

JORGE PINHEIRO DA COSTA VEIGA
CARLOS ROBERTO RIBEIRO

925

COMPORTAMENTO DO NAVIO EM MAR REAL

Pi-219

VI CONGRESO PANAMERICANO DE INGENIERIA NAVAL, TRANSPORTE
MARITIMO E INGENIERIA PORTUARIA

Veracruz y Cd. de México, 16 al 22 de Septiembre de 1979

COMPORTAMENTO DO NAVIO EM MAR REAL

RESUMO

Aplicação a três navios geometricamente semelhantes, de portes diversos, e comparação dos resultados de programa desenvolvido para cálculo de estatísticas relacionadas com o desempenho / dos navios em mar irregular multidirecional. As estatísticas são obtidas a partir do conhecimento das respostas do navio a mar regular unidirecional, proveniente de várias direções, empregando - se um espectro direcional de energia.

ABSTRACT

Application to three geosim ships, with different displacements, and comparison of results from program developed to evaluate statistic figures related to the ships behavior in multi directional irregular sea. Statistics are obtained from the knowledge of the ships results when submitted to long-crested regular sea, employing a directional energy spectrum.

Autores: JORGE PINHEIRO DA COSTA VEIGA
CARLOS ROBERTO RIBEIRO

Quando se trata de navios de guerra o estudo do comportamento dos mesmos no mar torna-se mais relevante devido à missão que tem a realizar. Um mau desempenho no mar pode diminuir a eficiência da tripulação em combate, inibir ou dispersar o disparo das armas, acionar os mecanismos automáticos de bloqueio de disparo, danificar equipamentos sofisticados por excesso de embarques de água, etc... Levando-se em conta que atualmente constrói-se navios de guerra de pequeno porte, (portanto mais sujeitos à influência do mar) equipado com sofisticadíssimos equipamentos bélicos, torna-se imprescindível que se conheça a capacidade destes navios de operarem em mar irregular.

Suponha-se que em determinado ponto de projeto de uma destas embarcações deseja-se responder as seguintes questões:

- qual a máxima velocidade que o navio pode manter, em determinado estado de mar, sem violar os limites aceitáveis de operação?
- como variam as características operacionais do navio ao se variar o deslocamento do mesmo?

Para responder a estas questões parte-se de um navio básico de 355 toneladas, denominado NAPARA (Navio Patrulha Rápido) e duas outras versões, uma de 410 toneladas e a outra de 300 toneladas. A versão aumentada recebe o nome de NAPARA AMPLIADO e a versão menor de NAPARA REDUZIDO .

Destas três versões serão analisadas as seguintes características operacionais:

- média quadrática (RMS) do movimento relativo entre o convés e a superfície do mar.
- frequência de ocorrência de culapadas (slamming).
- acelerações verticais no canhão de vante.
- acelerações verticais no C.O.C. (centro de operação de combate).

A primeira característica está ligada com o embarque de água no convés, a segunda com a segurança e conforto da tripulação, a terceira e quarta à operacionalidade do armamento (dispersão nos tubos-almas das armas, erros de medida, inibição no disparo de mísseis). Outras características operacionais importantes poderiam ser inseridas tais como balanço (roll), acelerações do radar, etc... mas, a título de exemplo só serão analisadas as quatro acima, para não haver sobrecarga de gráficos e informações.

Deve-se por último estabelecer que números são aceitáveis como limites para as quatro grandezas acima. Como a máxima velocidade, que o comandante permite à sua embarcação, quando vê ameaçadas as características operacionais da mesma, depende, em grande parte, do seu julgamento pessoal, torna-se difícil traduzir-se em números os limites procurados. Seguindo a referência [36], que se baseia em dados dos holandeses [38], americanos e russos [39] adotar-se-á os seguintes valores:

- um máximo de 1 emersão do convés em cada 23 oscilações do navio (correspondendo, aproximadamente, a 4,3% de probabili-

dade do movimento relativo exceder a borda livre local do navio) implicando nas seguintes médias quadráticas (RMS) dos movimentos relativos: 1,37m para a versão NAPARA, 1,44m para a versão ampliada e 1,28m para a versão reduzida. Estes números são obtidos calculando-se o valor de $\sqrt{m_0} = \text{RMS}$ tal que introduzidos na função $F(x)$ do capítulo 5 reproduzem uma probabilidade de embarque de água de 1/23.

- um número máximo de 60 culapadas (slamming) por hora.
- a média da décima parte das maiores acelerações não deve ultrapassar g . Em termos de RMS isto pode ser aproximadamente estabelecido como

$$\text{RMS} < 1,923 \text{ m/s}^2$$

A partir dos gráficos 7.2(a) e 7.2(b) definiu-se a curva limite de operacionalidade para movimentos relativos (embarque de água). Os mesmo foi feito considerando-se as acelerações máximas (fig. 7.3(a) e 7.3(b)) e o número máximo de 'slams' por hora (fig.7.4(a) e 7.4(b)). Na figura 7.5 colocou-se todas as curvas limites num só gráfico. A envoltória destas curvas representa o limite crítico geral de operacionalidade do navio. Nestes gráficos está apresentada apenas a versão maior (NAPARA AMPLIADO). Procedendo-se da mesma forma para as duas outras versões pode-se colocar as tres envoltórias obtidas, uma para cada navio, num só gráfico podendo-se não só compará-las como se obter os limites de operação de cada navio.

