

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE

LUÍS HENRIQUE ANSELMO DE OLIVEIRA

SOFTWARE ADEQUADO AO CÁLCULO DE DRAFT SURVEY

RIO DE JANEIRO

2016

LUÍS HENRIQUE ANSELMO DE OLIVEIRA

SOFTWARE ADEQUADO AO CÁLCULO DE DRAFT SURVEY

Projeto de monografia apresentado como exigência para obtenção do título de bacharel em Ciências Náuticas no curso de formação de oficiais de náutica, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Prof. Henrique Vaicberg

RIO DE JANEIRO

2016

LUÍS HENRIQUE ANSELMO DE OLIVEIRA

SOFTWARE ADEQUADO AO CÁLCULO DE DRAFT SURVEY

Projeto de monografia apresentado como exigência para obtenção do título de bacharel em Ciências Náuticas no curso de formação de oficiais de náutica, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador: Prof. Henrique Vaicberg.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Professor Henrique Vaicberg

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

“E aqueles que estavam dançando,
foram julgados Insanos por aqueles
que não podiam escutar a música. ”

Friedrich Nietzsche

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, que iluminou meu caminho para uma passagem segura até o momento, e que nele criei a base de minha sustentação.

Ao meu querido e eterno pai, Reinicésar, que me inspirou a ingressar na marinha mercante, na esperança de que onde quer que esteja possa enxergar meu esforço na tentativa de honrar seu nome.

A minha querida mãe, Cássia, que sempre me incentivou a perseguir meus sonhos, e jamais desistiu de mim e de nossa família, sustentando o impossível para o sucesso de seus filhos.

Aos meus irmãos, César e Renan, por todo apoio e entendimento.

Ao professor Sidnei E. Pereira, que me mostrou a beleza em estudar estabilidade de embarcações mercantes.

Ao professor Henrique Vaicberg, que incentivou e colaborou com toda a experiência no assunto, a continuidade do trabalho, e proveu todo material necessário para a execução do mesmo.

Aos amigos, Perrotta e Fernando Hilário, que colaboraram com suas ideias na produção deste trabalho.

RESUMO

A operação de Draft Survey, também conhecida como Arqueação da carga, é uma operação relativamente simples que envolve muitos cálculos e se torna muito trabalhosa quando feita manualmente. Ela se baseia na medição da quantidade de carga a ser embarcada, ou seja, no porte líquido, a partir da conferência de calados, efetuando as correções necessárias, para não se obter erros quando converter o calado final em deslocamento. Este trabalho tem o propósito de estabelecer uma planilha inteligente para o cálculo ágil e eficaz desta operação. Utilizando o software da Microsoft Excel. Bem como o de instruir e incentivar a criação de novas planilhas e softwares e de servir como base para a correção de exercícios e atividades envolvendo o Draft survey.

Palavras Chave: Draft Survey. Calado. Porte líquido. Planilha. Excel.

ABSTRACT

The Draft Survey operation, also known as cargo tonnage, it is a relatively simple operation, which involves many calculations and becomes very hard if done manually. It is based on measuring the amount of cargo to be loaded, doing the draft measurement, making the necessary corrections, so you do not make mistakes, when converting the draft final in net tonnage. This work aims to establish an intelligent spreadsheet for faster and efficient calculation of this operation. Using the Microsoft Excel software. As well as to instruct and encourage the creation of new worksheets and software and serve as the basis for the correction of exercises and activities involving the Draft survey operations.

Keywords: Draft Survey. Draft. Net tonnage. Spreadsheet. Excel.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Calados AR e AV	12
Figura 2: Tosamento	13
Figura 3: Comprimento entre as perpendiculares	14
Figura 4: Aferição da densidade	22
Figura 5: Correção do calado devido a leitura fora das perpendiculares	24

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Convenção do sinal para correção	24
Tabela 2: Cálculo da diferença entre MTCs	26
Tabela 3: Exemplo de tabela de dados Hidrostáticos	28
Tabela 4: Cálculo dos calados e deflexão	28
Tabela 5: Cálculo do trim e do HC	29
Tabela 6: Características do navio	29
Tabela 7: Exemplo de Interpolação para o caso do navio Angra dos Reis.	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	CONCEITOS DE ESTABILIDADE	12
2.1	Definição de conceitos básicos de estabilidade	12
2.2	Fatores integrantes do Draft Survey	16
2.2.1	Constante do navio	17
2.2.2	Consumíveis	19
2.3	Metodologia do Draft Survey	19
2.3.1	Das aferições necessárias	19
2.3.2	Documentos necessários	20
2.3.3	Leitura dos Calados	21
2.3.4	Densidade da água	21
2.3.5	Requisitos para o início do cálculo	22
2.3.6	Cálculos para obtenção da carga a ser embarcada.	23
3	MÉTODO DAS TABELAS	27
3.2	Funcionamento da tabela	27
3.2.1	Deflexão do casco	28
3.2.2	Trim	29
3.2.3	Dados do navio	29
3.2.4	Tabela de interpolação	30
3.2.5	A primeira e segunda correção para o trim	30
3.2.6	Porte Líquido	30
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
	REFERÊNCIAS	32
	ANEXOS	34

1 INTRODUÇÃO

Um grande e comum problema enfrentado pelos imediatos, no momento de confeccionar um plano de carregamento, está no cálculo de carga a ser embarcado, em navios graneleiros, onde são efetuadas várias correções para os calados medidos a bordo para a obtenção da carga final a ser embarcada. Essa operação é mais conhecida como Draft Survey, quando traduzida literalmente significa “pesquisa de calado”.

Este trabalho trata de uma metodologia computacional para simplificar, o processo de cálculo da quantidade de carga a ser embarcada em navios graneleiros, bem como o fornecimento da constante de bordo. E tem o objetivo de agilizar e trazer confiança nos cálculos dessa operação, proporcionando maior compreensão e servindo como referência para resolução de exercícios de Draft Survey e ainda, de auxiliar na construção de tabelas inteligentes no Microsoft Excel, de modo que cada operador, estudante ou surveyor, possa criar sua própria tabela.

2 CONCEITOS DE ESTABILIDADE

2.1 Definição de conceitos básicos de estabilidade

Primeiramente, torna-se necessário a compreensão de elementos básicos de estabilidade para uma melhor compreensão da operação de Draft Survey. De acordo com Fonseca, obteve-se as plausíveis definições:

Linha de flutuação (LF), ou simplesmente flutuação, é a interseção da superfície da água com o contorno exterior do navio.

