

## ESTUDO PRELIMINAR DAS CONDIÇÕES FÍSICO-QUÍMICAS QUE PROVOCAM CORROSÃO METÁLICA, NO ESTUÁRIO DO RIO BACANGA, ESTADO DO MARANHÃO (BRASIL)

Moisés Almeida de Oliveira  
George Satander Sá Freire  
Edsard de Andrade (1)

Laboratório de Ciências do Mar  
Universidade Federal do Ceará  
Fortaleza – Ceará – Brasil

A corrosão, como todo fenômeno que conduz à destruição de materiais e à depreciação e desuso de equipamentos, por suas implicações econômicas constituiu-se numa preocupação constante em face do desenvolvimento tecnológico. Disto decorre a necessidade do conhecimento das condições ambientais que provocam a corrosão, para que, na medida do possível, sejam adotados procedimentos adequados que visem a minimizar o seu efeito.

Neste trabalho, realizamos um estudo preliminar dos fatores físico-químicos responsáveis pela corrosão metálica em águas estuarinas do Rio Bacanga, Estado do Maranhão.

### MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram coletadas em marés de quadratura, intermediária e sizígia, a jusante da barragem do Rio Bacanga, com intervalo de 6 horas, utilizando-se garrafas de Nansen. Foram também realizados no local, estudos de correntometria, usando-se o correntômetro Hidrocean IRFE S/03, e medições

das temperaturas superficial e de fundo, pH e salinidade.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### *Concentração de íons hidrogênio*

A atividade química na água é função do grau de ionização, que pode ser medido pela fórmula:

$$\text{pH} = \log \frac{1}{\text{H}^+}$$

Quanto mais baixo o pH, isto é, quanto maior for a concentração de hidrogênio, a corrosão poderá ser mais rápida. O pH na água do estuário do Rio Bacanga apresentou-se constante, com valor igual a 7 durante todo o período de medições (tabela I). Em águas neutras (pH = 7), a corrosão do ferro está relacionada com gases dissolvidos, concentração de diversos cátions e temperatura. Tratando-se de ambientes altamente corrosivos como o são os ambientes que apresentam influência da água do mar (salinidade e maresia), os valores de pH encontrados no Bacanga são relativamente benéficos, pois em águas neutras, a ação do íon cloreto tem caráter transitório exceto quando os mesmos atuam sobre uma corrosão por picado.

(1) Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

TABELA I

Fatores físico-químicos em água de superfície (S) e fundo (F), a jusante da barragem do estuário do Rio Bacanga, em marés de sizígia, intermediária e quadratura, no período de 12 a 26 de julho de 1979.

