

**CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**A IMPORTÂNCIA DOS PROGRAMAS DE COMPUTAÇÃO
APLICÁVEIS AO CARREGAMENTO DE NAVIOS NO CONTROLE DA
ESTABILIDADE**

Por: Rômulo Pires Balzana

**Orientador
Prof. Mesquita
Rio de Janeiro
2011**

**CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
MARINHA MERCANTE - EFOMM**

**A IMPORTÂNCIA DOS PROGRAMAS DE COMPUTAÇÃO
APLICÁVEIS AO CARREGAMENTO DE NAVIOS NO CONTROLE DA
ESTABILIDADE**

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica (FONT) da Marinha Mercante.

Por: Rômulo **Pires** Balzana

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE - EFOMM

AVALIAÇÃO

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): _____

NOTA - _____

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

Prof. (nome e titulação)

Prof. (nome e titulação)

Prof. (nome e titulação)

NOTA: _____

DATA: _____

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo, agradeço a minha família, que sempre esteve ao meu lado, a minha namorada e aos grandes amigos que me acompanharam nessa grande trajetória de lutas e aprendizado, e aos nobres mestres que tiveram papel fundamental na construção de meu caráter e de minhas aspirações.

DEDICATÓRIA

Dedico essa obra à meus pais, e aos grandes amigos
que se fizeram presentes por toda minha vida.

RESUMO

Este trabalho trata da importância dos programas computacionais no auxílio do planejamento do carregamento de um navio no que concerne à estabilidade do mesmo. Primeiramente são apresentadas razões para diversos problemas relativos a estabilidade do navio, que poderiam ser evitados com um programa de carregamento adequado. Em seguida fala-se da história e das características gerais de um programa de carregamento, e é mostrado um exemplo de programa utilizado no navio. Por fim, são abordados os requisitos essenciais para aprovação e utilização de um programa de carregamento a bordo

Palavras-chave: Programa - Estabilidade - Carregamento - Aprovação

ABSTRACT

This work deals with the importance of computer programs in assisting the loading plan of a ship with regard to stability. First, reasons are given for various problems concerning the stability of the ship, which could be avoided with a proper loading program. Then talk about the history and general characteristics of a loading program, and shows an example of a software used on board. Finally, the article discusses the essential requirements for approval and use of a loading program on board

Keywords: Program – Stability – Loading - Approval

SUMÁRIO

Introdução	10
1 Problemas relativos a estabilidade	11
1.1 Introdução	11
1.2 Falta de compreensão do critérios de estabilidade	12
1.3 Falha ao se observar os princípios básicos	13
1.3.1 Pré-requisitos da carga	13
1.3.2 Efeito de superfície livre	14
1.3.3 Centro de gravidade estimado	14
1.3.4 Altura da carga	14
1.3.5 Peso das cargas	14
1.3.6 Calado	15
1.3.7 Guindastes	15
1.3.8 Sobrecargas	15
1.3.9 Reduções de borda livre	16
1.3.10 Falha ao confirmar as condições do navio	16
1.4 Erros nos cálculos	16
1.5 Acidentes causados por problemas de estabilidade	17
1.6 Conclusões	20
2 Programas de carregamento	22
2.1 Introdução e histórico	22
2.2 Categorias dos programas de carregamento	22
2.3 Ferramentas de carregamento	23
2.4 Regulamentação	24
2.5 Exemplo de programa de carregamento	24
3 Regras para o uso de computadores de cálculo de estabilidade a bordo	27
3.1 Disposições gerais	27
3.2 Requisitos gerais	27
3.3 Sistemas de cálculo	28
3.4 Tipos de software de estabilidade	28
3.5 Requisitos funcionais	28
3.6 Tolerâncias aceitáveis	29

3.7 Procedimentos de aprovação	29
3.8 Manual de operação	30
3.9 Verificação periódica	30
3.10 Outros requisitos	30
Considerações finais	31
Bibliografia	32

INTRODUÇÃO

Nos primórdios da navegação o marítimo contava com as forças da natureza a seu favor para empreender suas jornadas de forma que voltar para casa ou sequer chegar ao destino era muito mais uma questão de sorte do que de técnica. Desde então, a navegação muito evoluiu e o que antes era arte se tornou ciência, e aquelas precárias expedições do passado se transformaram na indústria marítima moderna.

Para atender a crescente demanda é inevitável aos armadores fazerem uso das ferramentas oferecidas pela tecnologia atual. Destas ferramentas, destacamos os programas computacionais, em especial os programas de carregamento que em alguns casos de tão importantes passaram a ser de uso mandatório

CAPÍTULO 1

Problemas Relacionados a Estabilidade

1.1 Introdução

De um modo geral, petroleiros, graneleiros e navios de passageiros possuem estabilidade mais que suficiente para garantir a conformidade com os regulamentos quando totalmente carregados. Navios de carga seca, porta-contentores e barcaças estão sujeitos a grandes reduções na estabilidade quando carregados, portanto, alguns cuidados devem ser tomados para garantir que navio esteja em conformidade com os regulamentos que estabelecem os requisitos mínimos de estabilidade. Se estas medidas não forem cumpridas, então a segurança do navio, sua tripulação e carga estarão comprometidas.

Há relatos de navios de carga geral e navios porta-contentores que tenham utilizado estabilidade inadequada e mesmo nessas condições conseguiram empreender uma viagem. Porém, nesses casos, a ausência da estabilidade mínima exigida não foi suficiente para causar um acidente devido à falta de uma força externa que atuasse na embarcação, causada por condições de mar agitado, uma alteração acentuada de curso ou o envio de um cabo auxiliar.

Os fundamentos da estabilidade e explicações de como é possível determiná-la não são sempre facilmente compreendidos pela tripulação e pessoal responsável por carregar navios. Muitas das vezes, tais pessoas são enganadas pela suposição incorreta de que a GM seria considerada como a medida de estabilidade de um navio.