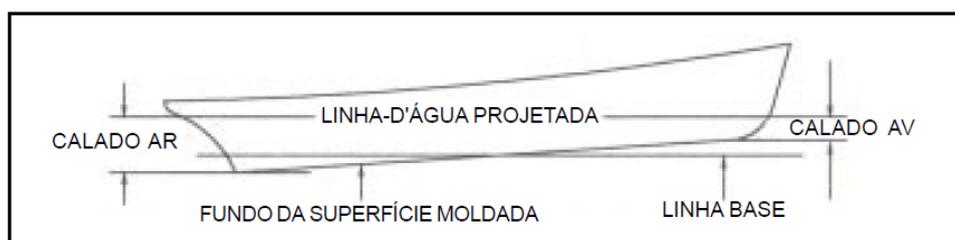
Centro de Flutuação (F) é o centroide da área do plano de flutuação. É importantíssimo conhecer a posição do “F”, isto é, a sua distância em relação às perpendiculares, pois todos os cálculos de Estabilidade Longitudinal serão baseados nele. Os planos de bordo, normalmente, dão a sua posição em relação à perpendicular de meio navio (Plano Aranha) e em relação a perpendicular de ré, em função do calado médio ou do deslocamento. (PEREIRA, 2011)

Pontal é a distância vertical medida sobre o plano diametral e a meia-nau, entre a linha reta do vau do convés principal e a linha da base moldada.

Calado, em qualquer ponto que se tome, é a distância vertical entre a superfície da água e a parte mais baixa do navio naquele ponto. (DERRETT, 1999).

Geralmente medem-se o calado AV e o calado AR. Na figura 1 estes calados são referidos, respectivamente, às perpendiculares AV e AR; na prática são medidos nas escalas do calado, que são colocadas próximo das respectivas perpendiculares. O calado de um navio varia desde o calado mínimo, que corresponde à condição de deslocamento leve, e o calado máximo, que corresponde à condição de deslocamento em plena carga; calado normal é o que o navio tem quando está em seu deslocamento normal.

Figura 1: Calados AR e AV



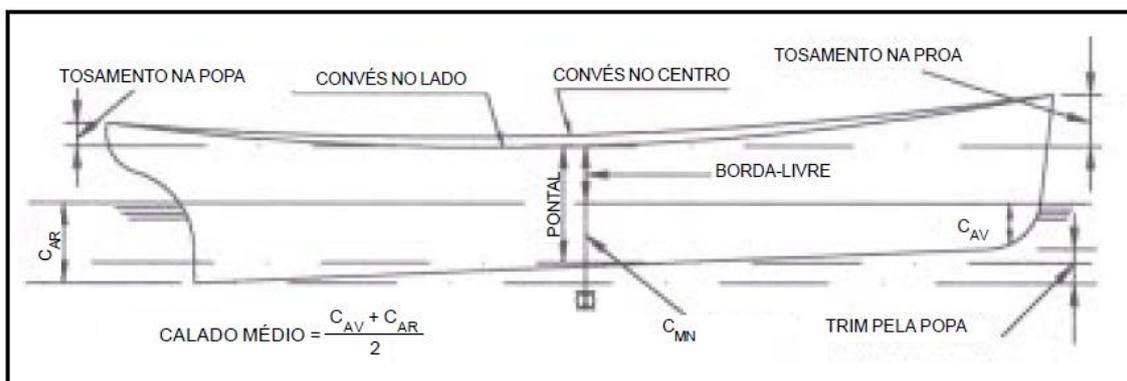
Fonte: Arte Naval (2002)

Em cada flutuação podemos ter o calado AV, AR ou a MN. Calado a meia-nau é o medido na seção a meia-nau, isto é, a meio comprimento entre perpendiculares; ele nem sempre corresponde ao calado médio, que é a média aritmética dos calados medidos sobre as perpendiculares AV e AR.

Quando não há diferença nos calados AV e AR, isto é, o navio está em “águas parelhas”. Quando há diferença nos calados, diz-se que o navio tem trim. (PEREIRA, 2011)

Segundo FONSECA (2002), tosamento é a curvatura que apresenta a cinta de um navio, quando projetada sobre um plano vertical longitudinal; ele determina a configuração do convés principal e do limite superior do costado. É também a medida desta curvatura, isto é, a altura do convés nos extremos do casco, acima do pontal. Podemos ter tosamento AV e tosamento AR.

Figura 2: Tosamento



Fonte: Arte Naval (2002)

Alquebramento – É a curvatura da quilha, quando apresenta a convexidade para cima. Em geral ocorre como uma deformação permanente causada por fraqueza estrutural ou por avaria. O alquebramento é o inverso do tosamento, o qual também pode ser aumentado pelas mesmas causas de deformação. (FONSECA, 2002)

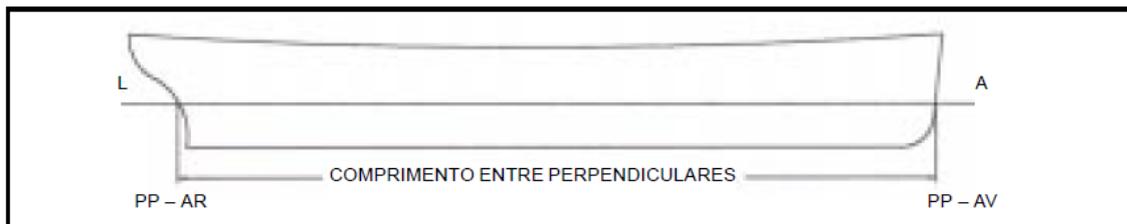
Perpendiculares (PP) – As perpendiculares são duas retas normais à linha-d’água projetada, contidas no plano diametral e traçadas em dois pontos especiais, na proa e na popa, no desenho de linhas do navio; são as Perpendiculares a vante (PP-AV) e a ré (PP-AR).

Perpendicular a vante (PP-AV) – É a vertical tirada no ponto de interseção da linha-d’água projetada com o contorno da roda de proa.

Perpendicular a ré (PP-AR) – É traçada de modo variável conforme o país de construção do navio.

Comprimento entre perpendiculares (CEP) – É a distância entre as perpendiculares a vante e a ré, acima definidas.