| Data  | Hora de coleta | Maré | Local da amostra | pH  | Oxigênio dissolvido (ppm) | CO <sub>2</sub> livre (ppm) | Salinidade (‰) | H <sub>2</sub> S (‰) | SO <sub>4</sub> (‰) | Relação O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> | Temperatura (°C) |
|-------|----------------|------|------------------|-----|---------------------------|-----------------------------|----------------|----------------------|---------------------|---|------------------|
| 12/07 | 6              | E    | S                | 7,0 | 7,5                       | 3,5                         | 26,0           | —                    | 3,00                | 2,14                                    | 28,5             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 7,5                       | 3,0                         | 27,2           | —                    | 2,90                | 2,50                                    | 28,0             |
|       | 12             | V    | S                | 7,0 | 8,0                       | 4,8                         | 18,0           | —                    | 3,35                | 1,66                                    | 29,0             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 8,0                       | 3,0                         | 27,0           | —                    | 2,60                | 2,66                                    | 28,0             |
|       | 18             | E    | S                | 7,0 | 7,9                       | 5,1                         | 25,2           | —                    | 3,50                | 1,55                                    | 28,3             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 7,8                       | 5,4                         | 28,0           | —                    | 3,55                | 1,44                                    | 28,0             |
| 13/07 | 6              | E    | S                | 7,0 | 7,5                       | 3,0                         | 23,5           | —                    | 2,50                | 2,50                                    | 28,0             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 7,5                       | 3,0                         | 27,3           | —                    | 2,45                | 2,50                                    | 28,0             |
|       | 12             | V    | S                | 7,0 | 8,2                       | 4,8                         | 24,1           | —                    | 2,50                | 1,71                                    | 29,0             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 7,9                       | 3,0                         | 27,5           | —                    | 2,50                | 2,63                                    | 28,1             |
|       | 18             | E    | S                | 7,0 | 7,7                       | 3,0                         | 22,5           | —                    | 2,50                | 2,56                                    | 28,2             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 7,7                       | 3,0                         | 23,5           | —                    | 2,45                | 2,56                                    | 28,0             |
| 14/07 | 6              | E    | S                | 7,0 | 7,5                       | 3,0                         | 18,3           | —                    | 2,50                | 2,56                                    | 28,0             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 7,5                       | 3,0                         | 26,1           | —                    | 2,45                | 2,56                                    | 28,0             |
|       | 12             | V    | S                | 7,0 | 8,1                       | 4,0                         | 27,5           | —                    | 2,50                | 2,02                                    | 29,0             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 8,0                       | 3,0                         | 28,4           | —                    | 2,45                | 2,66                                    | 28,7             |
|       | 18             | E    | S                | 7,0 | 8,0                       | 3,0                         | 21,0           | —                    | 2,40                | 2,66                                    | 28,6             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 7,9                       | 3,0                         | 22,5           | —                    | 2,40                | 2,63                                    | 28,1             |
| 18/07 | 6              | V    | S                | 7,0 | 8,0                       | 3,1                         | 16,0           | —                    | 2,60                | 2,58                                    | 28,2             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 7,9                       | 3,0                         | 26,0           | —                    | 2,20                | 2,63                                    | 28,1             |
|       | 12             | E    | S                | 7,0 | 7,9                       | 2,0                         | 25,5           | —                    | 2,50                | 3,95                                    | 28,4             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 7,8                       | 2,6                         | 28,0           | —                    | 2,00                | 3,00                                    | 28,0             |
|       | 18             | V    | S                | 7,0 | 8,0                       | 3,0                         | 16,5           | —                    | 2,55                | 2,66                                    | 29,0             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 8,0                       | 3,3                         | 25,2           | —                    | 2,35                | 2,42                                    | 28,1             |
| 19/07 | 6              | V    | S                | 7,0 | 7,9                       | 3,4                         | 18,0           | —                    | 2,55                | 2,32                                    | 28,0             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 7,9                       | 3,4                         | 26,5           | —                    | 2,25                | 2,32                                    | 28,0             |
|       | 12             | E    | S                | 7,0 | 8,0                       | 2,4                         | 24,5           | —                    | 2,50                | 3,33                                    | 28,3             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 8,0                       | 2,1                         | 27,5           | —                    | 2,10                | 3,80                                    | 28,0             |
|       | 18             | V    | S                | 7,0 | 8,0                       | 2,8                         | 23,3           | —                    | 2,60                | 2,85                                    | 29,0             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 8,0                       | 2,4                         | 27,1           | —                    | 2,40                | 3,33                                    | 28,7             |
| 20/07 | 6              | V    | S                | 7,0 | 7,6                       | 3,5                         | 24,4           | —                    | 2,60                | 2,17                                    | 28,1             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 7,6                       | 3,2                         | 27,5           | —                    | 2,50                | 2,37                                    | 28,1             |
|       | 12             | E    | S                | 7,0 | 8,0                       | 1,5                         | 15,1           | —                    | 2,50                | 5,33                                    | 28,3             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 8,0                       | 1,2                         | 26,0           | —                    | 2,00                | 6,66                                    | 28,3             |
|       | 18             | V    | S                | 7,0 | 7,9                       | 2,1                         | 25,5           | —                    | 2,55                | 3,76                                    | 29,0             |
|       |                |      | F                | 7,0 | 7,9                       | 2,1                         | 28,0           | —                    | 2,55                | 3,76                                    | 28,9             |