Usando-se uma tabela, que relaciona a velocidade do vento com a altura de onda significativa, pode-se usar a nomenclatura de navegação que atribui números a cada estado de mar.

MAR	$H_{1/3}$	VEL. APROX. DO VENTO (NÓS)
1	0,20 - 0,60	10
2	0,60 - 1,04	11 - 12 - 13
3	1,04 - 1,45	14 - 15 - 16
4	1,45 - 2,05	17 - 18 - 19
5	2,05 - 3,28	20 - 21 - 22 - 23 - 24
6	3,28 - 4,45	25 - 26 - 27 - 28

Pode-se então dizer que para mares até 5 todos os navios são limitados pelas acelerações máximas no canhão de vante e em mares 6 pode ocorrer excesso de embarques de água no convés do navio NAPARA (trecho reto da curva correspondente). Outra conclusão dos gráficos é que o aumento das dimensões do navio tende, de maneira geral, a melhorar o desempenho do navio no mar. Assim é que para mar 3 o NAPARA REDUZIDO pode estar limitado a 24 nós enquanto que as duas outras versões não estão limitadas quanto ao desempenho no mar (o fator limitante seria o desempenho do sistema propulsivo que não está incluído nesta análise). Para mares menos frequentes (4-5-6) as diferenças não são tão acentuadas, ainda mais levando-se em conta a subjetividade da ação do comandante. Apesar das diferenças não serem marcantes os valores absolu-

tos das velocidades máximas atingidas pelos três navios so frem uma queda acentuada quando se passa de mar 2 ou 3, onde normalmente atingiriam 30 nós, para mar 5 ou 6 onde não se navegará a mais do que 10 nós.

Se outras características operacionais fossem incorporadas na análise, além das três citadas, provavelmente ter-se-ia, para cada navio, uma envoltória bem mais complexa, onde certamente a visualização gráfica seria muito importante para o projetista comparar as alternativas que lhe são apresentadas.

