

NOTA SÔBRE UM CORRENTÔMETRO DE PÊNDBULO  
UTILIZADO PELO CHESAPEAKE BAY INSTITUTE  
(*TECHNICAL REPORT N.º 1*)

Tradução e adaptação de

*Paulo de Castro Moreira da Silva*

Capitão de Corveta — Diretoria de Hidrografia e Navegação

1 — A medição da direção e da velocidade da corrente a várias profundidades, essencial para o conhecimento do “campo cinemático”, é geralmente dificultada pelo alto preço e pela complexidade dos correntômetros clássicos. Os oceanógrafos do Chesapeake Bay Institute — que trabalham para a Marinha Americana — acabam de divulgar um processo novo, simples, barato e, entretanto, rigoroso, que aplicaram, com sucesso, a esta operação.

2 — O método não é, em princípio, novo, mas introduz uma solução feliz, que dispensa as incômodas calibragens. Se um pêndulo (fig. 1) é exposto a uma corrente, êle é desviado da vertical por uma força:

$$F = C_a \cdot A \cdot \rho \frac{v^2}{2}$$

sendo  $v$  a velocidade da corrente,  $A$  a secção reta do corpo do pêndulo em relação a ela,  $C_a$  o *coeficiente de arrastamento*, que depende da forma do corpo e do número de Reynolds ( $R$ );  $\rho$  a densidade do fluido. O pêndulo se inclina, assim, até um ângulo  $\theta$ , quando  $F$  é equilibrado pela força restauradora da gravidade sôbre o pêndulo.

Tem-se, então, (fig. 1):

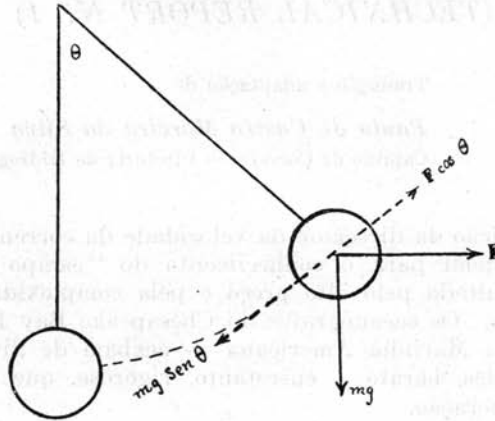
$$\operatorname{tg} \theta = \frac{F}{mg} = \frac{C_a A \rho v^2}{2 m g}$$

ou

$$v = \sqrt{\frac{2 m g}{C_a A \rho}} \sqrt{\operatorname{tg} \theta}$$

Para que entre a velocidade da corrente ( $v$ ) e a inclinação do pêndulo,  $\theta$ , exista uma relação simples, tabulável, é necessário que o primeiro fator, que chamamos  $k$ , seja constante (pelo menos dentro do campo de va-

riação de  $v$  que se deseja medir). Para que  $k$  seja constante, é necessário que  $C_d$  o seja.  $C_d$  depende, como dissemos, da forma do corpo e do número de Reynolds. Foi determinado que para um pêndulo feito de placas planas, em cruz — e cuja relação comprimento-largura esteja entre 1 e 5 — e para os valores de  $v$  que se espera medir,  $C_d$  pode ser considerado constante e igual a 1,2. Desta forma, para um pêndulo nessas condições, é possível deduzir teoricamente,  $v$  de  $\theta$ , o que evita a calibragem.



$$mg \operatorname{sen} \theta = F \cos \theta$$

Fig. 1

3 — Conseqüentemente, os norte-americanos construíram biplanos em cruz, de abeto compensado (cinco fôlhas, meia polegada de espessura, no total), em duas dimensões-padrão, como se verá a seguir (fig. 3 e 4); e os usam da maneira seguinte (fig. 2):

O biplano é suspenso a um fio de sonda (o mais fino possível), que passa por um moitão, a certa distância do navio fundeado e é convenientemente lastrado. O biplano é descido à profundidade desejada. Com um transferidor (fig. 5) se mede o ângulo  $\theta$ . É medido também o ângulo que a projeção horizontal do fio faz com a prôa do navio (direção da corrente). De  $\theta$  se deduz a velocidade da corrente,  $v$ .

Os norte-americanos utilizam dois modelos de biplanos: de 2 x 3 pés, e de 1 x 1,5 pés — ambos podendo ser lastrados com 30 ou 15 lb. (figs. 3 e 4). O pêso d'esses modelos *dentro d'água*, depois de lastrados, é o seguinte (1):

(1) Outros biplanos, das mesmas dimensões, exibindo, dentro d'água, com o lastro, o mesmo pêso total que os modelos abaixo, são perfeitamente satisfatórios. Pode-se, pois, fabricar os biplanos e depois lastrá-los o suficiente para obter o mesmo pêso total.

