

Representação De Cascos Por B-Splines E Sua Manipulação Utilizando Recursos Computacionais

P. H. Chixaro*

CEETEPS - FATEC, Ourinhos, Brasil

*phchixaro@ig.com.br

M. B. de Conti

Universidade de São Paulo, Brasil

RESUMO

Este trabalho trata da representação de cascos de navios por superfícies B-Spline, e sua visualização e manipulação utilizando “mouse” e tela de computador.

A ferramenta computacional desenvolvida permite a monitoração de coeficientes e relações de forma, curvas de áreas seccionais, plano de linhas, vista em perspectiva, e curvaturas seccionais.

Apresentam-se exemplos de aplicação a um casco de Wigley e a um casco dado por sua tabela de cotas obtido em USNA [6].

INTRODUÇÃO

Os seguintes modelos foram utilizados no desenvolvimento de ferramenta computacional para representação de cascos, e manipulação e visualização de sua forma:

- representação da superfície do casco por superfícies B-Spline;
- exibição da superfície do casco na tela, em perspectiva e em cortes (planos de linhas);
- manipulação da imagem da superfície na tela, com mudanças de escala, pontos de vista, características dos cortes, e outros recursos de visualização;
- manipulação da superfície em si, com modificação de sua forma, a partir de movimentação dos pontos de controle de sua representação por B-Spline; uso dos recursos “mouse”, teclado e tela para esta movimentação de forma interativa usuário-computador;
- determinação de parâmetros de caracterização da forma (coeficientes e relações de forma) a partir da representação por B-Spline;
- acompanhamento da modificação relativa dos parâmetros de caracterização da forma, à medida que a superfície vai sendo modificada pelo usuário; estabelecimento de indicadores de limites (que podem ser definidos pelo usuário) para a variação dos parâmetros de forma.

Apresentam-se exemplos de aplicação da ferramenta acima descrita a um casco de Wigley e a um casco dado por sua tabela de cotas obtido em USNA [6].

O casco de Wigley, tendo uma geometria polinomial, admite representação exata por B-splines. Com relação ao casco USNA [6], sua representação é aproximada. Após uma representação inicial, exemplificam-se algumas modificações a partir de manipulações interativas usuário-computador.

O sistema é estruturado em linguagem C++ para ser utilizado em micro-computador.

REPRESENTAÇÃO DO CASCO

Quanto ao casco de Wigley, sua representação geométrica é originalmente polinomial. Neste trabalho será considerada a seguinte expressão para descrição de sua superfície:

$$Z_{nd}(X_{nd}, Y_{nd}) = \frac{1}{2} (1 - (2X_{nd})^2) (1 - Y_{nd}^2) \quad (1)$$

onde $(X_{nd}, Y_{nd}, Z_{nd}) = \left(\frac{X}{L}, \frac{Y}{D}, \frac{Z}{B} \right)$ são suas coordenadas longitudinal, vertical e transversal, tornadas não dimensionais pela divisão respectivamente pelo comprimento, pelo calado e pela boca.

Num estudo prévio, contruiu-se representação por superfície resultante do produto tensorial de curvas B-Splines, a partir de aproximação por método de mínimos quadrados.

A forma do casco passou a ser representada por superfície B-spline de graus m e n:

$$\bar{s}^{m,n}(u,v) = \sum_{i=0}^{L_m+m-1} \sum_{j=0}^{L_n+n-1} \bar{d}_{i,j} N_i^m(u) N_j^n(v) \quad (2)$$

sendo u e v parâmetros; m e n graus das curvas nas direções paramétricas u e v; $\bar{d}_{i,j}$ pontos de controle; $N_i^m(u)$ e $N_j^n(v)$ funções base B-Spline associadas às respectivas direções paramétricas; $\bar{s}^{m,n}(u,v)$ posição de pontos da superfície no sistema (X,Y,Z).

O casco USNA [6], no entanto, é representado por tabelas de cotas e de distribuição de áreas seccionais. Num estudo feito por LAZANHA [não publicado], obtiveram-se os pontos de controle da superfície B-Splines.

EXIBIÇÃO DA SUPERFÍCIE NA TELA E MANIPULAÇÃO DE SUA IMAGEM

Para exibição da superfície na tela, em perspectiva e em cortes, bem como para manipulação desta imagem, utilizam-se técnicas da Computação Gráfica, sumarizadas a seguir.

