

**REDEMAT – Rede Temática em Engenharia de Materiais
UEMG – UFOP – CETEC**

SELEÇÃO DE MATERIAIS NO *DESIGN* E INDÚSTRIA NÁUTICOS

AUTOR: HENRIQUE AUGUSTO GALANTE

ORIENTADOR: Prof. Jairo José Drummond Câmara

**Dissertação apresentada à REDEMAT,
como parte integrante dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Materiais, área de
concentração: Seleção de Materiais.**

Ouro Preto, abril de 2003.

G146s Galante, Henrique Augusto.
Seleção de materiais no *design* e indústria náuticos [manuscrito] / Henrique Augusto Galante. – 2003.
xi, 103 f.: il.; grafs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Jairo José Drummond Câmara.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Rede Temática em Engenharia de Materiais.
Área de concentração: Análise e Seleção de Materiais.

1. Engenharia naval - Materiais - Teses. 2. Indústria náutica - Teses. 3. Desenho industrial - Teses. 4. Design náutico - Teses. I. Universidade Federal de Ouro Preto. II. Título.

CDU: 629.52

Catálogo: sisbin@sisbin.ufop.br

SELEÇÃO DE MATERIAIS NO *DESIGN* E INDÚSTRIA NÁUTICOS

AUTOR: HENRIQUE AUGUSTO GALANTE

Esta dissertação foi apresentada em sessão pública e aprovada em 24 de abril de 2003, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Jairo José Drummond Câmara (UEMG)

Prof. Sebastiana Luíza Bragança Lana (UEMG)

Prof. Sydney Fernandes de Freitas (UFRJ)

Dedicatória

À Marcinha, minha esposa.

AGRADECIMENTOS:

Eduardo Bahia (Malloy)

Adilson Barbosa (Alcan)

Prof. José Arnaldo

Róber Dias Botelho

Prof. Jairo José Drummond Câmara

Prof. Sebastiana Bragança Lana

UEMG - Escola de Design

REDEMAT

RESUMO

A pesquisa visa entender os processos que se dão, quando da seleção de materiais em um projeto náutico. Para as diversas aplicações que são utilizadas em embarcações particulares. Em barcos de pesca, o material empregado é o alumínio. Quando se trata de veleiros e lanchas de recreio, a fibra de vidro é o material mais utilizado. E por fim, em barcos maiores, acima de 20m, o material mais usado é o aço e o alumínio. Uma vez que é possível que cada material citado cumpra, de modo plenamente satisfatório, cada aplicação mencionada, desde que receba o tratamento adequado, por que existe uma certa hierarquia no emprego desses materiais?

Para melhor compreensão desse fenômeno, a metodologia aplicada se dará no estudo dessa indústria, através das seguintes ferramentas: utilização de revistas especializadas, destinadas ao público em geral, Internet e acompanhamento, como estudo de caso, da produção de barcos de alumínio, num estaleiro. Além do universo que cerca esse tipo de veículo, ferramentas como a Análise de Valor e a Seleção de Materiais, serão utilizadas para compreender como se dão as escolhas de materiais, num projeto naval.

Do acompanhamento da referida produção, serão elaboradas propostas de *design*, de acordo com suas características de produção e de produto. Essas propostas também levarão em conta, o planejamento estratégico da empresa para curto, médio e longo prazos. Dessas propostas, também será elaborado um modelo em escala, para que haja melhor entendimento sobre as soluções apresentadas.

ABSTRACT

The research looks for understand the processes verified of selection of materials in a nautical project. This selection occurs in different ways as well as different applications. In fishing boat, the most employed material is the aluminum. In sail-boats and recreation motor boats, the fiber glass material is used. E finally, in bigger boats, above of 20m, the material most used is the steel and aluminum. With project's adjustments it's possible the utilization of each mentioned materials (aluminium, steel ou composite materials), keepings all the performance standards. The question is why exists a certain hierarchy in these material's applications in different boat's projects

For better understanding of this phenomenon, the applied methodology will be given in the study of this industry, through the following tools: use of specialized magazines, destined to the public in general, Internet and accompaniment, as study of case, the production of aluminum boats, in a shipyard. Beyond the universe that surrounds this type of vehicle, tools as the Value Analysis and the Selection of Materials, they will be used to understand as if they give the choices of materials, in a naval project.

Of the accompaniment of the related production, proposals of design will be elaborated, in accordance with its characteristics of production and product. These proposals also will lead in account, the strategical planning of the company for short, medium and long run. Of these proposals, also a model in scale will be elaborated, so that it has menhor agreement on the presented solutions.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1- Introdução.....	01
1.2 - Metodologia.....	02
1.2.1 – Bibliografia consultada.....	02
1.2.2 – Internet.....	02
1.2.3 – Vídeos.....	02
1.2.4 – Estudo de Caso e visitas técnicas.....	02
1.2.5 – Aspectos da pesquisa.....	03

CAPÍTULO 2 - FERRAMENTAS

2.1 - <i>Design</i>	04
2.2 - Análise de Valor.....	06
2.2.1 – A noção de função.....	07
2.2.2- A noção de valor.....	08
2.2.3 – A noção de serviço.....	09
2.3 - Seleção de Materiais.....	17
2.4 - Materiais e suas aplicações.....	20

CAPÍTULO 3 - O PRODUTO

3.1 - Definições.....	22
3.2 - Tipos de cascos.....	25
3.3 - Considerações de projeto.....	28
3.4 - Esforços mecânicos.....	31
3.5 - Fator de segurança.....	31
3.6 -O mercado.....	32
3.7 - Processos utilizados.....	34

CAPÍTULO 4 - MATERIAIS

4.1- Compósitos.....	35
4.1.1 - Processos de fabricação de laminados.....	36
4.1.2 - Produção em grande escala.....	37

4.1.3 - Fibra de Vidro.....	38
4.1.4 - Fibra de carbono.....	41
4.1.5 - Fibras aramidas.....	43
4.1.6 - Vantagens e desvantagens.....	45
4.2 - Metais.....	46
4.2.1 - Alumínio.....	46
4.2.1.2 - Vantagens e desvantagens.....	52
4.2.2 - Aço.....	53
4.2.2.1 - Vantagens e desvantagens.....	54
4.3 - Processos de fabricação – metais.....	55
4.3.1 - Rebitamento X Soldagem.....	55
4.4 - Madeira.....	57
4.4.1 - Vantagens e desvantagens.....	61

CAPÍTULO 5 - ESTUDO DE CASO

5.1 - Estudo de caso.....	62
5.2 - Acompanhamento das embarcações.....	63
5.3 - Observações.....	64
5.4 - O produto.....	66
5.5 - O modelo em escala.....	67
5.6 - Considerações.....	70

BIBLIOGRAFIA

6.1 - Bibliografia.....	71
6.2 - Anexos.....	73

LISTA DE TABELAS E/OU FIGURAS

Fig. 01 – mesa <i>Alien Skin Table</i> – www.rhino3d.com	05
Fig. 02 – capacete de ciclismo - www.rhino3d.com	05
Fig. 03 – anel - <i>Platinun Ring</i> - www.rhino3d.com	05
Fig. 04 – anel - www.rhino3d.com	05
Fig. 05 – Veículo - <i>Roadster</i> - www.rhino3d.com	06
Fig. 06 – Veículo- <i>4X4 Highlander</i> - www.rhino3d.com	06
Fig. 07 – <i>38 m Yacht</i> - www.rhino3d.com	06
Fig. 08 – <i>Perry 57</i> - www.rhino3d.com	06
Fig. 09 – gráfico -Análise de valor - Custo.....	10
Fig. 10 – gráfico - Análise de Valor – Peso.....	11
Fig. 11 – gráfico - Análise de Valor – Durabilidade.....	12
Fig. 12 – gráfico - Análise de Valor – Resistência à Flexão.....	13
Fig. 13 – gráfico - Análise de Valor – Resistência ao Impacto.....	14
Fig. 14 – gráfico - Análise de Valor – Resistência à Tração.....	15
Fig. 15 – gráfico - Análise de Valor – Resistência ao Fogo.....	16
Fig. 16 – Esquema lateral – Barco.....	21
Fig. 17 – Esquema superior – Barco.....	22
Fig. 18 – Esquema traseiro – Barco.....	23
Fig. 19 - Projeto do casco de um veleiro.....	25
Fig. 20 – Lancha de alumínio.....	26
Fig. 21 – Lancha em fibra de Vidro.....	26
Fig. 22 – Veleiro catamarã.....	26
Fig. 23 – Lancha catamarã.....	26
Fig. 24 – Referência HP/ton.....	28
Fig. 25 – Tabela – Materiais mais utilizados.....	31
Fig. 26 – Tabela – Concentração de estaleiros.....	32
Fig. 27 – Fibras e tecidos de Vidro.....	36
Fig. 28 – Esquema Tecido.....	38
Fig. 29 – Esquema Tecido.....	39
Fig. 30 – Veleiro de regata.....	40
Fig. 31 – Fibra de Carbono.....	40
Fig. 32 – Módulo de elasticidade - comparativo.....	41
Fig. 33 – Módulo de Resistência à tração – comparativo.....	41

Fig.34 – Fibras aramidadas – Kevlar.....	42
Fig. 35 – Densidade – comparativo.....	43
Fig. 36 – Resistência ao impacto – comparativo.....	43
Fig. 37 – Tabela comparativa – Kevlar.....	44
Fig. 38 - Veleiro polar Paratii, feito em alumínio.....	45
Fig. 39 – Dureza das ligas – comparativo.....	46
Fig. 40 – Ligas X Aplicações.....	47
Fig. 41 – Propriedades das ligas.....	48
Fig. 42 – Espessura de chapa/motorização.....	49
Fig.43 – Construção de um veleiro em aço.....	52
Fig. 44 - Lancha em madeira, gerada por computador.....	56
Fig. 45 – Interior de veleiro – Beneteau.....	58
Fig. 46 – Modelo em escala.....	67
Fig. 47 – Modelo em escala.....	67
Fig. 48 – Modelo em escala.....	67
Fig. 49 – folder publicitário – modelo.....	68

ANEXO 1

LISTA DE FIGURAS – ACOMPANHAMENTO FOTOGRÁFICO – MALLOY

Fig.01 - Montagem do casco – arquivo do autor.....	01
Fig.02 - Montagem do casco – arquivo do autor.....	02
Fig.03 - Montagem do assoalho – arquivo do autor.....	02
Fig.04 - Reforços em madeira – arquivo do autor.....	02
Fig.05 - Início da montagem superestrutura – arquivo do autor.....	03
Fig.06 - Pintura e acabamento externos – arquivo do autor.....	04
Fig.07 - Construção do painel – arquivo do autor.....	04
Fig.08 - Pintura das faixas decorativas – arquivo do autor.....	04
Fig.09 - Isolamento térmico da cabine – isopor – arquivo do autor.....	05
Fig.10 - Painel finalizado – arquivo do autor.....	05
Fig.11 - Teto da cabine finalizado – arquivo do autor.....	05
Fig.12 - Teto da cabine de proa – arquivo do autor.....	05
Fig.13 - Nome da lancha. Fechagens instaladas. – arquivo do autor.....	06
Fig.14 - Perspectiva cabine de comando – arquivo do autor.....	06
Fig.15 - Banheiro – praça de popa – arquivo do autor.....	07
Fig.16 - Cozinha – praça de popa – arquivo do autor.....	07
Fig.17 - Perspectiva – praça de popa – arquivo do autor.....	08
Fig.18 - Quarto anterior – arquivo do autor.....	08
Fig.19 - Cozinha – perspectiva interior da lancha – arquivo do autor.....	09
Fig.20 - Quarto superior – arquivo do autor	09

Fig.21 - Montagem do casco – arquivo do autor.....	10
Fig.22 - Montagem estrutura do casco – arquivo do autor.....	10
Fig.23 - Portas já instaladas – arquivo do autor.....	11
Fig.24 - Perspectiva lanchas – arquivo do autor.....	11
Fig.25 - Pintura externa – arquivo do autor.....	12
Fig.26 - Banheiro e acesso à cabine de comando – arquivo do autor.....	12
Fig.27 - Vão motor – centro-rabeta – arquivo do autor.....	12
Fig.28 - Motor de centro-rabeta – mercruiser (gasolina) – arquivo do autor.....	13
Fig.29 - Quarto de proa – arquivo do autor.....	13
Fig.30 - Quarto de proa – arquivo do autor.....	13
Fig.31 - Cabine de comando – arquivo do autor.....	13
Fig.32 - Cabine de comando – arquivo do autor.....	14
Fig.33 - Cozinha – arquivo do autor.....	14
Fig.34 - Estrutura montada – arquivo do autor.....	15
Fig.35 - Início da superestrutura – arquivo do autor.....	15
Fig.36 - Construção da superestrutura – arquivo do autor.....	16
Fig.37 - Paredes laterais da superestrutura – arquivo do autor.....	16
Fig.38 - Praça de popa – arquivo do autor.....	18
Fig.39 - Vista posterior praça de popa – arquivo do autor.....	19
Fig.40 - Vista anterior pintura externa - arquivo do autor.....	19
Fig.41 - Pintura externa – arquivo do autor.....	20
Fig.42 - Interior da lancha – ferramentas – arquivo do autor.....	20
Fig.43 - Cabine de comando – arquivo do autor.....	21
Fig.44 - chapas de alumínio cortadas à mão – arquivo do autor.....	22
Fig.45 - Chapa fechamento popa – arquivo do autor.....	22
Fig.46 - Estrutura montada – arquivo do autor.....	23
Fig.47 - Superestrutura montada – pré-pintura – arquivo do autor.....	23
Fig.48 - Interior – bancos montados – arquivo do autor.....	23
Fig.49 - Barco finalizado – vista posterior – arquivo do autor.....	24
Fig.50 - Vista motor Mercruiser (gasolina) – arquivo do autor.....	24
Fig.51 - Vista posterior – arquivo do autor.....	24
Fig.52 - Painel de controle – arquivo do autor.....	24
Fig.53 - Soldagem – www.angelmarine.com.br – 2002.....	27
Fig.54 - Modelos tridimensionais, feitos no CPqD da Escola de Design – UEMG.....	31
Fig.55 - Estrutura em papel - arquivo do autor.....	32
Fig.56 - Mockup pronto – arquivo do autor.....	32
Fig.57 - Mockup concluído – arquivo do autor.....	33

Capítulo 1

1.1 - Introdução

O início e evolução da indústria náutica confunde-se com a história da humanidade. Sempre que uma população se fixava de em determinada área, esta, se dava às margens de um rio, lago ou afim. O meio aquático sempre foi conhecido do homem, e este, sempre se empenhou em dominá-lo. Vikings, fenícios, romanos, egípcios e muitas outras nações, ao longo de suas histórias, desenvolveram sistemas, dominaram materiais, criaram novas tecnologias de manufatura, para que pudessem trafegar sobre o meio aquático com máxima desenvoltura.

Esse desenvolvimento naval, acompanhou a evolução humana até os dias atuais. Hoje, para todo tipo de trabalho e de água, seja ela salgada ou não, existem embarcações capazes de cumprir a tarefa com louvor. E a lista de materiais disponíveis para se construir essas embarcações e suas variações e associações é quase infinita. Madeira, metais e compósitos são utilizados das mais diversas formas e proporções para se atingir os objetivos pretendidos.

Atualmente, é possível utilizar qualquer material para uma determinada aplicação. E são inúmeros os processos de tratamento aos quais esses materiais podem ser submetidos. Mas, na indústria náutica, percebe-se uma hierarquia no emprego dos mesmos. Para embarcações de pesca, dessas que são transportadas em carretas rodoviárias, o material empregado é o alumínio. Em barcos de lazer como lanchas, veleiros e afins, de 20 a 80 pés de comprimento, aproximadamente, a fibra de vidro, entre outros materiais compósitos, é referência. Quando, por fim, se chega às grandes embarcações particulares, o aço passa a ser o material utilizado em seus cascos. A questão é que qualquer um dos materiais citado acima, é capaz de desempenhar as mesmas funções, de forma satisfatória em qualquer uma das aplicações citadas. Entender os processos que determinam a escolha de determinado material no *design* de uma embarcação, é o objetivo da pesquisa que se quer fazer.,

1.2 - Metodologia

A metodologia aplicada para a compreensão da indústria náutica, se deu da seguinte forma:

1.2.1 - Bibliografia consultada:

- 1 - Revistas náuticas, destinadas ao público em geral.
- 2 - *Papers* e artigos publicados.
- 3 - Livros técnicos sobre construção naval.

1.2.2 - Internet:

- 1 - Sites especializados e estaleiros, nacionais e estrangeiros.
- 2 - Entrevistas via e-mail, com construtores e consultores navais.

(Essa ferramenta foi especialmente útil, uma vez que, Belo horizonte, o *locus* de pesquisa do mestrando era desprovido de um meio náutico significativo.)

1.2.3 - Vídeos:

- 1 - Documentários sobre o universo da indústria náutica. Exibidos em TV aberta ou fechada.

1.2.4 - Estudo de caso e visitas técnicas:

O estudo de caso se deu em um estaleiro, localizado na cidade de Pedro Leopoldo, especializado em barcos de alumínio naval.

Este acompanhamento, se deu nos seguintes níveis:

- 1- Acompanhamento fotográfico da construção de cinco embarcações.
- 2- Entrevistas, de caráter informal com o pessoal da empresa, nas áreas de administração, projeto e construção.
- 3- Análise do processo, tendo por base toda a pesquisa realizada até então.
- 4- Considerações projetuais.

1.2.5 – Aspectos da pesquisa:

- 1- Qual é a relação entre o homem e o meio náutico que o cerca.
- 2- Quais foram e quais são os materiais utilizados por ele para este fim.
- 3- Quais são os tipos de embarcações existentes.
 - 1 – barcos de deslocamento.
 - 2 – barcos de semi-deslocamento.
 - 3 – barcos de planeio.
- 4- Quais as tipologias de uso.
 - 1 – utilização em águas protegidas.
 - 2 – utilização em mar aberto.
- 5- Quais são os critérios para a seleção de materiais e processos, na elaboração de um projeto naval.
 - 1 – Seleção de Materiais.
 - 2 – Análise de Valor.
- 6- Quais são os critérios para a seleção de materiais e processos, na elaboração de um projeto naval.
- 7- Sobre os materiais utilizados:
 - 1- Grupo dos compósitos: Principais características, utilização, processamento, vantagens e desvantagens.
 - 2- Grupo dos metais: Metais e ligas mais utilizados, características, principais utilizações, vantagens e desvantagens.
 - 3- Grupo das madeiras: Características mais importantes, tipos mais utilizados, vantagens e desvantagens.

Capítulo 2 - Ferramentas

2.1 - Design

O Design sempre esteve presente no setor produtivo, desde que se iniciou a produção seriada de qualquer produto e teve sua regulamentação mundial definitiva, em 1957, por designers norte-americanos, britânicos, franceses e nórdicos, através do ICSID (*International Council of Societies of Industrial Design*). Uma definição apropriada sobre o Design, segundo o arquiteto argentino Tomás Maldonato, ex-diretor da Escola de Ulm, diz: *“O Design Industrial é uma atividade criadora cujo objetivo é determinar as qualidades formais dos objetos que a indústria produzirá. Estas qualidades formais não são somente os aspectos externos, mas principalmente as relações estruturais e funcionais que convertem um sistema numa unidade coerente, tanto do ponto de vista do fabricante, com do usuário. O design industrial estende-se até abarcar todos os aspectos do ambiente humano que se encontram condicionados pela produção industrial.”*¹

O Design está totalmente vinculado à competitividade no setor industrial. Após a II Guerra Mundial, ele foi o diferencial competitivo adotado como fator de crescimento e recuperação, por países como Alemanha, Itália e Japão. A tecnologia atual, permite que a comunicação entre as populações seja ilimitada, independente de sua localização geográfica. Com a comunicação, segue-se o comércio globalizado como consequência. Nesse cenário, o *design* tem sido usado como arma estratégica de competitividade pelas nações industrializadas.

Entre as atribuições do *Design*, pode-se destacar: Otimização da produção e diminuição dos custos de produção. Isto se dá através de produtos que sejam fáceis de se produzir, de manutenção simplificada, de boa ergonomia e apelo estético, traduzindo e surpreendendo o usuário em suas necessidades e anseios, e que no fim de sua vida útil, seja de fácil reciclagem, gerando um impacto ambiental mínimo.

¹ SOTTASS, Ettore – O design industrial – Saltava editora do Brasil – R.J. 1979.

Através do design, é possível se produzir, com otimização dos custos de produção, algo que vá de encontro às expectativas do usuário. Um dos trabalhos vinculados aos *designers*, refere-se aos valores que um produto assume, diante do usuário. São eles, valor de uso, valor de estima e valor de troca. Para exemplificar essa equação, podemos citar uma caneta esferográfica ou ainda um isqueiro descartável. Estes apresentam grande valor de uso, mas nenhum valor de estima, logo, não possuem valor de troca. Se por outro lado, a caneta fosse uma Parker 51 ou ainda uma MontBlanc, e se o isqueiro fosse da marca Zippo, teríamos um grande valor de uso e um alto valor de estima. Conseqüentemente o valor de troca seria bastante significativo. Mas se o valor de estima de um produto diz respeito apenas ao seu proprietário e não ao público em geral, o seu valor de troca é também relativo. Assim todo trabalho em *design* busca conciliar da melhor maneira possível esses três valores acima citados. As figuras, de 1 a 8, exemplificam alguns produtos com os quais o *Design* se envolve.

No Setor Industrial: Fig. 1 e 2 : Mesa *Alien Table Skin* e Capacete para ciclismo (2002)



Na indústria Joalheira: Fig. 3 e 4: anéis (www.rhino3d.com , 2002).