Modêlo grande c/ lastro de 15 lb.: 8,25 lb.  
 Modêlo grande c/ lastro de 30 lb.: 22 lb.  
 Modêlo pequeno c/ lastro de 15 lb.: 12,50 lb.  
 Modêlo pequeno c/ lastro de 30 lb.: 26,75 lb.

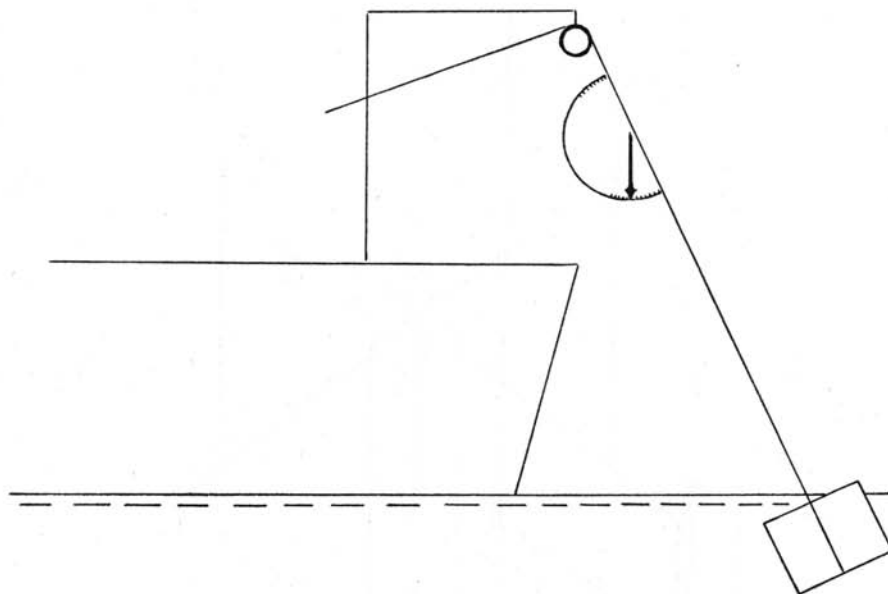


Fig. 2

Tomando-se para  $g$  o valor 32 pés/sg/sg, para o valor médio 63 lb/pé<sup>3</sup>, para  $C_d$  o valor 1,2 é fácil deduzir  $k$ . Chega-se, assim, às fórmulas:

Modêlo grande ( 8,25 lb):	$v_{\text{pés}}$	$= 1,08 \sqrt{\text{tg } \theta}$
	$v_{\text{nós}}$	$= 0,64 \sqrt{\text{tg } \theta}$
Modêlo grande (22 lb):	$v_{\text{pés/sg}}$	$= 1,76 \sqrt{\text{tg } \theta}$
	$v_{\text{nós}}$	$= 1,04 \sqrt{\text{tg } \theta}$
Modêlo pequeno (12,50 lb):	$v_{\text{pés/sg}}$	$= 2,65 \sqrt{\text{tg } \theta}$
	$v_{\text{nós}}$	$= 1,57 \sqrt{\text{tg } \theta}$
Modêlo pequeno (26,75 lb):	$v_{\text{pés/sg}}$	$= 3,88 \sqrt{\text{tg } \theta}$
	$v_{\text{nós}}$	$= 2,30 \sqrt{\text{tg } \theta}$