Considerem-se os pontos da superfície tridimensional do casco representados por $[X \ Y \ Z \ 1]^t$. Multiplicando-se a matriz transformação

$$\begin{bmatrix} \cos\beta \cdot \cos\chi & \cos\beta \cdot \sin\chi & -\sin\beta & 0 \\ \sin\alpha \cdot \sin\beta \cdot \cos\chi - \cos\alpha \cdot \sin\chi & \sin\alpha \cdot \sin\beta \cdot \sin\chi + \cos\alpha \cdot \cos\chi & \sin\alpha \cdot \cos\beta & 0 \\ \cos\alpha \cdot \sin\beta \cdot \cos\chi + \sin\alpha \cdot \sin\chi & \cos\alpha \cdot \sin\beta \cdot \sin\chi - \sin\alpha \cdot \cos\chi & \cos\alpha \cdot \cos\beta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

pela matriz $[X \ Y \ Z \ 1]^t$, obtém-se a matriz $[X_1 \ Y_1 \ Z_1 \ 1]^t$ com novas coordenadas, com uma rotação de α em relação ao eixo dos X, β em relação ao eixo dos Y e χ em relação ao eixo dos Z.

Multiplicando-se a matriz transformação

$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & a \\ 0 & 1 & 0 & b \\ 0 & 0 & 1 & c \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ pela matriz $[X \ Y \ Z \ 1]^t$, obtém-se uma matriz com as coordenadas dos pontos transladados para a posição de coordenadas $[X+a \ Y+b \ Z+c \ 1]^t$.

Multiplicando-se a matriz transformação

$\begin{bmatrix} n & 0 & 0 & 0 \\ 0 & n & 0 & 0 \\ 0 & 0 & n & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ pela matriz $[X \ Y \ Z \ 1]^t$, têm-se as coordenadas de um ponto com efeito de ampliação ou redução de um fator n.

Multiplicando-se a matriz transformação

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 1 & -\frac{\sqrt{2}}{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

pela matriz $[X \ Y \ Z \ 1]^t$, tem-se na matriz com as novas coordenadas, perspectiva cavaleira para um ângulo de 45° . Esta é a maneira que o programa exibe os pontos na tela do computador.

Assim, no programa, quando se possibilita ao usuário fazer uma rotação, ampliação, translação, ou exibir a forma em perspectiva, tem-se um produto de matrizes através das transformações apresentadas acima.

MANIPULAÇÃO DA FORMA DO CASCO EM SI

A forma do casco em si, quando representada por superfície B-Spline, pode ser alterada por:

- modificação das coordenadas dos pontos de controle;
- modificação dos graus associados às direções paramétricas – diminuição ou aumento de grau;
- inserção ou remoção de nós.

As posições dos pontos de controle é visualizada em perspectiva na tela, juntamente com a superfície subjacente. O usuário pode alterá-las interativamente, utilizando o “mouse”, de acordo com seu julgamento visual. Para tanto, utilizam-se as seguintes estratégias:

- numa determinada seção transversal, o “mouse” é “preso” a um ponto de controle pressionando-se seu botão esquerdo;
- o subsequente deslocamento do “mouse” permite o arraste do ponto de controle para outra posição naquela mesma seção;
- no canto direito da tela exibe-se as coordenadas anteriores e atuais do ponto de controle;
- para deslocar o ponto longitudinalmente utiliza-se o teclado, sendo que o montante de deslocamentos unitários pode ser ajustado e acompanhado na tela pela variação de coordenadas.

As operações acima são conseguidas com as seguinte estratégias computacionais:

- para “prender” um ponto de controle verifica-se se na posição em que se encontra o “mouse” suas coordenadas coincidem com aquelas armazenadas dos pontos de controle e se o usuário pressionou o botão da esquerda do “mouse”;
- para “arrastar” um ponto de controle aplica-se a translação realizada às coordenadas salvas após a fixação do “mouse”;
- os pontos de controle, simétricos em relação ao plano central-longitudinal, são movimentados automaticamente à medida que seus simétricos se movimentam.