Na indústria Automobilística: Fig. 5 e 6: *Roadster* e *4x4 Highlander*
(www.rhino3d.com, 2002)



Na Indústria Naval: Fig. 7 e 8: *38m Yacht* e *Perry 57* (www.rhini3d.com, 2002)



2.2 - Análise de valor

Durante a pesquisa para esta dissertação, que diz respeito à seleção de materiais na indústria náutica, os mais significativos serão abordados adiante, com as respectivas características, vantagens e desvantagens de utilização nessa indústria. Entretanto, é a Análise de Valor, que determina de forma definitiva, qual será o melhor material a ser utilizado numa embarcação, conforme será a sua utilização, numa determinada região, por um determinado usuário.

Segundo DUCHAMP (1988), a Análise de Valor não é um ciência nova. Partiu de uma estratégia de desenvolvimento da General Eletric, nos Estados Unidos, quando o departamento americano da defesa realizaria um contrato de um valor superior a US\$100,000.00. O criador dessa ciência, Laurence Miles, publicou em 1960, um livro chamado *Value Analysis* ou Análise de Valor, que inicialmente, se resumia numa técnica de redução de custos industriais. QUARANT (1994), indica que essa ciência começou a ser elaborada ainda na década de 40. O criador, já mencionado anteriormente, elaborou os conceitos do livro que viria a escrever, entre 1947 e 1950, a pedido da General Eletric. Esse método foi, inicialmente, adotado pelo ministério da Defesa e pela Marinha americana. Paralelamente a Ford e a Força Aérea americana elaboraram método similar ao de Miles, denominado 'Valor de Compra', com finalidade de também reduzir custos industriais.

Essa ciência tem, hoje, um papel fundamental em qualquer indústria que pretende se manter competitiva no mercado. A Análise de Valor visa a otimização dos processos industriais na elaboração, projeto, manufatura, manutenção e utilização de um produto, bem como seu descarte após sua vida útil. De fato, a análise de valor tem vital importância em qualquer programa de Qualidade Total, fundamental para a competitividade das empresas inseridas num contexto de comércio globalizado.

O objetivo dessa ciência, segundo QUARANT, é permitir a redução de custos de produtos ou serviços, sem que haja qualquer perda da qualidade ou performance desses produtos ou serviços. Ou seja, a Análise de Valor procura melhorar o rendimento econômico pela redução de custos que não estão diretamente relacionados a uma necessidade real de uso. Esse método pode ser aplicado no estudo de produtos existentes (seja como um todo, ou as partes que o compõem), de produtos novos e de procedimentos. Esse método possui três noções fundamentais, que são: A noção de função, noção de valor e de serviço

2.2.1 - A noção de função

Ela consiste em aproximar as questões em termos de serviço para entender as soluções existentes num produto, bem como as potencialmente úteis nesse mesmo produto. Ela

faz com que o projetista entenda o produto em desenvolvimento como um conjunto de serviços cuja finalidade é atender às necessidades do usuário. Essa visão sistemática dos problemas, permite ao profissional em questão, maiores oportunidades de obter a satisfação plena do usuário desse produto. As funções compreendem: As funções de serviço, que indicam se o produto atende às necessidades para as quais ele foi idealizado. Essas funções são responsáveis pelos valores de uso e de estima. As funções técnicas, ligadas à construção e disposição interna do produto, ou seus componentes, para que as funções de uso sejam plenamente satisfeitas.

A Análise de Valor pode ser implementada em três níveis funcionais. No primeiro nível funcional, onde pode ocorrer um trabalho de redução de custos, é feita a análise dos componentes e elementos de um produto existente, se suas funções correspondem à finalidade para a qual ele foi proposto. No segundo nível funcional, é feita a análise de valor sobre um produto já existente, nas funções decorrentes da análise de utilização desse produto. No terceiro nível, no qual um novo produto é idealizado, suas funções serão definidas pelas informações outrora obtidas nas etapas anteriores, em termos de atender às necessidades e objetivos que o novo produto deverá alcançar. Nessa etapa, é importante a participação do *Design* industrial no processo, por apresentar um caráter interdisciplinar, pode aproximar os conhecimentos adquiridos e aplicá-los no novo produto da melhor forma.

2.2.2 - A noção de valor

Ela consiste em aproximar o julgamento por parte do usuário sobre um determinado produto, a fim de compreender seu nível de satisfação. Essa noção não passível de uma medição exata. Deve ser acompanhada do ponto de vista do usuário em uma determinada circunstância. Para que se alcance ao máximo a satisfação plena por parte do usuário sobre determinado produto, são usados três componentes para o termo valor: o valor de uso, de estima e de troca, já exemplificados. Assim, fica mais fácil de entender como o usuário classifica os serviços prestados por um produto, permitindo ainda, a verificação de aspectos a serem alterados no produto (construção, utilização, manutenção, entre outros) para aumentar os níveis de satisfação desse usuário.

2.2.3 - A noção de serviço

São as funções principais, de uso e de serviço. Essa função é decomposta em três níveis. Uma embarcação, por exemplo: Funções principais: descrição da primeira utilização do produto. Ex.: permitir o deslocamento sobre um determinado meio aquático. Funções secundárias: descrição das necessidades em um segundo grau e utilização. Ex.: permitir máxima performance nesse meio aquático, segundo o tipo de utilização da embarcação. Funções de estima: descrição da imagem do produto, de seus atrativos. Ex.: qualidade dos componentes do barco, construção e acabamento, seu conjunto e estética.

Na Análise de Valor, é feita após o estudo de cada parte componente do produto, uma hierarquização das funções de forma qualitativa ou quantitativa, segundo o produto em questão. Essa pode se dar na forma: imperativo, necessário, se possível. É dessa forma que a disciplina tem um papel fundamental na seleção de materiais na indústria náutica.

Apesar dessa indústria existir a mais de 7.000 anos, sua flexibilidade é enorme. A cada novo projeto naval, serão levados em conta inúmeros fatores que estarão relacionados com a utilização dessa nova embarcação. A oferta de materiais para sua construção, é enorme bem como os acessórios disponíveis para seus sistemas internos. Assim, é fundamental uma análise de valor, feita de forma minuciosa, a fim de que não haja perdas decorrentes de materiais mal empregados, bem como técnicas de construção que não estão de acordo com a proposta dessa nova embarcação. Essa atenção é necessária, pois para cada micro - região naval, isto é, uma área com características de água e clima definidos, combinados aos costumes da população local, haverá um tipo específico de embarcação. Se nos lembrarmos que o planeta Terra possui dois terços de sua área total, encobertos por água, logo percebemos que são inúmeras as variações de embarcações, usos e materiais empregados.

Quando o projeto de uma embarcação é solicitado, um *briefing*, com todas as considerações projetuais, como o tipo de embarcação, o local onde ela irá operar, qual o usuário que dela irá se servir, o *know How* do estaleiro e facilidade de acesso aos materiais, é feito com o intuito de estabelecer a melhor combinação de materiais para o projeto em questão.

Alguns exemplos de análise de valor, serão ilustrados com informações obtidas no livro Manual de Construção de Barcos (2001). Optou-se por uma escala de valor, que, apesar de ser numérica, sua medição é qualitativa. As medições próximas de zero, indicam o menor valor possível, para variável em questão. Para as medições próximas a Dez, indicam o maior valor possível, para a mesma variável.

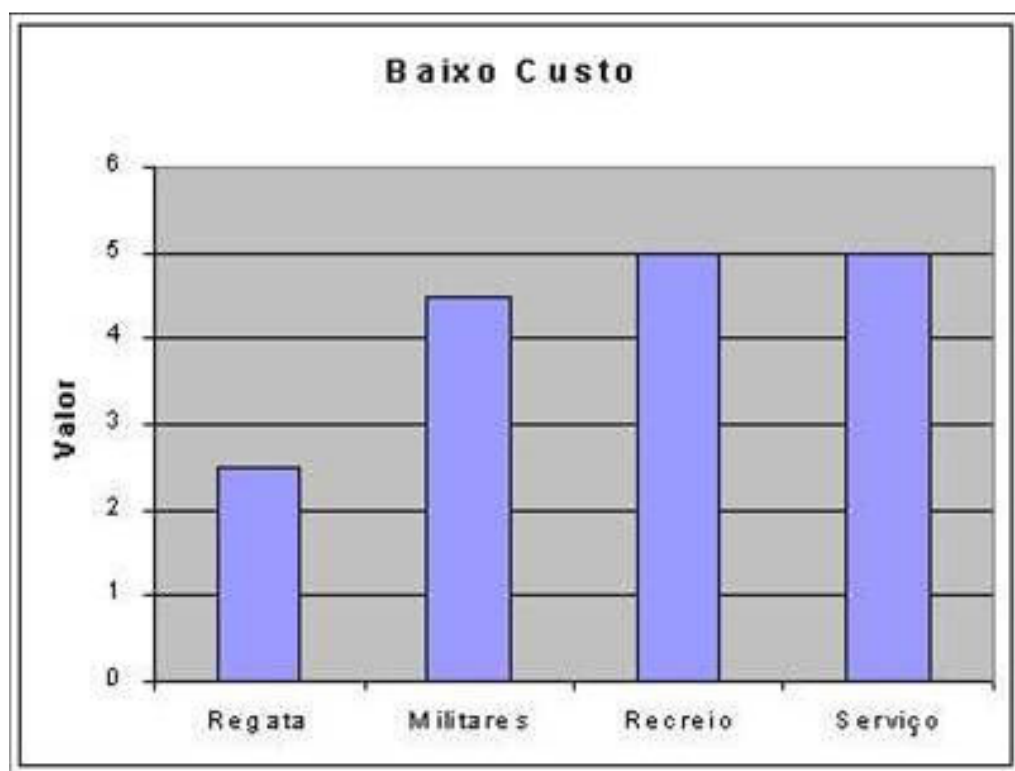


Fig. 9: gráfico comparativo da função custo (Nasseh, 2000). Redesenhado pelo autor.

Nesse caso, vê-se que, para as aplicações que exigem desempenho máximo, o fator custo é pouco significativo, mas para as aplicações onde é levado em conta o lucro, como na produção seriada de barcos de recreio e na relação custo/benefício de uma embarcação de serviço, esse parâmetro é mais valorizado. Nas embarcações militares, o valor dado à essa questão, excede um pouco às de regata, certamente por questões de orçamento de um governo, mas não é prioritário dentro das atribuições a serem desempenhadas por esse tipo de embarcação.

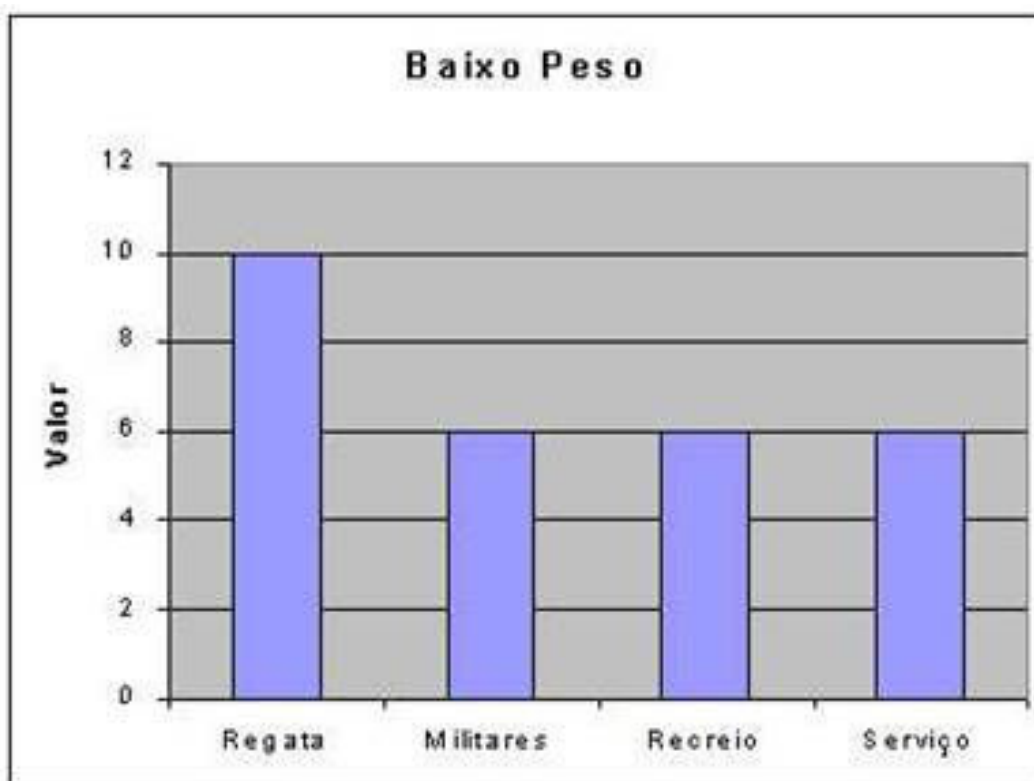


Fig.10: gráfico comparativo da função Peso (Nasseh, 2000). Redesenhado pelo autor.

Quando o parâmetro analisado é o peso, as coisas se invertem. Nos barcos de competição, os materiais são levados ao seu limite, a fim de se obter o menor peso possível, com melhorias significativas na performance do barco. Já para as outras categorias o valor é um pouco menor, mas, ainda, bem significativo, como nos mostra a escala acima. Este parâmetro é proporcional à necessidade de uma motorização maior ou não, conseqüências claras em termos de custos com combustível e manutenção. Em barcos à vela, a área vélica será maior ou menor, conforme for o peso do veleiro.

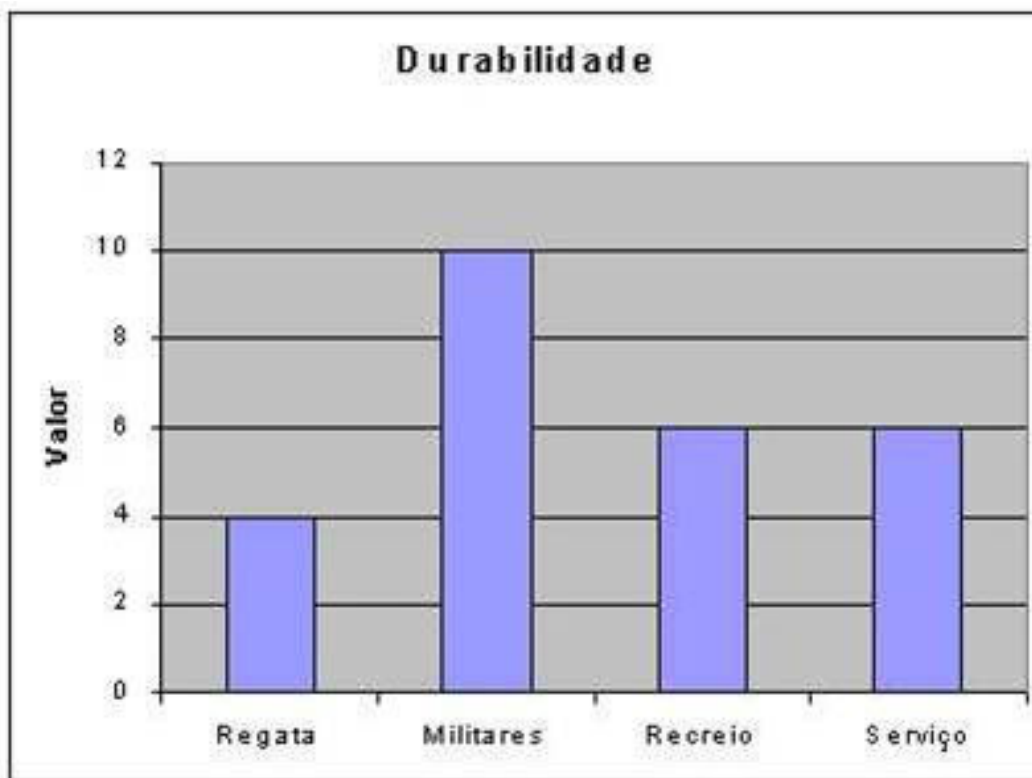


Fig. 11: gráfico comparativo da função durabilidade (Nasseh, 2000). Redesenhado pelo autor.

Um barco de regata é projetado para ter a máxima performance, apenas numa competição, a exemplo de um carro de Fórmula 1. Para outras provas, certamente o construtor terá em mente um novo barco ainda mais competitivo; logo, se o barco em questão durar enquanto a competição acontece, estará tudo bem. Já para uma embarcação militar, a durabilidade deverá ser máxima, para se amortizar os altos gastos de produção que um governo despende com um veículo desses. Para barcos de recreio, não é desejável que uma embarcação não se desgaste, uma vez que esta se insere num meio capitalista. Assim, a exemplo da indústria automobilística, um usuário trocará de barco, como o faz de carro, salvo as proporções.

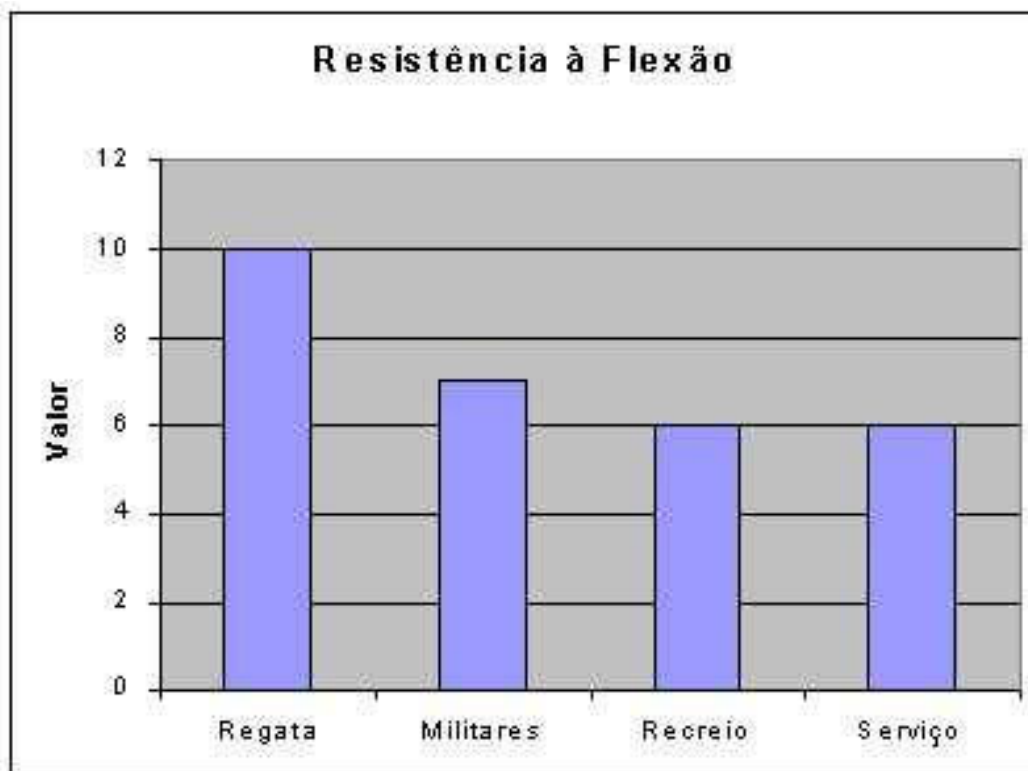


Fig. 12: gráfico comparativo da função resistência à flexão (Nasseh, 2000). Redesenhado pelo autor.

O gráfico acima, está diretamente relacionado com a velocidade na qual uma embarcação irá operar. Quando uma embarcação se move sobre a água, o deslocamento desta irá provocar, na água, um esforço cisalhante paralelo à linha do casco, fazendo com que as camadas do líquido, “rolem” umas sobre as outras. Mas em função da água não ser, segundo Newton, um líquido perfeito, isto é, possui viscosidade, a partir de uma dada velocidade a taxa de rolamento dessas camadas se estaciona. Logo, a resistência da água à passagem da embarcação aumenta consideravelmente, fazendo com que a resistência do casco a esse esforço, seja mais exigida. Para que um barco obtenha essa resistência, além do material empregado no casco, é necessário uma construção com reforços internos, que forneça ao conjunto, a devida rigidez. Esse item será abordado posteriormente.

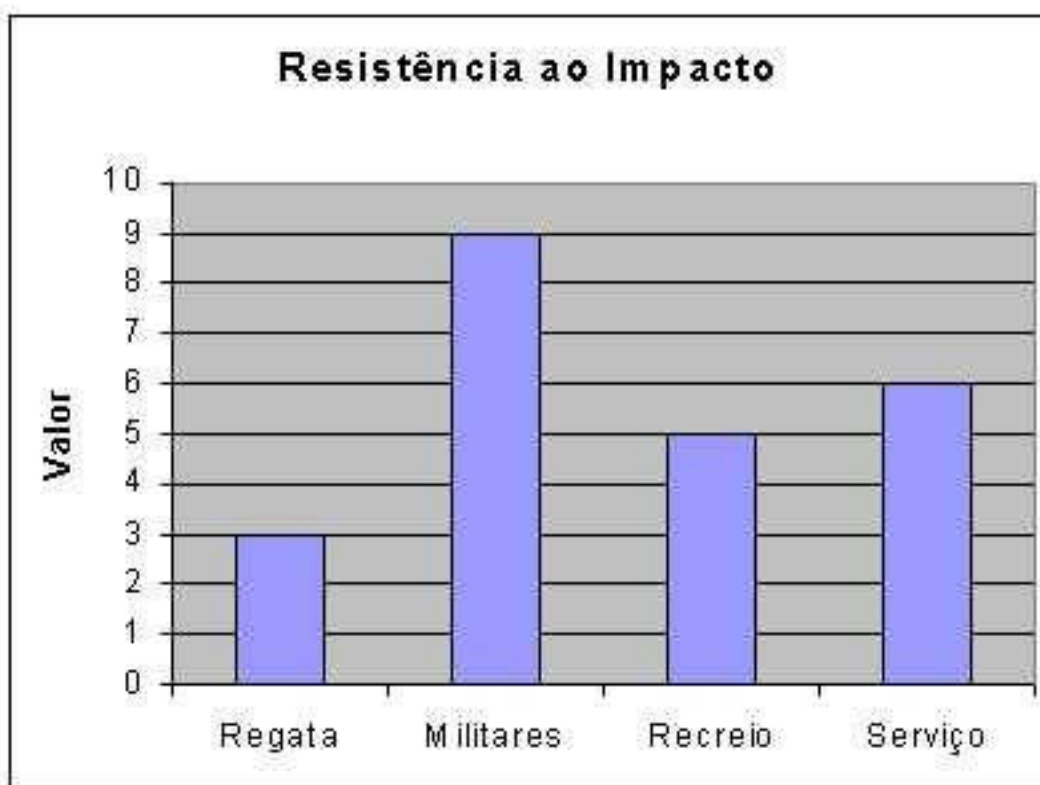


Fig. 13: gráfico comparativo da função resistência ao impacto (Nasseh, 2000). Redesenhado pelo autor.