Figura 3: Comprimento entre as perpendiculares



Fonte: Arte Naval (2002)

Fonseca (2002), define deslocamento (Δ) como sendo o peso da água deslocada por um navio flutuando em águas tranqüilas. De acordo com o Princípio de Arquimedes, o deslocamento é igual ao peso do navio e tudo o que ele contém na condição atual de flutuação.

Já Pereira (2011) complementa atribuindo como o peso do navio expresso em toneladas. É dado em toneladas métricas ou em toneladas longas, é representado pelo símbolo Δ . O termo deslocamento é usado porque o peso do navio é igual ao peso do volume d'água deslocada pela carena do mesmo.

Segundo Pereira, dependendo das condições em que se encontrar o navio temos ainda as seguintes definições de deslocamento:

Deslocamento Atual (Δ): É o peso do navio quando flutuando na linha d'água considerada.

Deslocamento Leve (ΔL): É o peso do casco, apêndices, acessórios da construção, máquinas e seus acessórios. Geralmente, é o peso do navio ao final da construção.

Deslocamento em Lastro (ΔLa): É o peso do navio, expresso em toneladas, sem carga.

Deslocamento Máximo (ΔM): É o peso do navio quando atinge o plano de flutuabilidade máxima, permitido pela linha de carga do local onde se efetua o carregamento, levando em conta as zonas onde vai navegar e o local de descarga. É a soma de os pesos que formam o corpo do navio e das que o

navio transporta, portanto, casco, máquinas, acessórios, carga, combustível, aguada, passageiros, bagagens, tripulantes, pertences, sobressalentes, lastros, etc.

Porte Bruto (T.P.B)

É o peso que o navio pode transportar, excetuando o seu próprio peso, quando se encontra num determinado calado. Pode ser classificado como o PB atual, ou a diferença entre o deslocamento num calado considerado e o deslocamento leve.

Porte Bruto Total (T.P.B)

É a diferença entre o deslocamento máximo na linha de carga permitida e o deslocamento leve.

Porte Líquido (T.P.L)

É o peso da carga, passageiros e bagagens, que rende frete.

Não é constante, variando de acordo com os interesses e técnica de administração.

Porte Operacional (T.P.O)

É o peso de todos os elementos a serem supridos à embarcação de modo que ela possa operar numa determinada condição. Ele é a soma dos pesos de: óleo combustível, óleo diesel, óleo lubrificante, água potável, água destilada, lastro, guarnição e pertences, rancho (víveres), material sobressalente, etc. O peso da guarnição, pertences, rancho, sobressalentes e lastro residual é denominado “CONSTANTE DO NAVIO”, ou seja é a parcela do porte operacional que não pode ser mensurada individualmente.

Porte Comerciável (P.C.)

É o peso que falta em certa ocasião para o navio completar o seu porte bruto total.

O porte bruto relativo a um determinado calado pode ser obtido diretamente na escala de porte que normalmente acompanha o plano de capacidade.

Trim ou compasso (T)

É a diferença entre o calado a ré e o calado a vante. (FONSECA, 2002)

Segundo Caminha, a seguinte convenção deve ser adotada para obter facilitar os cálculos e evitar erros:

- Calado a ré (HR) > Calado a vante (HV) = Compasso positivo

Diz-se que o navio se encontra “derrabado”

- Calado a ré (HR) < Calado a vante (HV) = Compasso negativo

Diz-se que o navio se encontra “embicado”

Segundo Pereira (2011), tonelada por centímetro de imersão (TCI, ou TPC) é a quantidade de peso em toneladas necessária para afundar ou emergir o navio em 1 cm. Para que ocorra uma imersão ou emersão paralela, o peso deve ser embarcado ou desembarcado no centro flutuação.

2.2 Fatores integrantes do Draft Survey

A operação de Draft Survey serve para o cálculo do deslocamento equivalente a quantidade de carga embarcada, ou para o cálculo da constante de bordo, dados esses de grande relevância ao armador no porto de chegada. (DERRETT, 1999).

Segundo Pereira (2011), o peso da carga a bordo, conforme o caso, pode ser determinado por um dos seguintes métodos:

1) pesando cada volume da carga embarcado, como pode ser feito nos carregamentos de carga geral, usando os pesos indicados nos conhecimentos de embarque;

2) pesando a carga em terra, por meio de balança, como se faz em alguns carregamentos de granéis sólidos;

3) por medição indireta, medindo o volume dos tanques de terra, nos casos de granéis líquidos;

4) por medição indireta, determinando-se o volume ocupado nos tanques de bordo, nos casos de granéis líquidos;

5) Através de medida do calado, feito para os casos dos granéis sólidos.

No caso dos navios de carga geral, o peso total da carga não tem tanta relevância devido ao fato de frete ser cobrado por individualmente por contêiner e, quase sempre, o navio ficar “cheio sem estar embaixo”. Ou seja, fica completo de carga, mas sem atingir o calado de deslocamento máximo.

Nos navios de granel líquido, os tanques de terra são medidos antes e depois da operação (carga ou descarga) e, sabendo a quantidade exata de volume a embarcar, e tendo se a densidade do líquido, calcula-se o peso. O mesmo é feito a bordo. Tem-se, então, os pesos pelo cálculo de terra e pelo cálculo de bordo, que devem ser semelhantes.

Também nos granéis sólidos, o peso da carga movimentada pode ser fornecido por terra, por meio de balanças. O peso por bordo é obtido através de uma operação denominada “arqueação da carga”, conhecida em inglês como “draft survey”, que significa, literalmente, “inspeção do calado”. Em alguns casos este é o único meio para se ter tal peso. (GOMES, 1986)

Gomes (1986) ainda complementa que a arqueação da carga também é um método indireto para se obter o peso das mercadorias a bordo. Determina-se o calado correspondente; o deslocamento corrigido para a densidade da água em que o navio flutua; os pesos dos objetos, materiais, pessoas, etc. a bordo; e o peso do navio leve.

O deslocamento total do navio, para o caso da arqueação da carga, é composto de:

1. deslocamento leve (Δ);
2. peso da guarnição e pertences, dos mantimentos, dos sobressalentes, etc..., que se chama “constante do navio”.
3. peso do óleo combustível, óleo diesel, óleo lubrificante, água doce, água de lastro, etc, que se chama “peso dos consumíveis”; peso da carga.
4. O deslocamento leve é dado no “Livro de Dados”, no “Caderno de Estabilidade”, no Plano de Capacidade e em outros documentos do navio.