Na tela tem-se a possibilidade de inserção de nós entre balizas ou seções dos planos de alto. Quando se pressiona o botão esquerdo do “mouse” em uma dessas opções, tem-se a inserção de novos nós distribuídos igualmente pelas metades das distâncias entre balizas ou entre seções dos planos de alto.

Para a modificação do grau associados às direções paramétricas – diminuição ou aumento de grau –verifica-se se algum dos botões do “mouse” está sendo pressionado em cima do número que define o grau associado a uma das direções. Se estiver pressionado e fôr o da direita, subtrai-se uma unidade do grau; se fôr o da esquerda aumenta-se o grau em uma unidade. Com esta mudança todos os pontos da superfície são recalculados.

DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DE CARACTERIZAÇÃO DA FORMA

O acompanhamento das modificações da forma do casco se dá, em tempo real (à medida em que são realizadas pelo usuário), por:

- visualização de sua imagem na tela em perspectiva e em cortes;
- exibição dos coeficientes e relações de forma;
- exibição da curva de área seccionais;
- exibição das curvaturas seccionais.

Em particular, quanto aos coeficientes e relações de forma, apresenta-se de forma gráfica sua modificação percentual entre uma e outra modificação, exibindo-se também limites previamente especificados pelo usuário para sua alteração, não se permitindo que determinada alteração nos pontos de controle faça algum desses limites serem superados.

Os cortes horizontais (plano de linhas d’água) são obtidos determinando-se os lugares geométricos dos pontos

$\bar{s}^{m,n}(\mathbf{u}, \mathbf{v})$ tais que a coordenada vertical assuma valores fixados correspondentes às alturas das linhas d’água.

Os cortes transversais (plano de balizas) e verticais-longitudinais (plano de linhas de alto) são obtidos de

maneira análoga, fixando-se as posições longitudinais das balizas, e as posições laterais dos planos de alto, respectivamente.

Para tornar esta determinação factível em tempo real, utiliza-se a seguinte estratégia:

-os pontos são obtidos em pequenos intervalos e ligados entre si por pequenos segmentos de retas. Como existe simetria, só se obtém os pontos de um lado.

A avaliação de coeficientes de forma e de distribuição de áreas seccionais se fundamenta em estratégias para determinação de áreas e volumes, bem como de centros de áreas e volumes, descritas a seguir:

-para obtenção das áreas, segmentam-se as linhas e se efetuam cálculos por somas de trapézios;

-para obtenção dos volumes, segmenta-se a linha da curva das áreas e se efetuam cálculos por somas de trapézios.

Para determinação da distribuição de curvaturas, utiliza-se técnica numérica a partir de BEIER [1], que consiste basicamente em:

-a cada três pontos consecutivos da curva, obtém-se o raio do círculo que passa por eles;

-esse raio é exibido a partir do ponto central por meio de um segmento perpendicular à tangente ao círculo nesse ponto;

-multiplicam-se os raios obtidos por uma constante para que se tenha melhor visualização.

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Considere-se o casco de Wigley, em que se obteve uma representação paramétrica bi-parabólica, no formato de (2), expressando as relações (1). Sua exibição na tela ficou como na figura 1.

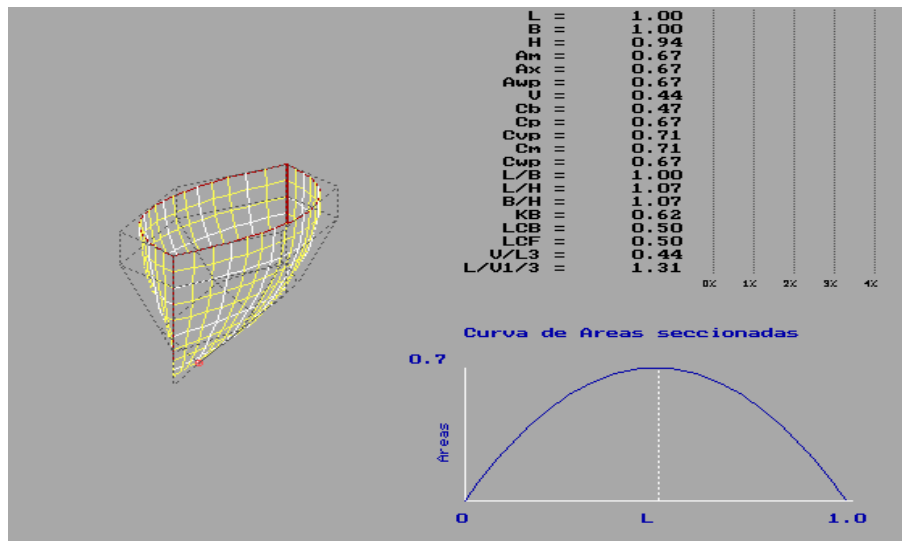


Figura 1 – Tela exibindo o casco de Wigley com seus coeficientes de forma.