Nesse aspecto, por estar dimensionado para suportar os esforços de uma única competição, cujas características são previamente conhecidas pelos construtores, o valor dado esse parâmetro será menor em barcos de regata. O contrário acontece com embarcações militares, que enfrentam situações adversas impostas pelo serviço que prestam. Uma maior resistência ao impacto será importante para retardar a fadiga do casco dessa embarcação. De uma forma um pouco menor, barcos de serviço também estão atentas a essa questão, por serem utilizados de forma contínua. Não são raras as vezes em que trabalham acima de 20 horas por dia.

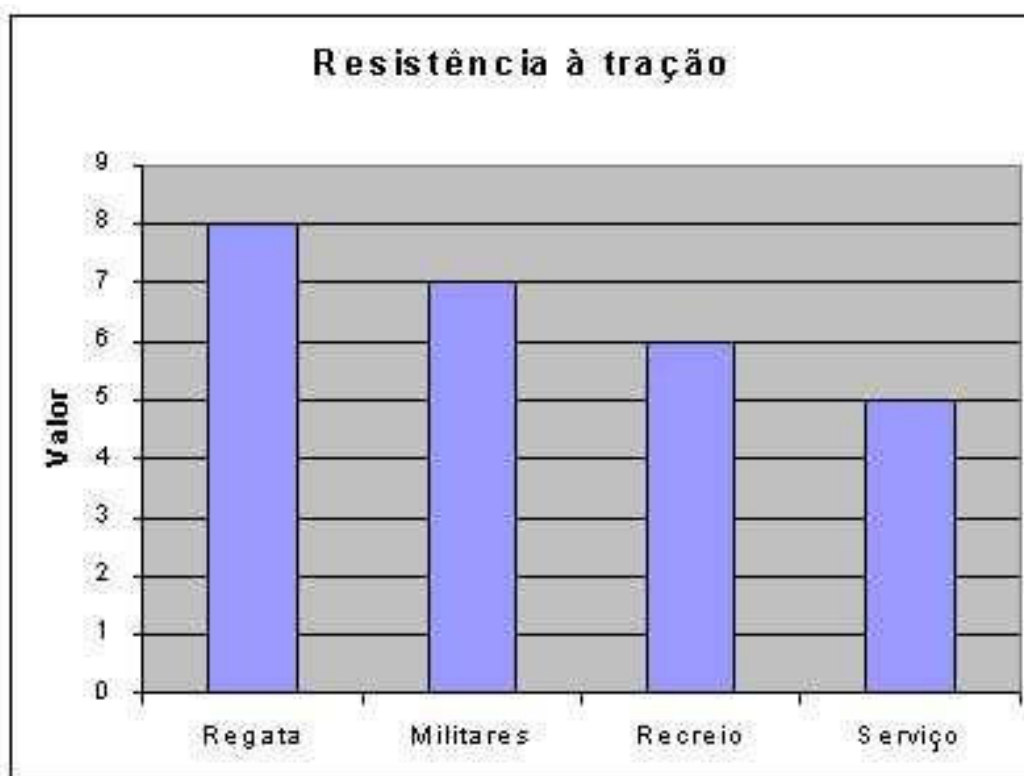


Fig. 14: gráfico comparativo da função resistência à tração (Nasseh, 2000). Redesenhado pelo autor.

Este é outro parâmetro ligado à performance. De forma decrescente, o gráfico nos mostra o valor dado à resistência à tração. Embora os barcos de recreio, sejam as menos utilizadas, no aspecto horas, sua utilização se dá quase sempre de forma esportiva. Já em barcos de serviço, caracterizados por uma velocidade contida, é a categoria que menos se preocupa nessa questão, entre os apresentados.

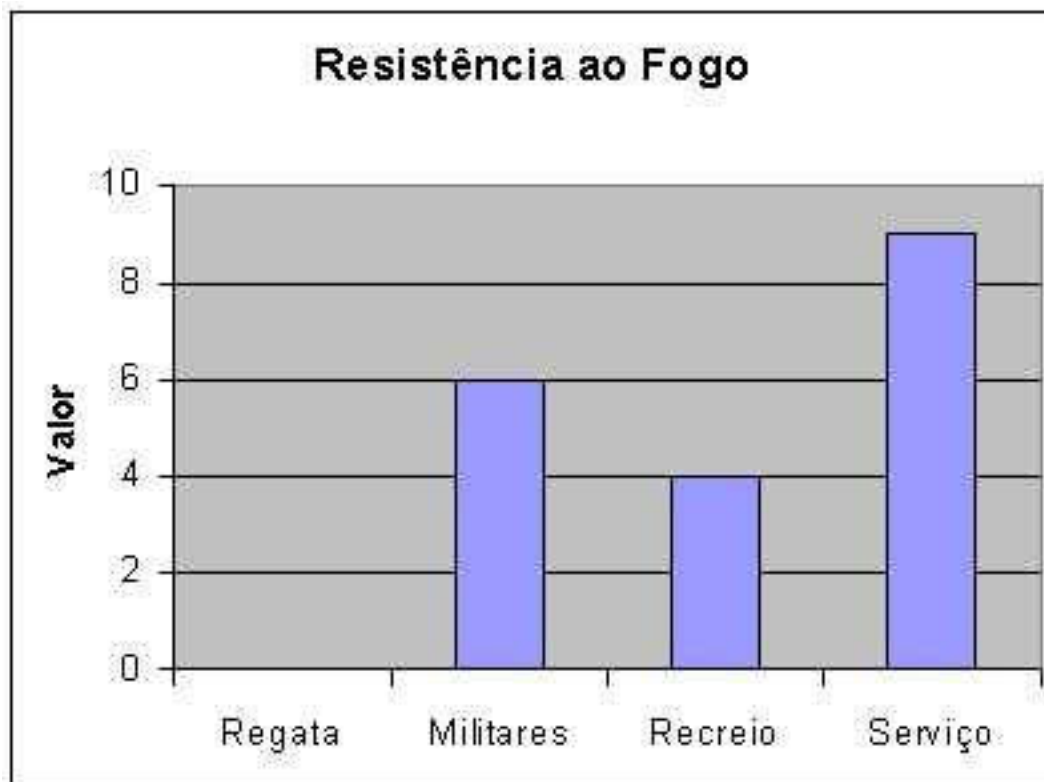


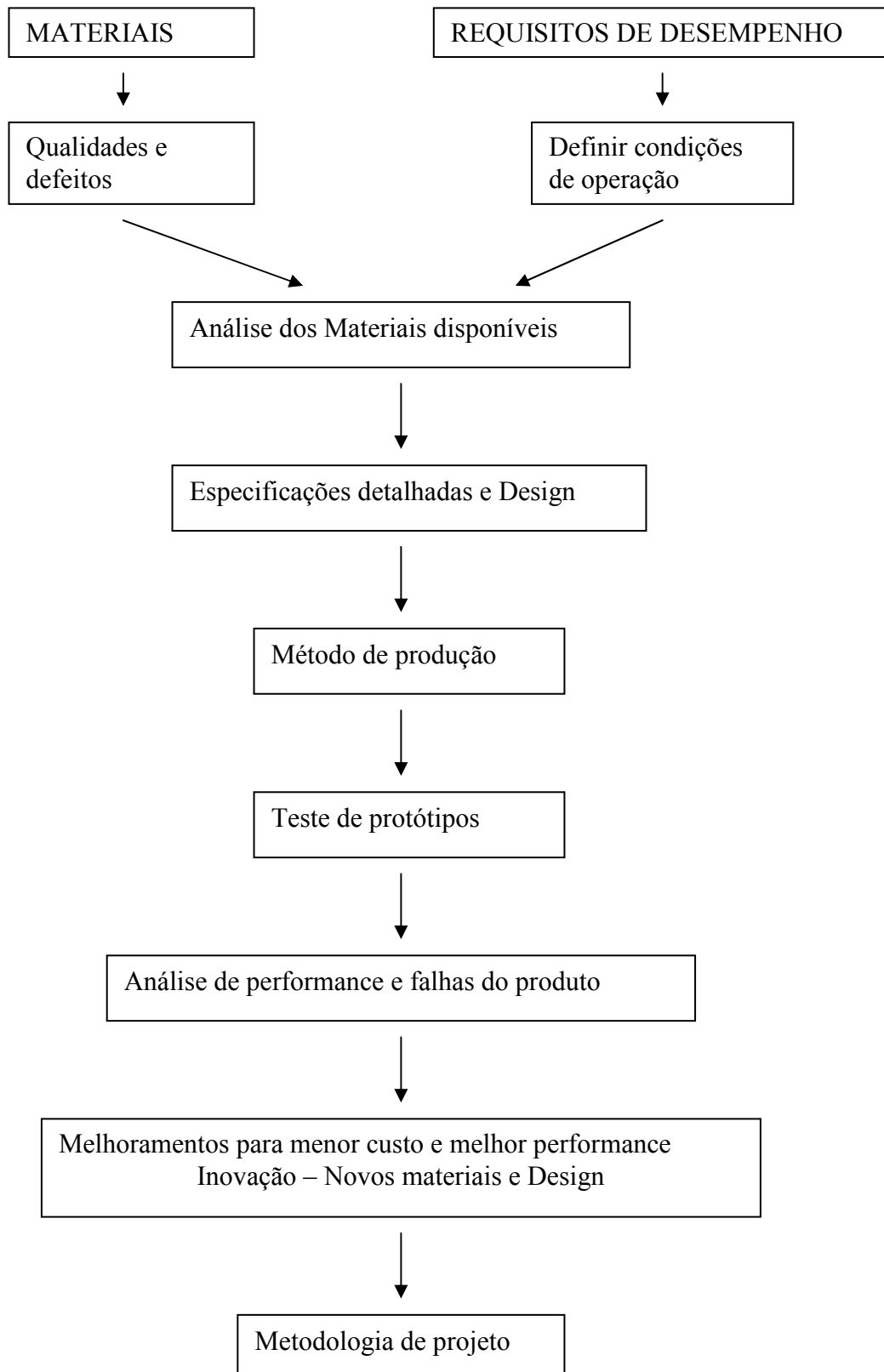
Fig. 15: gráfico comparativo da função resistência ao fogo (Nasseh, 2000).
Redesenhado pelo autor.

Como numa embarcação de regata, que é um tipo de competição de barcos à vela, isto é, não fazem uso de motores, ou de qualquer outra fonte inflamável, esse item, não tem a menor importância. Mas certamente é maior para fabricantes de barcos de serviço, pois qualquer problema dessa natureza, implicaria no corte dos serviços prestados, com conseqüente perda de rendimentos.

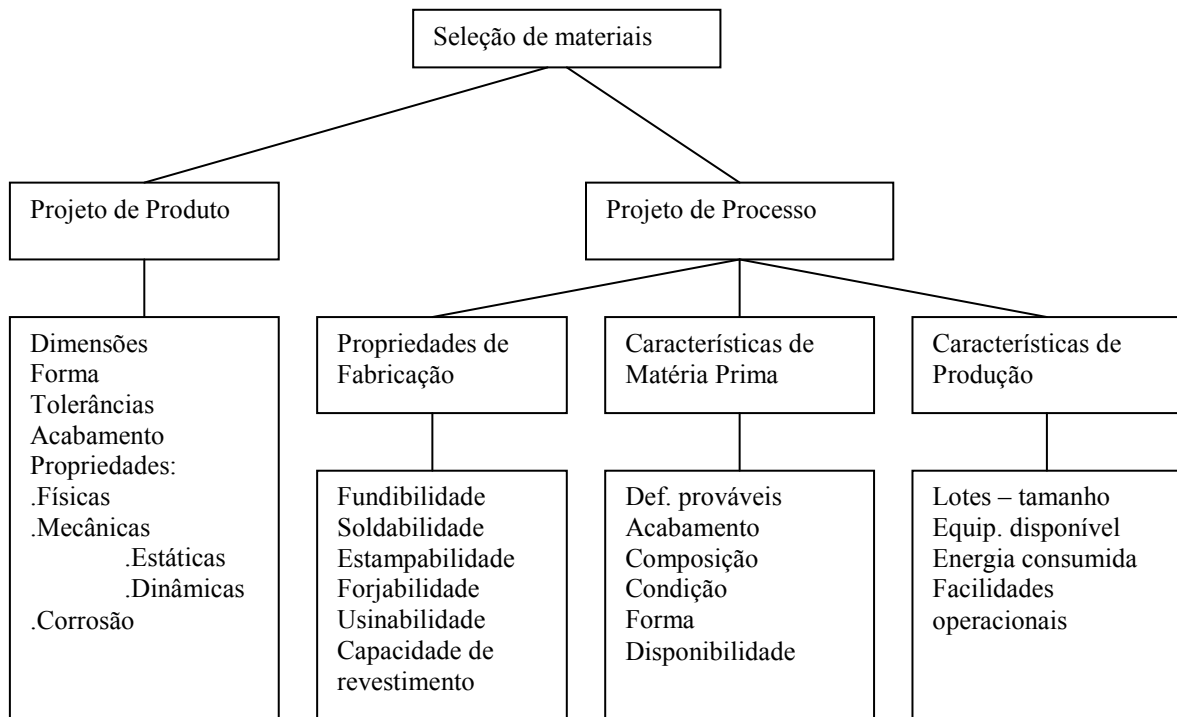
Esses gráficos acima, nos mostram, de forma simplificada, que para cada projeto que se realiza, são muitas as variáveis que devem ser observadas pelos *designers* e engenheiros, para que os melhores materiais e processos de construção para cada aplicação, sejam escolhidos. São vários os materiais que são utilizados atualmente, com vantagens e desvantagens, que deverão ser analisados de forma criteriosa, para que o melhor conjunto seja escolhido para cada aplicação distinta.

2.3 - Seleção de Materiais

Segundo ASHBY(1996), a seleção de materiais para um produto, deve ser pautada pelos seguintes parâmetros, indicados no organograma abaixo:



Já segundo BRESCIANI(1991), o processo de seleção de materiais se dá pelos seguintes passos abaixo:



Ainda segundo BRESCIANI, as diretrizes nesse processo, podem ser resumidas da seguinte maneira:

- 1 – Procure a simplicidade
- 2 – Determine o processo de fabricação de menor custo
- 3 – Analise os materiais
- 4 – Minimize as etapas de fabricação
- 5 – Facilite o manuseio nas aplicações
- 6 – Especifique tolerâncias e acabamentos de forma compatível.

Num dado projeto, vê-se a Seleção de Materiais, como ferramenta de engenharia, listando e posicionando os materiais, segundo suas propriedades. Essa ciência, aliada à Análise de Valor, cuja função é determinar e hierarquizar todas as variáveis do projeto em questão, permite ao projetista a melhor escolha dos materiais e processos a serem empregados no projeto. O pleno conhecimento de todos os fatores que cercam o produto, em maior ou menor intensidade, é fundamental para que todas as etapas ligadas a esse produto obtenham êxito.

Quanto ao custo de produção, este é um fator determinante para a competitividade desse produto frente à concorrência. De nada adianta uma alta qualidade na produção se o seu preço estiver acima do que normalmente se paga por ele. No meio automobilístico, costuma-se dizer que é mais fácil construir uma Ferrari, do que um carro popular, cuja venda se dá em vários países. O primeiro é de uma construção que visa performance mecânica e estética absolutas. Quanto ao custo, esse não é um fator relevante uma vez que os seus consumidores pagariam qualquer quantia para ter um bólido desse em suas garagens. Com relação ao carro popular, todos os parâmetros que envolvem sua construção, precisam seguir tolerâncias apertadas no que se refere ao fator custo. Além do mais, seu *design* precisa atender a várias culturas distintas. Se um desses parâmetros não for cuidadosamente analisado, o fracasso comercial desse veículo será iminente.

Com relação aos materiais empregados em seu projeto, estes deverão ter as seguintes características: Tipologia de uso: deverá corresponder às solicitações que a embarcação estará sujeita em sua utilização. Disponibilidade: materiais de difícil acesso, aumentam os custos de fabricação. Seja pelo frete oneroso, ou por atrasos na produção acarretando maior quantidade de homens/hora por produto. Know-How: facilidade de processamento por parte do construtor. O resultado será uma embarcação de alta qualidade de construção em um curto período de tempo. Reciclabilidade: aspecto importante nos dias atuais. Devido ao maior controle que se faz, por materiais que ofereçam o menor dano possível ao meio ambiente. Seja na sua extração, vida útil e novas possibilidades de utilização através de sua reciclagem.

Ainda segundo BRESCIANI, quando ele indica a diminuição de etapas na produção de determinado produto, esta é importante pelos seguintes motivos: Quanto maior o tempo em que este está na linha de produção, maior o custo homem / hora do mesmo. Como os encargos trabalhistas não são vinculados à produção, sendo assim, considerados como custo fixo da empresa, a otimização da produção é desejável. O outro lado dessa otimização, é o aumento quantitativo da mesma, suportando a demanda existente e com capacidade para a exploração de novos mercados. Essa diminuição de etapas de produção ainda pode ter um impacto positivo no pós venda, por facilitar a manutenção e reparo do produto em questão.

2.4 - Materiais e suas aplicações

A indústria náutica, não tem em sua natureza, a linha de montagem em larga escala à exemplo da indústria automobilística. A produção é feita de forma individual, apresentando assim, grande flexibilidade. Mesmo nas empresas de ponta, caracterizadas por um grande volume de produção, o consumidor tem muitas possibilidades de customização do produto que irá adquirir. Essa flexibilidade faz com que cada estaleiro se distancie uns dos outros à medida que se adquire *Know-How* em determinado tipo de embarcação. O fator experiência é quase reverenciado nesse meio, e pouco difundido, por questões comerciais. A bibliografia que diz respeito às possibilidades de projeto não reflete o que de fato existe. O motivo disso é a falta de intercâmbio de informações, sob a alegação de segredo comercial.

Os materiais utilizados em um projeto naval estão intrinsecamente ligados à aplicação a que a embarcação se destina e ao usuário que dela irá se servir. De qualquer forma, podemos identificar três grupos distintos: a madeira, que acompanha a produção naval desde seu início; os metais, especialmente o aço e o alumínio. Estes começaram a ser largamente empregados a partir da revolução industrial inglesa, substituindo, em grande parte, a madeira. Por fim, são identificados os materiais compósitos, em que o carro-chefe é a fibra de vidro.

Dentre os grupos citados acima, não há de fato um material definitivamente melhor que outro. Se ele apresenta excelentes qualidades mecânicas, necessita de mão-de-obra especializada e cara, e assim por diante. Um exemplo disso pôde ser constatado numa pesquisa americana, indicando que aproximadamente 15% das vítimas fatais de raios, estavam em pequenos barcos. Estes eram de material compósito, não condutor elétrico, e que não possuíam o aterramento necessário. Já os barcos de aço ou alumínio, não sofrem desse mal, pois a corrente é passada imediatamente para a água. Independente do material empregado num projeto naval, qualquer tipo de construção é segura quando se planeja todos os elementos do processo de construção. O fato é que não existem materiais bons ou ruins, seguros ou não, mas sim projetos de construção bem feitos ou não.

Capítulo 3 - O produto

3.1 - Definições

Antes de avançarmos sobre a indústria náutica, é necessário um esclarecimento sobre uma embarcação e suas definições. Os termos abaixo, são os mais utilizados. Dentre eles, algumas palavras são utilizadas sem que haja uma tradução para o português. Cada elemento tem maior ou menor importância em função da utilização que a embarcação terá, além do tipo de águas onde esta irá operar.