Tabela I – continuação

|       |    |   |     |     |     |      |      |      |      |      |      |
|-------|----|---|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| 24/07 | 6  | E | S   | 7,0 | 7,5 | 3,0  | 25,0 | 0,22 | 3,10 | 2,50 | 28,0 |
|       |    |   | F   | 7,0 | 7,4 | 3,3  | 28,5 | 0,21 | 3,00 | 2,24 | 28,0 |
|       | 12 | V | S   | 7,0 | 8,0 | 2,4  | 11,0 | –    | 2,90 | 3,33 | 28,2 |
| F     |    |   | 7,0 | 8,0 | 2,8 | 27,2 | 0,33 | 3,00 | 2,85 | 28,0 |      |
| 18    | E  | S | 7,0 | 7,9 | 2,4 | 24,6 | 0,45 | 2,50 | 3,29 | 28,2 |      |
|       |    | F | 7,0 | 7,8 | 2,8 | 28,5 | 0,33 | 2,50 | 2,78 | 28,0 |      |
| 25/07 | 6  | E | S   | 7,0 | 7,5 | 3,0  | 23,0 | 0,22 | 2,90 | 2,50 | 28,1 |
|       |    |   | F   | 7,0 | 7,5 | 3,4  | 28,0 | 0,45 | 3,50 | 2,20 | 28,1 |
|       | 12 | E | S   | 7,0 | 8,2 | 2,4  | 14,0 | 0,35 | 3,55 | 3,41 | 28,4 |
| F     |    |   | 7,0 | 8,1 | 3,0 | 27,0 | –    | 3,40 | 2,70 | 28,1 |      |
| 18    | E  | S | 7,0 | 8,0 | 2,8 | 24,1 | 0,11 | 3,00 | 2,85 | 28,4 |      |
|       |    | F | 7,0 | 7,9 | 3,0 | 28,5 | 0,22 | 3,00 | 2,63 | 28,3 |      |
| 26/07 | 6  | E | S   | 7,0 | 7,7 | 3,5  | 22,0 | 0,22 | 4,00 | 2,20 | 28,1 |
|       |    |   | F   | 7,0 | 7,6 | 3,2  | 28,5 | 0,22 | 2,40 | 2,37 | 28,0 |
|       | 12 | V | S   | 7,0 | 8,1 | 2,1  | 15,3 | 0,22 | 3,55 | 3,68 | 28,6 |
| F     |    |   | 7,0 | 8,0 | 1,8 | 27,2 | 0,22 | 3,40 | 4,44 | 28,2 |      |
| 18    | E  | S | 7,0 | 8,0 | 2,1 | 21,0 | 0,15 | 3,00 | 3,81 | 28,0 |      |
|       |    | F | 7,0 | 8,0 | 1,8 | 28,0 | 0,13 | 3,00 | 4,44 | 28,0 |      |

Observação: E = maré enchente; V = maré vazante. S = superfície; F = fundo

### Oxigênio dissolvido

É um fator importante, principalmente em altas temperaturas. Remove o hidrogênio acumulado sobre a superfície metálica, permitindo que a corrosão continue. No período estudado a concentração de oxigênio dissolvido variou de 7,5 ppm a 8,2 ppm (tabela I), com uma média geral de 7,86 ppm (tabela II). De acordo com as figuras 1, 2 e 3 observa-se que tanto em marés de sizígia, intermediária como em quadratura, ocorre uma pequena variação de oxigênio dissolvido, com ligeira supremacia da superfície sobre a água de fundo. Nos dias 19 e 20 não houve variação de  $O_2$  dissolvido, em profundidade. As menores concentrações verificam-se às 6 horas, e as maiores concentrações às 12 horas. Isto se deve ao processo de fotossíntese das algas e microalgas existentes, e à ação dos ventos. A influência das marés na concentração de  $O_2$  dissolvido foi quase insignificante nos dias de amostragem, com exceção do dia 18 de julho, onde o teor de oxigênio mais baixo foi obtido às 12 horas. Nos demais dias de maré

intermediária, registrou-se pequena amplitude na concentração.

A cinética da despolarização do ferro, por efeito das reações de hidrogênio e oxigênio, tem sido estudada por vários autores, para se conhecer o comportamento dos processos de oxidação nos metais. Faroulis, 1970 (*in* Misawa *et al.*, 1975), estudando a corrosão do ferro em presença de oxigênio dissolvido em função da velocidade da corrente, concluiu que em concentrações elevadas de  $O_2$  forma-se anodicamente uma película prepassiva não protetora de  $Fe(OH)_2$ , que se oxida posteriormente a  $\alpha - FeOOH$  por difusão do oxigênio.

### Velocidade da água

O efeito prejudicial da velocidade da água é o de remover rapidamente o líquido em contato com o metal, impedindo uma diminuição da intensidade das reações de corrosão pelos agentes físico-químicos. O fator mais importante em relação à velocidade da água é a ação galvânica, que é proporcional à condutividade elétrica da água, a qual é função