Observa-se, pela tabela abaixo, que os valores resultantes da integração são praticamente idênticos aos valores obtidos pelo programa quando alimentado pelos pontos de controle obtidos anteriormente.

Tabela 1 – Comparação: valores do programa e integração analítica

	Valores resultantes da integração analítica	Valores obtidos pelo programa

		1,80	4,60	7,23	8,88	9,65	9,67	9,25	8,50	7,27	3,08
2		0,72	2,44	4,44	5,85	6,39	5,46	0,80			

Alturas a partir da linha de Base (medidas em pés)

Alturas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Alturas	18,50	17,62	16,85	16,19	15,65	15,24	14,97	14,79	14,71	14,71	14,70
Alturas de altores em pés)											
10			14,20	9,24	5,63	4,48	4,49	5,11	6,08	7,52	11,75
8		16,59	9,14	4,82	3,24	2,71	2,77	3,16	3,71	4,36	4,97
6		11,51	5,65	3,00	2,07	1,88	2,10	2,55	3,10	3,69	4,30
4		7,87	3,40	1,76	1,32	1,41	1,78	2,30	2,86	3,45	4,08
2	13,09	4,36	1,63	0,82	0,73	1,02	1,53	2,10	2,68	3,27	3,91
Alturas de baixo	6,00	0,66	0,10	0,09	0,28	0,71	1,34	1,95	2,54	3,14	3,76

Figura 2 – Tabela de Cotas

Os pontos de controle da superfície B-spline que correspondem a esta forma, foram obtidos com o uso das técnicas de ajuste de superfícies descritas em ROGERS & ADAMS [4], a partir de programa desenvolvido por LAZANHA [não publicado].

Com o ajuste obtém-se uma matriz com 12 linhas e 7 colunas. Cada elemento desta matriz está associado a 3 valores (x, y e z). Cada elemento corresponde a um ponto de controle da superfície B-spline e tem como coordenadas os valores listados na tabela 2 (Os valores estão listados da esquerda para a direita, de cima para baixo, valores em pés, desde a baliza onde z=105,9 pés até a baliza em que z = 0,0 pés).

Tabela 2 - Coordenadas (x;y;z) dos pontos de controle

x	y	z	x	y	z	x	y	z
0.0	14.0	105.9	-11.5	14.5	70.3	-11.0	14.3	27.0
0.0	14.0	105.9	-9.8	7.3	70.3	-11.2	7.9	27.0
0.0	14.0	105.9	-7.8	3.3	70.3	-8.0	2.2	27.0
0.0	14.0	105.9	0.0	-0.3	70.3	0.0	2.6	27.0
0.0	14.0	105.9	7.8	3.3	70.3	8.0	2.2	27.0
0.0	14.0	105.9	9.8	7.3	70.3	11.2	7.9	27.0
0.0	14.0	105.9	11.5	14.5	70.3	11.0	14.3	27.0
-3.0	14.4	101.4	-11.4	14.2	59.5	-10.7	14.3	16.2
-0.7	8.6	101.4	-11.2	8.0	59.5	-10.8	7.7	16.2
-0.9	6.3	101.4	-8.3	2.0	59.5	-7.4	2.7	16.2
0.0	2.4	101.4	0.0	0.4	59.5	0.0	3.2	16.2
0.9	6.3	101.4	8.3	2.0	59.5	7.4	2.7	16.2
0.7	8.6	101.4	11.2	8.0	59.5	10.8	7.7	16.2
3.0	14.4	101.4	11.4	14.2	59.5	10.7	14.3	16.2
-7.8	14.2	91.6	-11.4	14.2	48.6	-10.2	14.3	5.4
-6.5	11.8	91.6	-11.6	8.1	48.6	-10.7	7.5	5.4
-3.6	8.1	91.6	-8.6	1.7	48.6	-7.4	4.1	5.4
0.0	-0.7	91.6	0.0	1.0	48.6	0.0	3.1	5.4
3.6	8.1	91.6	8.6	1.7	48.6	7.4	4.1	5.4
6.5	11.8	91.6	11.6	8.1	48.6	10.7	7.5	5.4
7.8	14.2	91.6	11.4	14.2	48.6	10.2	14.3	5.4
-10.2	13.9	81.1	-11.1	14.2	37.8	-9.9	14.0	0.0
-7.8	8.2	81.1	-11.5	8.1	37.8	-10.7	10.3	0.0
-6.3	4.9	81.1	-8.0	1.6	37.8	-7.6	3.7	0.0
0.0	-0.4	81.1	0.0	1.9	37.8	0.0	4.1	0.0
6.3	4.9	81.1	8.0	1.6	37.8	7.6	3.7	0.0
7.8	8.2	81.1	11.5	8.1	37.8	10.7	10.3	0.0
10.2	13.9	81.1	11.1	14.2	37.8	9.9	14.0	0.0