Não obstante o tipo de embarcação de carga seca ou barcaça, a causa predominante de acidentes é a falta de estabilidade transversal adequada sobre tais embarcações. Embora o maioria dos incidentes ocorram em navios porta-contentores ou navios de carga transportando contêineres, problemas de estabilidade são igualmente importantes em todos os tipos de navios. Felizmente, a maioria dos casos não resulta em uma perda total do navio ou carga. Isto porque quando esses navios adernam até determinado ângulo, a carga acaba por cair ao mar, e a estabilidade é então recuperada, permitindo que a embarcação volte para a sua posição de equilíbrio. Em outros casos, os navios desenvolvem ângulos de banda permanente, que serão corrigidos através da recuperação da estabilidade positiva alcançada com a redução do KG.

Porém, se um navio estiver a experimentar efeitos graves de estabilidade insuficiente, enquanto atravessa um mar agitado onde uma boa estabilidade se faz crucial, os resultados podem não ser os mesmos, com possíveis perdas de navios e principalmente de vidas humanas.

É raro que uma situação insatisfatória em matéria de estabilidade do navio se desenvolve por um único fator. Geralmente, surge através de uma coleção de dois ou mais dos seguintes fatores:

- 1) Falta de compreensão dos critérios de estabilidade.
- 2) Falha ao se observar os princípios básicos.
- 3) Erros aritméticos nos cálculos.

1.2 Falta de compreensão dos critérios de estabilidade

Muitas das vezes, os oficiais superiores responsáveis por operações de carga não estão familiarizados com os manuais de estabilidade da embarcação, ou com o programa de estabilidade/carregamento utilizado a bordo. O comandante deve garantir que todo o pessoal envolvido nas operações de carga torne-se familiarizado com o conteúdo do manual de estabilidade e seus parâmetros de funcionamento.

A IMO divulgou os critérios de estabilidade mínima para diferentes tipos de navio e estes critérios são levados em conta durante a fase de construção do navio e ao se fazer os cálculos para o livro de estabilidade do navio.

As pessoas de terra envolvidas com operações marítimas são geralmente conscientes da altura mínima permitida para a GM, mas podem erroneamente usar isto como a única medida da estabilidade de uma embarcação. Pois este é apenas um dos critérios, e o cumprimento do mesmo não é suficiente para garantir a estabilidade adequada. Existem outros fatores tão importantes quanto, que devem ser levados em conta para garantir que o navio mantenha uma estabilidade positiva suficiente para completar a viagem.

Utilizando os dados hidrostáticos da embarcação, a Curva de Estabilidade Estática pode ser desenhada, e a partir desta, a estabilidade dinâmica do navio pode ser determinada. Estabilidade dinâmica é a capacidade de um navio de resistir ou superar forças de inclinação externas e é diretamente proporcional à área abaixo da curva de estabilidade estática. Assim, quanto maior a estabilidade dinâmica de um navio, maior será sua capacidade de resistir às

forças externas.

A IMO estabelece requisitos mínimos para a estabilidade de um navio (que variam de acordo com tipo de navio).

Ao empreender cálculos manuais, a GM pode ser calculada com relativa facilidade, mas a outros critérios que envolvem cálculos longos e complexos. Para superar isso, a exigência é que o livro estabilidade forneça ao Comandante um meio fácil de obter uma rápida verificação para certificar-se de que a estabilidade do navio encontra-se em conformidade com todos os requisitos mínimos.

Esta informação normalmente assume a forma de uma tabela e/ou um gráfico indicando o Centro de Gravidade Vertical (KG) máximo permitido para um deslocamento particular. Certificando-se de que o centro de gravidade vertical encontra-se dentro dos parâmetros previstos no livro de estabilidade do navio, a estabilidade do navio estará em conformidade com os requisitos mínimos estipulados pela IMO para esse tipo de navio.

Dependendo do tipo de navio e do arquiteto naval, as informações quanto estabilidade podem ser representadas em formatos diferentes. Portanto, é importante que as pessoas responsáveis pelos cálculos de estabilidade da embarcação estejam totalmente familiarizadas com a forma como as informações são apresentadas.

1.3 Falha ao se observar os princípios básicos

1.3.1 Pré-requisitos de carga

Pessoas responsáveis por carregar um navio ou embarcação, devem garantir possuírem conhecimento dos pesos da carga a ser carregado, bem como a altura dos seus centros de gravidade. Estas informações, sempre que possível, devem ser determinadas antes que as operações de carga sejam iniciadas, de modo que uma sequência de carregamento seguro possa ser calculada de antemão, sem que surjam surpresas desagradáveis.

Não obstante qualquer pressão exercida sobre o navio pelo terminal do porto, a responsabilidade pelo carregamento continua sendo exclusivamente do Comandante.

1.3.2 Efeito de superfície livre (ESL)

O efeito de superfície livre de quaisquer líquidos a bordo tem um forte impacto na

estabilidade do navio, reduzindo a GM efetiva mediante o aumento do KG. Muitos problemas ocorrem quando o efeito de superfície livre não é levado em conta, ou quando os dados utilizados são aplicados de maneira incorreta.

Idealmente, os tanques de lastro devem estar completamente cheios ou completamente vazios para que não ocorra efeito de superfície livre. No entanto, quando isso não for possível, a melhor prática é utilizar o máximo efeito de superfície livre para cada tanque durante os cálculos de estabilidade. Se a condição de estabilidade calculada for crítica para qualquer momento da viagem, então, os momentos de superfície livre reais podem ser aplicados para o cálculo, a fim de se obter uma avaliação precisa da condição do navio.

É essencial que o efeito de superfície livre seja sempre calculado e aplicado corretamente. Também se deve ter em mente que a água livre nos decks tem o mesmo efeito, e quando a condição de estabilidade é crítica, esse pode ter um grande impacto.