$\text{Peso da carga} = \Delta_{\text{navio}} - \text{Peso (materiais,pessoas,etc.)} - \Delta_{\text{leve}}$
--

O deslocamento total é conseguido através do calado, entrando-se nas tabelas ou curvas hidrostáticas e depois corrigindo para o trim e densidade da água em que o navio flutua. (GOMES, 1986)

2.2.1 Constante do navio

Chama-se de “Constante do Navio” à soma daqueles pequenos pesos que “quase” não variam.

- guarnição e pertences;
- passageiros e seus pertences;

- material de custeio
- víveres e bebidas;
- líquidos nas redes e em certos aparelhos, como por exemplo: água nas caldeiras, água nos condensadores, óleo e água nas respectivas redes, óleo lubrificante dos cárteres dos motores e das máquinas; etc

É comum que a lama acumulada no fundo dos tanques, bem como incrustações, a tinta que se sobrepõe na pintura do costado, demais peças sobressalentes podem variar o valor da constante do navio. (GOMES, 1986)

O valor da constante deve ser conhecido pelo imediato, e passado adiante ao próximo em serviço. Quando não se tem o valor da constante de bordo, deve-se fazer a operação de *draft survey*, de modo a obtê-la, da seguinte forma:

O navio deve estar sem carga, determina-se então seu deslocamento atual, obtêm-se o seu deslocamento leve nas curvas e tabelas de dados hidrostáticos do navio, por último tendo em mão o peso dos consumíveis já embarcados.

A constante é então obtida, subtraindo os valores do deslocamento leve e dos consumíveis do deslocamento atual do navio. Conforme equação abaixo:

$$C = \Delta_a - \Delta_l - p \text{ (consumíveis)}$$

Mas o navio só com os materiais que formam a constante a bordo fica, geralmente, muito trimado pela popa e há impossibilidade de medição exata do calado a vante (às vezes a roda de proa fica fora d'água), como pelas interpolações ou correções para os dados hidrostáticos, sondagens, ulagens, etc.

Por isso, procede-se da seguinte maneira. Com o mínimo de carga possível, coloca-se o navio adriçado e aproximadamente em águas parelhas (trim de menos de 1% do comprimento entre perpendiculares); pára-se o carregamento e faz-se uma arqueação preliminar; o peso da carga embarcada pode ser fornecida pela balança de terra, ou contando o número de caçambas que levaram a carga para bordo; este peso pode ser considerado exato, devido à pequena quantidade. Então aplica-se a fórmula: (GOMES, 1986)

$$C = \Delta_a - \Delta_l - p \text{ (consumíveis)} - \text{carga embarcada}$$

E quando a operação for descarga, far-se-á a determinação da constante quase no fim da operação.

Ressalta-se que a quantidade de carga deve ser bem pequena, apenas para possibilitar deixar o navio com pequeno trim, para que o erro em seu peso não venha a influir notadamente no valor da constante.

Depois de determinada a constante, ela deve ser anotada e passada para o Livro de Dados do navio.

2.2.2 Consumíveis

São aqueles materiais cujos pesos variam bastante e podem ser bem determinados. Pode-se destacar: óleo combustível, óleo diesel, óleo lubrificante, água de lastro, água doce, água destilada.

São líquidos que ficam armazenados em tanques. O estaleiro construtor do navio fornece tabelas de sondagens ou de ulagens, com as respectivas correções para o trim e para a banda, para esses tanques. (GOMES, 1986)

Com o navio adriçado e em águas parcelhas, basta entrar na tabela correspondente com a sondagem ou ulagem, conforme o caso, e tirar o volume do líquido. Multiplica-se esse volume pela densidade e obtêm-se o peso.

O navio, embora geralmente esteja adriçado no início e no término do carregamento, ou descarga, quase sempre está com trim. Logo, serão necessárias correções, que são dadas em tabelas junto a tabela de sondagem ou de ulagem do tanque específico, fornecidas pelo estaleiro construtor. Usar as tabelas de correção para banda e para o compasso. (PEREIRA, 2011)

Importante enfatizar que quando tomando as sondagens ou ulagens, o imediato, e especialmente o inspetor, deve proibir qualquer movimentação de líquido a bordo durante a operação; em alguns navios, verificou-se que eram transferidas algumas toneladas de um tanque para o outro, enquanto o “surveyor” estava ocupado em outro setor do navio. (GOMES, 1986)

Após a obtenção dos dados supracitados, o imediato e o inspetor (*surveyor*) iniciam os cálculos.

2.3 Metodologia do Draft Survey

2.3.1 Das aferições necessárias

A “draft survey” é uma operação continuada. Isso significa que ela deve ser feita de uma só vez; os passos que a compõem devem ser efetuados seguidamente. (PEREIRA, 2011).

Os seguintes passos devem ser seguidos, estritamente num tempo mínimo entre as operações, evitando erros acumulativos:

- 1 – Leitura dos calados nas marcas do costado;
- 2 – Determinação da densidade em que o navio flutua;
- 3 – Determinação da “constante do navio”;
- 4 – Determinação do peso dos “consumíveis”;
- 5 – Cálculo do calado correspondente;
- 6 – Determinação do deslocamento real do navio; e
- 7– Determinação do peso da carga.

Deve-se atentar para as seguintes operações:

As leituras dos calados devem ser feitas nas seis marcas de calados, à vante, a meio-navio e à ré, para ambos os bordos. A coleta da água do mar para a obtenção da realidade, deve ser feita nas redondezas onde o navio flutua. Deve-se também determinar os pesos dedutíveis, medindo e sondando os tanques de lastro, óleo combustível e água doce, existentes a bordo no momento da operação. (GOMES, 1986)

2.3.2 Documentos necessários

Segundo Pereira, além das informações do Comandante, os seguintes documentos de bordo, devidamente aprovados pelas sociedades classificadoras e autoridade marítima, do país que o navio foi registrado, são necessários para a operação de Draft Survey:

- Tabela ou plano de curvas hidrostáticas
- Tabela de sondagens para os tanques de óleo combustível, lubrificante, diesel, água, e outros tanques da máquina;
- Caderno de estabilidade, ou livro de dados do navio
- Tabela de ulagens (ou sondagens) para os tanques laterais elevados e outros tanques que podem levar carga ou lastro;
- Plano de capacidade, para determinação da posição e volume dos porões, tanques e outros compartimentos;
- Plano de arranjo geral

2.3.3 Leitura dos Calados

Como já explicito acima os calados devem ser lidos na proa, a meio-navio e na popa, em ambos os bordos (boreste e bombordo). Assim obteremos as médias dos calados na marca de vante, meio-navio e na popa. Conforme equação abaixo:

$$H_m = (H_{BE} + H_{BB}) / 2$$

A leitura dos calados deve ser realizada cuidadosamente, pois esse segmento é fundamental para a obtenção de um resultado confiável na operação de arqueação de carga. (YUSUF, 2009)

2.3.4 Densidade da água

A densidade é definida como uma quantidade de massa por uma unidade de volume. (DERRETT, 1999)

A densidade da água em que o navio flutua deve ser determinada no mesmo instante e no mesmo local em que são feitas as leituras dos calados nas marcas.