Colocam-se as coordenadas dos pontos, listados na tabela 2 no programa e obtém-se a superfície que é mostrada na figura 3 com seus coeficientes de forma, centros e áreas seccionadas do casco (as unidades dos valores obtidos são: pés; pés quadrados; pés cúbicos).

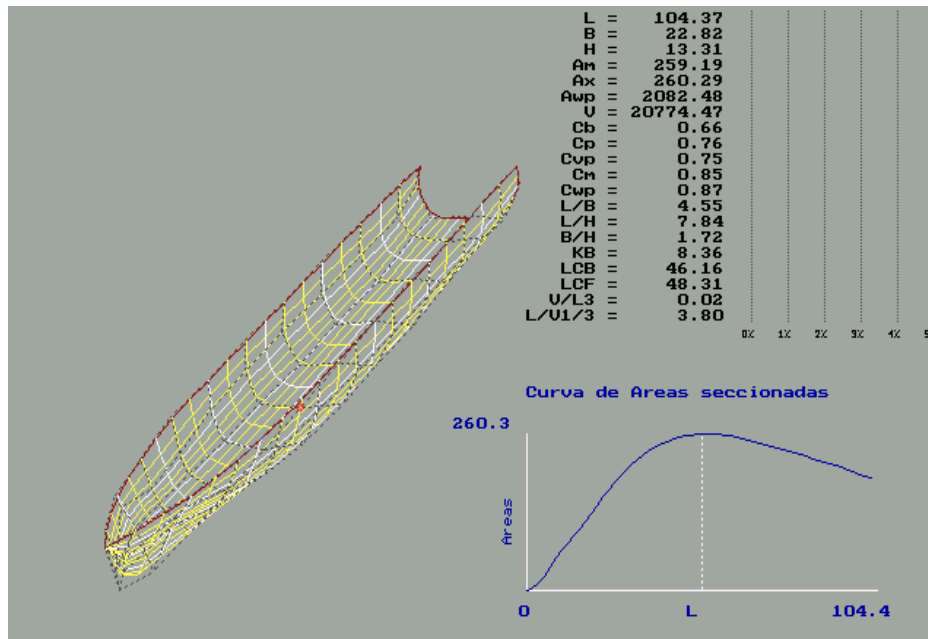


Figura 3 - Casco com coeficientes de forma obtidos pelo programa

Em seguida faz-se através do programa, mudanças na tabela de pontos de controle, somente nos pontos da borda do plano de linha d'água de projeto, para que se tenha os valores das coordenadas dos pontos da borda iguais aos valores informados pela tabela de cotas dada e tem-se uma nova tabela de pontos 3 (em vermelho tem-se os valores que foram alterados através do programa) que gera uma nova superfície, que está na figura 4 (as unidades dos valores obtidos são: pés; pés quadrados; pés cúbicos).