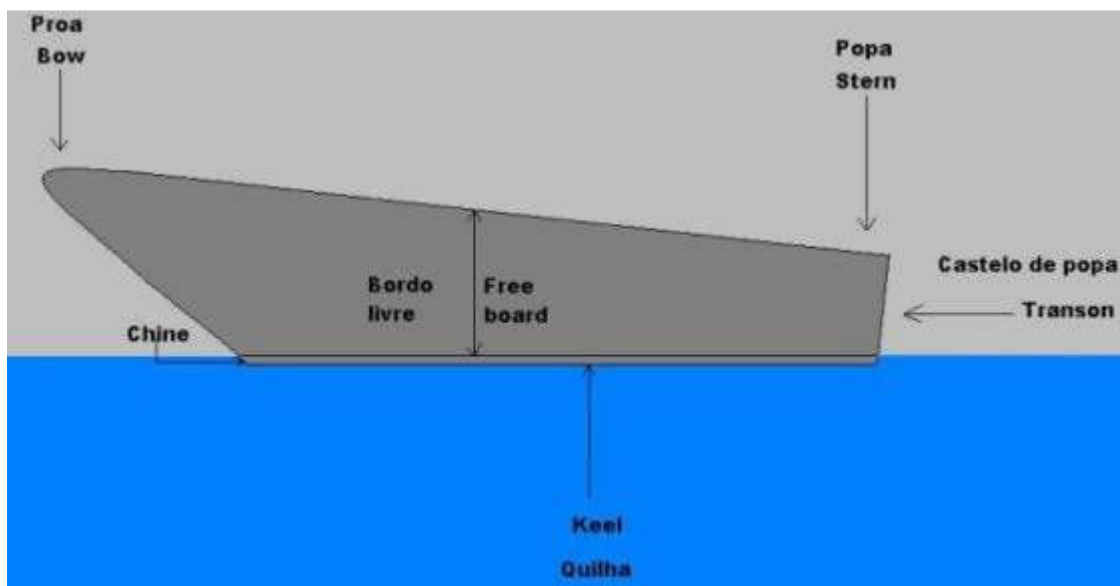


Fig. 16: barco - desenho esquemático lateral (www.angelmarine.com.br, 2002).

Proa: Parte da frente do casco, o oposto à popa. Em embarcações de mar aberto, a Proa tende a ser mais alta, para enfrentar intempéries. Já em águas protegidas, esse recurso não tem a mesma importância.

Popa: Parte de trás do casco.

Castelo de popa: Parte da popa onde são fixados o leme e o suporte do hélice, ou o motor de popa.

Boca: largura do casco, medida em seu ponto mais largo.

Estibordo: Lado direito do barco, visto por trás.

Bombordo: Lado esquerdo do barco, visto por trás.

Bordo livre: painel lateral do barco, acima da linha d'água

Chine: a parte baixa do bordo livre, onde ele se encontra com a fundo do barco

Sheer: a parte de cima do bordo livre, onde ele se encontra com o deck

Quilha: a linha central do fundo do barco

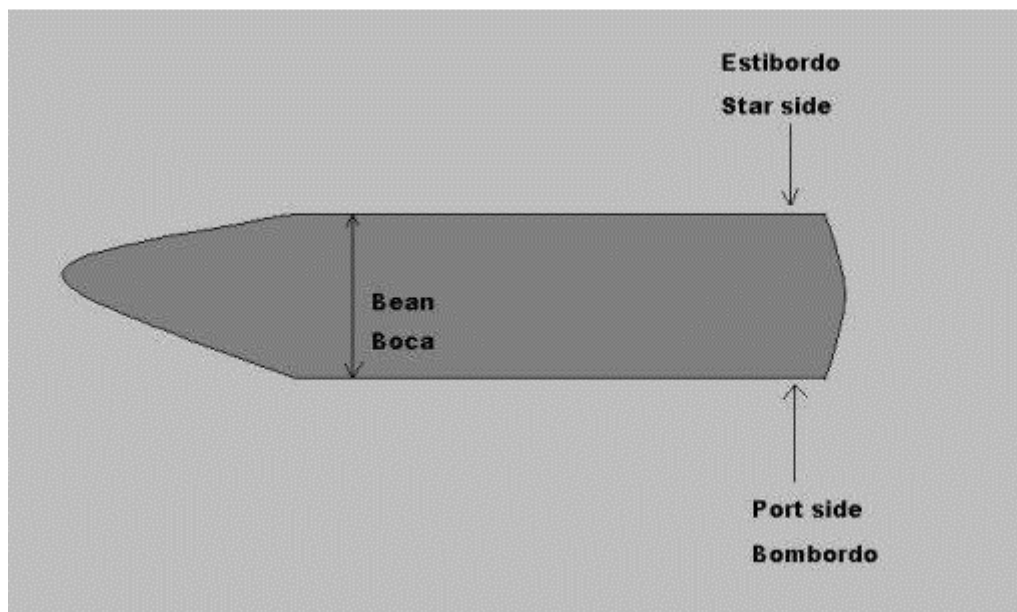


Fig. 17: barco – desenho esquemático superior (www.angelmarine.com.br, 2002).

Deadrise: O ângulo do fundo do casco em V. Este varia de acordo com tipo de utilização e águas onde a embarcação irá operar.

Embarcações com V profundo, tem como característica, uma maior estabilidade independente do tipo de água onde ele se encontra. É amplamente utilizado em embarcações esportivas, onde se deseja maior velocidade. Por outro lado, seu calado (parte abaixo da linha d'água) é maior, com maior quantidade de água deslocada.

Já em embarcações com pouco V, são indicados para águas protegidas (sem a instabilidade característica de mar aberto). Por ter um calado menor, esse tipo de fundo favorece o planeio, situação na qual a embarcação tem o menor contato possível com a água. Esta situação é desejável, pela economia de combustível que se obtém.

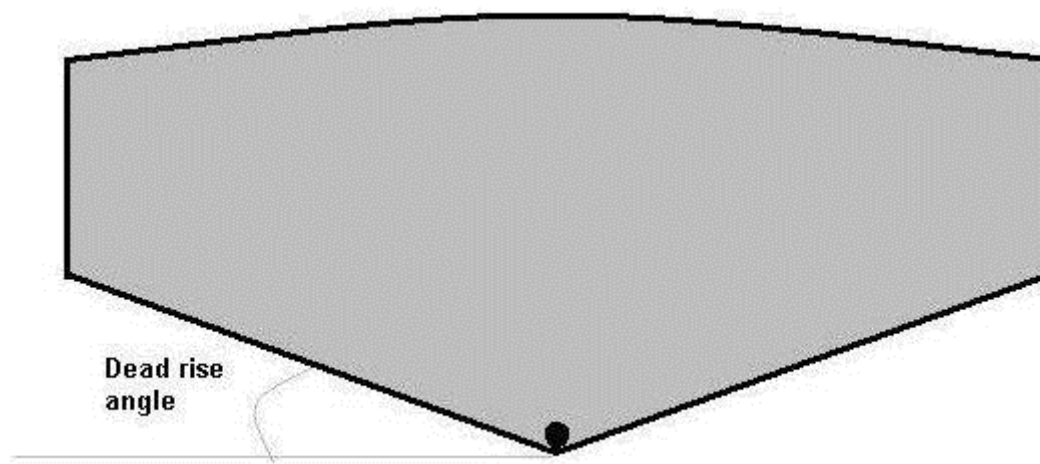


Fig. 18: barco – desenho esquemático posterior (www.angelmarine.com.br, 2002).

Variable deadrise :significa que o ângulo do V varia no sentido do comprimento do casco. Ângulo mais agudo em direção à proa e menos ângulo em direção à popa. É bom para barcos mais lentos, mas limita a velocidade do casco.

Lift: levantamento da popa do barco causado pelo movimento do hélice, pelo desenho e/ou colocação do leme ou mesmo pelo desenho do casco.

CG: Centro de Gravidade - ponto de equilíbrio do barco no sentido proa/popa. Deve ser estabelecido com a embarcação totalmente montada, pronta para ir para água, exceto gasolina. Normalmente, situa-se entre 27/30% do comprimento total do barco, medido a partir da popa.

Área molhada: Superfícies do casco que tocam a água quando o barco está em movimento. Evidentemente que essas áreas variam de acordo com a velocidade e o ajuste do CG da embarcação. Idealmente, há que se buscar um equilíbrio entre a menor área molhada possível e a estabilidade desejada.

3.2 - Tipos de casco:

Convém distinguir aqui as palavras Lanchas e Barcos uma vez que a palavra Lancha está diretamente associada a velocidade, ou seja, não existe lancha para baixa velocidade. Segundo o site [angelmachine](http://www.angelmachine.com.br/tudo.htm)², Lancha é uma embarcação para atingir altas velocidades, enquanto que a palavra Barco é utilizada para exprimir embarcações de baixa velocidade. Percebe-se que existe um vácuo entre Lanchas e Barcos uma vez que uma começa a operar acima de 20/ 25 MPH e a outra opera até 8/10 MPH. Entre 8/10 MPH (deslocamento) e abaixo de 20/25 MPH, encontra-se o vácuo de 11 a 20/25 MPH.

Estas velocidades são encontradas em embarcações de SEMI-PLANEIO, e se for o caso de uma lancha, a mesma irá navegar debilmente, gerando grande esforço de motor, com grande consumo e desgaste uma vez que Lanchas possuem caracteristicamente cascos em V moderados, profundos ou chatos. (traseira reta). Barcos de SEMI-PLANEIO, são cascos híbridos especialmente desenhados e desenvolvidos para tais finalidades, que não requerem altas velocidades e também não fiquem restritos a baixas velocidades. Ex: Catamarans, veleiros , iates, navios. Se for o caso de um barco construído especificamente para deslocamento, de nada adiantará, duplicar ou triplicar a potência de seu motor que o barco não conseguirá planar devido ao tipo de casco, geralmente arredondado ou totalmente chato. Ainda assim algumas destas embarcações podem ultrapassar as 25 MPH mas não planeiam. (Planar é estar navegando a 20/25 MPH com pelo menos metade do barco fora d'água. Nas embarcações SEMI-PLANEIO as mesmas atingem estas velocidades ou mais, mas com seu casco totalmente n'água, apresentando somente a roda de proa para fora. A forma do casco é definida de acordo com a sua aplicação. Existem basicamente três tipos de casco: de deslocamento, de semi-deslocamento e de planeio. Linhas mais arredondadas são desejadas em cascos de deslocamento, como é o caso dos trawlers e traineiras de pesca, que possuem sua velocidade limitada pelo seu comprimento e deslocamento. No caso de barcos a vela, as linhas são esbeltas na proa, enquanto na popa são arredondadas e cheias para gerarem uma formação de ondas ideal para a sua performance, tanto no contra vento, quanto no vento de popa. Pode-se ver essa configuração através da fig. 19.

² www.angelmachine.com.br/tudo.htm

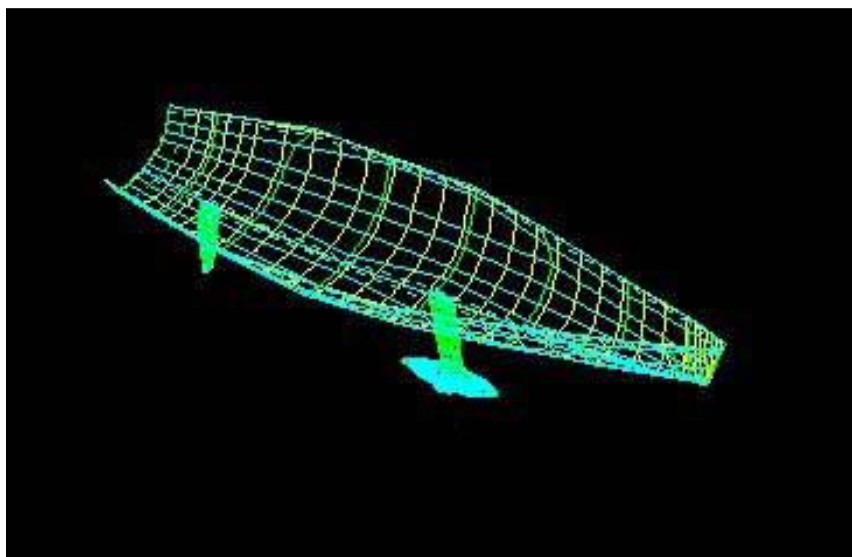


Fig.19: desenho do casco de um veleiro gerado por computador (Nasseh, 2002).

Algumas embarcações operam em condições intermediárias, entre o planeio e o deslocamento, e possuem cascos de semi-deslocamento. Estes cascos têm formas também intermediárias, com proas arredondadas e popas mais planas com menos volume. No caso de cascos de planeio, as linhas são projetadas com fundo plano, para poderem planar com mais facilidade, e a forma em "V" do fundo é definida de acordo com o tipo de água onde a embarcação irá operar. Caso se queira utilizar a embarcação em águas abrigadas, então, um casco com fundo plano e pouco "V" será a melhor opção em desempenho. Por outro lado, se o objetivo é a utilização em águas agitadas com muita formação de ondas, então, é melhor escolher um casco com um "V" mais pronunciado, para fornecer uma navegação confortável e segura.



Fig. 20 e 21: Lancha em alumínio e Lancha em fibra de vidro
(www.revistanauticaonline.com.br, 2002).

Nas fig. 20 e 21, a lancha da esquerda possui um “V” menos pronunciado do que a da direita, pois esta navega em águas protegidas, enquanto a outra, navega em mar aberto.

Outros tipos mais específicos de cascos:

Monocasco – É o casco que tem uma superfície molhada contínua. É o desenho mais comum das lanchas. Os monos podem ser:

V Profundo: visto de frente, o casco tem a forma de V bastante pronunciada (mais de 16°). Mais uma vez, é o desenho normalmente encontrado em lanchas;

Cracker box: o casco apresenta o fundo quase chato, em oposição ao *deep vee*. Esta configuração é desejada em lanchas de planeio.

Catamarã: É um cruzamento entre um V e um túnel. Bastante estável, pode ser operado em águas menos calmas e seu espaço interno permite a utilização de motores internos ou externos.

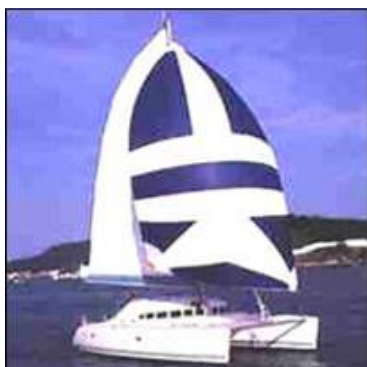


Fig. 22 e 23: catamarãs à vela e à motor (www.revistanautica.com.br, 2002)

Acessórios:

Hidrofólios: são pequenas asas feitas de plástico de alta resistência que, presas à placa antiventilação dos motores de popa (ou de centro-rabeta) criam uma força de sustentação na popa do barco em movimento. Navegar com a proa muito alta consome mais combustível, a velocidade se torna menor e existe dificuldade para se enxergar avante quando sentado no posto de pilotagem. Estatísticas mostram que muitos acidentes entre embarcações ocorrem justamente na fase que antecede o regime de planeio, onde a proa alta dificulta a visão do piloto do que ocorre a vante. Navegando em baixa velocidade em águas com ondas pequenas e curtas, o uso do hidrofólio é importante, pois, ao se manter a proa mais baixa, cortar as ondas fica mais macio.

Quando da escolha do motor para uma embarcação, são observados os seguintes critérios: Segundo o site náutico www.angelmarine.com.br, para barcos (termo utilizado para velocidade de até 10 milhas por hora), são necessários entre 8 e 15 HP (*Horse Power*) por tonelada bruta deslocada (peso do barco mais sua carga). Já para lanchas, denominação para velocidades acima de 20 milhas por hora, serão necessários aproximadamente 80 HP por tonelada bruta deslocada. Ainda segundo essa fonte, “*Toda a embarcação possuirá um momento em que estará utilizando a mínima potência possível para permanecer-se em planeio mínimo (abaixo disto a lancha enterrará novamente, sendo preciso novamente acionar-se a potência máxima para recuperar o planeio e progressivamente vir reduzindo-se o RPM (Rotações por minuto) até equilibrar-se novamente a lancha na velocidade mínima) que é aonde obtém-se a maior economia de combustível, o que é chamado "Velocidade de Cruzeiro."*”³

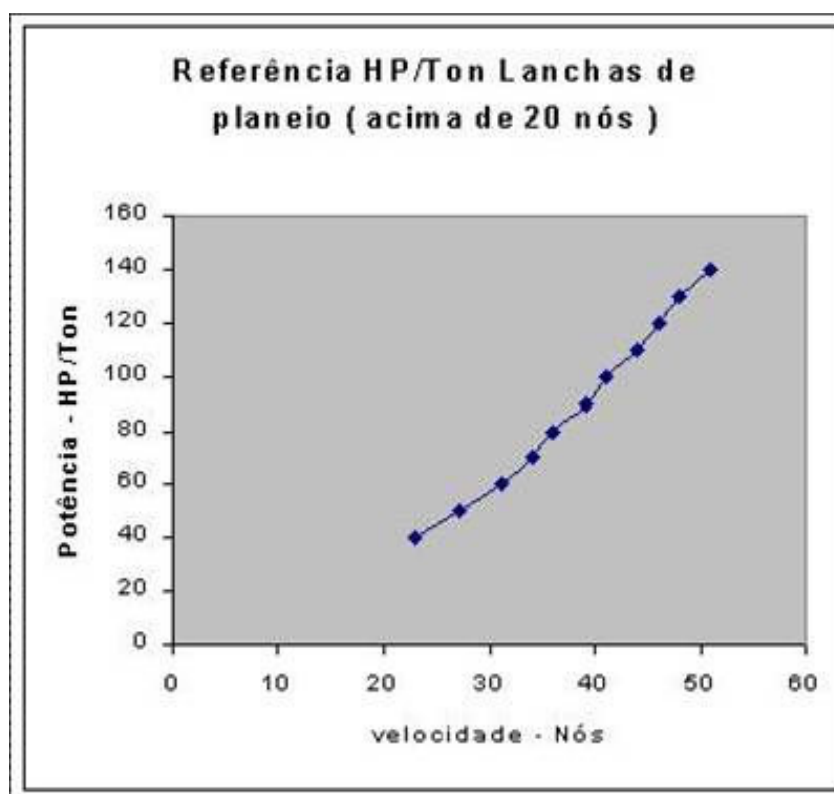


Fig. 24: Referência HP/Ton (www.angelmarine.com.br/tudo.htm, 2002). Redesenhado pelo autor.

³ www.angelmarine.com.br – 25/09/2002

O gráfico da fig. 24 nos permite ver a necessidade de potência para o aumento da velocidade. Isto se dá em função da resistência que a água representa ao aumento da velocidade de uma embarcação. Além disso, o gráfico diz respeito a lanchas de planeio, que oferecem pouca resistência à água por estarem com dois terços de seu casco, fora d'água. Se fosse um barco de deslocamento ou semi-deslocamento, que não plaina, seria necessário um aumento de potência muito maior do que o descrito acima.

3.3 - Considerações de projeto

Ainda segundo NASSEH, Um dos requisitos mais óbvios em um projeto é garantir que o barco seja suficientemente forte e seguro para suportar os vários esforços a que estará sujeito durante o seu uso. Segundo o autor, na prática, não é a tensão final de ruptura de determinado material que cria os maiores problemas em um projeto, mas a necessidade de rigidez que algumas vezes é difícil de ser alcançada. Construções de material composto não falham de uma hora para outra, a não ser sobre fortes impactos. O modo mais comum de falha é um decréscimo de propriedades mecânicas ao longo do tempo, devido à baixa qualidade de fabricação e dos materiais. Assim, é certo que os efeitos dessa baixa qualidade só serão identificados algum tempo após o início de uso da embarcação.

Existem dois tipos de rigidez que devem interessar a quem projeta ou fabrica barcos. A primeira é a individual de cada painel do casco ou do convés, que precisa resistir aos esforços de flexão, e a outra é a rigidez do casco e convés como um todo, que devem suportar o carregamento global das cargas. O termo utilizado para medir a rigidez é o módulo de elasticidade. Com relação à resistência à flexão, é usado o módulo de flexão; de forma análoga, o módulo de tração e compressão. A rigidez local à flexão dos painéis do casco é muito importante em qualquer barco, uma vez que o casco não consegue suportar a pressão da água sem se deformar, e assim, a superfície suave das linhas do casco estará sendo alterada a todo momento em que este passe por uma onda. Essa deformação não é visível, mas existe uma perda de energia para deformar o barco ao invés de impulsioná-lo para frente. Em barcos mal dimensionados, é possível a visualização dos painéis fletindo no fundo, costado e convés. Vibração e ruídos também são transmitidos pela flexão excessiva da estrutura.

A rigidez, ou resistência à flexão de um painel, depende de suas dimensões, área, espaçamento entre apoios, da espessura e módulo de flexão do material. Assim, a rigidez do painel pode ser alcançada pela alteração de qualquer um desses fatores. Outra variável envolvida no dimensionamento de um barco, e de difícil previsão, é a quantidade de carregamento, e de difícil previsão, é a quantidade de carregamento, distribuído ou concentrado, atuando em cada parte do casco. Normalmente se usam teorias aproximadas para obtenção desses valores, onde são levados em conta o estado de mar, altura de onda, algumas características de operação da embarcação e velocidade. Quanto mais rápido um barco navega, maior será a energia de impacto gerada pela água. Projetistas e construtores de barcos de alta performance estão voltados para a necessidade constante de rigidez nos painéis, e estão sempre projetando e construindo dentro dos limites do material. Já construtores de barcos projetados para baixa performance, ou barcos de passeio, construídos em produção seriada, não darão a devida atenção a essa questão. Isso pôde ser visto na figura..., que indicava resistência à flexão.

3.4 - Esforços mecânicos

A água, de forma análoga ao ar, oferece resistência à embarcação e ao seu movimento. A começar pelo empuxo, fenômeno através do qual, uma embarcação flutua. O peso da embarcação é menor que o montante de água deslocada por ele. E essa resistência aumenta consideravelmente com a embarcação em movimento. Segundo NASSEH (2002 ^{*4}), falando sobre embarcações de alto desempenho: *“A maioria das pessoas não tem idéia da força resultante no fundo de um casco destes a mais de 100 milhas. ... isto equivale a um impacto de 40 tons/m². Isto equivale a uma pressão total no fundo de quase 500 toneladas. Suportar este peso, tudo bem, nada que uma chapa de 25mm de aço, com 200kg/m² não consiga, mas fazer isto com um painel que pese apenas 4 kg/m² é que não é fácil. Por isto é que se usam estes materiais exóticos (kevlar e carbono).”* Compreender a resistência que o meio aquático oferece nas diversas velocidades nas quais uma embarcação trabalha, é importante na escolha do material que melhor atenda os objetivos a que se quer chegar.