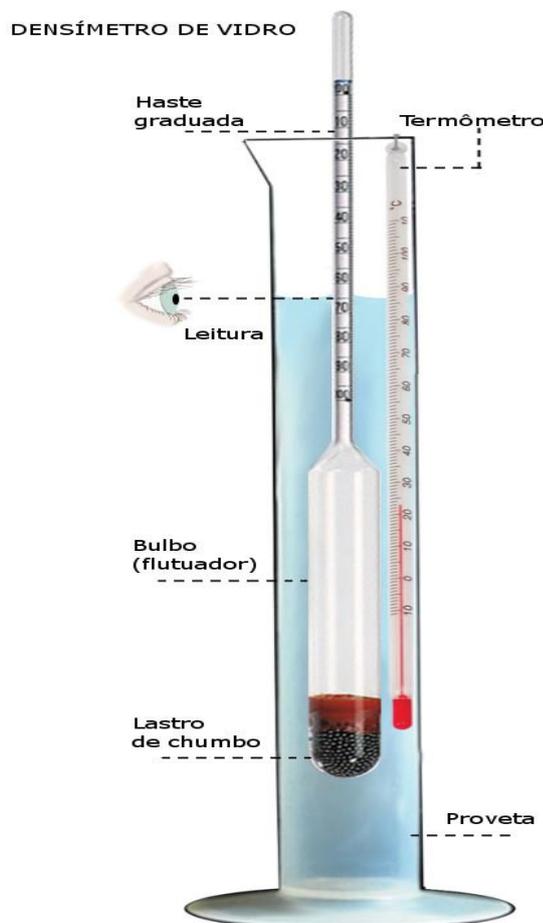
Nos cálculos de arquitetura naval, nas curvas e tabelas hidrostáticas do navio, considera-se a água salgada como tendo uma densidade relativa de 1,025 t/m³ e sendo a densidade relativa da água doce à 1.

Ocorre geralmente, que a densidade real da água em que o navio flutua é diferente de 1,025 t/m³ e de 1,0 t/m³. Portanto, há necessidade de se conhecer seu valor real para corrigir o deslocamento obtido nas tabelas ou curvas hidrostáticas.

Para obtermos o valor da densidade água do mar, utiliza-se um densímetro, um balde e uma proveta.

Deve-se iniciar pela extração de água do mar pelo balde, coletando amostras da proa, da popa e de meio-navio, coloca-se a água na proveta e inserimos o densímetro. Esse método deve ser realizado três vezes consecutivas para cada seção do navio. Obtendo por fim, uma média da densidade, sendo a mais próxima do valor real da densidade da água ao redor do navio. Conforme a figura abaixo:

Figura 4: Aferição da densidade



Fonte: <https://ipemsp.wordpress.com/2015/11/09/o-densimetro-veja-para-que-serve>
(acesso: 29/07/2016)

2.3.5 Requisitos para o início do cálculo

1º) Determinação dos consumíveis: óleo combustível (MF), óleo diesel (MDO), óleo lubrificante, água de lastro, água doce, água destilada, demais líquidos.

Deve-se então obter os volumes correspondentes de cada tanque, buscando os valores nas tabelas específicas de cada tanque com o valor obtido nas sondagens, efetuando as correções para banda e o trim.

Multiplica-se o volume corrigido de cada tanque pela densidade do líquido que ele comporta, conseguindo os valores dos pesos de cada líquido. Somando esses valores, obtêm-se o peso total de consumíveis.

2º) ter fácil acesso ao valor da constante do navio.

3º) retirar o valor do deslocamento leve nos livros de dados do navio, caderno de estabilidade, plano de capacidade, ou plano de arranjo geral.

4º) Determinação do deslocamento com o navio já carregado.

2.3.6 Cálculos para obtenção da carga a ser embarcada.

Como os calados são lidos nas marcas de vante, meio-navio e a ré, em ambos os bordos, torna-se necessário corrigi-los para as perpendiculares, uma vez que se usarmos diretamente o calado obtido nas marcas, obter-se-ia um deslocamento correspondente errôneo, e conseqüentemente um cálculo errado da carga a ser embarcada

$$H_{mav} = \frac{H_{mav}(BE) + H_{mav}(BB)}{2}$$

$$H_{mMN} = \frac{H_{mMN}(BE) + H_{mMN}(BB)}{2}$$

$$H_{mar} = \frac{H_{mar}(BE) + H_{mar}(BB)}{2}$$

H_{MAV} : Calado médio na marca de vante

H_{MMN} : Calado médio na marca de meio-navio

H_{MAR} : Calado médio na marca de ré

Obtendo os calados nas marcas, efetuaremos a sua correção com a seguinte fórmula:

$$c = \frac{TM \times d}{LM}$$

C: Correção

TM: Trim nas marcas

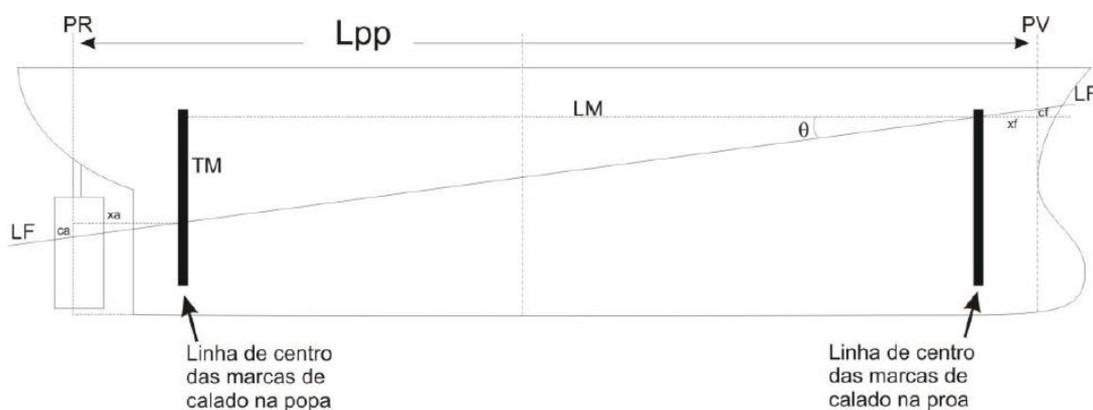
d: distância da marca de calado a perpendicular correspondente