Tabela 3 - Coordenadas após primeiro ajuste

x	y	z	x	y	z	x	y	z
0.0	14.0	105.9	-11.1	14.0	70.2	-10.9	14.2	27.0
0.0	14.0	105.9	-9.8	7.3	70.3	-11.2	7.9	27.0
0.0	14.0	105.9	-7.8	3.3	70.3	-8.0	2.2	27.0
0.0	14.0	105.9	0.0	-0.3	70.3	0.0	2.6	27.0
0.0	14.0	105.9	7.8	3.3	70.3	8.0	2.2	27.0
0.0	14.0	105.9	9.8	7.3	70.3	11.2	7.9	27.0
0.0	14.0	105.9	11.1	14.0	70.2	10.9	14.2	27.0
-2.3	14.1	101.1	-11.3	14.1	59.4	-10.8	14.2	16.2
-0.7	8.6	101.4	-11.2	8.0	59.5	-10.8	7.7	16.2
-0.9	6.3	101.4	-8.3	2.0	59.5	-7.4	2.7	16.2
0.0	2.4	101.4	0.0	0.4	59.5	0.0	3.2	16.2
0.9	6.3	101.4	8.3	2.0	59.5	7.4	2.7	16.2
0.7	8.6	101.4	11.2	8.0	59.5	10.8	7.7	16.2
2.3	14.1	101.1	11.3	14.1	59.4	10.8	14.2	16.2
-7.5	14.1	91.5	-11.5	14.1	48.6	-10.4	14.2	5.4
-6.5	11.8	91.6	-11.6	8.1	48.6	-10.7	7.5	5.4
-3.6	8.1	91.6	-8.6	1.7	48.6	-7.4	4.1	5.4
0.0	-0.7	91.6	0.0	1.0	48.6	0.0	3.1	5.4
3.6	8.1	91.6	8.6	1.7	48.6	7.4	4.1	5.4
6.5	11.8	91.6	11.6	8.1	48.6	10.7	7.5	5.4
7.5	14.1	91.5	11.5	14.1	48.6	10.4	14.2	5.4
-10.0	14.0	81.0	-11.4	14.1	37.8	-10.0	14.2	-0.3
-7.8	8.2	81.1	-11.5	8.1	37.8	-10.7	10.3	0.0
-6.3	4.9	81.1	-8.0	1.6	37.8	-7.6	3.7	0.0
0.0	-0.4	81.1	0.0	1.9	37.8	0.0	4.1	0.0
6.3	4.9	81.1	8.0	1.6	37.8	7.6	3.7	0.0
7.8	8.2	81.1	11.5	8.1	37.8	10.7	10.3	0.0
10.0	14.0	81.0	11.4	14.1	37.8	10.0	14.2	-0.3

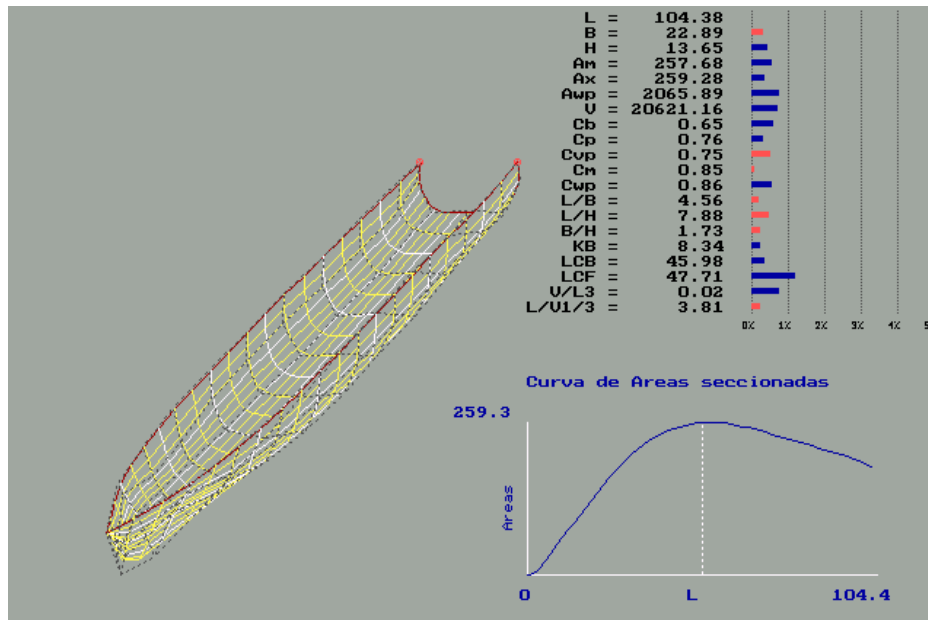


Figura 4 - Casco após primeiro acerto

Novamente muda-se alguns pontos de controle, agora, somente pontos referentes a quilha, para que se tenha os valores das coordenadas dos pontos da quilha iguais aos valores informados nos pontos da tabela de cota dada e tem-se uma nova tabela de pontos 4 (em vermelho tem-se os valores que foram alterados) que gera uma nova superfície, que está na figura 5. (as unidades dos valores obtidos são: pés; pés quadrados; pés cúbicos).