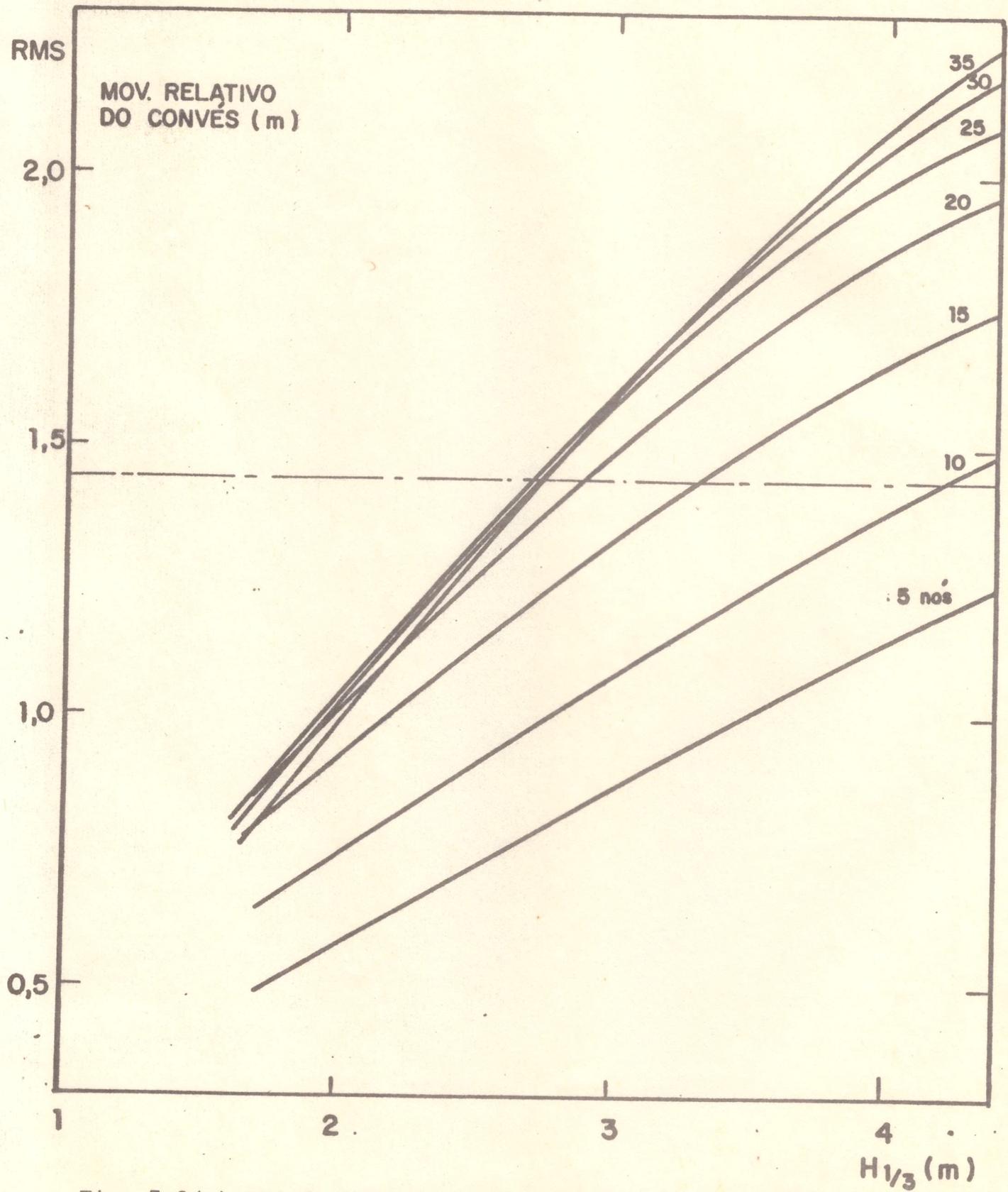


Fig. 7.2(a) RMS do movimento relativo do convés em função da altura de onda significativa do mar.

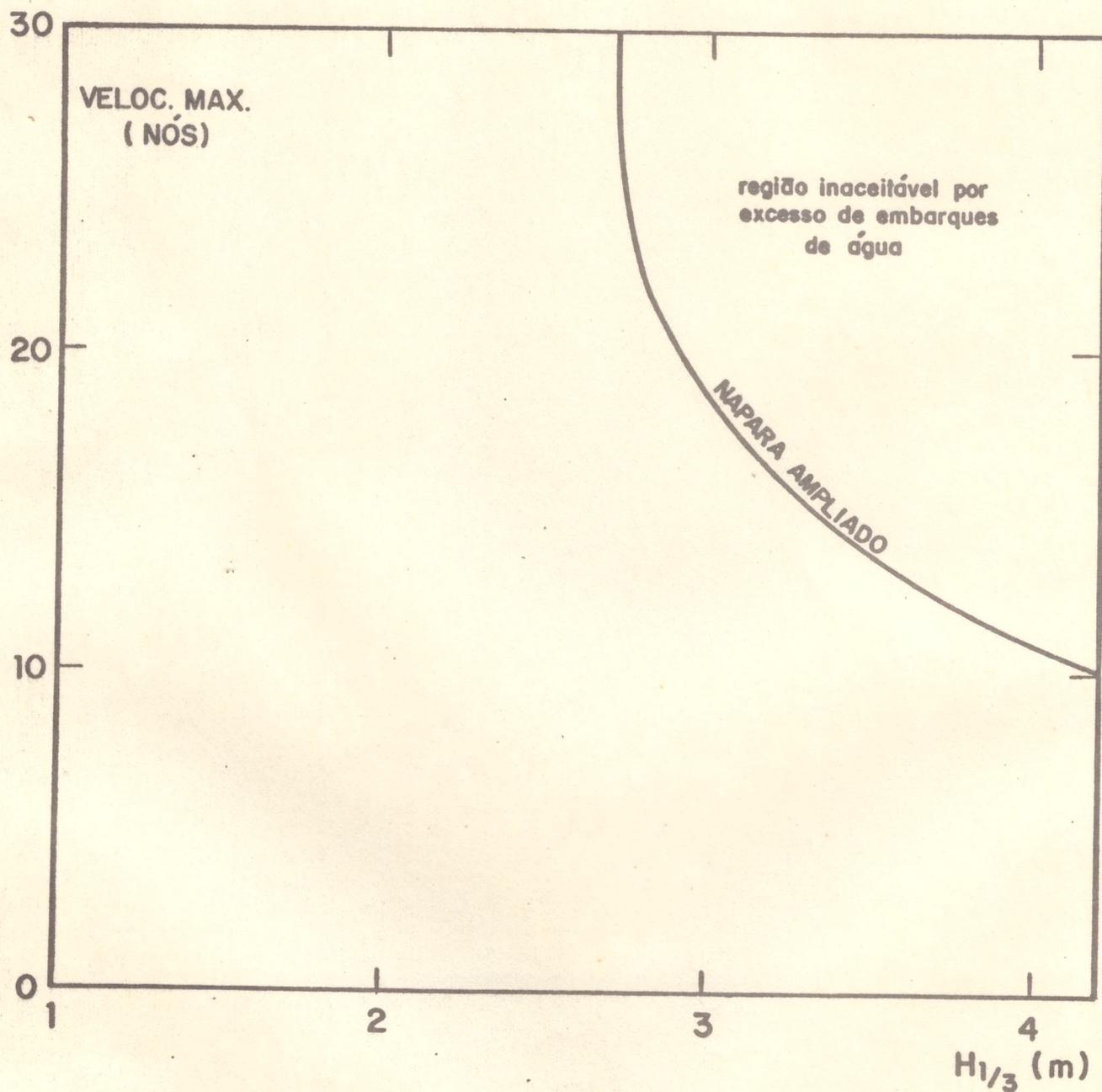


Fig. 7.2(b) Velocidade máxima do navio para haver num máximo de 1 embarque de água em cada 23 oscilações