LM: comprimento entre as marcas de calado

As marcas do calado deveriam ser feitas sobre as perpendiculares, mas, devido as formas do navio. Geralmente, isso é impossível. Por exemplo, numa proa lançada não há maneira de colocar a escala de calado sobre a perpendicular.

Se as marcas de calado não são obtidas nas perpendiculares, quando o navio se encontra sem trim, não haverá erro. Mas se ele está compassado, essa defasagem originará um erro que deverá ser corrigido. (GOMES, 1986)

Figura 5: Correção do calado devido a leitura fora das perpendiculares



Fonte: Estabilidade para embarcações mercantes (2011)

Dependendo da configuração do navio, embicado (trim pela proa) ou derrabado (compasso pela popa), a correção será aditiva ou subtrativa. Assim, obteve-se a seguinte analogia:

Tabela 1: Convenção do sinal para correção

CORREÇÃO	TRIM PELA POPA	TRIM PELA PROA
A VANTE	-	+
A RÉ	+	-

Fonte: Autor

Nota: A convenção demonstrada acima, foi suposto as marcas nas posições da tabela acima, ou seja, a marca de vante posicionada a ré da perpendicular de vante e a marca de ré ocupando um espaço a vante da perpendicular de ré, sendo o que ocorre na maioria dos navios.

O calado a meio do navio não exige correção, pois a escala ou é posicionada sobre a perpendicular a meio navio ou tão perto dela que a correção é desprezível. Nos navios de grande porte ela é levada em conta.

Portanto obteremos:

$$H_{AV} = HM_{AV} + C_{AV}$$

$$H_{MN} = HM_{MN}$$

$$H_{AR} = HM_{AR} + C_{AR}$$

E por fim determinamos o trim e o calado correspondente:

$$T = H_{AR} - H_{AV}$$

$$HC = \frac{H_{AV} + 6 \times H_{MN} + H_{AR}}{8}$$

Onde:

HC: Calado correspondente

HAV: Calado na perpendicular de vante

HMN: Calado na perpendicular de meio navio

HAR: Calado na perpendicular de ré

Com o HC obtido, retiram-se da tabela de dados hidrostáticos do navio, os valores do TPC,)O(F e do primeiro deslocamento ($\Delta 1$)

O próximo passo é efetuar a correção devido ao trim (x_1):

$$x_1 = \frac{\text{O}F \times T \times 100 \times \text{TPC}}{L_{pp}}$$

O valor de X_1 será positivo ou negativo, dependendo do sinal da posição do centro de flutuação e do trim.

Obtém-se assim o $\Delta 2 = \Delta 1 + X_1$

Se o trim for maior que 1% do L_{PP} , deve-se ainda ser aplicado uma segunda correção para o trim, conhecida como correção de Nemoto. Importante saber que essa correção sempre será positiva, devendo ser adicionada ao $\Delta 2$.

$$X2 = \frac{50T^2 \times dMTC}{LPP \times dH}$$

Onde:

T: Trim

LPP: comprimento entre as perpendiculares

Com os calados acima e abaixo do calado correspondente, consulta-se as tabelas e curvas de dados hidrostáticos e retiram-se os MTC's correspondentes.

Tabela 2: Cálculo da diferença entre MTCs

HC	MTC
HC + 0,5m	MTC1
HC - 0,5m	MTC2
dMTC / dH	MTC1 - MTC2

Fonte: Autor

A diferença entre esses dois MTC's é o dMTC / dH da fórmula da 2ª correção devida ao Trim. Observa-se que essa diferença deve ser positiva, obtida em módulo, para não alterar o valor da 2ª correção do trim. (GOMES, 1986) O deslocamento final em água salgada com densidade 1,025 t/m³ será:

$$\Delta 3 = \Delta 1 + X1 + X2$$

Se o trim for menor que 1% do Lpp, caso não seja, então no cálculo do deslocamento final, deve-se desconsiderar a segunda correção:

$$\Delta 2 = \Delta 1 + X1$$

Por último deve-se efetuar a correção para a densidade local:

$$\Delta Real = \frac{\Delta 3 \times \delta local}{1,025}$$

E então obteremos o peso da carga:

$$Peso da carga = \Delta Real - \Delta leve - PO$$

Onde: PO = Porte Operacional (consumíveis mais constante)

3 MÉTODO DAS TABELAS

Primeiramente, foi construída uma tabela de Excel com a programação em linguagem em código, voltada somente para o cálculo do Porte Líquido Final, ou seja, a carga efetiva a ser embarcada. Posteriormente foram feitos ajustes, de maneira que os valores necessários a serem inseridos, seriam somente a Tabela de dados Hidrostáticos (TDH) e os calados da embarcação. Revelando uma agilidade na obtenção do Porte Líquido, e na resolução de exercícios de Draft Survey.

Foi então construída, a seguinte tabela no software Microsoft Excel 2013, no intuito de tornar fácil o cálculo da operação de arqueação de carga, conforme anexo 1.

3.2 Funcionamento da tabela

A tabela necessita do nome do navio e das células em cor cinza para o cálculo, com o nome do navio, ela busca referência em uma tabela de dados hidrostáticos que também deve ser inserido no software no seguinte formato da tabela abaixo.

Nota: A lógica é puramente numérica, independentemente de como é chamada cada coluna, porém devem estar nessa ordem específica, uma vez que o programa extrai os dados dessa tabela para efetuar os cálculos.