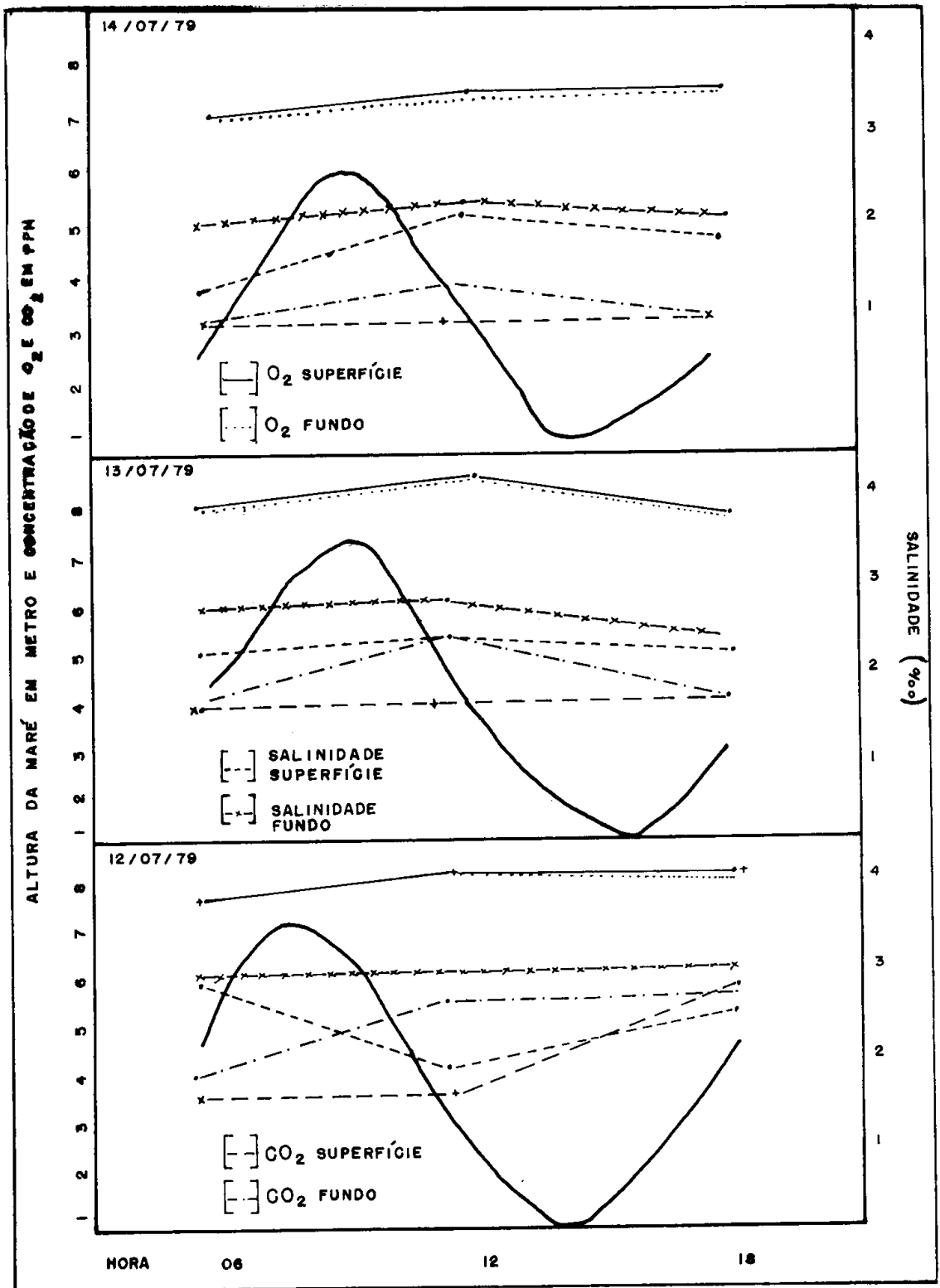


Figura 1 — Variação de salinidade, oxigênio dissolvido e  $CO_2$  livre, na superfície e fundo, a jusante da barragem do estuário do Rio Bacanga, em marés de sizígia, no período de 12 a 14 de julho de 1979.