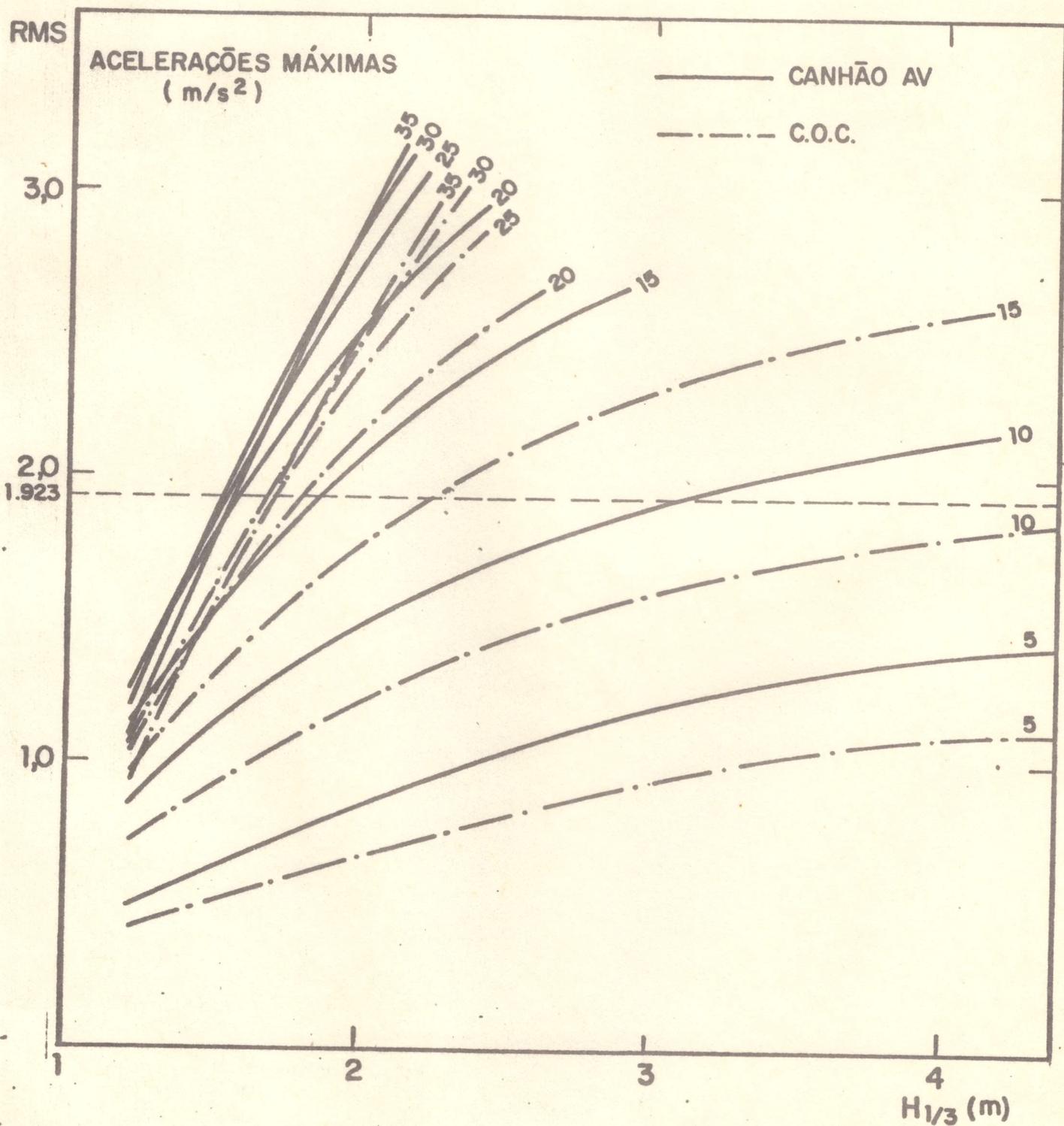


Fig. 7.3(a) - RMS das acelerações máximas que ocorrem no canhão de vante e no centro de operação de combate em função da altura de onda significativa do mar.