⁴ www.revistanauticaonline.com.br/colunistas/nasseh

3.5 - Fator de segurança

Como uma embarcação é, de forma análoga com uma aeronave, um produto de engenharia em que uma falha colocaria em risco de vida seus ocupantes, o fator de segurança de uma embarcação é total importância no desenvolvimento da mesma. O cálculo mais utilizado é aquele que leva em consideração o máximo esforço suportado pelo material (que por sua vez, entraria em colapso com um esforço maior do o já citado). Esse esforço máximo é dividido por 2, vezes o fator de segurança. Como exemplo, se o material de uma embarcação resiste a um esforço máximo de 100Mpa (1 Pa – pascal – equivale à pressão de 1 newton/m²), e o fator de segurança da embarcação for 1,4, teremos o seguinte cálculo: $100 / (2 \times 1,4)$. Assim, a embarcação estaria homologada para um esforço de 35,7 Mpa.

3.6 - O mercado

O Brasil é um dos países que possui recursos hídricos riquíssimos. Com cerca de 8.000 Km de costa oceânica, além de uma infinidade de rios, lagos, lagoas e represas, nosso país apresenta todas as condições para o avanço da indústria náutica. Segundo o Dossiê náutico, de 2000, indicava a presença de 108 fabricantes de barcos a motor, 28 fábricas de barcos à vela e 49 de barcos a remo. Não foram incluídos os construtores informais, situados em regiões ribeirinhas, que constroem embarcações para uso pessoal. Na categoria barcos a motor, a fibra de vidro é material mais usado, seguido pelo alumínio, aço, madeira e infláveis, segundo a tabela da fig. 25:

Material utilizado	Porcentagem em %
Fibra de Vidro	48,7%
Alumínio	23,7%
Aço	14,1%
Madeira	7,8%
Infláveis	5,7%
Total	100,0%

Fonte: Dossiê Náutico 2000

Fig. 25: Tabela comparativa: materiais mais utilizados(dossiê náutico, 2000).

Redesenhado pelo autor

A tabela da fig. 25, não indica o volume de barcos produzidos em cada material, logo, não pode-se afirmar que a maioria de barcos fabricados em nosso país, sejam de material compósito. Ainda segundo o mesmo Dossiê, segue abaixo a concentração de estaleiros por região:

Região	Estado	Número	Porcentagem
Sudeste 60%	São Paulo	44	40,7%
	Rio de Janeiro	18	16,6%
	Minas Gerais	01	0,9%
	Espírito Santo	02	1,8%
Sul 21,8%	Rio G. do Sul	08	7,4%
	Santa Catarina	10	9,8%
	Paraná	06	4,6%
Nordeste 9,1%	Bahia	02	1,8%
	Ceará	01	0,9%.
	Pará	01	0,9%
	Paraíba	01	0,9%
	Pernambuco	04	3,7%
	Sergipe	01	0,9%
Norte 5,5%	Amazonas	06	5,5%
Centro-oeste 3,6%	Mato Grosso	01	0,9%
	Mato Grosso do Sul	02	1,8%
	Distrito federal	01	0,9%

Fonte: Dossiê Náutico

Fig. 26: Tabela comparativa: concentração de estaleiros (dossiê náutico,2000).

Redesenhado pelo autor.

Percebe-se, pela tabela da fig. 26, uma concentração em torno de regiões de maior concentração econômica. De acordo com Nasseh (2002), ”..., do ponto de vista econômico, existem poucas opções que podem superar barcos fabricados em fibra de vidro, e no que se refere ao investimento e valor de revenda, barcos construídos com

esse material têm certamente a menor depreciação ao longo do tempo.”⁵ Através de consultas a tabelas de preços de embarcações, encontrados em revistas náuticas, em geral, podemos constatar que uma lancha em fibra de vidro pode custar três vezes mais que uma similar, produzida em alumínio.

Ao longo da pesquisa, verificou-se a existência de muitos estaleiros de pequeno porte, que não constavam do referido Dossiê. Esse fato confirma o estado de informalidade dessa indústria, que, de alguma forma, subsiste em quase todas as cidades e populações fixadas à margem de rios e afins.

3.7 - Processos utilizados

A característica mais marcante da indústria naval, é a sua flexibilidade de produção. não existem regras rígidas de construção ou materiais a serem empregados. No processo são considerados fatores como *Know-how*, disponibilidade de materiais, capacidade financeira para se executar o projeto, entre outros. Há a associação de grupos de materiais, como aço, madeira, alumínio, compósitos, etc, conforme a necessidade de quem produz e quem irá utilizar a embarcação. Numa entrevista informal, uma pessoa ligada a estaleiros no Rio de Janeiro, usou como exemplo, o material usado como lastro. Este permite o equilíbrio da embarcação, pela concentração de peso, na parte inferior interna do casco. Se o comprador tiver maior poder aquisitivo, o lastro poderá ser de chumbo. Se ele, contudo, tiver menor poder de compra, o lastro poderá ser de cimento, do tipo usado em construção civil.

⁵ www.revistanauticaonline.com.br/colunistas/nasseh

Capítulo 4 - Materiais

4.1 - Compósitos

Este tipo de material é, talvez, o mais recente grupo pesquisado pelo homem. Desde os anos 60, existe uma pesquisa constante por materiais mais leves, porém, mais fortes e resistentes. Segundo BEBER (2001)⁶, Não existe uma definição universalmente aceita para materiais compósitos. O problema reside em que nível é feita esta definição. No contexto do presente estudo, materiais compósitos são definidos em termos macro-estruturais (matrizes, partículas, fibras, etc.), onde o compósito é uma combinação macroscópica de dois ou mais materiais distintos, possuindo uma interface distinta entre si. O primeiro destes materiais é o reforço, e o segundo uma matriz de resina polimérica.

Os materiais compósitos vêm sendo utilizados por milhares de anos. Os egípcios utilizavam a palha misturada à argila para a fabricação de tijolos com o objetivo de melhorar o seu desempenho estrutural. Antigos artesãos conheciam a relação simbiótica entre fases contínuas e descontínuas quando utilizavam o piche para colar o junco e fabricar barcos 7.000 anos atrás. Segundo BOTARO (2001), *“as propriedades notáveis dos compósitos são alcançadas embutindo-se fibras de uma substância em uma matriz hospedeira de outra. Enquanto o valor estrutural de um pacote de fibra é baixo, as fibras individuais apresentam menos esforços quando embutidas em uma matriz que age como adesivo, compactando-as e emprestando solidez ao material.”*⁷

As propriedades mecânicas dos compósitos não dependem somente do tipo de material utilizado (fibras e resinas), mas das técnicas de fabricação que por sua vez, permitem o controle do teor de fibras bem como as propriedades finais do laminado. A temperatura e pressão de moldagem têm profunda influência nas propriedades mecânicas do laminado. Uma outra característica dos materiais compósitos é a ortotropia, que permitem ao projetista e construtor, orientar as fibras do laminado de modo a aumentar a resistência individual de cada painel, ao contrário dos materiais metálicos, que são

⁶ BEBER, Andriei José. Avaliação do desempenho de vigas de concreto armado reforçadas com mantas flexíveis de fibra de carbono. PPGEC - UFRGS, Porto Alegre, RS - 2001

⁷ BOTARO, Vagner. *Tecnologia dos Materiais Compósitos* – REDEMAT – Ouro Preto. 2001

completamente isotrópicos. Dentre os compósitos mais utilizados na indústria náutica, podemos ressaltar os de fibra de vidro, carbono e aramidas.

4.1.1 - Processos de fabricação de laminados compósitos

O princípio da resistência de um laminado se baseia em que as fibras para resistirem aos esforços provenientes das deformações da estrutura devam estar coladas umas as outras através de uma matriz de resina. Como já foi mencionado, as resinas são menos resistentes que as fibras e seu papel principal é de manter as fibras juntas e também impermeabilizá-las. Quanto maior a quantidade de fibra em um laminado, melhor será sua resistência final. Um laminado rico em resina terá certamente uma resistência menor. Na laminação manual, os melhores índices atingidos em um laminado, são de 60% de fibras e 40% de resina.

Segundo NASSEH, devem ser controlados na fabricação, os seguintes parâmetros: teor de fibra; umidade e a presença de microbolhas de ar. Conseqüentemente, há várias alternativas para a fabricação de um laminado, e esta escolha tem uma influencia direta no custo da embarcação. A fabricação de custo inicial mais atrativa é a laminação manual. Esse tipo de laminação exige mão-de-obra intensiva e a qualidade final depende basicamente do laminador. Mesmo assim, é possível produzir laminados manuais com boas propriedades mecânicas.

A utilização do método de laminação manual ainda é a mais difundida para a laminação de embarcações, mas já enfrenta sérias restrições por parte dos órgãos governamentais, principalmente os Estados Unidos, no que diz respeito às emissões nocivas ao meio ambiente. A MACT (Maximum Achievable Control Technology), uma nova lei americana que visa a redução drástica de produtos como monômeros e solventes, obriga que os estaleiros daquele país eliminem todo lixo tóxico produzido por eles, e a partir de 2004, já não será possível a laminação convencional manual nos EUA. Essa lei dá margem à transferência desse processo para países onde essa lei não vigore além do emprego de mão-de-obra mais barata. Nos Estados Unidos, esta varia de 25 a 35 dólares por hora de serviço, ao passo que no Brasil, por exemplo, o mesmo trabalho sai por cerca de 2 dólares a hora, já incluindo aí, os encargos trabalhistas. O salário de um laminador é equivalente a de um servente de pedreiro. Como as técnicas de laminação

mais utilizadas são extremamente nocivas à saúde humana, existe uma alta rotatividade de mão-de-obra nesse setor.

Em vista dessas restrições, novas maneiras de laminação estão sendo utilizadas, como a utilização de moldes fechados. Segundo o site www.barracudatec.com.br, esse procedimento impede as emissões nocivas ao meio ambiente, por parte da resina, quando em processo de cura. Esse processo também conhecido como VARTM (*Vacuum Assisted Resin Transfer Molding*), consiste na utilização de um saco plástico sobre o qual será aplicado vácuo (*Vacuum Bag*). O construtor dispõe os tecidos sobre o molde, ainda secos, e depois injetará a resina sobre pressão no laminado. Assim, é possível um melhor controle de espessura do laminado, além de se preservar as características da resina utilizada, aumentando a resistência do laminado, aliado à diminuição de peso do mesmo. Nesse processo, um laminado pode atingir um índice de 70% de fibras e 30% de resina, aumentando, assim, a resistência, com diminuição de peso.

4.1.2 - Produção em grande escala

Analisando os processos de fabricação, utilizando-se os materiais como madeira, compósitos e metais, percebeu-se que o único grupo de materiais que realmente permite a produção em série, com boa quantidade, é o dos compósitos. Como este processo necessita de molde para a fabricação, é possível a repetição do produto sem qualquer alteração dimensional entre as unidades. Assim, a cada dois dias, aproximadamente, uma nova unidade é produzida por um único molde. Já para os outros materiais, pode-se contar apenas com gabaritos, que deixam margem para alterações dimensionais, pequenas ou não, entre as unidades produzidas, o que aumenta o tempo e trabalho dedicado por unidade, aumentando, assim, os custos de produção. Atualmente, é possível a padronização de peças, mediante a utilização de ferramentas CNC (*computer numerical control*) gerenciadas por computador.

4.1.3 - Fibra de vidro



Fig. 27: tecidos e fibras de vidro (www.barracudatec.com.br, 2002)

A fibra de vidro que normalmente se utiliza na fabricação de embarcações é conhecida por uma gama de nomes diferentes mas que, na verdade, possuem um mesmo significado. Dependendo do lugar ou de quem está falando, pode-se escutar termos como fibra de vidro, fiberglass, plástico reforçado com fibra de vidro ou suas abreviaturas FRP, GRP ou PRFV. Em todos os casos, esses termos e abreviaturas significam a utilização de fibras de vidro em conjunto com uma resina.

A história das fibras de vidro começou em 1836, quando foi patenteado na Europa um método de tecer vidro maleável. Levou praticamente um século até que esse material ressurgisse no mercado mundial para utilização em isolamento de cabos e condutores elétricos. A partir de 1940, o desenvolvimento das resinas sintéticas promoveu uma ampla utilização para esse tipo de fibra e suas aplicações abriram uma grande variedade de mercados.

As fibras de vidro são produzidas a partir do vidro em forma líquida, que é resfriado a alta velocidade. Através do controle de temperatura e velocidade de escoamento do vidro são produzidos vários tipos de filamentos com diâmetros variados. Os filamentos de diâmetro contínuo são tratados para melhorar a sua adesão e resistência à abrasão e umidade. Elas são produzidas em uma variedade de composições químicas, cada uma

delas exibindo diferentes propriedades mecânicas e químicas, e designadas por uma letra do alfabeto. De toda essa variedade, as fibras de vidro do tipo E, C e S são as mais utilizadas. O interesse maior do construtor de barcos certamente é no vidro tipo E, feito originalmente para isolamento elétrico. Em geral, grande parte da produção de laminados de fibra de vidro nas mais diversas aplicações é feita com esse tipo de material. A demanda da indústria aeronáutica e aeroespacial por fibras mais resistentes e que tivessem propriedades mecânicas melhores que aquelas do tipo E, introduziu o tipo de fibra que se conhece por tipo S, fabricada desde 1960 nos EUA, enquanto na Europa uma empresa francesa desenvolveu a versão tipo R. Em sua formulação química, os vidros do tipo R e S contêm uma maior proporção de alumínio e sílica, o que pode representar um aumento de 20% a 40% nas propriedades mecânicas, quando comparados ao vidro tipo E.

As fibras de vidro são encontradas comercialmente na forma de tecidos, mantas e *woven rovings* (fibras). Os tecidos podem ser unidirecionais, planos e multiaxiais. Tecidos unidirecionais são tecidos em que a maioria das fibras corre numa única direção. Uma pequena quantidade de fibra ou outro material pode correr em outra direção com a principal intenção de manter as fibras primárias juntas.

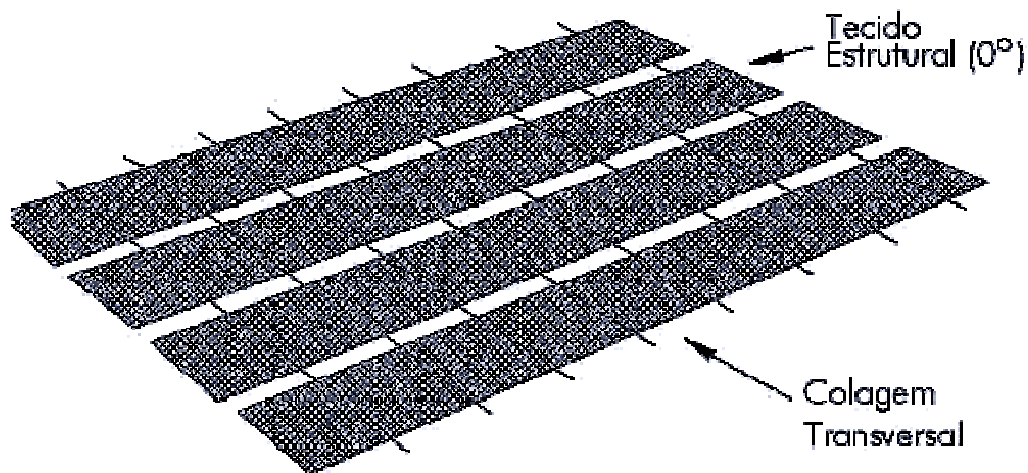


Fig.28: tecido de fibra de vidro – desenho esquemático (www.barracudatec.com.br, 2002).

Os tecidos planos são aqueles em que cada cabo passa sobre o outro alternadamente. Nesta trama, os cabos podem ser planos ou retorcidos nas duas direções ou mesmo plano em uma delas e retorcido na outra. Os tecidos multiaxiais são formados pela superposição de fibras unidirecionais unidas por uma costura de fios poliéster. O resultado é um tecido que não apresenta as ondulações dos pesados woven rovings. Além do aspecto cosmético do laminado, estes tecidos são mais fáceis de cortar, oferecem melhores condições para o manuseio e melhor molhabilidade da resina, além de reduzir o consumo de resina e apresentar excelentes propriedades mecânicas.

Nestes tecidos, as fibras podem ser sobrepostas com diversas orientações - unidirecional, biaxial, triaxial ou quadriaxial - e diversas combinações de fibras - vidro, carbono, kevlar, e híbridos. Alguns tecidos são combinados, também, com mantas.

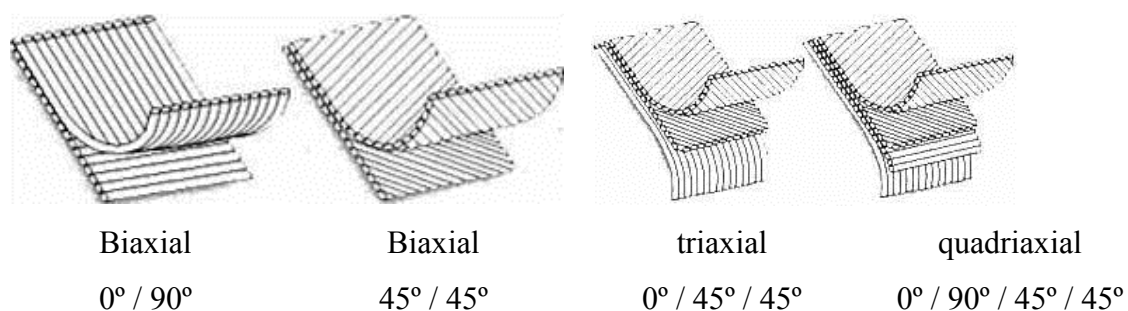


Fig.29: Tecidos de fibra de vidro (www.barracudatec.com.br, 2002).

Os tecidos multiaxiais aumentam a resistência à tração, à delaminação, fenômeno no qual ocorre o descolamento das camadas do laminado e à flexão do laminado. Uma vez que as camadas não apresentam ondulações, por estarem sobrepostas em planos, qualquer carregamento é transferido imediatamente para as fibras. Estes sendo mais resistentes que os woven rovings, a quantidade de material pode ser reduzida sem perda da resistência do laminado. As mantas formadas por fios picados de vidro e mantidos por um ligante solúvel em estireno. A taxa de ligante pode variar de 3 a 10% em função do serviço a que se prestar. Os *woven roving* de fibra de vidro são compostos de fibras, ou *rovings*, correndo em duas, usualmente em ângulos de 90° uma com a outra. A direção principal é chamada urdume e a direção secundária, normalmente a transversal ao rolo, é chamada de trama. Pelo fato dos filamentos dos tecidos e *woven rovings* serem arranjados em direções precisas, isso resulta em uma resistência superior quando

comparado com as mantas de direção aleatória. Os tecidos são mais fáceis de utilizar pela facilidade de colocá-los no molde.

4.1.4 - Fibra de carbono



Fig. 30: veleiro de regata, feito em fibra de carbono (www.revistanautica.com.br, 2002)

São produzidas a partir de um componente básico conhecido como PAN (Poliacrilonitrila). As fibras de carbono começaram a ser usadas na indústria náutica para a construção de lemes e mastros de veleiros de competição nos meados da década de 70. Dependendo do tipo de tratamento da fibra básica que inclui carbonização, grafitização e oxidação, é possível fabricar fibras de carbono em diversas configurações de resistência e algumas delas podem chegar a ser várias vezes mais resistentes que o aço. A fibra de carbono é um material novo e altamente promissor, baseado na força das ligações carbono-carbono, no grafite e na leveza do átomo de carbono. Conforme SCHWARTZ (1984), as fibras de carbono são caracterizadas por uma combinação de baixo peso, alta resistência e grande rigidez. A sua cor natural é preta.



Fig. 31: fibra de carbono (www.barracudatec.com.br, 2002)

As fibras de carbono podem ser encontradas em quatro qualidades dependendo de suas propriedades: HS (*High Strength*), IM (*Intermediate Modulus*), HM (*High Modulus*) e UHM (*Ultra High Modulus*). Os filamentos de carbono têm um diâmetro típico de 7 a 11 microns, e são normalmente agrupados em até 48 mil filamentos. Os tecidos usados na construção de barcos geralmente têm de 3 mil (3k) a 12 mil (12k) filamentos por cabo, e quanto maior o número de filamentos, menor o custo final do material. A densidade da fibra de carbono está localizada entre o vidro e o Kevlar. A resistência à tração é superior as fibras de vidro "R" e "S", e é superior a qualquer outro tipo de fibra quando é necessária a rigidez, ou seja, módulo de tração e flexão.

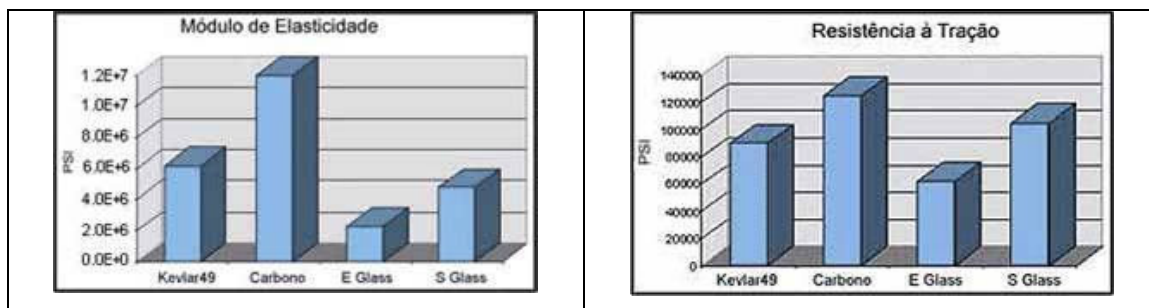


Fig. 32 e 33: Tabelas comparativas: modo de elasticidade e resistência à tração (www.barracudatec.com.br, 2002)

Fibras de carbono têm também excelente resistência à fadiga e vibração. Entretanto, elas são um tipo de fibras muito quebradiças, e desenvolvem a sua resistência com uma elongação muito pequena, por isso elas são utilizadas muitas vezes em conjunto com outros tipos de fibra, como o vidro "R" e Kevlar a fim de aumentar a sua resistência ao impacto, a qual é muito baixa.