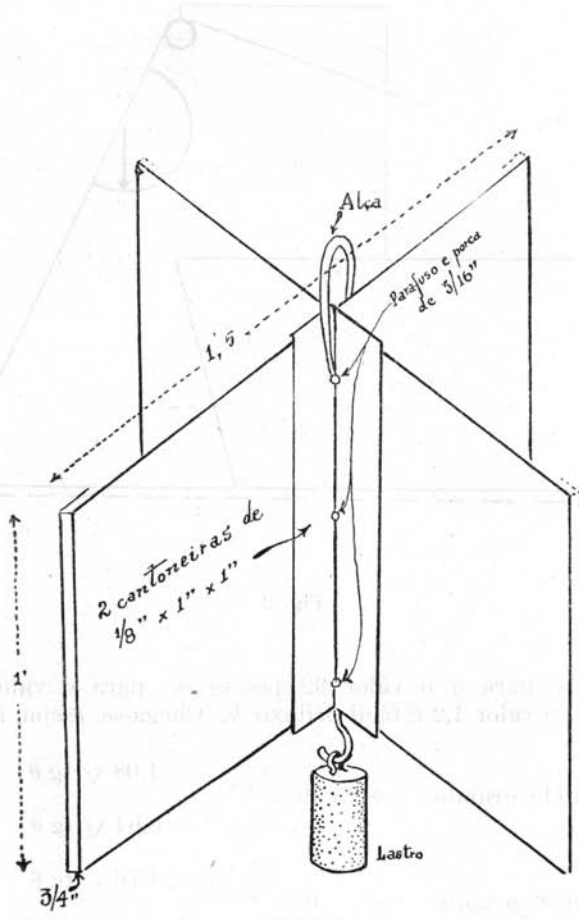


Fig. 3

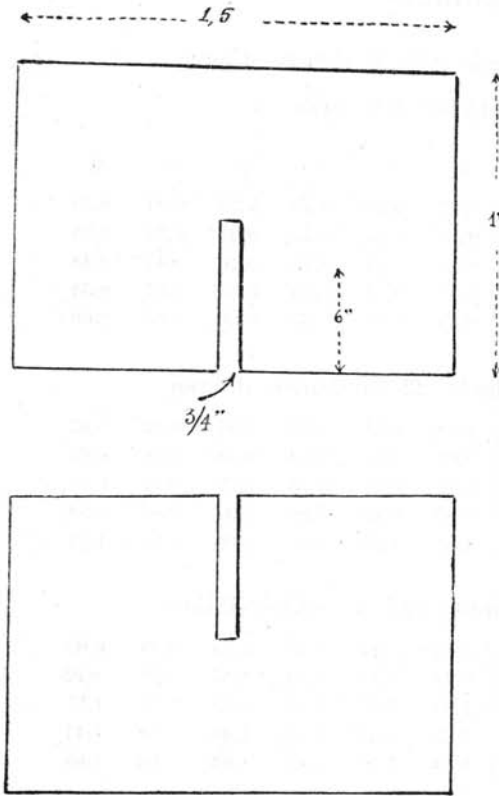


Fig. 4

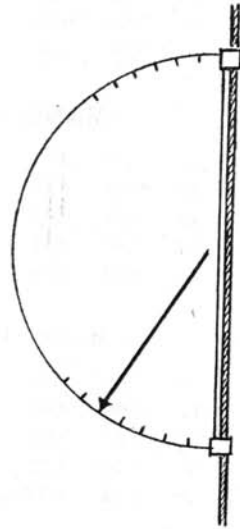


Fig. 5

Em anexo, são dadas tabelas calculadas para tais pêndulos.

CUIDADOS: Para que a madeira não se empape d'água, o que falsaria as tabelas, deve-se usar abeto impermeável, pintado.

Para que o fio não ofereça à corrente grande resistência, deve-se usar fio fino.

### TABELAS

Modêlo 2 x 3', pesando 8,25 lb dentro d'água.

#### VELOCIDADE EM NÓS

$\theta$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0,08	0,12	0,15	0,17	0,19	0,20	0,22	0,24	0,26
10	0,27	0,28	0,29	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,37	0,38
20	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44	0,45	0,46	0,47	0,48
30	0,49	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58
40	0,59	0,60	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,69

Modêlo 2 x 3', pesando 22 lb dentro d'água.

0	0	0,14	0,20	0,24	0,28	0,31	0,33	0,37	0,39	0,42
10	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62
20	0,63	0,65	0,67	0,69	0,70	0,72	0,73	0,75	0,77	0,78
30	0,80	0,81	0,83	0,85	0,86	0,88	0,90	0,91	0,93	0,95
40	0,96	0,98	1,00	1,01	1,03	1,05	1,07	1,09	1,11	1,13

Modêlo 1 x 1,5', pesando 12,5 lb dentro d'água.

0	0	0,21	0,29	0,36	0,42	0,47	0,50	0,55	0,59	0,63
10	0,66	0,69	0,72	0,75	0,78	0,81	0,84	0,87	0,90	0,92
20	0,95	0,97	1,00	1,02	1,05	1,07	1,10	1,12	1,15	1,17
30	1,19	1,22	1,24	1,27	1,29	1,31	1,34	1,36	1,39	1,41
40	1,44	1,46	1,49	1,52	1,54	1,57	1,60	1,63	1,66	1,68

Modêlo 1 x 1,5', pesando 26,75 lb dentro d'água.

0	0	0,30	0,43	0,53	0,61	0,68	0,73	0,81	0,86	0,92
10	0,97	1,01	1,06	1,10	1,15	1,19	1,23	1,27	1,31	1,35
20	1,39	1,43	1,46	1,50	1,53	1,57	1,61	1,64	1,68	1,71
30	1,75	1,78	1,82	1,85	1,89	1,92	1,96	2,00	2,03	2,07
40	2,11	2,14	2,18	2,22	2,26	2,30	2,34	2,38	2,42	2,47

NOTA: As Tabelas são rigorosamente válidas até uma profundidade de 50 pés, mas se o fio fôr fino (corda de piano, por exemplo), poderão ser usadas para profundidades bem maiores.