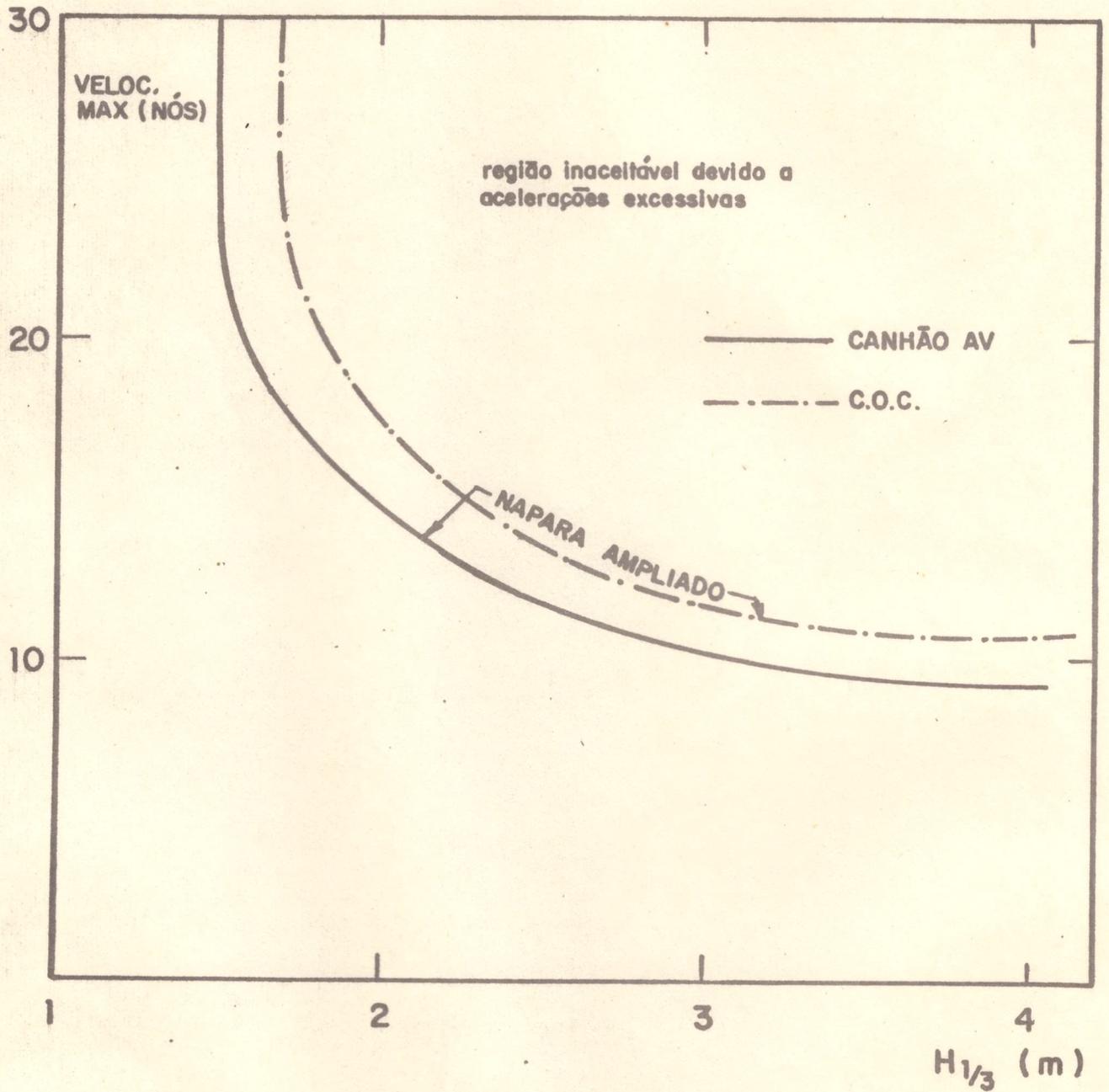


Fig. 7.3(b) - Velocidade máxima do navio para que a média do décimo das maiores acelerações não ultrapasse g .