Tabela 3: Exemplo de tabela de dados Hidrostáticos

N/M ANGRA DOS REIS						
H (m)	Δ (t)	TCl (t/cm)	MCC (t.m/cm)	JO(B (m)	JO(F (m)	KMT (m)
6,50	59.842	97,0	1498,5	-12,26	-10,83	26,68
6,60	60.452	97,0	1501,2	-12,24	-10,78	16,38
6,70	61.423	97,2	1502,9	-12,21	-10,72	26,20
6,80	62.395	97,2	1506,6	-12,19	-10,66	25,83
6,90	63.367	97,2	1509,3	-12,16	-10,61	25,57
7,00	64.340	97,4	1511,9	-12,13	-10,55	25,31
7,10	65.314	97,4	1514,5	-12,13	-10,43	25,06
7,20	66.288	97,5	1517,0	-12,08	-10,40	24,83
7,30	67.263	97,5	1519,6	-12,06	-10,37	24,59
7,40	68.239	97,5	1522,1	-12,02	-10,31	24,37
7,50	69.216	97,6	1524,6	-12,01	-10,25	24,15
7,60	70.193	97,8	1527,0	-11,98	-10,18	23,94
7,70	71.171	97,8	1529,5	-11,95	-10,12	23,74
7,80	72.149	97,9	1531,9	-11,93	-10,05	23,55
7,90	73.128	98,0	1534,4	-11,90	-9,99	23,36
8,00	74.108	98,0	1636,7	-11,87	-9,92	23,18
8,10	75.088	98,1	1539,1	-11,85	-9,85	23,00
8,20	76.069	98,1	1541,4	-11,82	-9,78	22,83
8,30	76.069	98,2	1543,7	-11,79	-9,71	22,66
8,40	78.033	98,3	1546,0	-11,76	-9,64	22,50

Fonte: Autor

A partir da coleta de dados dessa tabela e com os dados inseridos nas células de cor cinza o sistema efetua todos os cálculos fornecendo as seguintes informações:

3.2.1 Deflexão do casco

A deflexão no casco é obtida a partir de uma comparação rápida entre o calado médio obtido, pela média dos calados e o calado a meio-navio. Conforme ilustrado em vermelho ou amarelo na tabela abaixo.

Tabela 4: Cálculo dos calados e deflexão

CALADOS DAS MARCAS (m)					
HMV BB	6,48	HMN BB	7,87	HMR BB	9,17
HMV BE	6,48	HMN BE	7,88	HMR BE	9,18
HMV	6,480	HMN	7,875	HMR	9,175
HMED	7,828	SITUAÇÃO	SAG	CONTRA-ALQUEBRADO	
			DEFLEXÃO (m)		0,047

Fonte: Autor

3.2.2 Trim

O trim pela popa ou pela proa, conforme já explicitado acima, depende da diferença entre calado de ré e calado de vante. Se positivo, trim pela popa, ou derrabado. Se negativo, trim pela proa, embicado. Conforme ilustrado na tabela abaixo.

Tabela 5: Cálculo do trim e do HC

CORREÇÕES PARA AS PP (m)				TRIM PP (m)		CÁLCULO DO HC (m)	
TM	2,695	LM	254,42	Tpp	2,754	HPV	6,472
xf	0,71	xa	4,87			HMN	7,875
CORR.AV	0,008	CORR.AR	0,052	Situação	DERRABADO!	HPR	9,227
HPV	6,472	HPR	9,227			HC	7,87

Fonte: Autor

3.2.3 Dados do navio

Os dados são coletados das tabelas de dados hidrostáticos que devem ser inseridas no software no formato estipulado. O processamento dos dados ocorre de forma simples, utilizando as funções “SE”, “IGUAL” e “OU”. Conforme tabela abaixo.

Tabela 6: Características do navio

CARACTERÍSTICAS DO NAVIO	
Porte Operacional (PO em t)	2.577
Δleve (t)	25.305
xf (m)	0,71
xa (m)	4,87
Lpp	260,00
LM	0
Δ1 (TABELA P/ HC)	72.821
Δ0(F (TABELA P/ HC)	-10,01
TPC(TABELA P/ HC)	97,97
MTC1(TABELA P/HC+0,5)	1.545,28
MTC2(TABELA P/HC-0,5)	1.521,32
ρ tabela (t/m ³)	1,025
ρ local (t/m ³)	1,019
CORR. PPV (m)	0,7
CORR. PPR (m)	0,93

Fonte: Autor

O maior problema do software ocorreu quando se tentava interpolar valores, lugar onde se exigiu uma função mais complicada e uma análise mais rigorosa da codificação. Uma vez que, quando se obtinha um calado intermediário onde, não se possuía um valor exato correspondente na TDH. Tornando-se necessário, uma tabela, que extraísse os dados da TDH e interpolasse o valor obtido para se obter uma aproximação dos valores reais.

3.2.4 Tabela de interpolação

Seu funcionamento baseia-se na obtenção de valores extremos a partir do calado correspondente obtido na tabela principal, efetuando um arredondamento superior e inferior do HC para valores múltiplos de 5, uma vez que as TDH's dos navios apresentam valores de calados múltiplos de 0,05 m.

Os valores do deslocamento, TCI, MCC e)0(F são retirados da TDH, através da função "PROCV", habilitando o sistema a procurar o valor do calado na TDH, extrair os valores requeridos e efetuar o cálculo da interpolação. Como pode ser observado na tabela abaixo.

Tabela 7: Exemplo de Interpolação para o caso do navio Angra dos Reis.

INTERPOLAÇÃO - ANGRA					
	H (m)	Δ (t)	TCI (t/cm)	MCC (t.m/cm))0(F (m)
INTERVALO INF.	7,80	72149,00	97,90	1531,90	-10,05
X	7,87	72820,92	97,97	1533,62	-10,01
INTERVALO SUP.	7,90	73128,00	98,00	1534,40	-9,99

Fonte: Autor

3.2.5 A primeira e segunda correção para o trim

Utilizou-se funções de "SOMA" e equações numéricas básicas, para se determinar os valores das correções. No caso da segunda correção devido ao trim, ou correção de NEMOTO, utilizou-se uma função "SE", sendo que a mesma não é necessária para valores de trim menores que 1% do Lpp.