4.1.5 - Fibras Aramidas



Fig. 34: Fibras aramidas – Kevlar (www.barracudatec.com.br, 2002)

São mais conhecidas pelo nome de Kevlar, marca registrada da empresa Dupont, mas que, na verdade, representam um tipo de fibra derivada de uma poliamida aromática. Embora existam hoje várias fábricas que produzam fibras aramidas de nomes registrados como Twaron e Tecnora, elas são basicamente o mesmo produto, e geralmente a cor destas fibras é amarelo ouro. Duas formas principais de fibras aramidas são produzidas: o Kevlar 29, usado em cabos e coletes à prova de bala, e o Kevlar 49, utilizado como reforço em plástico reforçado. O maior uso das fibras aramidas tipo Kevlar 49 é na área aeroespacial e de carros de corrida. Nos últimos anos, as fibras aramidas têm se tornado um material muito utilizado em construção de barcos, quando é necessário maior rigidez e leveza.

Quando comparada com outros materiais, as fibras aramidas mostram uma resistência específica (resistência/densidade) muito grande, acima de qualquer outro tipo de fibra disponível no mercado, sendo cinco vezes mais resistente que o aço e duas vezes mais resistente que o vidro E, possibilitando produzir peças de fibra aramida com uma fração do peso das de fibra de vidro. A resistência ao impacto é também um dos pontos altos das fibras aramidas, especialmente sua habilidade em resistência à fadiga.

Sua alta resistência contra impacto impede também a propagação de trincas e microfissuras, o que não ocorre em um laminado de fibra de vidro. Quando a resistência à compressão é considerada, os laminados com fibras aramidas não mostram uma grande vantagem sobre outros tipos de fibra, e na verdade, elas são muito inferiores. As fibras aramidas não trabalham como outras fibras, elas mais se assemelham aos metais, sendo elástico em baixas deformações e quase perfeitamente plástico em altas deformações. Isso significa que deve ser evitado o uso de Kevlar em áreas onde se necessita grande resistência a compressão.

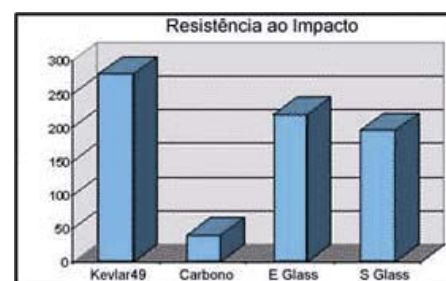
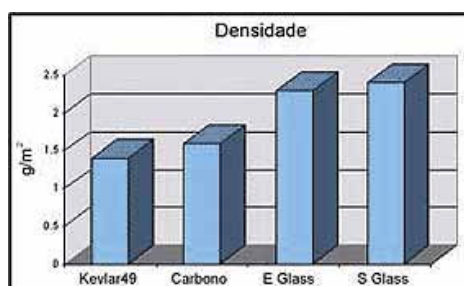


Fig. 35 e 36: tabelas comparativas: densidade e resistência ao impacto.

Os tecidos de fibra aramida estão disponíveis em uma variedade de tipos de tramas, com a vantagem de que seu processo de tecelagem não danifica as fibras, embora os tipos de acabamentos superficiais fornecidos neste material sejam importantes para aumentar a adesão entre as fibras e a resina. Um dos itens mais importantes ao selecionar um tecido de fibra aramida é determinar exatamente qual o tipo de acabamento superficial que o fabricante pode oferecer. Diferenças de preços podem ser computadas às diferentes formas de acabamento dos tecidos. O tipo de acabamento neste tipo de tecido é algo que vale mais que a própria fibra. O custo final de um tecido bem tramado com um tratamento adequado pode custar até 30% mais caro que um tecido feito em um tear simples. Um dos tipos mais efetivos de reforço em fibra aramida são aqueles híbridos produzidos em trama biaxial com fibra de vidro. Dentre eles o mais freqüente encontrado em construções de barcos de alta performance são o tipo KBM1308 e KBM2808.

Material	Teor de Fibras (%)	Resistência à Tração (psi)	Módulo a Tração (psi x E6)
Manta Fibra de Vidro	28%	12.100	0.87
WR Fibra de Vidro	42%	27.500	1.85
KBM 1308	44%	36.400	2.10
KBM 2808	48%	38.600	2.20

Fig. 37: tabela comparativa – Kevlar

4.1.6 - Compósitos - vantagens e desvantagens

Esses materiais passaram a substituir sistematicamente a madeira, primeiro nos Estados Unidos, a partir da década de 50, e tendo seu uso disseminado por todo o mundo. Os compósitos permitem aos construtores, total controle sobre a forma da embarcação, com excelente acabamento superficial. Isso faz com que esse material seja o preferido pelos usuários que os utilizam para o seu lazer, e como consequência, tem maior valor de revenda e menor desvalorização.

Em contrapartida, é necessário que se façam moldes para a confecção das diversas partes componentes de uma embarcação. Os custos desses moldes só se justificam economicamente a partir de cinco unidades produzidas. Durante a laminação das peças, quando esta se dá da forma manual, há uma enorme quantidade de emissões nocivas ao meio ambiente, vindos principalmente, do processo de cura da resina. Existe, ainda, o risco para a saúde dos laminadores, cujo contato com as fibras de vidro e resina é de alta periculosidade. Ainda não é um material reciclável, fato este, que o coloca contra os esforços para preservação do meio ambiente.

4.2 – Metais

4.2.1 - Alumínio



Fig.38: Veleiro polar Paratii, feito em alumínio (www.amirklink.com.br, 2002)

A história do alumínio está entre as mais recentes no âmbito das descobertas minerais. Uma das razões é o fato de não se encontrar alumínio em estado na natureza, mas, somente a partir de processos químicos. A bauxita, minério que deu origem à obtenção de alumínio, foi identificada pela primeira vez em 1821, na localidade de Les Baux, ao Sul da França, por Berthier. Naquela época, o alumínio ainda não era conhecido, pois só foi isolado em 1825 pelo químico Oersted. A primeira obtenção industrial do alumínio por via química foi realizada por Sainte-Claire Deville, em 1854.

O processo químico inicial utilizado por Deville - usando cloreto duplo de alumínio e

sódio fundido, reduzindo-o com sódio - foi substituído com sucesso pelo processo eletrolítico por meio de corrente elétrica, descoberto por Paul Louis Toussaint Heroult (Normandia-França) e Charles Martin Hall (Ohio-Estados Unidos). Heroult e Hall, sem se conhecerem, inventaram ao mesmo tempo o procedimento de que marcou o início da produção do alumínio. Antes do advento da indústria do alumínio, a bauxita usada no século passado era originária do Sul da França, do Norte da Irlanda e dos Estados Unidos, chegando a atingir 70 mil toneladas em 1900, dos quais apenas 40% eram destinados à produção do metal não-ferroso alumínio. As primeiras referências sobre a bauxita no Brasil estão nos Anais de 1928, da Escola de Minas de Ouro Preto. Já a primeira utilização desse minério para a produção de alumina e alumínio no País, em escala industrial, foi feita pela Elquisa, - hoje Alcan - em 1944, durante a 2ª Grande Guerra Mundial.

Para fins náuticos é necessário que o alumínio se apresente sob a forma de liga com o magnésio. Segundo a Alcan, produtora de alumínio, *“Ligas do grupo alumínio-magnésio, nas quais o magnésio é o principal elemento da liga. São dúcteis no estado recozido, mas endurecem rapidamente sobre o trabalho a frio; possuem excelente soldabilidade e alta resistência à corrosão em ambientes marítimos. Em geral a resistência aumenta com os teores crescentes de magnésio.”* A tabela abaixo indica o tipo de ligas com relação à dureza que apresentam:

Mole	Intermediária	Dura	Extradura
E1050	3003	3004	5082
1050	3105	3104	5083
1100A	5005	5052	5086
1145	6351		5182
1200	8006		5454
1350A			
6011			
1230			

Fonte: Alcan

Fig. 39: tabela comparativa – dureza das ligas.

Das ligas do grupo alumínio-magnésio, existem várias aplicações.

Liga	Aplicações
5052	. Persianas . Barcos . Placas de sinalização . Carrocerias de ônibus e furgões . Uso geral de estamparia
5082	. Anéis para abertura de latas de bebidas e alimentos
5083	. Embarcações . Vagões ferroviários . Tanques e reservatórios industriais . Estruturas soldadas . Vasos criogênicos . Veículos militares. . Silos . Tanques rodoviários
5086	. Embarcações . Botijões de gás . Tanques rodoviários . Silos
5182	. Tanques para latas de bebidas e alimentos . Carrocerias da automóveis / caminhões . Componentes para bicicletas
5454	. Tanques para indústria química . Estruturas

Fonte: Alcan

Fig. 40 – tabela comparativa: ligas x aplicações.

Ainda dentro do grupo alumínio-magnésio:

Liga	Têmpera	Limite de resistência à tração (MPa)		Limite de escoamento (Mpa)	Dureza Brinell (HB)
		Mínimo	Máximo	Mínimo	
5052	0	170	215	75	47
	H32	215	265	160	60
	H34	235	285	180	67
	H36	255	305	200	74
	H38	270	-	220	80
5082	H19	353	-	329	-
5083	0	275	350	125	68
	H32	310	370	235	76
	H34	345	405	270	90
5086	0	240	305	95	-
	H32	275	325	195	73
	H34	300	350	235	82
	H36	325	375	260	-
	H38	345	-	285	-
5182	0	275	-	130	70
	H19	363	-	285	-
5454	0	215	285	85	62
	H32	250	305	180	73
	H34	270	325	200	81

Fonte: Alcan

Fig.41: propriedades das ligas.

Um parâmetro importante na definição do material metálico a ser utilizado no casco da embarcação é a dureza, de símbolo H, que pode ser definida pela resistência que o material oferece à penetração sob pressão (estática) ou com choque (dinâmica) de outro metal mais duro do que aquele. Como referência mais utilizada, podemos destacar o ensaio Brinell (HB). Neste, o penetrador é uma esfera de aço temperado e seus valores

são expressos pela relação entre a carga aplicada sobre a esfera e a superfície de impressão no metal. Dentro do universo pesquisado, que é a utilização em águas abrigadas, todos os construtores consultados, fazem uso da liga 5052H34. A espessura dessa liga varia de acordo com a utilização, tamanho, motorização e capacidade.

Foi analisada toda uma linha de produtos de um fabricante nacional de lanchas de alumínio, onde constatou-se um parâmetro que pode determinar a espessura da chapa a ser utilizada no fundo do mesmo. A potência recomendada para os motores tem uma relação direta com a espessura de chapa, como veremos na tabela abaixo:

Espessura da chapa	Variação de Potência dos Motores
1,2 mm	Até 15 HP
1,5 mm	De 15 a 35 HP
2,0 mm	De 40 a 75 HP
2,5 mm	De 90 a 160 HP
4,0 mm	Acima de 160 HP

Fonte: Levefort

Fig. 42: tabela comparativa – espessura de chapa / motorização.

Se associarmos os gráficos acima, poderemos notar a influência da resistência oferecida pela água ao movimento. Quanto maior a velocidade que uma lancha alcança, maior será o esforço mecânico suportado pela mesma, exigindo, assim, maior espessura de chapa, além de motores mais potentes. Um bom projeto de casco é também fundamental para que este ofereça um menor arrasto hidrodinâmico. Este parâmetro determina a “velocidade de casco” de uma embarcação. Até ser atingida, não é necessária muita força por parte da motorização, mas, se ultrapassada, a necessidade por mais potência assume valores quase exponenciais, cada vez que se deseja mais velocidade. Se esse projeto for bem executado, o arrasto hidrodinâmico será menor, acarretando menores perdas por atrito, solicitações mecânicas, entre outros. O contrário por sua vez, por oferecer maior resistência à água, receberá por parte desta, maiores solicitações mecânicas, com um maior desgaste da chapa, principalmente na proa da embarcação.

Em uma entrevista informal, um construtor naval, informou que a escolha por determinada espessura de chapa, está mais ligada à experiência adquirida ao longo dos

anos, do que regras acadêmicas. No decorrer da pesquisa, percebe-se que o fator experiência tem grande importância no meio náutico.

Em conversas, via e-mail, com o sr. Adilson Barbosa, especialista em ligas de alumínio naval, da Alcan, foi dito que os valores e resistência para a liga 5052H34, entre as espessuras de 1,0 a 4,0 mm são as mesmas. Esses dados levaram a uma indagação sobre a possibilidade da escolha da espessura de chapa recair sempre sobre a mais fina, por ser mais leve e barata, já que a resistência mecânica permaneceria inalterada. A resposta do sr. Adilson se baseou na relação custo/benefício: *“Você deverá aplicar a relação custo benefício neste caso, além disto, há uma questão muito importante que você deverá levar em conta; isto é, com chapa mais fina, você terá um custo menor, no entanto, a vida útil também será menor, devido ao desgaste por arrastamento (contato metal/água, corrosão). Creio que o meio termo deveria ser aplicado, pois fugiria da condição de equilíbrio metaestável na condição de menor espessura.”* Assim, a experiência adquirida ao longo dos anos, é determinante na escolha de determinada espessura para uma embarcação.

O navegador Amir Klink, em seu livro “Paratii, entre dois pólos”, descreve a maneira que adotou para a definição de seu veleiro polar ‘Paratii 1’: *“...O Rapa Nui era um barco formidável, fora do comum. Ainda havia nele segredos que não vasculhara, uma infinidade de soluções técnicas e mesmo erros interessantes que não pretendia repetir. A simplicidade do sistema de leme e de governo automático, a robustez e o pequeno calado eram o que eu buscava. Mas os dois mastros e os controles separados não eram ideais para se navegar sozinho. O arranjo de convés e mastreação podiam ser melhorados, e uma cabine de comando fechada com trezentos e sessenta graus de visibilidade, beliche e todos os instrumentos à vista, seriam fundamentais para as regiões de tráfego intenso ou povoadas de icebergs.”* Ao longo de seu livro, o autor faz sucessivas alterações no projeto do Paratii, de modo que ele estivesse apto a cumprir sua tarefa. Mas a idéia de aproveitar a experiência adquirida é corrente entre os construtores. Essa corrente, porém, não é bem vista por todos os projetistas. O designer finlandês, ganhador do prêmio “Pro Finnish Design Prize”, em 2001, Guy Lonngren demonstra uma certa irritação ao descrever o modo contemporâneo de se fazer barcos: *“Desde a troca da madeira pela fibra de vidro, nos anos 50, tem havido muito poucas mudanças no design de iates de lazer, mesmo existindo a possibilidade de melhorias*

técnicas, relativamente baratas, se comparadas com a indústria automobilística. Como a maioria dos construtores navais consideram os seus consumidores como uma massa idêntica de velejadores conservadores e esnobes, o desenvolvimento de produto vai continuar no processo em todos os construtores se copiarão mutuamente. O resultado é um produto chato, cansativo.”

4.2.1.2 - Alumínio - vantagens e desvantagens

O alumínio tem como vantagens o peso reduzido, a facilidade de produção, desde que se tenha *KnowHow* para esse tipo de material, e facilidade de manutenção. Pode ser transportada por poucas pessoas para rios, rebocadas por carros de passeio, além de ser muito resistente à corrosão. Quase todos os estaleiros que hoje trabalham com o alumínio, já trabalharam com a madeira anteriormente. Ainda em relação ao seu peso, permite a adoção de motores menos potentes que seus equivalentes em materiais mais pesados, como Fibra de vidro, com a mesma performance. Isto se traduz num custo operacional reduzido. O índices de emissões nocivas ao meio ambiente, quando da fabricação de barcos, é próximo a zero. Ainda, por ser um material totalmente reciclável, as embarcações em alumínio, representam um baixo impacto no meio ambiente.

A maior desvantagem se dá na valorização comercial, em relação aos barcos produzidos em fibra de vidro. No acabamento geral, existe alguma dificuldade para igualá-lo aos barcos de fibra, pelo fato de que não é qualquer forma que o alumínio aceita, ao contrário da fibra, que repete fielmente as formas contidas no molde proposto. Na produção, quando há a necessidade de solda, esta necessita de mão-de-obra especializada. Por não haver moldes para a produção, como nos barcos em fibra de vidro, é necessário um maior tempo para a construção de uma embarcação, ainda se comparando com um produto similar, construído em fibra de vidro. Como já foi dito, o sistema de linha de montagem, aliada à terceirização de partes, tem sido a solução encontrada para agilizar tal processo.

4.2.2 - Aço



Fig. 43: construção de um veleiro de aço (www.mettalicboats.com.br, 2002).

Material sempre presente em embarcações de grande porte e de trabalho, o aço vem sendo utilizado pelo homem desde o século VI a.C.. Mas foi a partir da Revolução Industrial Inglesa, no século XIII, com a concepção de novos métodos industriais de fabricação que permitiu o aumento da produtividade, levando à uma redução significativa de custos. Assim, a madeira foi substituída pelo aço em navios de transporte e passageiros. Dessa época até a 2ª Guerra Mundial, o método utilizado era o rebiteamento de placas. O processo de soldagem foi introduzido durante o esforço de guerra nos Estados Unidos.

Segundo MOTTA (2003)⁸, ” o aço é uma liga de ferro e carbono na qual o teor de carbono pode chegar a 1,7% do total do elemento fundamental. No entanto, não é simplesmente um material mas sim uma família inteira de materiais, todos entre os limites do teor de carbono. Para oferecer esta grande variedade de propriedades e

⁸ Rocque da Motta – Engenheiro naval – revista Riote News

características outros elementos além do carbono são introduzidos na liga numa grande variedade de proporções. Os mais comuns são: magnésio, silício, enxofre, níquel, cromo, tungstênio, cobre, cobalto, colômbio e molibdênio. Para o construtor de barcos, o aço simples, ou seja aço de baixo teor de carbono, contendo entre 0,10 a 0,20% de carbono é adequado e apresenta sem nenhuma complicação, uma quantidade de características desejáveis. Estes são os mais comuns e geralmente os mais úteis da família do aço e normalmente disponíveis em qualquer lugar do mundo numa variedade muito grande de formatos e tamanhos.

Com relação à resistência mecânica, continua: muito dúctil, o aço irá alongar 30 a 40% antes de ocorrer uma falha. Portanto um barco de aço em uma colisão ou sendo jogado em terra ou pedras irá suportar cargas repetidas ou impactos que iriam irremediavelmente destruir barcos de madeira, fibra de vidro ou de ferro cimento, e ainda manterem a capacidade de flutuação quando voltando a água, possivelmente com algumas sérias cicatrizes. Peso Baseado no peso somente, o aço estaria numa considerável desvantagem, sendo o mais pesado por unidade de volume (peso específico). Mas quando leva-se em conta a quantidade necessária para se atingir a resistência desejada o aço normalmente está em primeiro lugar. No entanto, como é muito difícil de soldar espessuras muito finas sem deformação, existe um limite de espessura mínima de 3 mm (1/8 pol.) para fins práticos. Por questões de solda, então, a vantagem do aço para barcos abaixo de 8 metros (27 pés) é questionável.

Pesando-se os prós e contras, o aço, dentro das limitações definidas é provavelmente o mais barato, mais durável material disponível hoje em dia para barcos acima de 9 m (30 pés), particularmente para barcos produzidos de forma individualizada ou únicos, ou para barcos que por causa de sua intenção de uso devem ser excessivamente fortes ou que precisam também serem produzidos com o mínimo de esforço e despesa.”

4.2.2.1 - Aço - vantagens e desvantagens

A facilidade com que esse material é extraído, com baixo custo, aliado às suas características mecânicas e químicas, tornam o material interessante para quem deseja durabilidade e resistência. Também apresenta baixo custo de processamento, sendo ainda, o material mais utilizado na construção de grandes embarcações, com iates,

navios pesados de carga e embarcações militares de todos os tipos. A principal desvantagem do aço está relacionada ao seu peso, muito elevado, em relação ao alumínio e materiais compósitos, que inviabiliza seu uso em embarcações pequenas e de lazer e, também, não deverá constar na escolha por materiais utilizados em embarcações de alto desempenho.

Atualmente, vem sendo realizados estudos para, que o aço tenha seu peso diminuído, e suas propriedades mecânicas reforçadas. Essa tecnologia, iniciada em 1994 e conhecida como ULSAB (*Ultra Light Steel Auto Body*) ou carroceria de aço ultra leve, vem sendo estudada com vistas a ser utilizada na indústria automotiva. O aço em questão apresentou uma redução de peso da ordem de 25% em relação a uma carroceria convencional, acrescido de uma melhora de 80% e 50% nos quesitos, resistência à torção e dobramento, respectivamente. Em 98, uma nova fase, denominada ULSAC (*Ultra Light Steel Auto Closures*), que visava os fechamentos de carroceria, com portas, capô e tampa do porta-malas, não visados na primeira etapa do projeto. O ganho de peso foi da ordem de 46% com acréscimo de resistência a pequenos amassados, em 30%. Por fim, a etapa ULSAS (*Ultra Light Steel Suspensions*), com resultados de 34% de redução de peso e 30% de custo, com melhor rendimento estrutural. Esse esforço visa tornar o aço, uma opção viável se comparado ao alumínio, com um melhor custo final. Sua aplicação na indústria náutica, deve demorar um bom tempo após a inserção da tecnologia na indústria automobilística, cuja produção em escala, estimula seu uso.