1.3.3 Centro de gravidade estimado

Comandantes precisam sempre fazer uma estimativa precisa do centro de gravidade da carga. A estabilidade do navio pode ser comprometida caso haja um acúmulo de suposições incorretas. Estimativas devem sempre errar para o lado da segurança (ou seja, é melhor errar por estimar um centro de gravidade muito alto do que muito baixo). O centro de gravidade de um container deve sempre ser considerado no meio de sua altura, a menos que se tenha certeza da sua posição real.

1.3.4 Altura da carga

Deve-se garantir que a altura correta da carga seja utilizada nos cálculos do KG. Embora a diferença real de altura entre containers de 8'00", 8' 06", 9'00" ou 9 '06" não seja significativa quando considerada individualmente, um grande número de incorretas alturas pode ter um efeito adverso sobre o KG final, principalmente nas embarcações menores.

1.3.5 Peso das cargas

Infelizmente este problema é aquele que geralmente se encontra fora do controle dos Comandantes e armadores. Visualmente não há meios de avaliar o peso de um recipiente e o Comandante deverá aceitar como correto o manifesto ou conhecimento de embarque recebido. Por isso, a necessidade de se monitorar o calado da embarcação durante todo o carregamento.

Se surgirem discrepâncias, estas podem ser investigadas.

Outro problema por não se conhecer os pesos das cargas carregadas, é a possibilidade de que as unidades mais pesadas possam ser carregadas no topo das mais leves com a consequente redução na estabilidade. Existem casos onde containers declarados como sendo vazios foram encontrados com peso superior a 20 toneladas.

Embora este problema possa causar situações inaceitáveis, é em grande parte fora do controle do Comandante, e este deve sempre enxergar a potencial possibilidade de tais situações ocorrerem.

1.3.6 Calado

Durante as operações de carga, é importante que o calado seja observado a vante, a ré e a meia náu em ambos os lados em intervalos regulares e uma comparação feita para o calado calculado ou esperado. Eventuais variações têm de ser investigadas.

1.3.7 Guindastes

Quando tais aparelhos estão sendo utilizados para operações de carga, o centro de gravidade da embarcação sempre se move em direção ao peso carregado, para longe de um peso descarregado, ou na direção do peso removido. Como resultado, poderá ser reduzida efetivamente a estabilidade do navio. Isto pode ser um fator crucial durante os estágios finais de carga e os estágios iniciais de descarga quando a estabilidade pode ser crítica. Cuidado deve ser tomado para o cálculo da estabilidade em tais ocasiões e, em particular, atenção deve ser dada ao efeito de superfície livre. Pode ser necessário lastrar os tanques de duplo fundo, a fim de assegurar a estabilidade adequada durante a operações de carga.

1.3.8 Sobrecarga

Após aprovação do plano e pesquisas periódicas sobre linha de carga, para todos os navios é emitido um Certificado de Linha de Carga. Este documento por si só é a autoridade suprema que rege o mínimo de borda livre ao qual um navio está autorizado a carregar.

Um navio é automaticamente considerado incapaz de navegar caso se encontre com uma borda livre menor do que a permitida.

1.3.9 Reduções de Bordo livre

Existem casos em que o bordo livre de um navio teria sido reduzida em acordo com as autoridades locais, pois ele estaria navegando em águas costeiras ou locais. Se uma redução está sendo considerada, então é importante que um estudo das condições de estabilidade do navio seja realizado por um arquiteto naval para garantir que o navio ainda cumpra com os regulamentos. Uma redução na borda livre para permitir uma maior capacidade transporte de mercadorias para o navio irá resultar em uma perda de reserva de fluabilidade e este, conseqüentemente, irá reduzir a estabilidade dinâmica do navio e a sua capacidade de resistir a forças externas.

1.3.10 Falha ao confirmar as condições do navio

É importante que em todas as fases das operações de carga de um navio a embarcação mantenha uma condição estabilidade que cumpra integralmente com critérios de estabilidade para esse navio. Este requisito é igualmente importante para todas as etapas da viagem, e atenção deve ser dada quanto ao consumo de combustível, água e óleo e os efeitos de superfície livre associados a isso. Pode ser necessário o lastro do navio para compensar a utilização desses recursos. Se esta ação é necessária, então o efeito de superfície livre da água que está sendo introduzido nos tanques de lastro deve ser levado em conta antes de qualquer operação de lastro ser realizada. Não é incomum lastrear um tanque para inicialmente piorar a situação antes de se alcançar efetivamente uma melhora na a condição de estabilidade.

1.4 Erros nos cálculos

Basicamente, qualquer pessoa habilitada pode realizar cálculos de estabilidade manualmente, porém, há muito o que se considerar e fazer. Tal pessoa estará sujeita não somente a erros teóricos, como também a erros de cálculo. O Comandante tem a responsabilidade de assegurar que a embarcação esteja em boas condições de navegabilidade em todos os momentos. Isto inclui avaliar corretamente a estabilidade do navio e assegurar-se que os devidos cálculos foram corretamente desenvolvidos.

1.5 Acidentes causados por problemas de estabilidade

Caso 1

Tipo de navio: carga geral

Área comercial: sul do oceano pacífico

Enquanto os últimos containers estavam sendo carregados no convés, o navio de carga de 3.000 toneladas bruta emborcou e afundou ao lado do cais, danificando o cais enquanto ele afundava. A Autoridade Portuária emitiu uma ordem de remoção dos destroços. A remoção dos destroços foi feita utilizando-se barcaças com guindaste que tiveram de ser rebocadas mais de 2.000 milhas até o local do acidente. A embarcação foi cortada em seções menores, que foram então despejadas no mar. O cais foi finalmente restaurado cerca de cinco meses depois que o navio afundou. A maioria da carga sofreu perda total.