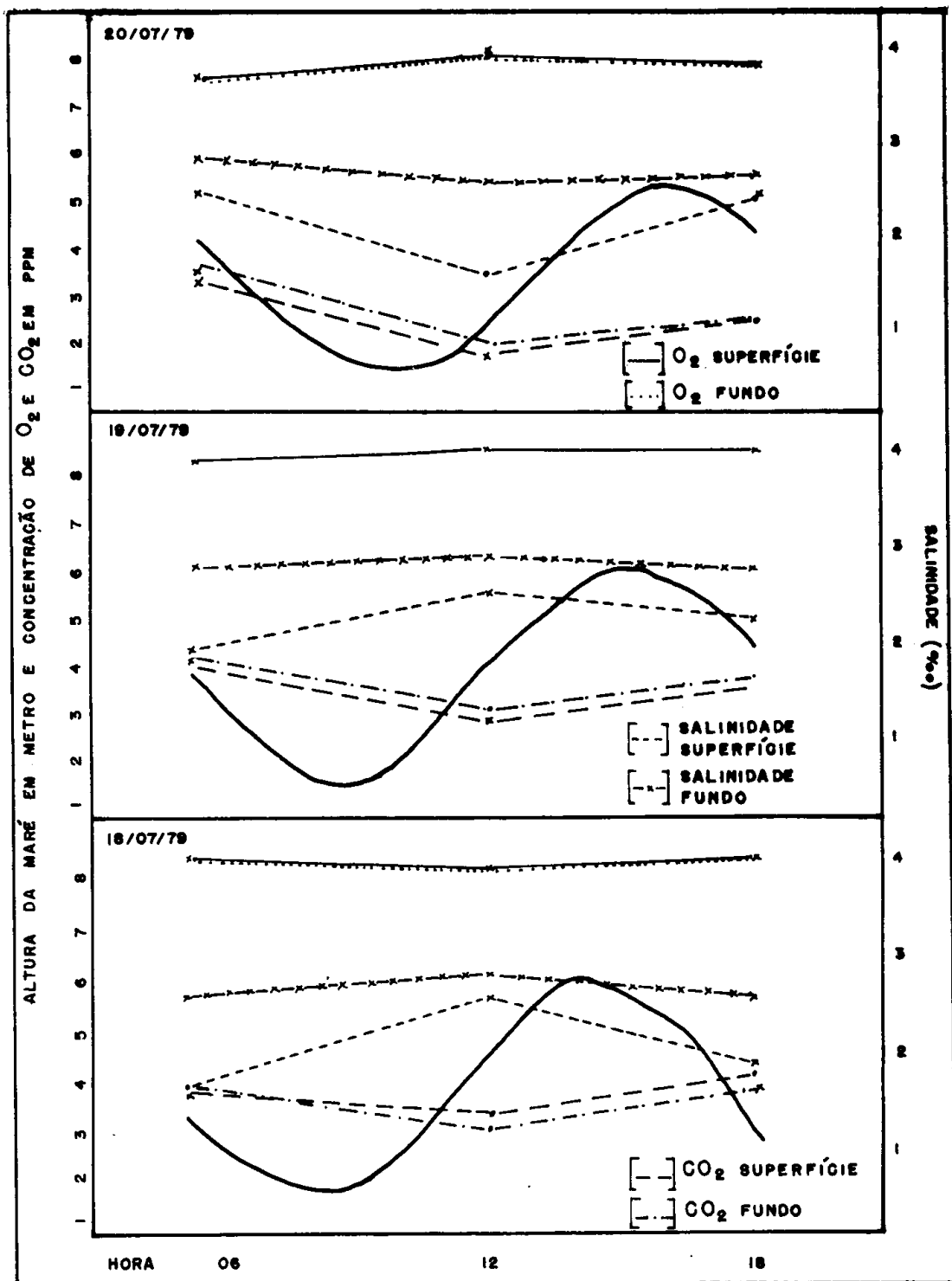


Figura 2 — Variação de salinidade, oxigênio dissolvido e CO<sub>2</sub> livre, na superfície e fundo, a jusante da barragem do estuário do Rio Bacanga, em marés de intermediária, no período de 18 a 20 de julho de 1979.