4.3 - Processos de fabricação – metais

4.3.1 - Rebitamento X soldagem

Há muito, o rebitamento vem sendo utilizado na produção de embarcações. Consiste em unir partes através de rebites, colocados em furos criados especialmente para esse fim. Até a Segunda Guerra Mundial, esse processo foi utilizado em qualquer projeto naval existente, baseado num material metálico. Por ser de tecnologia simples e confiável, esse método é ainda largamente aplicado em embarcações de pequeno porte.

Já o processo de soldagem, foi introduzido em larga escala, no esforço de guerra, próximo aos anos 40. A velocidade de produção foi o principal argumento para que fosse implementado. Como exige experiência por parte do soldador, era comum o afundamento dos primeiros navios de guerra, em função de soldas malfeitas, que atuavam como concentradores de tensões, facilitando a propagação de trincas, que por sua vez, levavam os navios à pique. Hoje o processo já amplamente dominado, é uma opção interessante para problemas de velocidade de produção e acabamento do casco.

Ao se comparar os processos acima, a opção pela solda, ainda não é óbvia. Uma lancha rebitada apresenta menor custo e manutenção. Porém as cabeças de rebites podem oferecer alguma resistência à água, ocasionando perdas hidrodinâmicas. Além disso, com o tempo, os rebites podem apresentar folgas, que são potencializadas por esforços de cisalhamento. Estes, aumentam de intensidade conforme essa folga cresce. Isso pode ser atribuído à necessidade de se retirar material da chapa, para posterior colocação de rebites, que diminui a resistência da chapa às forças de cisalhamento. Visualmente, o casco fica “poluído”, em função dos reforços ao longo do casco. Também no quesito esforços mecânicos, uma lancha feita nesse processo, pode apresentar resistência mecânica menor que uma similar soldada.

4.4 - Madeira

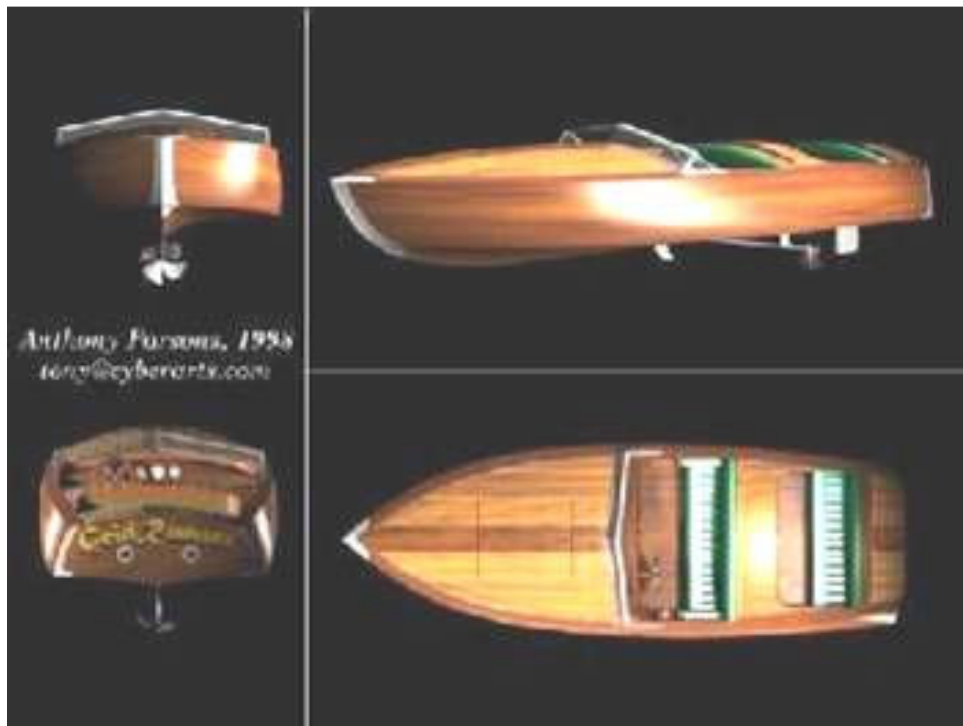


Fig. 44: Lancha em madeira, gerada por computador (www.rhino3d.com, 2002)

Esse material foi empregado na construção de embarcações desde que essa teve seu início. Suas características de flutuabilidade, durabilidade e com uma oferta aparentemente inesgotável, fizeram rapidamente deste material, o mais utilizado em embarcações. Em função de suas propriedades físicas, sua ampla disponibilidade e pouca tecnologia de processamento, a madeira só começou a ser substituída pelo ferro, a partir da revolução industrial inglesa, no século IX.

No Brasil, esse material teve e ainda tem um papel fundamental para integração de áreas inteiras em nosso país. Segundo o documentário “ Do Tejo ao Tietê “ , feito pela Futura Filmes, durante os séculos XVI e XVII, o transporte fluvial era a única opção de transporte de passageiros e carga. As capitais eram como ilhas, às quais só eram acessíveis pela costa brasileira, além de suas águas interiores. Somente no século XVII, começaram a ser construídas embarcações de grande porte, na Bahia.

Em função da diversidade de etnias e povos brasileiros, o Brasil apresenta a maior diversidade naval do mundo. São várias áreas culturais navais, que se estabelecem através de fatores históricos, sociais e geográficos. A transmissão de conhecimento de construção naval, que também tem o nome de ‘tecnologia doce’, é de pai para filho, e se dá de forma oral. Ainda segundo o já citado documentário, algumas pessoas comparam uma embarcação aos seres vivos, pois ela se adapta às condições do local onde é produzida. Outros, alimentam a idéia de que barcos em madeira, possuem alma. Para o transporte familiar, o tipo de embarcação mais utilizado é a ‘de um só pau’, ou seja, constituída de um único tronco. Em função do desmatamento generalizado de nossas matas, seu uso está em declínio.

Deve-se registrar o alto valor de estima que são alvo, as lanchas de madeira fabricadas entre os anos 50 e 70. São reverenciadas e objetos de coleção por todo o mundo, principalmente as italianas, como a Riva, e as americanas representadas pela Chris Craft. Ainda nos dias de hoje, são construídas réplicas de modelos das marcas já citadas, com compradores em todo o mundo. Para quem gosta do estilo, esse tipo de embarcação chama mais a atenção do que suas ‘irmãs’, em fibra de vidro.

Segundo SILVA (2000)⁹, a madeira é um compósito natural. Ela possui uma matriz de lignina, na qual se encontram as fibras de celulose. A orientação dessas fibras, determina em qual sentido a madeira apresentará melhor resistência à flexão. Essa ortotropia natural pode e é utilizada para se acrescentar resistência mecânica à embarcação, de acordo com utilização que esta terá. Ainda segundo SILVA, as propriedades da madeira são determinadas pela sua composição física e química. Sua principal característica é a estrutura celular. A estrutura da madeira é composta de aproximadamente 70% celulose, 12 a 28% de lignina e 1% de outros materiais. Esses produtos são responsáveis por suas propriedades higroscópicas, sua decomposição e resistência.

Enquanto seu uso na estrutura e casco das embarcações, vem sendo sistematicamente substituída por outros materiais, seu uso no interior das mesmas, continua a ser utilizado em profusão por valores que vão da resistência do material ao ambiente, desde que

⁹ Prof. Ademir Castro e Silva ‘adcastro@osite.com.bbr’

devidamente tratada, até cognitivos, que aumentam o valor de estima e conforto da embarcação. Esse material é utilizado na forma de painéis e revestimentos, às vezes com a estrutura baseada em outros materiais. Na foto abaixo, podemos ver a associação de materiais, como o teto em fibra de vidro e revestimento das paredes internas e móveis, em madeira. Isso mostra que o homem, apesar de buscar por novas tecnologias e materiais, buscar manter contato com o que lhe é familiar. Possivelmente, o uso desse material, já tão antigo e consagrado lhe dê a segurança e conforto que ele necessita.



Fig. 45: Interior de um veleiro do tipo Clipper, com associação de materiais, como madeira e compósitos.

Seguem alguns exemplos de árvores amazônicas, cujas madeiras se prestam a fins navais:

MUIRACATIARA – (*Astronium lecontei* – Anacardiaceae) - Madeira de cerne (âmago) avermelhado, demarcado com faixas castanho escuro em sentido vertical, de espaçamento variável, com belas figuras bem distintas. Grã regular, textura média, cheiro e gosto imperceptíveis. Recebe bom acabamento. USOS : Construção civil pesada externa; Construção civil leve interna decorativa, tábuas assoalho, taco, móveis , embarcação (quilhas, convés, costado, cavernas); lâminas decorativas, cabos de ferramentas, cutelaria, utensílios domésticos, decoração e adorno.

CUMARU (*Dipteryx odorata* – Leguminosae) – Madeira muito pesada; cerne de cor castanho amarelo-escuro, de aspecto fibroso atenuado diferente do alburno de cor bege claro; grã irregular; textura média; cheiro desagradável quando úmida. Possui alta durabilidade natural ao ataque de organismos xilófagos. USOS: Estacas marítimas; pontes; obras imersas em ambiente de água doce; postes; cruzetas de transmissão elétrica; estacas; dormentes ferroviários; estrutura pesada de construção civil; vigamentos; carpintaria; tesouras; treliças; lambris; painéis; molduras; tacos e tábuas para assoalho; móveis; carroceria de caminhão; embarcação (quilhas, convés, costado, cavernas); cabos de ferramentas; cutelaria; utensílios domésticos; tanoaria; escadas

PAU-AMARELO (*Euxylophora paraensis* – Rutaceae) - Madeira pesada; cerne de cor amarelo acetinado ou amarelo-limão, escurecendo com o passar do tempo bem diferenciado do alburno branco-amarelado; grã regular; textura média; fácil de processar; boa de colagem; boa para fixação de prego recomendando-se uma pré-furação; recebe bom acabamento. USOS: ebanisteria, carpintaria; escadas; artigos esportivos; tacos e tábuas para assoalho; móveis; quilhas, convés, costado e cavernas de embarcação; cabos de ferramentas; cutelaria; instrumentos musicais; marchetaria; tornearia.

VIOLETA (*Peltogyne cattingae* - Leguminosae) – Madeira pesada de cerne de cor roxo intenso ou violeta-purpúreo bem distinto do alburno marrom-amarelado; textura média; regular de se processar na plaina; recebe bom acabamento com a lixa; boa de colagem; superfície lustrosa; boa para fixação de prego recomendando-se uma pré-furação; alta resistência natural ao ataque de organismos xilófagos. USOS: Pontes; obras imersas em ambiente de água doce; postes; cruzetas; estacas; dormentes ; vigamento; carpintaria; lambris; painéis; molduras; tacos e tábuas de assoalho; móveis; carroceria de caminhão; partes de veículo; quilhas, convés, costado e cavernas de embarcação; lâminas decorativas; cabos de ferramentas; utensílios doméstico ; cutelaria; tanoaria; remos; taco de bilhar; raquetes; pranchas; brinquedos; escadas; peças torneadas.

MACACAUBA (*Platymiscium ulei* – Leguminosae) - Madeira moderadamente pesada; cerne de cor castanho avermelhado com veios ou linhas longitudinais escuras bem

diferenciado do alburno mais claro; grã irregular; textura média; superfície pouco lustrosa; um tanto áspera ao tato; recebe bom acabamento; fácil de processamento; relativamente fácil de secar. USOS: móveis; tacos e tábuas para assoalho; instrumentos musicais; escadas; postes; cruzetas de transmissão elétrica; dormentes ferroviários; carrocerias de caminhão; quilhas, convés, costado e cavernas de embarcações; lâminas decorativas; cabos de ferramentas; cutelaria; utensílios domésticos; tanoaria; artigos esportivos; brinquedos; marchetaria; escultura e entalhe; molduras; escadas.

PAU D'ARCO (Tabebuia serratifolia – Bugnoniaceae) – Madeira pesada com cerne de cor castanho com veios escuros, com reflexo esverdeados; alburno amarelo-rosado; grã regular; textura média; recebe bom acabamento; propriedades de maquinabilidade regular; a perda de fio da serra é severa; é fácil de secar ao ar livre com uma velocidade de secagem considerada rápida; apresenta defeitos leves; durabilidade natural ao ataque de microorganismos xilófagos é alta. USOS: Postes; cruzetas de transmissão elétrica; pontes; obras imersas; dormentes ferroviários; estruturas pesadas; pilares; vigamento; carpintaria; estruturas de telhado; tacos e tábuas de assoalho; carroceria de caminhão; quilhas, convés, costado e cavernas de embarcação; cabos de ferramentas; cutelaria; utensílios domésticos; tanoaria; escadas.

4.4.1 - Madeira - vantagens e desvantagens

A madeira tem a seu favor, o fato de ser o material mais antigo usado pelo homem para esse fim. Como não requer alta tecnologia de processamento, além de ser de fácil manutenção, mesmo com o barco em trabalho n'água, esse material é, e será ainda muito utilizado, por populações ribeirinhas, situadas em regiões de florestas. Embora seja um recurso renovável, isto não acontece em um período curto de tempo. Logo, há uma diminuição de madeiras próprias para fins náuticos, devido à forma predatória como esse material é extraído.

Capítulo 5 –Estudo de Caso

5.1 - Estudo de caso

O meio aquático apresenta uma grande diversidade em função do espaço geográfico, altitude e temperatura macro e microclima. Conseqüentemente, existem tantas embarcações quantas as variações aquáticas se apresentam. Dentro desse contexto, podemos dividir o meio aquático em dois grandes grupos: água salgada, representada pelos oceanos, e água doce, encontrada em águas interiores como rios, lagoas, represas e quaisquer águas abrigadas.

A fim de se limitar o universo da pesquisa, optou-se por estudar as embarcações, construídas em alumínio, destinadas à pesca e ao lazer. Sua utilização se dará em águas abrigadas, tendo o Brasil, como área de abrangência. Águas abrigadas, como o próprio nome indica, são aquelas que se encontram dentro do continente, são compostas predominantemente de água doce, e de comportamento dinâmico mais previsível e controlado que o ambiente marítimo.

Para essa aplicação, o material mais utilizado na construção de barcos, tem sido o alumínio. A leveza do material, aliada a uma baixa manutenção e facilidade conserto, tem feito com que a madeira seja gradativamente por esse material, com exceção da região amazônica, onde há farta disponibilidade de madeira para fins navais.

Nesse contexto, foi escolhida como estudo de caso, a Malloy Barcos, fábrica de embarcações, em alumínio naval. A escolha se deu por dois motivos; a experiência de 60 anos em embarcações de até 50 pés, com vendas para todo o país, e sua proximidade com a cidade de Belo Horizonte (45 Km). Desde o mês de fevereiro de 2002, houve o acompanhamento da produção de quatro embarcações e reforma de outra. São duas lanchas de 40 pés, ou 12,20 metros, um barco de passageiros. O barco em reforma é de 33 pés ou 10 metros de comprimento. Este se deu a cada 15 dias, aproximadamente, com um diário de produção e registro fotográfico das mesmas. Seu mercado demanda por embarcações de pequeno calado (área abaixo da linha d'água), para acesso em águas rasas além de águas protegidas. Seu público busca por embarcações de grande resistência e baixa manutenção. O desenho do casco é de planeio, que, aliado ao baixo

peso da embarcação, permitem a utilização de motores menos potentes, com uma performance semelhante à de barcos de fibra de vidro. Estes, por serem mais pesados, necessitam de motores mais potentes. As entrevistas, são de carácter informal, feitas pessoalmente ou via Internet.

5.2 - Acompanhamento das Embarcações

No dia 12 de março de 2002, quando o acompanhamento da produção teve seu início, foram monitoradas cinco embarcações, descritas abaixo:

- 1 – lancha cabinada de 40” (12,20 m)
- 2 – lancha cabinada de 40” (12,20 m)
- 3 - lancha cabinada de 40” (12,20 m), do proprietário
- 4 – lancha cabinada de 33”, em reforma
- 5 – barco de transporte / turismo para passageiros

Estes foram monitorados através de visitas quinzenais. Nestas havia a documentação fotográfica dos progressos observados, além de registro escrito e entrevista em carácter informal com funcionários e pessoas pertinentes à construção das embarcações. Para melhor entendimento desse estudo de caso o histórico de cada embarcação será colocado em anexo à dissertação.

5.3 - Observações

Toda a produção realizada na empresa, já foi previamente vendida. De acordo com o histórico em anexo, pode-se perceber que, enquanto um ou dois barcos estão sendo manufaturados, outros permanecem sem alterações visíveis. Isso se dá em função do pequeno número de funcionários. Com um número que varia de 7 a 10 funcionários, é feito um rodízio de embarcações segundo as prioridades da empresa.

A embarcação que foi construída em menor tempo, foi a de transporte de passageiros. Em três meses exatos todo o processo foi concluído. Também era a embarcação de menor complexidade, em termos de acabamento. Ainda com relação à montagem do conjunto casco/superestrutura das embarcações, estas se deram num período de três a quatro meses, sendo a parte mais rápida do processo.

Não existem peças pré-fabricadas no processo de fabricação, excluindo-se aí os acessórios náuticos como gaiútas, instrumentos de navegação, entre outros. O sistema de produção da Malloy, é artesanal, com utilização de ferramentas manuais, pneumáticas e elétricas. Assim, existem diferenças dimensionais entre um barco e outro. Mesmo tendo aparência semelhante, cada lancha era única, com pequena possibilidade de intercâmbio de partes. Quando uma nova lancha é iniciada, começa-se do zero, com corte de chapas, etc. A experiência adquirida na construção de barcos é determinante numa produção artesanal. Longas extensões de chapa para o casco são cortadas com serra manual (Tico-tico), ficando a impressão que o casco não vai “fechar”. O que se vê é o fechamento perfeito de um casco de 12,5 m de extensão.

O tipo de produção utilizada pela empresa, possui um ponto fraco, que é o da produção. Sendo a produção totalmente artesanal, e com um pequeno número de funcionários, tempo de construção se torna problemático. Por ficar muito tempo no estaleiro, são muitas as alterações de projeto, solicitadas pelo comprador, durante a produção. Além de ser uma situação delicada, ela acaba por aumentar o tempo de permanência da embarcação.

Quanto às metas da empresa, há o desejo de aumentar a produção, sem que haja a necessidade de grandes investimentos a curto prazo. Existe, ainda, o problema da falta de mão de obra especializada na construção de barcos em alumínio, na cidade onde está localizado o estaleiro. A intervenção de *design* na empresa, após o acompanhamento feito, se dará nas seguintes etapas:

- 1- Criação de um produto, que fosse de fácil produção e que atendesse a um público-alvo que consome embarcações de recreio. Esse produto será descrito posteriormente.
- 2- Otimização dos processos de produção, tendo em vista, um melhor rendimento por parte dos funcionários.
- 3- Implementação de um programa de padronização de componentes, tendo em vista, a terceirização destes.
- 4- Introdução de novos materiais, na construção das embarcações, tendo como objetivo, o aumento do valor de estima deste. Tal proposta visa produtos com maior valor agregado, frente à concorrência.

Com relação ao novo produto, a recomendação foi pela manutenção dos aspectos formais do casco, em função do *Know-how* da empresa. Quanto à superestrutura, foi dada toda a liberdade para interferências formais. Ao final do trabalho, mediante o que foi observado e de acordo com as necessidades e planejamento estratégico da empresa, foi apresentada uma proposta de produto, em conformidade com as ações de *design* propostas acima .

5.4 - O produto

Em conversas com o proprietário, percebeu-se a necessidade de produtos cuja produção seja acelerada, além de atender a um novo público-alvo. Assim, a opção recaiu sobre a lancha aberta com cabine de proa. Este tipo de embarcação é destinado a pessoas que a utilizam para lazer, durante o dia, apesar de possuir equipamentos para pernoite de duas pessoas. Por utilizar menos material que a lancha convencional e ser produzida em menor espaço de tempo, seu preço poderá ser consideravelmente reduzido, aumentando a demanda por esse novo produto. Para que sua produção seja otimizada, será adotada o sistema de montagem de peças pré-produzidas, em fibra de vidro, como painel de comando, plataforma de cobertura do motor e solarium, teto da cabine de proa, além de equipamentos internos. Será dada maior atenção para as partes feitas manualmente, como o casco, para haja o mínimo de alterações dimensionais. As partes componentes do casco serão terceirizadas, como o corte de chapas, por exemplo.

O processo irá permitir um menor número de homens/hora empregado por lancha, significando um menor custo de produção com melhoria da qualidade. As partes feitas em fibra de vidro, aumentariam o valor de estima do produto, pois melhoram os acabamentos visíveis. Essa ação visa aproximar o acabamento da lancha, semelhante a uma, feita em fibra de vidro. O objetivo final, é aproximar a fábrica a uma linha de montagem, à semelhança da indústria automobilística.

Durante a permanência do pesquisador no estaleiro, verificou-se que em função da capacidade de produção da empresa estar totalmente ocupada, várias oportunidades de negócios foram descartadas. Logo, o processo e padronização da produção, tornou-se uma meta da empresa, e será implementada de acordos com as possibilidades da mesma.

Quando o sistema for implementado, o objetivo é a produção de cada unidade em dois meses e mais, no máximo. Assim, no lugar que era ocupado por uma única lancha, no período de um semestre, dará lugar a 2,6 lanchas durante o mesmo espaço de tempo. Essa meta poderia ser aumentada para uma unidade/mês, mas para não haver erros no processo, preferiu-se uma opção intermediária.

As especificações para o novo produto são as seguintes:

Comprimento: 10 m.

Boca: 2,7 m.

Calado: 0,2 m.