Investigações revelaram que o incidente foi causado por um erro no cálculo da estabilidade. O oficial responsável não conseguiu fazer a permissão adequada para a altura de alguns misturadores de cimento no compartimento inferior ao calcular o centro de gravidade transversal da embarcação. O resultado foi que seus cálculos produziram uma previsão demasiada otimista da estabilidade do navio ao término do carregamento. Não haviam procedimentos pré-estabelecidos de verificação do cálculo do oficial neste navio. Se tivesse ocorrido um, provavelmente o erro teria sido notado e a perda do navio teria sido evitada.

O prejuízo quanto a carga perdida, reivindicada pelos seus proprietários totalizou mais de 3 milhões dólares. Os custos de remoção dos destroços do navio foram de aproximadamente 1,5 milhões de dólares.

Caso 2

Tipo de embarcação: bulk/container carrier

Área comercial: extremo oriente

Este incidente ocorreu em navio de 316 TEUs que transportava granel e contêineres imediatamente após o carregamento ter sido concluído.

Após a conclusão do carregamento, o navio se encontrava com um ângulo de banda de 1° para boreste, e este aumentava lentamente. Ações corretivas foram tomadas, mas apesar disso o ângulo continuou a aumentar. Quando o ângulo atingiu cerca de 15°, diversos contêineres caíram das últimas tiers nas águas do porto. O navio, em seguida, foi jogado violentamente contra o porto. A banda aumentou até que a linha de água atingiu as braçolas e a água começou a tomar lugar. Felizmente mais contêineres caíram da camada superior, reduzindo a banda. A situação acabou sendo controlada através da descarga de mais contêineres e o navio retornou a uma posição de equilíbrio.

Este incidente foi causado por um plano de carregamento mal preparado, resultando em uma estabilidade negativa após a conclusão do carregamento. Os cálculos a bordo foram incorretamente executados, pois os efeitos de superfície livre não foram levados em consideração, mascarando assim a verdadeira condição de estabilidade da embarcação.

Navios porta-contêineres são famosos por suas trocas frequentes de carga. Operadores destes navios deve assegurar que procedimentos seguros estão sendo tomados para minimizar o potencial para erros. Os planos de carregamento ainda em terra devem ser preparados com exatidão, e de preferência verificados por uma segunda pessoa, antes de serem emitidos.

Meios devem ser fornecidos para ajudar o pessoal do navio na avaliação da condição de estabilidade do navio, de modo a reduzir as possibilidades de erros que acontecem nos cálculos rapidamente concluídos. Isso poderia tomar a forma de computadores de bordo. Os proprietários devem certificar-se que os oficiais mais idosos a bordo estejam totalmente familiarizados com os requisitos de estabilidade de sua embarcação.

Este incidente acabou por ser muito caro devido os enormes esforços que foram realizados para localizar os contêineres afundados. O prejuízo final foi na região de 580.000 dólares



Caso 3

Tipo de navio: porta-contentores

Área comercial: sudeste da Ásia

Um navio porta-contentores tinha completado as operações de carga em um berço e estava no processo de mudança para um segundo berço. Um rebocador do porto começou empurrando o navio para o cais, quando o navio começou a inclinar. Quando o ângulo de inclinação atingiu cerca de aproximadamente 10-15 graus, os contêineres começaram a cair do navio. O rebocador parou de empurrar, e esta ação em conjunto com a perda de contêineres permitiu que o navio para voltasse para sua posição de equilíbrio.

As investigações posteriores mostraram que más práticas operacionais tomaram lugar a bordo no que se refere a segurança do navio. A cota do centro de gravidade (KG) do navio estava bem acima do máximo permitido e nenhuma ação foi tomada com relação aos números de superfícies livres nos tanques de lastro. Para piorar a situação, foi confirmado que o navio estava de fato sobrecarregado em mais de 400 toneladas, o que resultou em uma borda livre de aproximadamente 30 centímetros inferior ao mínimo permitido.



Esses fatores combinados resultaram em uma redução drástica da estabilidade transversal, que se tornou insuficiente para suportar as forças criadas pelo rebocador. Ironicamente, os contêineres das últimas tiers não tinham sido devidamente peados, o que permitiu que eles caíssem e o navio voltasse para uma posição segura. Um dos fatores que contribuíram para a sobrecarga foi a falsa declaração dos pesos dos contêineres pelos contratantes. Este caso destaca a necessidade de se acompanhar a condição do navio em todos os momentos. Observando-se os calados, a sobrecarga teria sido notada em um estágio inicial e falta de estabilidade adequada do navio teria sido detectado.

O custo total superior a 660.000 dólares; uma grande quantidade deste foi contabilizado na recuperação de contêineres que afundaram no canal de acesso ao cais.

1.6 Conclusões

O comandante ou a pessoa responsável pela carga do navio não deve partir até que a estabilidade da embarcação seja calculada e seja confirmado que as prescrições legais de estabilidade, conforme consta no livro de estabilidade são respeitadas em todas as etapas da viagem. Se não for possível cumprir, o Comandante deve tomar todas as iniciativas necessárias, a fim de chegar a uma condição que garanta que a embarcação esteja em condições de navegar durante toda a viagem. Tal ação pode incluir o descarregamento de

carga, lastramento dos tanques, ou ambos.

É uma boa prática para os armadores passarem instruções escritas para o seus comandantes para cobrir quaisquer eventualidades, como indicado acima. Também é prudente para estas instruções cobrir o requisito para todos os problemas de estabilidade que devem ser respeitados e que medidas tomar se eles não puderem ser. Se os Comandantes sabem que têm o apoio de sua empresa operacional, há menos chances de erros serem cometidos e de embarcações em condições de inavegabilidade serem “lançadas ao mar”, especialmente quando a pressão é exercida pelos exportadores/importadores.