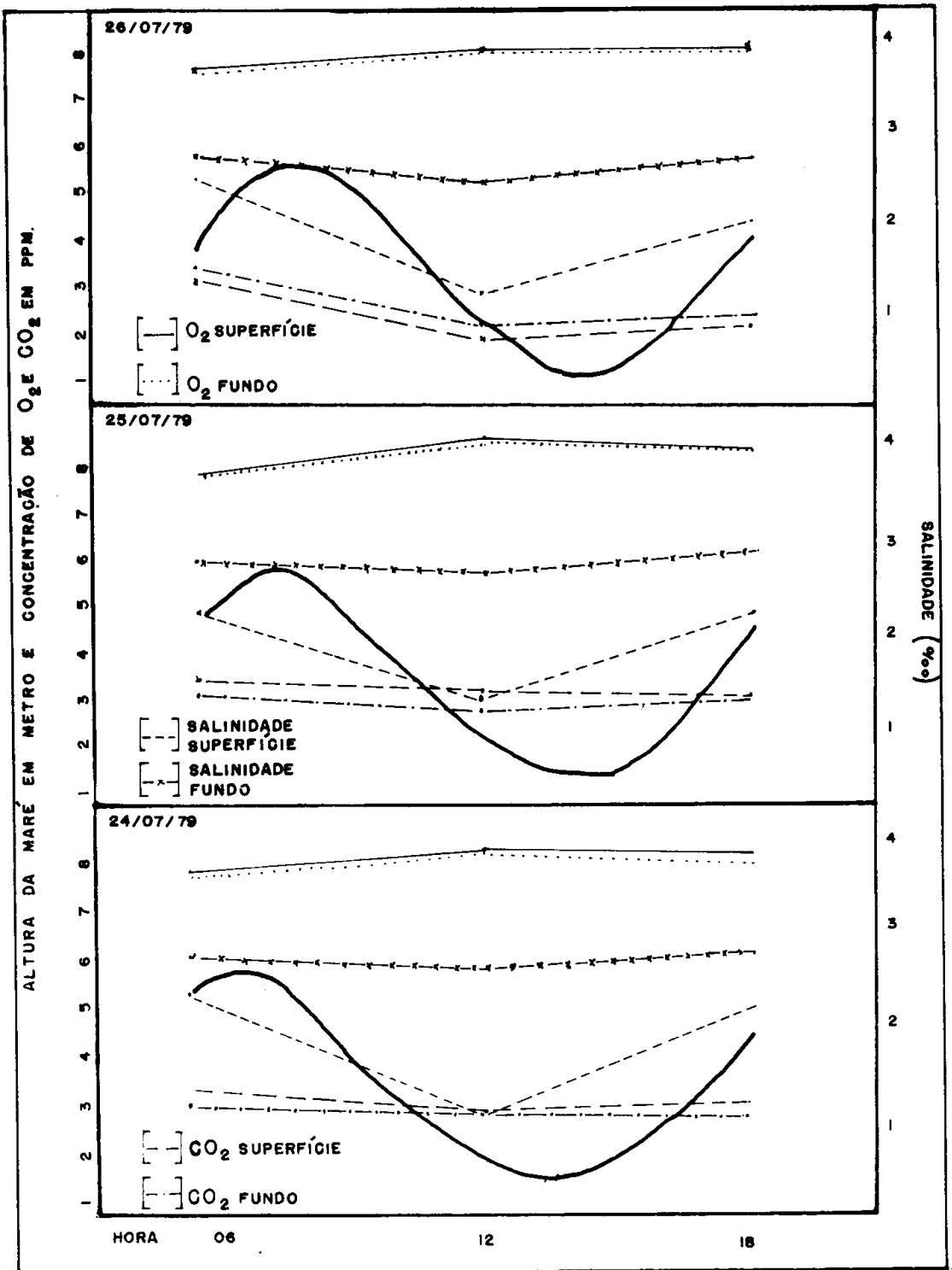


Figura 3 – Variação de salinidade, oxigênio dissolvido e CO<sub>2</sub> livre, na superfície e fundo, a jusante da barragem do estuário do Rio Bacanga, em marés de quadratura, no período de 24 a 26 de julho de 1979.

do teor de sais dissolvidos (salinidade). Como a ação galvânica é maior em ambientes estuarinos que em água doce, deve-se tomar maiores precauções com a utilização de anodos de sacrifício ou aplicação de corrente elétrica sobre as estruturas de metais.

### Temperatura

As reações de corrosão são aceleradas com o aumento da temperatura da água, que variou de 28° a 29°C (tabela I).

Considerando que em altas temperaturas o oxigênio acelera a despolarização do ferro, tornando a corrosão mais acentuada, a instalação de uma usina maremotriz causará um grau de corrosão maior que nas condições atuais.

### Sulfatos e gás sulfídrico

Os íons sulfatos aceleram a corrosão do ferro apenas quando o mesmo é submetido a proteção catódica pela utilização de anodos de sacrifício. Os sulfatos em dissolução se combinam com o ferro, formando compostos de  $Fe - SO_4^2$ . O gás sulfídrico ( $H_2S$ ) esteve presente apenas em marés de quadratura com teores compreendidos entre 0,11 e 0,45 ppm (tabela I) e médias de 0,22 ppm na superfície e no fundo (tabela II). O maior contribuinte em sulfatos para o estuário são as águas provenientes do próprio caudal do Rio Bacanga, o que é justificado pela observação de valores mais baixos em águas de fundo com maior salinidade e teores mais elevados

TABELA II

Valores médios dos elementos corrosivos, por tipo de maré e hora de coleta, no estuário do Rio Bacanga, no período de 12 a 26 de julho de 1979.

