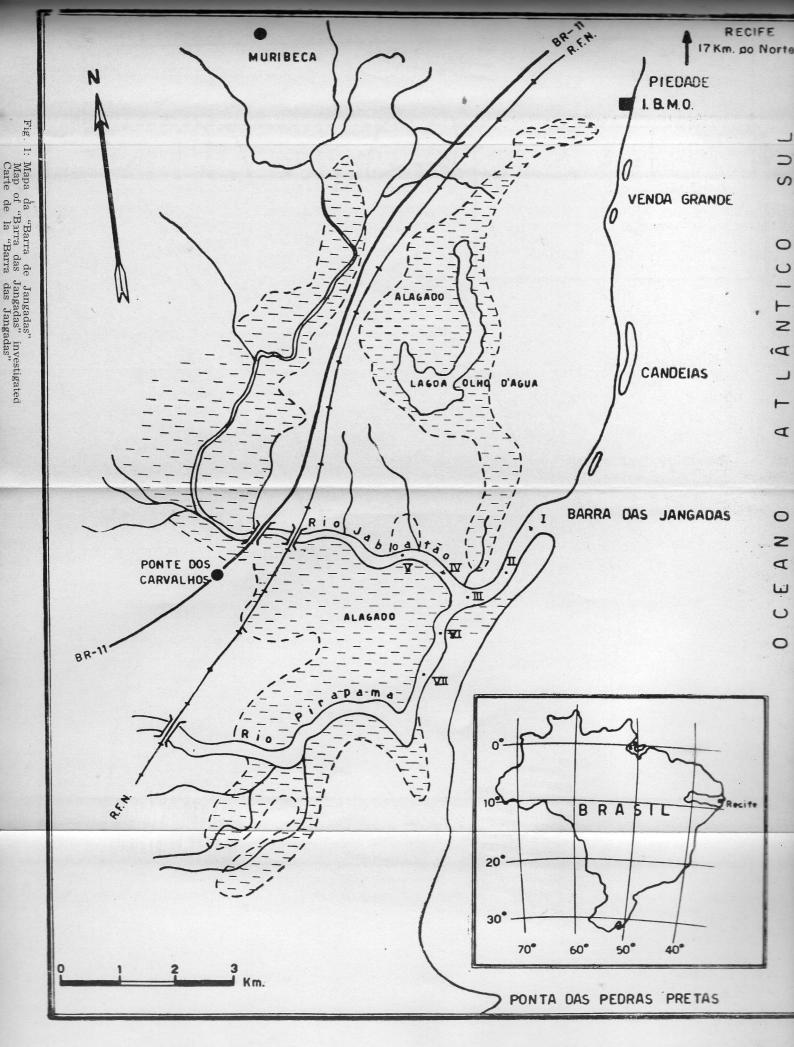
#### RESUMÉ:

Cette étude divisée en 4 parties, porte sur les conditions phy sico-chimiques et sédimentologiques de l'estuaire de la Barra das Jangadas.

La première partie montre par la répartition de la température, salinité et vitesse des courants, la pénétration de la marée dans l'estuaire. En saison sèche, elle remonte profondément l'estuaire, alors que l'influence est réduite lors des crues.

#### BIBLIOGRAFIA

F. OTTMANN et J. M. OTTMANN (1960) — La Marée de Salinité dans le Capibaribe. Trab. do Inst. de Biol. Mar. e Ocean. - N.º 1, -



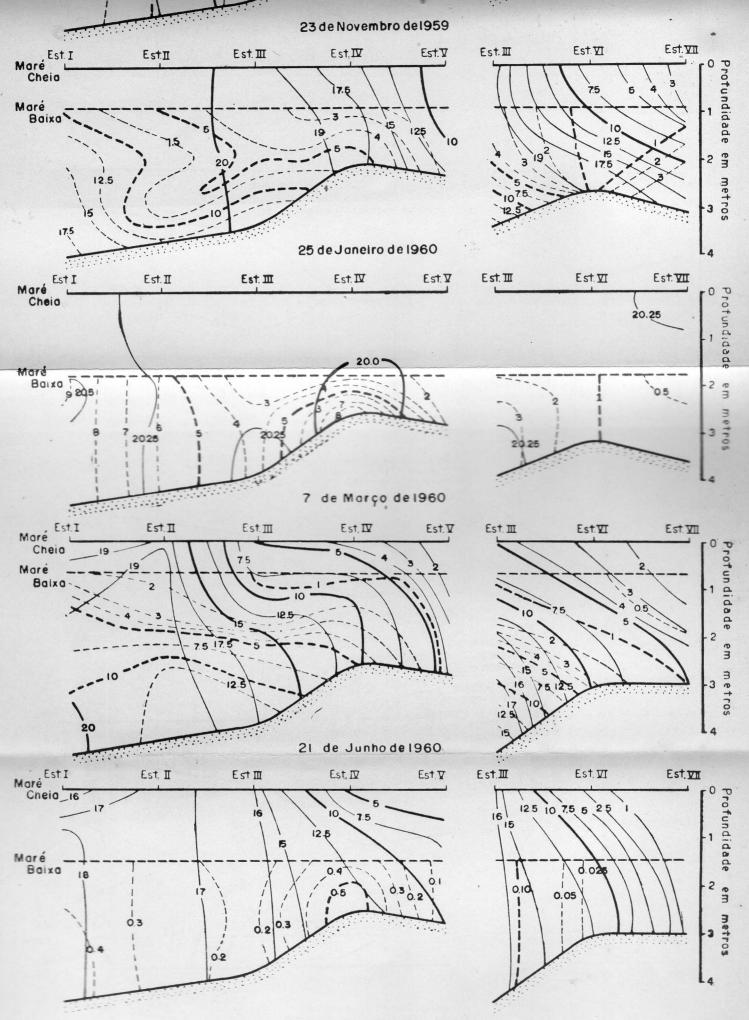


Fig. 4: Distribuição local de clorinidade Local distribution of clorinity Répartition locale de la chlorinité