O manual de carregamento e estabilidade da embarcação é a única fonte autorizada de informações sobre a estabilidade de um navio e as exigências dele devem ser sempre seguidas.

CAPÍTULO 2

Programas de Carregamento

2.1 Introdução e Histórico

Os programas de carregamento vem sendo desenvolvidos desde os primórdios da era dos computadores, pois esses podem auxiliar no cálculo da estabilidade do navio. De maneira geral, tais programas são conhecidos como programas de carregamento/estabilidade ou softwares de carregamento/estabilidade.

O primeiro aplicativo de um computador de carregamento era, na verdade, bem mais um aplicativo para cálculos de esforços longitudinais que de estabilidade em si. Afinal, a estabilidade pode ser calculada manualmente, mas isso é bem mais difícil no caso de esforços.

É por isso que desde a década de 70, as Sociedades Classificadoras vêm exigindo softwares de carregamento para o cálculo e avaliação das características dos esforços longitudinais para navios de grandes esforços.

O propósito dos programas de carregamento é realizar cálculos seguros das questões ligadas ao carregamento, tais como estabilidade intacta, estabilidade avariada, esforços longitudinais e linha de visão.

2.2 Categorias dos programas de carregamento

Existem duas categorias distintas de programas de carregamento e estabilidade

A primeira copia o processo de cálculo manual. Funciona de forma indireta, ou seja, com a adição de dados hidrostáticos previamente definidos. Sendo assim, os procedimentos humanos são copiados. Sua implementação é mais simples e os princípios dos cálculos são as tabelas e curvas hidrostáticas, sendo elas que definem a precisão e restrições desses cálculos.

A segunda funciona de forma direta, ou seja, tal programa dispõe de um modelo geométrico completo do navio. Sendo assim, a estabilidade é calculada diretamente. Sua implementação é mais complexa e os princípios dos cálculos são os modelos tridimensionais

do formato do casco, tanques e compartimentos. Sua precisão é muito maior que a do método indireto, ao passo que suas restrições são muito menores.

2.3 Ferramentas de carregamento

Existem duas categorias de ferramentas que simplificam o uso dos programas de carregamento. São as ferramentas de carregamento e as ferramentas de avaliação de acordo com os regulamentos

O carregamento de um navio não é mais do que uma lista de pesos que estão em determinados locais. Na prática porém, é muito difícil trabalhar com uma lista, principalmente quando o número de itens é muito alto. Por isso algumas ferramentas de carregamento foram desenvolvidas, que são geralmente utilizadas a fim de se obter uma informação visual adequada, o que reduz a possibilidade de erros. algumas ferramentas são:

- Medidores de tanques, onde tanques são mostrados graficamente e o usuário pode selecionar, encher, esvaziar e fornecer aos tanques os volumes exatos através de simples comandos.
- Links para sistemas de medição de tanques, onde o carregamento real do tanque é diretamente posto no computador de carregamento.
- Ferramentas para carregamento de contêineres, para todo o tipo de altura e comprimento.
- Ferramentas para o carregamento por guindastes, incluindo operações simultâneas com 2 ou mais guindastes.
- Ferramentas para diversos tipos específicos de carregamento, seja para carga geral, ro/ro, graneleiros, etc.

De acordo com a legislação e regulamentação, além da estabilidade e dos esforços longitudinais, o carregamento deve obedecer a uma série de outros critérios, que logicamente, devem ser testados pelos softwares de carregamento, tais como:

- Momentos de torção excedentes
- Concordância com os critérios da linha de visão, devendo haver um ângulo mínimo de visibilidade através passadiço (impondo limites ao carregamento de contêineres e o excesso de trim pela popa, por exemplo)
- Posicionamento e agrupamento de cargas perigosas

2.4 Regulamentação

Além das regras gerais as quais um programa de carregamento deve obedecer, as Sociedades Classificadoras podem ter suas próprias diretrizes. Tais regras e diretrizes serão expostas no capítulo 3 deste trabalho

Além disso, a Internacional Organization for Standardization possui a ISO 16155, que trata da padronização dos equipamentos de carregamento a bordo. Ela é dividida em três categorias:

- Categoria A: trata do método convencional de carregamento, o método indireto
- Categoria B: trata do método de cálculo que vai além do livro de estabilidade, o método de direto
- Categoria C: trata de ferramentas auxiliares adicionais para o programa

O hardware sobre o qual o software é trabalhado também deve obedecer a certos regulamentos. Normalmente, é necessário que o hardware seja resistente a forças adversas que podem ocorrer em um passageiro, como umidade, vibrações mudanças de temperatura.