| Tipo de maré       | Hora de coleta | Local da amostra | Oxigênio dissolvido (ppm) | CO <sub>2</sub> livre (ppm) | Salinidade (‰) | H <sub>2</sub> S (ppm) | SO <sub>4</sub> (‰) | Relação O <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> |
|--------------------|----------------|------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------|------------------------|---------------------|---|
| Sizígia            | 6              | S                | 7,50                      | 3,16                        | 22,60          | —                      | 2,66                | 2,40                                    |
|                    |                | F                | 7,50                      | 3,00                        | 26,86          | —                      | 2,60                | 2,52                                    |
|                    | 12             | S                | 8,10                      | 4,50                        | 23,20          | —                      | 2,78                | 1,79                                    |
|                    |                | F                | 7,96                      | 3,00                        | 27,63          | —                      | 2,51                | 2,65                                    |
|                    | 18             | S                | 7,86                      | 3,70                        | 22,90          | —                      | 2,80                | 2,25                                    |
|                    |                | F                | 7,80                      | 3,80                        | 24,66          | —                      | 2,73                | 2,21                                    |
| Intermediária      | 6              | S                | 7,83                      | 3,33                        | 19,46          | —                      | 2,58                | 2,35                                    |
|                    |                | F                | 7,80                      | 3,20                        | 26,66          | —                      | 2,31                | 2,44                                    |
|                    | 12             | S                | 7,96                      | 1,96                        | 21,70          | —                      | 2,50                | 4,20                                    |
|                    |                | F                | 7,93                      | 1,96                        | 27,16          | —                      | 2,03                | 4,48                                    |
|                    | 18             | S                | 7,93                      | 2,63                        | 21,76          | —                      | 2,56                | 3,09                                    |
|                    |                | F                | 7,96                      | 2,60                        | 26,76          | —                      | 2,43                | 3,17                                    |
| Quadratura         | 6              | S                | 7,56                      | 3,16                        | 23,33          | 0,22                   | 3,33                | 2,40                                    |
|                    |                | F                | 7,50                      | 3,30                        | 28,33          | 0,29                   | 3,13                | 2,27                                    |
|                    | 12             | S                | 8,10                      | 2,30                        | 13,43          | 0,19                   | 3,33                | 3,47                                    |
|                    |                | F                | 8,03                      | 2,53                        | 27,13          | 0,18                   | 3,26                | 3,33                                    |
|                    | 18             | S                | 7,96                      | 2,43                        | 23,70          | 0,23                   | 2,83                | 3,31                                    |
|                    |                | F                | 7,90                      | 2,53                        | 28,33          | 0,22                   | 2,83                | 3,28                                    |
| Concentração média |                |                  | 7,84                      | 2,95                        | 24,20          | 0,22                   | 2,73                | 2,86                                    |

Observação: S = amostra de superfície; F = amostra de fundo.

em marés baixas, onde maior era a influência da água do rio.

### Salinidade

A dissolução do ferro em soluções contendo íons cloretos mostra uma tendência em ativar a superfície passiva. A ativação do aço em águas com cloreto de sódio sofre corrosão localizada em potencial de ruptura, e depende linearmente da concentração de cloreto. A salinidade variou com o tipo e altura da maré, sendo a maior amplitude de salinidade observada na água superficial, onde maior era a influência de água doce (figuras 1, 2, 3). Os valores mais elevados, foram registrados nos turnos mais próximos ao pico da preamar.

O cloreto de sódio atua facilitando a saída do  $\text{Fe}^{2+}$  da superfície metálica, formando complexos com o ferro e o cloro.

### $\text{CO}_2$ livre

O gás carbônico na água é proveniente de várias fontes. A água absorve do ar uma quantidade de  $\text{CO}_2$  suficiente para estabelecer o equilíbrio entre as pressões parciais desse gás, dentro e fora do líquido, de acordo com a temperatura. A decomposição da matéria orgânica e a respiração de micro e macrorganismos constituem as principais fontes de  $\text{CO}_2$  na água. Estes processos são, provavelmente, mais intensos na água do rio do que na água de origem marinha, em decorrência da presença constante de restos de vegetais, que podem ser vistos com maior frequência em maré vazante.

A concentração de  $\text{CO}_2$  livre durante o período de amostragens variou de 1,2 a 5,4 ppm no fundo (tabela I). Embora ocorra uma maior diferença entre os valores máximos e mínimos na água de fundo, observa-se pelas figuras 1, 2 e 3 uma maior homogeneidade diurna, na água de fundo, com valores médios inferiores aos da água superficial (tabela II).

A máxima velocidade de corrosão para o cobre segundo Pourbaix (*in Galvele et al., 1973*), é alcançada quando a relação  $\text{O}_2/\text{CO}_2$  dissolvidos = 2,33, para teores de oxigênio em torno de 7 ppm. Os valores mais próximos foram observados no turno das 6 horas, em todos os dias de amostragem (tabela I), indiferentemente aos efeitos das marés; o contrário é observado no turno das 12 horas, com exceção da relação  $\text{O}_2/\text{CO}_2$ , da água do fundo de sizígia.

### Controle da corrosão

A tendência natural dos metais é a de sofrerem corrosão, revertendo-se em óxidos ou outras formas que existem na natureza. Como não é possível, do ponto de vista econômico, eliminar completamente o processo de corrosão, pode-se tentar amenizá-la observando-se os diversos parâmetros estudados, condicionando uma vida útil econômica e segura aos metais envolvidos.