3.2.6 Porte Líquido

Por último a obtenção do porte líquido, foi calculada pela relação entre deslocamento real, leve e porte operacional.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto a operação de arqueação da carga, ou Draft Survey, como é mais conhecida, se baseia no cálculo de peso da carga embarcada, ou desembarcada, além de poder calcular a constante de bordo, em função da leitura de calados e da densidade da água.

O software pode então ser facilmente utilizado na correção de exercícios ou no cálculo da operação, com a restrição de inserir a TDH e bastando apenas inserir alguns valores.

A partir da construção da tabela inteligente, facilita e agiliza o cálculo da operação, mostrando elevada eficiência, controle e confiança na operação.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, Mauro Francelino. **Estabilidade – Unidade de estudo autônomo**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2011.

BARROS, Geraldo Luiz Miranda. **Estabilidade para embarcações até 300 AB**. 1.ed. Rio de Janeiro: Edicoes Maritimas, 2004.

BARROS, Shakyron - **Estabilidade de um navio Ore-Oil, um aspecto computacional** – Belém: Centro de Instrução Almirante Braz de Aguiar, 2007.

CABRAL, J. P. F. S. **Arquitetura Naval - estabilidade, cálculos, avaria e bordo livre**. Rio de Janeiro: 1974.

Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros. Disponível em: <<http://www.suape.pe.gov.br/news/matLer.php?id=108>>. Acessado em: 21/10/2014.

DERRETT, C. D. R. **Ship Stability for Masters and Mates**. 5ª. ed. Burlington: Butterworth-Heinemann, 1999.

Draft Surveyor. Disponível em: <<http://www.sevensurveyor.com/draft-survey-procedures-and-calculation/>> acessado em 08/06/2016.

FONSECA, M. M. **Arte Naval**. Rio de Janeiro: Serviço de Documentação da Marinha, v. I, 2002.

GOMES, C. R. C. **A Arqueação da Carga: Draft Survey**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: 1986.

IMO – **International Convention on Load Lines**, 1966. London, 1981.

INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION – **Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments**. Resolução A.749(18). IMO, 1995, Londres.

MARINHA DO BRASIL. **Normas da autoridade marítima para embarcações empregadas na navegação em mar aberto (NORMAN 01/DPC)**. Rio de Janeiro: Diretoria de Portos e Costa, 2000.

MARTINS, Karina Gomes. **Estabilidade e carregamento em programação computacional**. Belém, 2007.

NOGUEIRA, Karolina. COELHO, Raphael – **Análise numérica do carregamento de um petroleiro com influência na estabilidade** – Belém: Centro de Instrução Almirante Braz de Aguiar, 2013.

ORGANIZAÇÃO MARITIMA INTERNACIONAL. **Convenção internacional para salvaguarda da vida humana no mar (SOLAS 74/78)**. Londres.

PEREIRA, S. E. **Estabilidade para embarcações mercantes**. 2^a. ed. Rio de Janeiro: 2011.

YUSUF, F. **Seven Surveyor**, 2009. Disponível em:
<<http://www.sevensurveyor.com/draft-survey-procedures-and-calculation/>>.
Acesso em: 07 Julho 2016.

ANEXOS

Draft Survey Excel.xlsx - Excel

ARQUIVO PÁGINA INICIAL INSERIR LAYOUT DA PÁGINA FÓRMULAS DADOS REVISÃO EXIBIÇÃO OFFICE REMOTE Entrar

Recortar Copiar Pincel de Formatação

Calibri 11 A A

Quebrar Texto Automaticamente

Formatação Condicional Formatar como Tabela Estilos de Célula Inserir Excluir Formatar

AutoSoma Preencher Limpar

Classificar e Filtrar Localizar e Selecionar Edição

L23

A B C D E F G H I J K L M N O P

1 DRAFT SURVEY

2

3

4 NAVIO Angra

5

CALADOS DAS MARCAS (m)					
HMV BB	6,48	HMN BB	7,87	HMR BB	9,17
HMV BE	6,48	HMN BE	7,88	HMR BE	9,18
HMV	6,480	HMN	7,875	HMR	9,175
HMED	7,828	SITUAÇÃO	SAG	CONTRA-ALQUEBRADO	
DEFLXÃO (m)					0,047

CORREÇÕES PARA AS PP (m)				TRIM PP (m)	CÁLCULO DO HC (m)		
TM	2,695	LM	254,42	Tpp	2,754	HPV	6,472
xf	0,71	xa	4,87			HMN	7,875
CORR.AV	0,008	CORR.AR	0,052	Situação	DERRABADO!	HPR	9,227
HPV	6,472	HPR	9,227			HC	7,87

CARACTERÍSTICAS DO NAVIO	
Porte Operacional (PO em t)	2.577
Δleve (t)	25.305
xf (m)	0,71
xa (m)	4,87
Lpp	260,00
LM	0
Δ1 (TABELA P/ HC)	72.821
Δ0(F (TABELA P/ HC)	-10,01
TPQ(TABELA P/ HC)	97,97
MTC1(TABELA P/HC+0,5)	1.545,28
MTC2(TABELA P/HC-0,5)	1.521,32
p tabela (t/m ²)	1,025
p local (t/m ²)	1,019
CORR. PPV (m)	0,7
CORR. PPR (m)	0,93

1ª CORREÇÃO P/ O TRIM (t)		2ª CORREÇÃO P/ O TRIM (t) - "NEMOTO"	
1ª CORR (t)	-1038,67	2ª CORR. (t)	34,954

Δ FINAL CORRIGIDO (t)	
Δ1 Corrigido (t)	72.820,92
Δ2 Corrigido (t)	71.782,25
Δ3 Corrigido (t)	71.817,20
ΔREAL (t)	72.240,07

CÁLCULO FINAL	
Δ REAL (t)	72240,07
Δleve (t)	25305,00
PO (t)	2577,00
PESO DA CARGA	44358,07

CÁLCULO DO PO CARGA(t)	
Fresh Water (FW)	212
Ballast Water (BL)	0
Fuel Oil (FO)	1896
Diesel Oil (DO)	236
Lubricating Oil (LO)	36
Miscellaneous Tanks (M)	108
Constant (K)	89
Porte Operacional (PO)	2577

CÁLCULO DA CONSTANTE DE BORDO (K)	
K (t)	89

*Obs: NI = NÃO IDENTIFICADO

DRAFT SURVEY 1 Angra dos Reis Frotasinus Rio das Ostras PANAMAX INTERPOLAÇÃO

PRONTO 85%