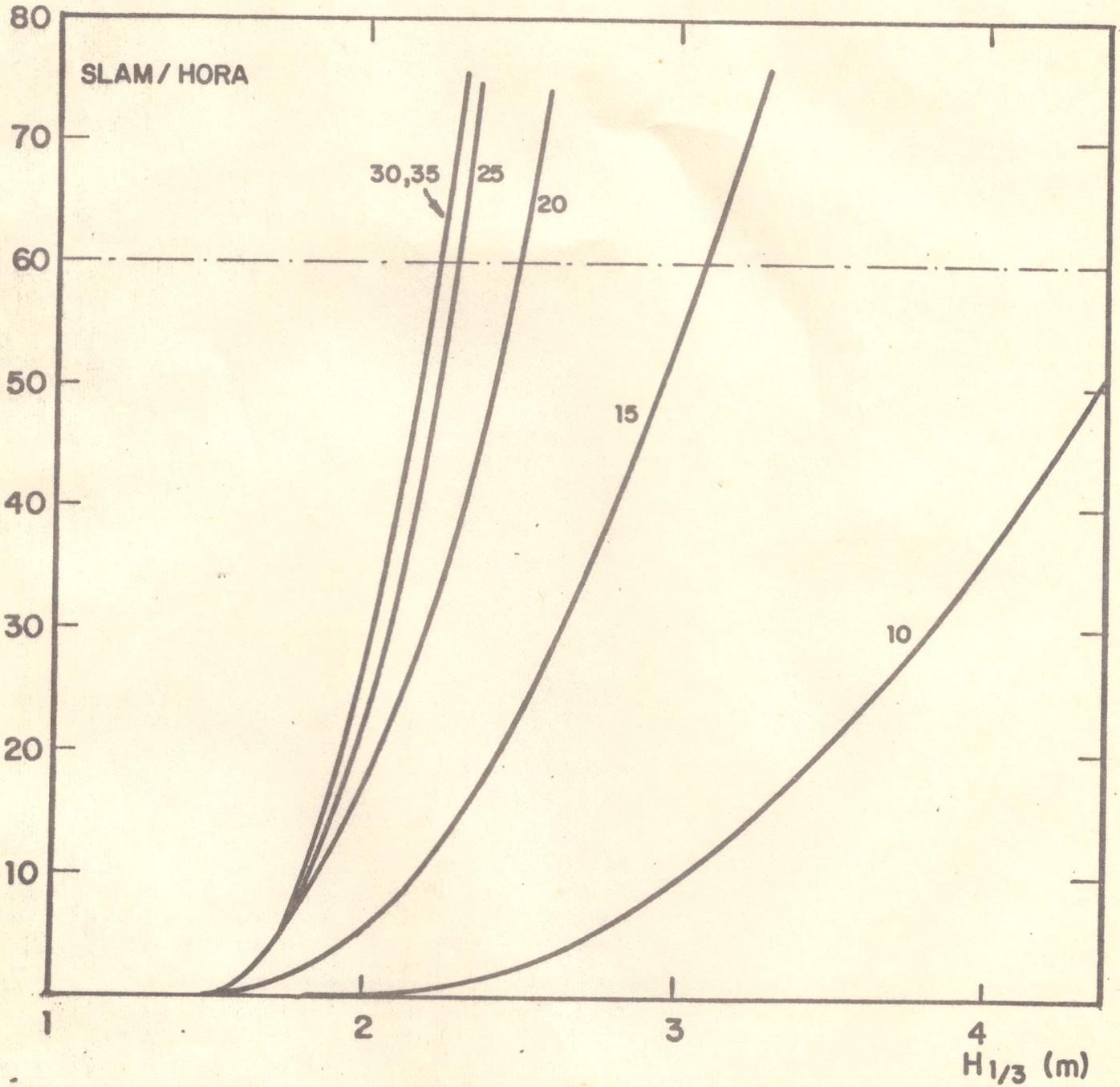


Fig. 7.4(a) - Número médio de culapadas (Slam) por hora em função da altura de onda significativa.