A corrosão, que compreende ataque galvânico, ataque em soldas, picado, impacto e erosão, tem como fator mais importante e que decide o curso da corrosão do ferro, alumínio, aço, manganês e demais materiais empregados usualmente em construções marinhas, a época em que se introduz pela primeira vez o metal na água. Isto se deve à temperatura, pH, salinidade, época propícia à fixação de organismos perfurantes, oxigênio dissolvido,  $\text{CO}_2$  livre e outros gases dissolvidos. Todos eles têm o seu papel primordial nas etapas iniciais de corrosão. Levando-se em consideração os dados obtidos em marés de quadratura, intermediária e sizígia, observou-se que em quadratura a relação  $\text{O}_2/\text{CO}_2$  média foi acima da relação prejudicial ao cobre. Ocorreu uma maior influência de água doce, o que provavelmente atenua o efeito prejudicial da salinidade. A velocidade da corrente também é mais baixa em relação aos demais tipos de marés, consequentemente a ação galvânica é



mais reduzida. As oscilações de salinidade e os menores valores da mesma são desfavoráveis à fixação de larvas.

Como os efeitos de uma maior ou menor concentração de íons sulfatos em acelerar os processos corrosivos do ferro estão condicionados à proteção catódica com anodos de sacrifício, recomenda-se a utilização de corrente elétrica para eliminar os efeitos da ação galvânica, a qual indiretamente inibirá os efeitos dos sulfatos.

Observando-se os tipos de corrosão nas comportas da barragem do Rio Bacanga, o mais freqüente é o ataque localizado de corrosões por picado. Este tipo, juntamente com o processo de corrosão fadiga, provocou o rompimento dos cabos que promovem a abertura de uma das comportas.

Mesmo em locais onde a corrosão deverá ser uniforme, favorecida pela condição de pH neutro da água, havia um grande número de organismos incrustantes e perfurantes aderidos às estruturas, as quais, provavelmente durante o processo de rastejamento até a fixação da larva, favoreceram a ocorrência do picado.

Vários são os métodos disponíveis para controle de corrosão, conforme o caso e a situação econômica, dos quais os principais para as condições do estuário do Rio Bacanga são:

- 1) *Revestimentos protetores* — aplicados a materiais pouco dispendiosos, como aço e ferro fundido. Estes revestimentos podem ser constituídos por:
  - Um fundo anticorrosivo, com finalidade de proteger o metal. Vários produtos existem no mercado, porém o zircão ainda é considerado o melhor, e deverá conter terebentina como solvente, e um bom secante.
  - Uma pintura tóxica com tinta anti-incrustante para impedir a fixação de organismos perfurantes e incrustantes, e proteger a tinta anticorrosiva, já que a mesma não pode ficar

exposta diretamente ao meio agressivo.

- 2) *Proteção catódica* — os íons sulfatos aceleram a corrosão quando o metal é submetido à proteção catódica com anodos de sacrifício, devendo, portanto, ser utilizada uma corrente contínua, cujo polo positivo seja ligado ao anodo e o polo negativo à estrutura das comportas.
- 3) *Adoção de materiais resistentes à corrosão* que podem ser economicamente mais compensadores que os materiais ferrosos.

## SUMMARY

*English title:* Preliminary study of the conditions responsible for the metallic corrosion in the estuary of Bacanga River, Maranhão State, Brazil.

This paper is intended as a preliminary study of the physico-chemical conditions which cause metallic corrosion in the estuary of Bacanga River, Maranhão State.

Among the methods available for corrosion control, the following have been selected as the most suitable for the conditions found in the studied area:

- 1) *Protective coating* — applied to inexpensive materials, such as steel and cast iron. This coating may be made out of:
  - An anticorrosive bottom, in order to protect the metal. Several products are available in the market, but the zircon is still considered the best, and it should contain terebentine as solvent, and a good dryer.
  - Toxicant painting with antincrustative dye to prevent fixation of piercing and incrusting organisms and to protect the anticorrosion dye, since it must not be left exposed directly to an aggressive medium.
- 2) *Cathodic protection* — the sulfate ions speed up corrosion when the metal is

submitted to a cathodic protection with sacrifice anodes, so that a continuous current must be used, whose positive pole is connected to an anode and the negative pole to the framework of the flood-gates.

- 3) *Usage of corrosion-resistant materials* which can be economically more compensatory than the ferrous materials.

## BIBLIOGRAFIA

Galvele, J. R.; G. Cragnolino & J. Alvarez — 1973 — Ataque localizado de metales en agua de mar, pp. 91-228, in *Estudio sobre corrosión metálica*. Servicio Naval de Investigación de la Provincia de Buenos Aires, 1.<sup>a</sup> ed., VII + 456 pp., Buenos Aires.

Misawa, T. et al. — 1975 — *Construção de sistemas de abastecimento de água*. Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Básico — CETESB, 1.<sup>a</sup> ed., VIII + 294 pp., São Paulo.