2.5 Exemplo de programa de carregamento

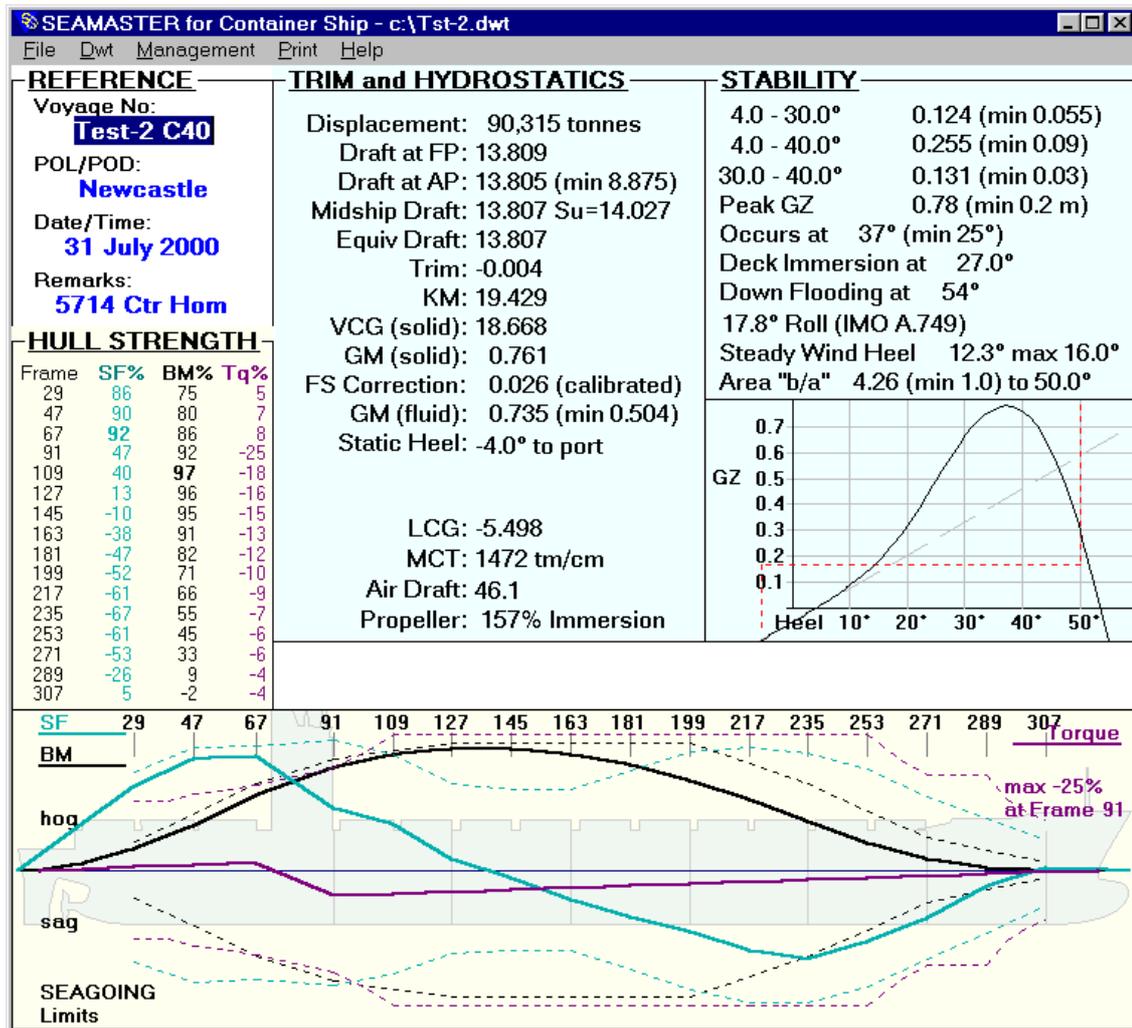
É recomendado que todos os navios de carga seca, especialmente aqueles que transportam containers sejam providos de um computador (instrumento de carregamento) e um software específico para o navio para o cálculo da estabilidade transversal e se possível, dos esforços longitudinais. Usando tais softwares o potencial de erros aritméticos é reduzido, pois os cálculos são realizados automaticamente, a entrada de dados é mínima e os resultados são obtidos quase que instantaneamente. Se a condição de carregamento é tal que os requisitos mínimos de estabilidade não cumpridos, as áreas de preocupação são destacadas para o usuário.

As fotos a seguir mostram uma tela do computador a partir de um pacote de software de estabilidade desenvolvido e comercializado pela Shipboard Informatics Ltd. de Londres, que é um dos muitos pacotes de software disponíveis.

Os programas são relativamente fáceis de usar visto que eles são adaptados para atender a configuração de cada navio (por exemplo, peso e configuração de flutuabilidade). Os dados de porte líquido para a carga e consumíveis é introduzido e os cálculos de

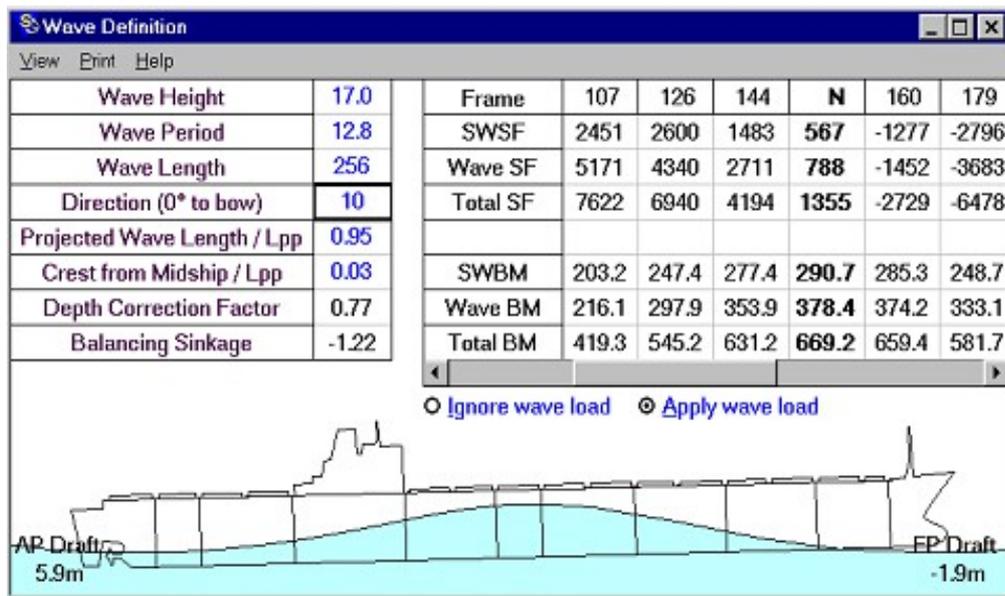
estabilidade são feitos imediatamente. Se qualquer um dos critérios de estabilidade mínimo não for cumprido, o erro é destacado em vermelho, trazendo-a para a atenção do usuário.