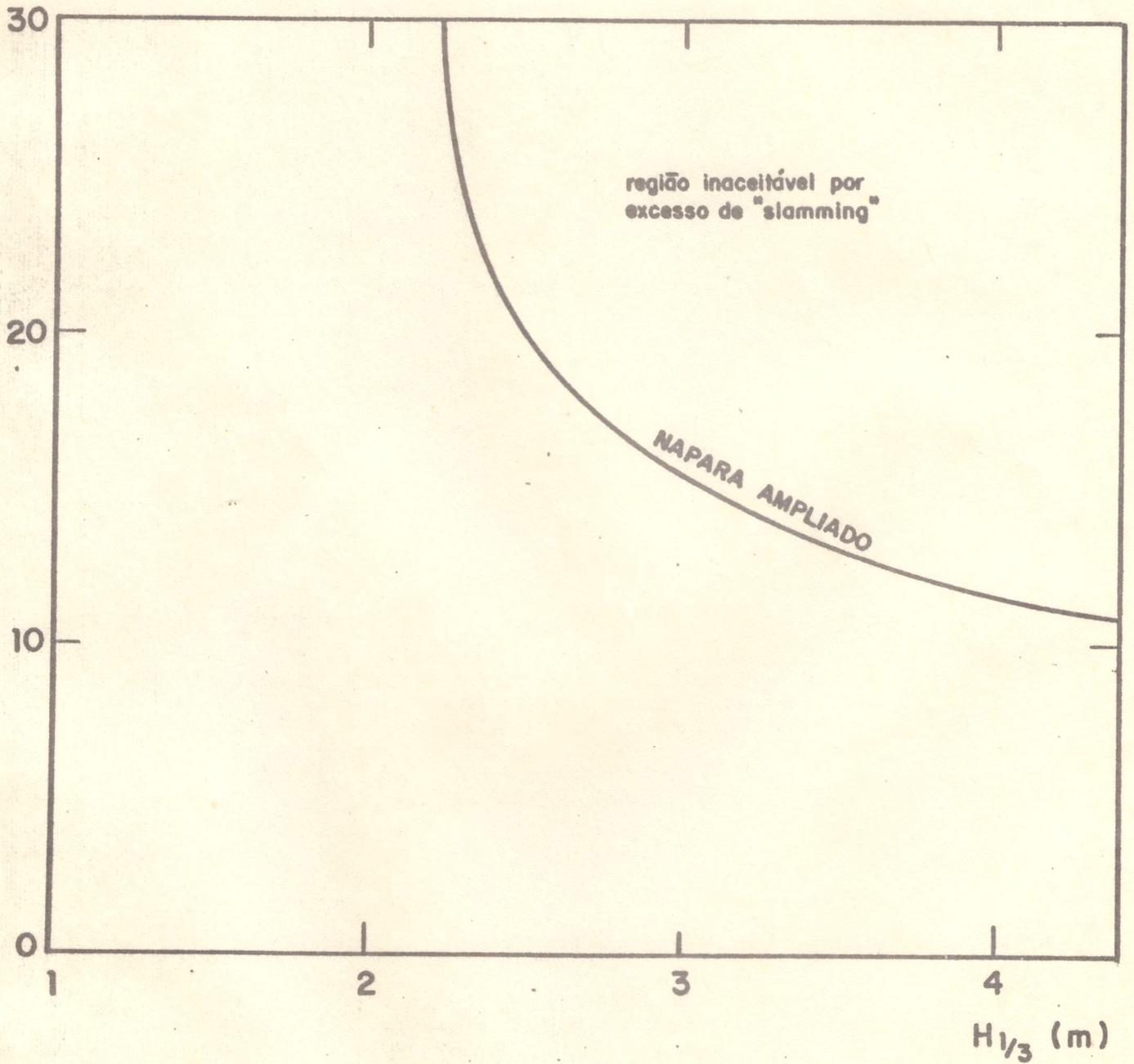


Fig. 7.4(b) - Velocidade máxima do navio para haver um máximo de 60 culapadas (Slams) por hora.