Tabela 4 - Coordenadas após segundo acerto

X	y	Z	X	y	Z	X	y	Z
0.0	14.0	105.9	-11.1	14.0	70.2	-11.2	14.2	27.0
0.0	14.0	105.9	-9.6	7.0	70.2	-10.9	8.0	27.0
0.0	14.0	105.9	-7.8	3.3	70.3	-8.0	2.2	27.0
0.0	14.0	105.9	0.0	-1.0	70.2	-0.0	2.2	27.0
0.0	14.0	105.9	7.8	3.3	70.3	8.0	2.2	27.0
0.0	14.0	105.9	9.6	7.0	70.2	10.9	8.0	27.0
0.0	14.0	105.9	11.1	14.0	70.2	11.2	14.2	27.0
-2.3	14.1	101.1	-11.3	14.1	59.5	-10.8	14.2	16.2
-0.7	8.6	101.4	-10.7	8.0	59.5	-10.8	7.7	16.2
-0.9	6.3	101.4	-8.3	2.0	59.5	-7.4	2.7	16.2
0.0	0.3	101.1	0.0	-0.3	59.4	0.0	2.6	16.2
0.9	6.3	101.4	8.3	2.0	59.5	7.4	2.7	16.2
0.7	8.6	101.4	10.7	8.0	59.5	10.8	7.7	16.2
2.3	14.1	101.1	11.3	14.1	59.5	10.8	14.2	16.2
-7.5	14.1	91.5	-11.5	14.1	48.6	-10.4	14.2	5.4
-6.5	11.8	91.6	-11.2	8.3	48.6	-10.7	7.5	5.4
-3.6	8.1	91.6	-8.6	1.7	48.6	-7.4	3.2	5.4
0.0	-2.2	91.5	0.0	1.0	48.6	-0.0	3.5	5.4
3.6	8.1	91.6	8.6	1.7	48.6	7.4	3.2	5.4
6.5	11.8	91.6	11.2	8.3	48.6	10.7	7.5	5.4
7.5	14.1	91.5	11.5	14.1	48.6	10.4	14.2	5.4
-10.0	14.0	81.0	-11.4	14.1	37.8	-10.0	14.2	-0.3
-7.7	8.2	81.1	-10.8	8.3	37.8	-10.7	10.3	0.0
-6.3	4.9	81.1	-8.0	1.6	37.8	-7.6	3.8	-0.3
0.0	-1.6	81.0	0.0	1.6	37.8	0.0	3.8	-0.3
6.3	4.9	81.1	8.0	1.6	37.8	7.6	3.8	-0.3
7.7	8.2	81.1	10.8	8.3	37.8	10.7	10.3	0.0
10.0	14.0	81.0	11.4	14.1	37.8	10.0	14.2	-0.3