Tal programa remove a maioria dos possíveis erros que podem ocorrer quando são realizados cálculos manuais. Permite que cálculos mais complexos sejam realizados rapidamente, dando ao Comandante todas as informações quanto à estabilidade e esforço longitudinal, a fim de assegurar que a embarcação esteja em condições aceitáveis para a partida, chegada e durante todas as fases da viagem.



Resultados da estabilidade e esforços longitudinais

Além das vantagens já citadas, os programas são fáceis de usar, o que permite alterações de última hora nos planos de carga a serem cuidadosamente investigados rapidamente.



Carregamento com onda induzida

A facilidade do uso também vai incentivar investigações mais frequentes para as condições estabilidade da embarcação.

The screenshot shows the 'BULK CARGO' window with a table of cargo hold data. The total cargo weight is 21300.0 tonnes.

	VCG	S.G. t / m³	% of Full	Weight tonnes	Begin tonnes	Begin hour	Rate t / hr	End hour	End tonnes
Hold 1	6.18	0.8546	42.4	4000.0	0.0	1.0	800	9.4	6720.0
Hold 2	1.68	0.8546	0.0	0.0	4000.0	0.0	-800	5.0	0.0
Hold 3	6.98	0.8546	57.6	6500.0	0.0	0.5	750	13.6	9825.0
Hold 4	2.71	0.8546	8.9	1000.0	0.0	0.0		0.0	
Hold 5	5.39	0.8546	38.1	4300.0	0.0	4.5	1500	7.4	4290.0
Hold 6	1.68	0.8546	0.0	0.0	0.0	0.0		0.0	
Hold 7	6.89	0.8546	52.1	5500.0	0.0	3.0	1000	8.5	5500.0

The screenshot shows the 'Cargo Operation Control' window with a table of cargo operation data. The time spot is 0.0 and the time sweep is from 0.0 to 15.0.

Time (Rel)	Disp tonnes	Max Draft	Trim	GM	Max SF%	Max BM%	Hold 1	Hold 2	Hold 3	Hold 4
8.7	38930.8	8.29	2.88	6.99	99	123	6160.0	0.0	6150.0	4290.0
8.8	39085.8	8.26	2.77	6.94	99	124	6240.0	0.0	6225.0	4290.0
8.9	39240.8	8.23	2.66	6.90	99	124	6320.0	0.0	6300.0	4290.0
9.0	39395.8	8.19	2.56	6.85	100	125	6400.0	0.0	6375.0	4290.0
9.1	39550.8	8.16	2.45	6.81	100	125	6480.0	0.0	6450.0	4290.0
9.2	39705.8	8.13	2.34	6.77	100	125	6560.0	0.0	6525.0	4290.0
9.3	39860.8	8.10	2.23	6.72	101	126	6640.0	0.0	6600.0	4290.0
9.4	40015.8	8.07	2.13	6.68	101	126	6720.0	0.0	6675.0	4290.0
9.5	40090.8	8.06	2.10	6.66	101	126	6720.0	0.0	6750.0	4290.0
9.6	40165.8	8.06	2.07	6.64	101	126	6720.0	0.0	6825.0	4290.0

Controle das operações de carga

CAPÍTULO 3

Regras para o Uso de Computadores de Cálculo de Estabilidade a Bordo

3.1 DISPOSIÇÕES GERAIS

O uso de computadores de bordo para cálculos de estabilidade não é uma exigência. No entanto, um software de estabilidade instalado a bordo deve abranger todos os requisitos de estabilidade aplicáveis ao navio.

Tais regras aplicam-se a computadores de bordo que são providos com software capaz de realizar cálculos de estabilidade para a embarcação, desde de que contratados para a construção em ou após 01 de julho de 2005.

3.2 REQUISITOS GERAIS

- O escopo de um software de cálculo de estabilidade deve estar de acordo com o caderno/livro de estabilidade e deve pelo menos incluir todas as informações e realizar todos os cálculos ou verificações como necessário para assegurar o cumprimento das prescrições de estabilidade aplicável.
- Um software de estabilidade aprovado não é um substituto para o caderno de estabilidade de aprovada, e é usado como um complemento para tal, para facilitar os cálculos de estabilidade.
- As informações de entrada/saída devem ser facilmente comparáveis com o caderno de estabilidade aprovado de modo a evitar confusão e possível má interpretação por parte do operador
- Um manual de operação deve ser fornecido para a o software de estabilidade de bordo.
- A língua em que as informações de estabilidade do software são exibidas e impressas, bem como o manual de operação, deve ser a mesma utilizada nas informações de estabilidade do navio.
- O computador de bordo para cálculos de estabilidade é específico do navio e os seus resultados só são aplicáveis ao navio para qual foi aprovado.

- No caso de modificações implicando alterações nos dados principais ou arranjos internos do navio, a aprovação específica de qualquer software de cálculo de estabilidade original não será mais válido. O software deve ser modificado e reaprovado.

3.3 SISTEMAS DE CÁLCULO

- Um sistema passivo requer entrada manual de dados.
- Um sistema ativo substitui a entrada manual com sensores lendo o conteúdo dos tanques, etc

3.4 TIPOS DE SOFTWARE DE ESTABILIDADE

Três tipos de cálculos realizados pelo software de estabilidade são aceitáveis dependendo das necessidades de estabilidade do navio:

Tipo 1 - Software para calcular estabilidade intacta apenas (para os navios que não exigem um critério de estabilidade em avaria);

Tipo 2 - Software para calcular estabilidade intacta e verificar a estabilidade avariada com base em:

- Uma curva limite, ou
- Condições de carregamento pré-aprovadas;

Tipo 3 - Software para calcular a estabilidade intacta e estabilidade avariada por aplicação direta de casos de avarias pré-programadas para cada condição de carregamento.