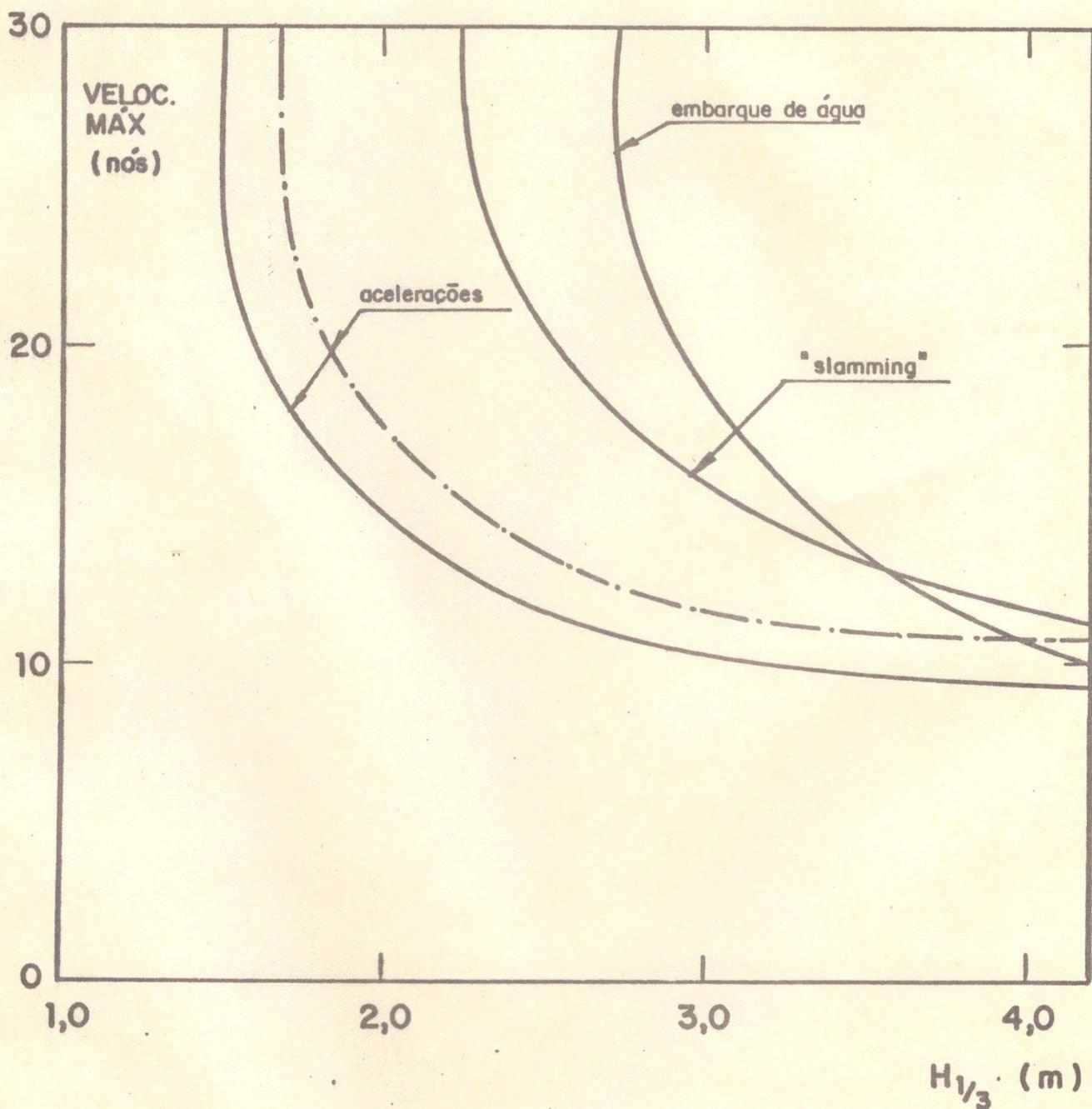


Fig. 7.5 - Integração das curvas de velocidades máximas permitidas para o navio.

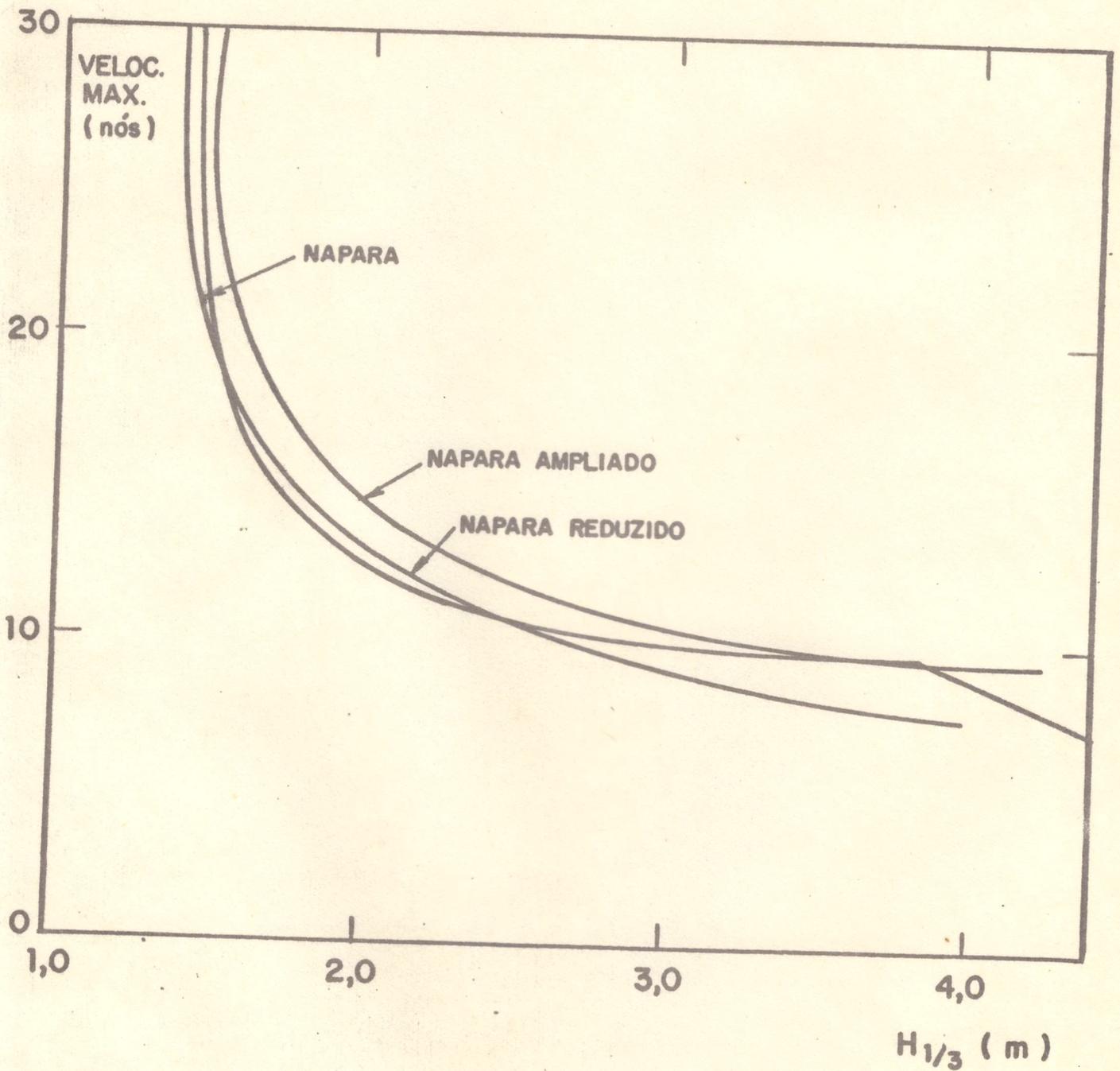


Fig. 7.6 - Comparação dos limites críticos de operação para três navios do tipo NAPARA.