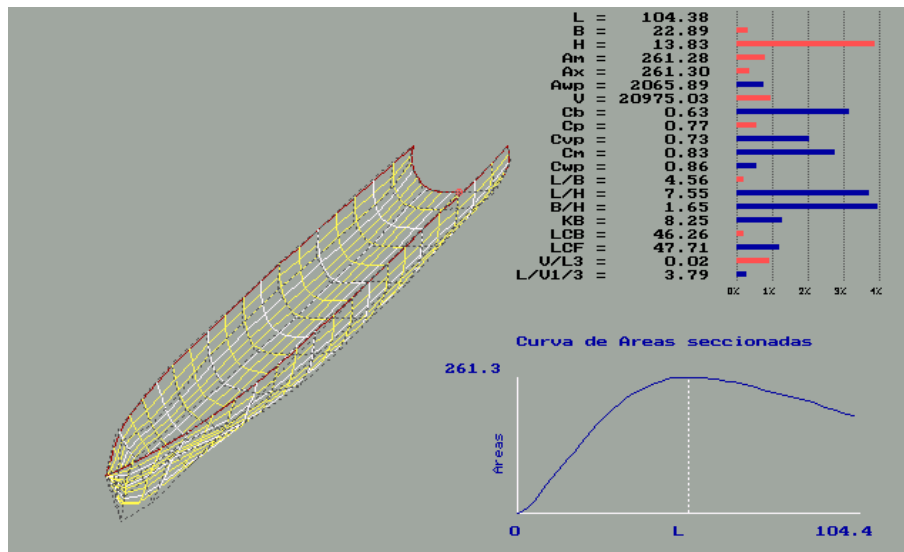


Figura 5 - Casco com coeficientes após segundo acerto

Tem-se na tabela 5 um resumo com os valores obtidos através das expressões matemáticas dos coeficientes de forma (estes valores são assumidos como sendo os valores que se quer chegar) e os valores obtidos pelo programa após ajuste e mudanças nos pontos de controle da superfície.

Tabela 5 - Comparação entre os coeficientes de forma

	Valores da tabela de cotas	Valores obtidos ajuste LAZANHA	Valores após primeiro acerto	Valores após segundo acerto
--	----------------------------	--------------------------------	------------------------------	-----------------------------

L	105,92	104,37	104,38	104,38
B	22,80	22,82	22,89	22,89
H	13,91	13,31	13,65	13,83
A_m	260,55	259,19	257,68	261,28
A_x	260,55	260,29	259,28	261,30
A_{wp}	2082,45	2082,48	2065,89	2065,89
V	20787,58	20774,47	20621,16	20975,03
C_b	0,62	0,66	0,65	0,63
C_p	0,75	0,76	0,76	0,77
C_{vp}	0,72	0,75	0,75	0,73
C_m	0,82	0,85	0,85	0,83
C_{wp}	0,86	0,87	0,86	0,86
L/B	4,65	4,55	4,56	4,56
L/H	7,61	7,84	7,88	7,55
B/H	1,64	1,72	1,73	1,65
KB	8,62	8,36	8,34	8,25
LCB	46,23	46,16	45,98	46,26
LCF	48,04	48,31	47,71	47,71
V/L^3	0,02	0,02	0,02	0,02
$L/\sqrt[3]{V}$	3,85	3,80	3,81	3,79
Desvio Padrão		2,69%	2,50%	1,51%

Na tabela 5 tem-se que o desvio padrão da superfície, após ajuste com programa de LAZANHA [não Publicado], em relação aos valores calculados como referência é de 2,69%, após o primeiro acerto passa a ser de 2,50 % e após o segundo acerto 1,51 %. Tem-se portanto que com o uso do programa é possível se caminhar para o conjunto de valores, adotados como referência para o casco considerado.

ANÁLISE

Verificaram-se as seguintes possibilidades quanto a visualização e manipulação de formas de cascos utilizando-se ferramenta computacional e recursos de vídeo, teclado, "mouse":

- possibilidade de ajustes nas superfícies através da manipulação nos próprios pontos de controle;
- monitoramento interativo dos coeficientes de forma dos cascos;
- visualização dos resultados através dos planos de linha e projeção perspectiva do casco na tela.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BEIER, Klaus Peter: **The Porcupine Technique**. University of Michigan – Department of Naval Architecture and Marine Engineering. October. 1987.

2. FARIN, Gerald: **Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design**. 2. ed. Arizona: Computer Science and Scientific Computing, 444 p. 1990.
3. ROGERS, David F.: **B-Spline Curves and Surfaces for Ship Hull Definition**. Paper presented at SCAHD'77. Computer-Aided Hull Surface Definition Symposium Annapolis, Maryland. 1977.
4. ROGERS, David F.; ADAMS, J. Alan: **Mathematical Elements for Computer Graphics**. 2. ed. McGraw-hill, 611 p. 1990.
5. TODD, F. H.. **Series 60: Methodical Experiments with Models of Single-Screw Merchant Ships**. David Taylor Model Basin, Report 1712, julho/1963.
6. USNA.: **EN200 Naval Engineering I Course Objectives Chapter 2**. Disponível em: <http://www.usna.edu/NAOE/courses/en200/ch02.pdf>. Acesso em 2 de Abril de 2003.