3.5 REQUISITOS FUNCIONAIS

- O programa de cálculo deve apresentar os parâmetros relevantes de cada condição de carregamento, a fim de ajudar o Comandante em seu julgamento quanto ao navio estar carregado dentro dos limites aprovados.
 - Se cálculos diretos de estabilidade avariada são realizados, os casos de avarias relevantes em acordo com as regras aplicáveis devem ser pré-definidos para verificação automática de uma dada condição de carregamento.
 - Um aviso claro deve ser dado na tela e numa impressão em papel, se alguma das limitações de carga não forem cumpridas.
 - Os dados serão apresentados na tela e na impressão em papel de forma clara e sem erros.
- a) A data e a hora de um cálculo salvo deve fazer parte da tela e da impressão em papel.

- b) Cada cópia impressa deve conter a identificação do program de cálculo, incluindo número da versão.
- c) Unidades de medida devem ser claramente identificadas e utilizadas de forma consistente dentro de um cálculo de carga.

3.6 TOLERÂNCIAS ACEITÁVEIS

Dependendo do tipo e abrangência dos programas, as tolerâncias aceitáveis são determinadas de maneira diferente. Desvio dessas tolerâncias não devem ser aceitados a menos que a Sociedade Classificadora considere que há uma satisfatória explicação para a diferença e que não haverá nenhum efeito adverso sobre a segurança do navio.

Programas que usam apenas dados pré-programados do caderno de estabilidade como base para os cálculos de estabilidade, não devem ter tolerâncias para a impressão dos dados de entrada. Tolerâncias para dados de saída devem ser perto de zero, no entanto, pequenas diferenças associadas com arredondamento de cálculo ou abreviação de dados de entrada são aceitáveis. Diferenças adicionais associadas com o uso de dados hidrostáticos e de estabilidade para trim que diferem daquelas aprovadas, estão sujeitos a aprovação da Sociedade Classificadora em cada caso particular.

Programas que utilizam modelos de formato do casco como base para os cálculos de estabilidade, devem ter tolerâncias para as impressões de dados básicos calculados estabelecidos tanto contra dados das informação de estabilidade aprovadas ou dados obtidos utilizando modelos aprovados pelas autoridades. Tolerâncias aceitáveis devem estar de acordo com uma tabela de tolerâncias emitida pela Associação Internacional das Sociedades Classificadoras (IACS).

3.7 PROCEDIMENTOS DE APROVAÇÃO

O computador e software de bordo usados para os cálculos de estabilidade são sujeitos à aprovação da Sociedade Classificadora, que incluem:

- Verificação da homologação, se for o caso,
- Verificação de que os dados utilizados são consistente com a condição atual do navio,
- Verificação e aprovação das condições de teste,
- Verificar se o software é apropriado para o tipo de navio e cálculo de estabilidade necessários.

3.8 MANUAL DE OPERAÇÃO

Um simples manual de operação, contendo as descrições e instruções, conforme o caso, devem contêr, pelo menos, o seguinte:

- Instalação,
- Teclas funcionais,
- Telas de menu,
- Dados de entrada e saída,
- Hardware mínimo necessário para operar o software,
- A utilização das condições de carregamento de teste,
- Guia passo-a-passo do computador,
- Lista de avisos (a respeito de testes e verificações)

3.9 VERIFICAÇÃO PERIÓDICA

É da responsabilidade do comandante do navio verificar a precisão do computador de bordo para cálculos de estabilidade em cada Pesquisa Anual através da aplicação de, pelo menos, uma condição de teste aprovada.

Se um inspetor da Sociedade Classificadora não está presente para a verificação do computador, uma cópia dos resultados das condições do teste obtido pela verificação do computador deve ser mantida a bordo como uma documentação de análises satisfatórias para a verificação do avaliador.

Em cada vistoria de renovação esta verificação das condições de carregamento aprovadas devem ser feitas na presença do vistoriador.

3.10 OUTROS REQUISITOS

O programa deve monitorar a operação e ativar um alarme quando o programa é utilizado incorretamente ou de forma anormal. E todos os dados armazenados no sistema devem ser protegidos contra corrupção por falta de energia.

As mensagens de erro no que diz respeito às limitações como o preenchimento de um compartimento além da capacidade, ou acima da linha de carga atribuída, etc, devem ser incluídos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise efetuada neste trabalho leva a conclusão de que a indústria marítima moderna que demanda mais do que nunca segurança e eficiência lidando com quantidades de carga cada vez maiores, regulamentos cada vez mais rígidos e prazos cada vez mais curtos tem os programas de computação como aliados fundamentais em diversas aplicações como no desenvolvimento de complexos desenhos de cascos que reduzem o atrito com a água ou no posicionamento dinâmico que torna as embarcações operacionais em atividades que exigem precisão mesmo sob as intemperes. Aplicação não menos importante é o cálculo da estabilidade na carga e descarga dos navios, onde o programa de computador permite que planos de cargos sejam elaborados com a rapidez e segurança necessários. Há de se observar que mesmo com toda evolução destes programas eles ainda não dispensam a presença humana que é fundamental para observar as particularidades do navio e da carga e então baseado no bom senso criar um modelo de carregamento a ser testado pelo programa, em seguida inserir os dados corretamente e interpretar os resultados de forma coerente, sendo assim, paralelamente à evolução destes programas deve estar a atualização da formação do oficial mercante

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - The Shipowners' Protection Limited. Basic Stability for small vessels. London: Ship Owner's Club, 2007.
- 2 - VAN DOKKUN, Klaas; TEN KATEN, Hans; KOOMEN, Koos; PINKSTER, Jakob. Ship Stability. Enkhuizen: Dokmar Maritime Publishers, 2008
- 3 - Requirements concerning LOAD LINE, IACS Req 2011
- 4 - BIRAN, A.B. Ship Hydrostatics and Stability. London: Elsevier, 2003
- 5 - Ship Stability & Global Strength, TMC (Maritime Consultants) Ltd. - Stability & Global Strength