Passageiros / dia: 10

Pernoite: 2

Motorização: diesel, Mercury 3.0, com 150 HP

Tipo de casco: de planeio, quilhado.

Partes da lancha como o fechamento de proa, bem como o solarium de popa, além de painel de comando, portas e outros acessórios serão terceirizados, e o material utilizado será a fibra de vidro.

Para o modelo em escala, devido ao tamanho da embarcação, verificou-se que a melhor medida seria obtida na escala 1/10. Assim o comprimento do modelo foi de 1,0 metro.

5.5 - O modelo em escala

Em experiências anteriores na elaboração de modelos para o projeto Sábila 3 e 4, utilizou-se a combinação de seções transversais e longitudinais. Nesse sistema, através da vista lateral e superior do produto, são marcadas as seções que vão do número 1, no início até o final do produto, cujo intervalo é determinado pelo designer, de acordo com as necessidades do modelo. Após os encaixes dos perfis transversais nos longitudinais, há o travamento com cola de silicone (cola quente) e reforços nos espaços vazios entre os perfis. Se o modelo for de alta complexidade formal, os espaços são preenchidos com poliuretano, com expansão natural do mesmo. Como o produto lancha era de relativa simplicidade formal, essa etapa foi saltada.

Abaixo, as imagens mostram a seqüência na elaboração do modelo.

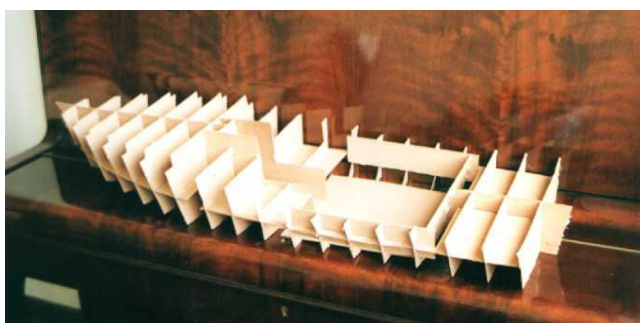


Fig. 46, 47 e 48: etapas na confecção do modelo (Galante, 2002)

Após as formas primárias estarem definidas, o modelo é revestido com resina do tipo ortoftálica e recoberto com tecido de fibra de vidro. Se a resina já aplicada for suficiente para “molhar” o tecido, procede-se a cura da resina. Caso contrário, nova camada de resina deve ser aplicada sobre o tecido. Além de proteger o modelo, essa camada de material compósito aumenta significativamente a resistência mecânica do conjunto. Após a laminação, procedeu-se o acabamento com massa plástica e primer. A seguir é

feita a pintura e acabamentos, na parte interna do modelo. A colocação dos vidros e faixas decorativas são os últimos passos a serem feitos.

É bom lembrar a diferença entre modelo e protótipo. O primeiro é uma simulação formal de como será o produto, enquanto o segundo deverá executar todas as funções do produto. Existe um estágio entre os dois conceitos apresentados, que é chamado modelo funcional. Sua utilização se dá quando da impossibilidade técnica e financeira de se executar o protótipo. O modelo tridimensional é fundamental para a inteira compreensão do produto retratado, permitindo que detalhes que passam despercebidos nos desenhos bidimensionais, sejam vistos nessa representação. Após a definição das formas, foi feita uma peça publicitária já incluindo o novo modelo, ao catálogo da empresa.

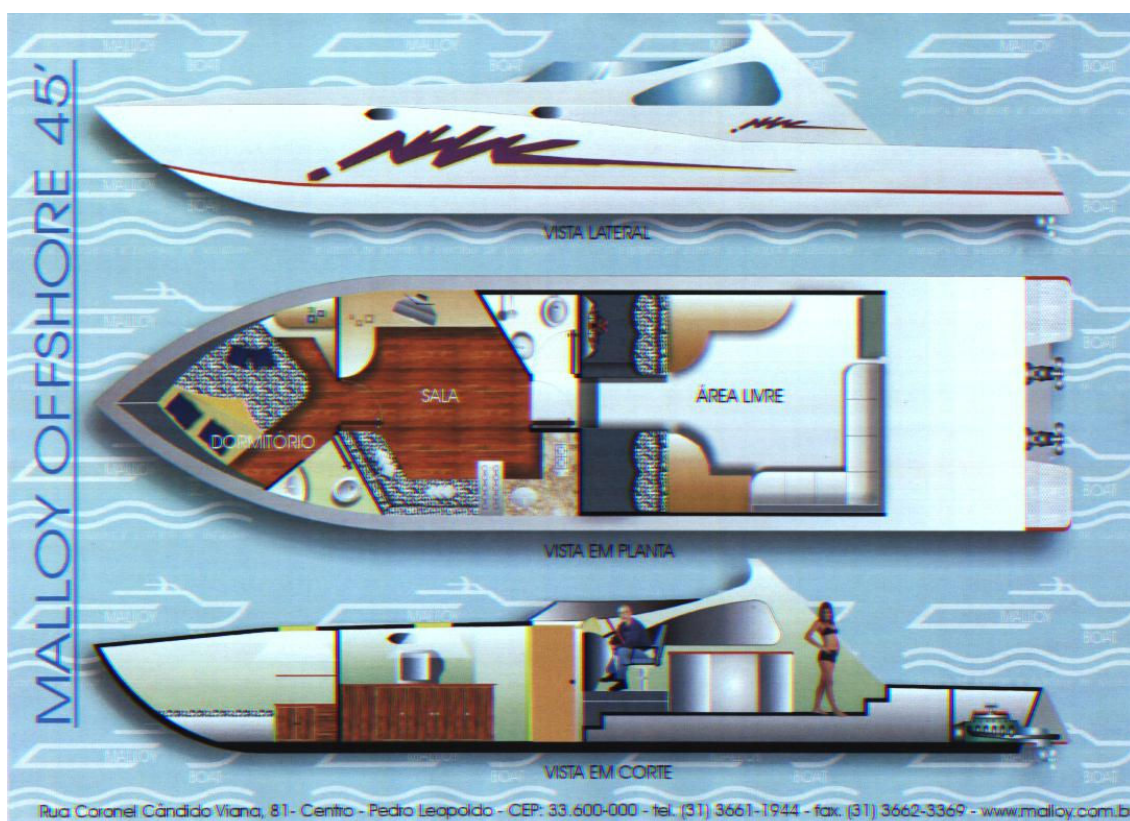


Fig. 49: folder publicitário – modelo.

5.6 - Considerações

Após o trabalho realizado, percebeu-se que para que ocorra a Seleção de Materiais, um passo obrigatório, é a Análise de Valor. Esse processo, é feito de maneira consciente ou não, na maioria dos estaleiros existentes. Essa pode ser uma das razões pelas quais existem tantas variações de materiais, e processos de produção, de acordo com tipo de embarcação que se deseja.

O mestrando, por estar num meio onde predomina a indústria automotiva, além de ter participado do Projeto Sabiá, em suas terceira e quarta edições, sempre teve como parâmetro, a produção industrial em grande escala. Por não ter um conhecimento prévio sobre o assunto, somado à escassa bibliografia especializada, em Belo Horizonte, o desafio de se conhecer a indústria naval, bem como as tecnologias e materiais empregados, foi empolgante.

Durante o tempo da escolha do tema a ser defendido, em conversas informais, era aconselhado à escolha de outro tema, de mais fácil acesso pelo pesquisador. Mantida a decisão pelo tema previamente escolhido, começou a procura por bibliografia especializada, em Belo Horizonte, com quase nenhum sucesso. A opção, portanto, recaiu sobre revistas especializadas e Internet. Os contatos com pessoas ligadas ao meio náutico, foram de extrema importância, pois grande parte do conhecimento, está ligada principalmente à experiência adquirida e não nos livros.

6 - Bibliografia

- Dossiê Náutico; editora Talento, São Paulo – S.P – 2000
- BAXTER, Mike (1995) – Projeto de produto – ed. Edgar Blucher – São Paulo – 1998.
- BEBER, Andriei José. Avaliação do desempenho de vigas de concreto armado reforçadas com mantas flexíveis de fibra de carbono. PPGEC - UFRGS, Porto Alegre, RS - 2001
- BOTARO, Vargner - apostila REDEMAT / DEQUI / UFOP– disciplina RED 104 –MG - 2001
- BRESCIANI FILHO, Ettore – Seleção de Materiais Metálicos – 3º ed. – Editora da Unicamp – Campinas S.P. – 1991.
- DUCHAMP, Robert(1988) – La conception de produits nouveaux – editions Hermès , Paris – 1988HARPER, Charles A. *Handbook of Plastics, Elastomers and Composites* – 3rd ed. – Ed. McGraw-Hill – 1996.
- MANO, Eloísa Biasotto – Polímeros como Materiais de Engenharia – Ed. Edgard Blucher Ltda – São Paulo SP – 1996.
- NASSEH, Jorge – Manual de construção de Barcos
- QUARANT, Danielle – Eléments de Design Industriel – 2º ed. – Polytechnica – Paris – 1994.
- REMY, A. – Materiais – Ed. Hemos São Paulo . SP.
- SILVA, Ademir Castro e - adcastro@osite.com.br
- SOTTSASS, Estore – O design industrial – Saltava editora do Brasil – Rio de Janeiro RJ 1979.
- SCHWARTZ, M. M. Composite materials handbook. New York: McGraw-Hill, 1984.
- TAISS, Ed – Alumínio X Aço: uma briga que promete - Jornal Estado de Minas – Veículos pág. 4 – 25/01/2003.
- TAYLOR, G. Materials in construction. 2.ed. London: Longman Scientific & Technical, 1994. 284p.

Televisão:

Documentário: Do Tejo ao Tietê - Futura filmes

Internet:

www.barracudatec.com.br – acessado em 19/03/2002

www.angelmarine.com.br – acessado em 25/09/2002

www.abal.org.br – acessado em 05/04/2002

www.altmann.ind.br – acessado em 08/01/2003

www.ulsab.org – acessado em 24/01/2003

www.revistanautica.com.br – acessado de 2002 a 2003

www.alcan.com.br – acessado em setembro de 2002

www.abs.com – acessado em setembro de 2002

www.webcalc.com.br/conversoes - acessado em abril de 2003

Acompanhamento das Embarcações

No dia 12 de março de 2002, quando o acompanhamento da produção teve seu início, foram monitorados cinco embarcações, descritas abaixo:

- 1 – lancha cabinada de 40” (12,20 m)
- 2 – lancha cabinada de 40” (12,20 m)
- 3 - lancha cabinada de 40” (12,20 m), do proprietário
- 4 – lancha cabinada de 33”, em reforma
- 5 – barco de transporte / turismo para passageiros

Estes foram monitorados através de visitas quinzenais. Nestas havia a documentação fotográfica dos progressos observados, além de registro escrito e entrevista em caráter informal com funcionários e pessoas pertinentes à construção das embarcações.

Para melhor entendimento desse estudo de caso o histórico de cada embarcação será colocado em separado.

Lancha nº 1

12-03-2002 – montagem do casco – liga de alumínio-magnésio 5052H34 com espessura de 2 mm.



Fig.01 - Montagem do casco – arquivo do autor



Fig.02 - Montagem do casco – arquivo do autor



Fig.03 - Montagem do assoalho – arquivo do autor



Fig.04 - Reforços em madeira – arquivo do autor

03-04-2002 – casco montado. Começa o reforço do costado com perfil em ‘T’, de 4 por 4 mm. Para a montagem e reforço do casco houve uso de gabarito de madeira.

17-04-2002 – reforço do casco completo. Início da superestrutura, feito em aço 1020, chapa 14.



Fig.05 - Início da montagem superestrutura – arquivo do autor.

24-05-2002 – montagem das paredes da superestrutura em alumínio 5052H34, com espessura de 1 mm.

12-06-2002 – superestrutura pronta; colocação de caixa d'água e tanque de combustível.

21-06-2002 – montagem do piso da praça de popa.

04-07-2002 – montagem das paredes externas e revestimento das mesmas; montagem do assoalho e proa; portas já instaladas.

19-07-2002 – inalterado.

02-08-2002 – inalterado.

16-08-2002 – pintura e acabamento externos; início da pintura interna.



Fig.06 - Pintura e acabamento externos – arquivo do autor

28-08-2002 – conclusão do trabalho de pintura e colocação de faixas externas; montagem do piso restante. Foi utilizado para esse fim, compensado naval, com 18 mm de espessura. Iniciada a tubulação do banheiro.



Fig.07 - Construção do painel – arquivo do autor



Fig.08 - Pintura das faixas decorativas – arquivo do autor

16-09-2002 – colocação dos vidros (em andamento); instalação do teto, em eucatex e iluminação (lâmpadas fluorescentes e dicróicas). Foi utilizado isopor com isolante térmico, alocado nos espaços entre os reforços do teto. Esse recurso foi utilizado na cabine de proa e cabine de pilotagem. Fórmica nas paredes (início). Painel de controle, em alumínio (início). Guarda corpo em aço, instalado. Fiação elétrica já passada.



Fig.09 - Isolamento térmico da cabine – isopor – arquivo do autor



Fig.10 - Painel finalizado – arquivo do autor



Fig.11 - Teto da cabine finalizado – arquivo do autor



Fig.12 - Teto da cabine de proa – arquivo do autor

09-10-2002 – Lancha batizada com o nome de *El Captain*. Banheiro instalado, faltando apenas as laterais. Fogão e geladeira instalados, faltando os armários. Instalação do revestimento em fórmica das paredes da praça de popa. Cabine de proa acarpetada. Luzes de sinalização instaladas. Vidro finalizados. Painel com instrumentos e CD player. Pia em granito.



Fig.13 - Nome da lancha. Fechagens instaladas. – arquivo do autor



Fig.14 - Perspectiva cabine de comando – arquivo do autor



Fig.15 - Banheiro – praça de popa – arquivo do autor



Fig.16 - Cozinha – praça de popa – arquivo do autor

23-10-2002 – Motor colocado e testado (de centro-rabeta, diesel, da marca Mercury 3.0, com potência de 150 HP). Lancha pronta.



Fig.17 - Perspectiva – praça de popa – arquivo do autor



Fig.18 - Quarto anterior – arquivo do autor



Fig.19 - Cozinha – perspectiva interior da lancha – arquivo do autor



Fig.20 - Quarto superior – arquivo do autor

25-10-2002 – Transporte para região de Brasília. Utilização de guincho e carreta simples, de três eixos. Logística simplificada pelo casco de pequeno calado, além do baixo peso da lancha.

Lancha nº 2

12-03-2002 - montagem do casco – liga de alumínio-magnésio 5052H34 com espessura de 2 mm.



Fig.21 - Montagem do casco – arquivo do autor

03-04-2002 – inalterado.

17-04-2002 – Falta o reforço superior da proa e popa além de rebites do costado.



Fig.22 - Montagem estrutura do casco – arquivo do autor

24-05-2002 – superestrutura montada em alumínio 5052H34, com espessura de 1 mm.

12-06-2002 - superestrutura pronta; colocação de caixa d'água e tanque de combustível.

Montagem das portas em metalon. Início da soldagem da base do motor.

21-06-2002 – inalterado.

04-07-2002 – Montagem e acabamentos das paredes internas. Assoalho da cabine de proa.



Fig.23 - Portas já instaladas – arquivo do autor

19-07-2002 – inalterado.

02-08-2002 – inalterado.

16-08-2002 – inalterado.

28-08-2002 – Pintura pronta ainda sem as faixas decorativas externas. Início do piso da praça de popa.



Fig.24 - Perspectiva lanchas – arquivo do autor

16-09-2002 – pintura e faixas externas prontas, ainda sem vidros. Colocação do isolante térmico concluída (isopor).Piso ainda não instalado. Guarda-corpo instalado. Faróis de proa instalados.



Fig.25 - Pintura externa – arquivo do autor



Fig.26 - Banheiro e acesso à cabine de comando – arquivo do autor



Fig.27 - Vão motor – centro-rabeta – arquivo do autor

09-10-2002 – inalterado. Batizado com o nome de *Lady EthraII*.

01-11-2002 – Colocação do motor (centro-rabeta, diesel, Mercury 3.0, com potência de 150 HP). Acabamento da cabine de proa. Instalação de fórmica nas paredes internas. Colocação de piso anti-derrapante. Pia da cozinha em granito. Colocação dos vidros. Carpete no cockpit. Instalação elétrica pronta.



Fig.28 - Motor de centro-rabeta – mercruiser (gasolina) – arquivo do autor



Fig.29 - Quarto de proa – arquivo do autor

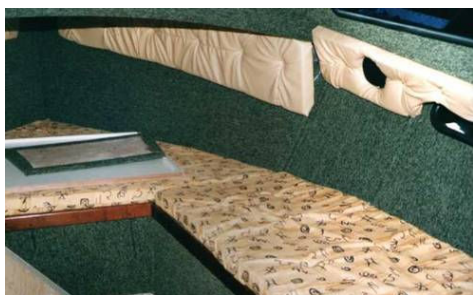


Fig.30 - Quarto de proa – arquivo do autor



Fig.31 - Cabine de comando – arquivo do autor



Fig.32 - Cabine de comando – arquivo do autor



Fig.33 – Cozinha – arquivo do autor

Lancha nº 3

12-03-2002 – já encontrado com o casco e reforços do mesmo.



Fig.34 – Estrutura montada – arquivo do autor

03-04-2002 – montada a superestrutura, em metalon além de proteção e pintura do mesmo.



Fig.35 – Início da superestrutura – arquivo do autor

17-04-2002 – inalterado.

24-05-2002 – terminada a proteção na superestrutura da lancha.



Fig.36 – Construção da superestrutura – arquivo do autor

12-06-2002 – inalterado.

21-06-2002 – inalterado.

04-07-2002 – inalterado.

19-07-2002 – colocação das paredes externas, em alumínio, com espessura de 1 mm, ainda sem os cortes das janelas. Rebitamento do teto de proa.



Fig.37 – Paredes laterais da superestrutura – arquivo do autor

02-08-2002 – soldagem dos pontos de união e acabamentos das paredes externas.

16-08-2002 – soldagem finalizada.

28-08-2002 – inalterado.

16-09-2002 – inalterado.

09-10-2002 – inalterado.

01-11-2002 – inalterado.

Lancha nº 4

12-03-2002 – encontrada já com a parte posterior do casco substituída, em função de corrosão galvânica, provocada por tubulação de aço inox, afixada no casco; o proprietário instalou um sistema de ar condicionado, sem consultar o construtor. A 19 anos dentro d'água, a lancha teria ido a pique caso não fosse resgatada a tempo.



Fig.38 – Praça de popa – arquivo do autor



Fig.39 – Vista posterior praça de popa – arquivo do autor

03-04-2002 – refeita a pintura do casco superestrutura.



Fig.40 – Vista anterior pintura externa - arquivo do autor

17-04-2002 – colocação dos vidros inferiores e assoalho da praça de popa.



Fig.41 – Pintura externa – arquivo do autor



Fig.42 – Interior da lancha – ferramentas – arquivo do autor

24-05-2002 – inalterado.

12-06-2002 – instalação do motor (centro-rabeta, diesel, Volvo penta, com potência de 250 HP). Iniciando acabamento no interior da lancha.

21-06-2002 – inalterado.

04-07-2002 – inalterado.

19-07-2002 – instalação de fogão e pia. Banheiro finalizado.

02-08-2002 – inalterado.

16-08-2002 – inalterado.

28-08-2002 – acabamentos e eletricidade internos, concluídos.



Fig.43 – Cabine de comando – arquivo do autor

16-09-2002 – inalterado.

09-10-2002 – inalterado.

01-11-2002 – inalterado.

Barco nº 5

12-03-2002 – cortes de alumínio 5052H34, para o casco já prontos para o fechamento do mesmo.



Fig.44 – chapas de alumínio cortadas à mão – arquivo do autor

03-04-2002 – casco montado. Início das bordas do costado.

17-04-2002 – reforços do costado concluídos. Falta assoalho.



Fig.45 – Chapa fechamento popa – arquivo do autor



Fig.46 – Estrutura montada – arquivo do autor



Fig.47 – Superestrutura montada – pré-pintura – arquivo do autor



Fig.48 – Interior – bancos montados – arquivo do autor

24-05-2002 – superestrutura concluída. Início da pintura.

12-06-2002 – motor já instalado (centro-rabeta, diesel, Mercury 3.0, com potência de 150 HP). Barco finalizado, com saída da empresa programada para o dia 22/06.



Fig.49 – Barco finalizado – vista posterior – arquivo do autor



Fig.50 – Vista motor Mercruiser (gasolina) – arquivo do autor



Fig.51 – Vista posterior – arquivo do autor



Fig.52 – Painel de controle – arquivo do autor

Toda a produção realizada na empresa, já foi previamente vendida. De acordo com o acompanhamento mostrado acima, pode-se perceber que, enquanto um ou dois barcos estão sendo manufaturados, outros permanecem sem alterações visíveis. Isso se dá em função do pequeno número de funcionários, que faz o rodízio de embarcações segundo as prioridades da empresa.

A embarcação que foi construída em menor tempo, foi a de transporte de passageiros. Em três meses exatos todo o processo foi concluído. Também era a embarcação de menor complexidade, em termos de acabamento.

Ainda com relação à montagem do conjunto casco/superestrutura das embarcações, estas se deram de três a quatro meses, sendo a parte mais rápida do processo.

Não existem peças pré-fabricadas no processo de fabricação, excluindo-se aí os acessórios náuticos como gaiútas, instrumentos de navegação, entre outros.

Sendo a produção artesanal, existem diferenças dimensionais entre um barco e outro. Mesmo tendo aparência semelhante, cada lancha era única, com pequena possibilidade de intercâmbio de partes.

Quando uma nova lancha é iniciada, começa-se do zero, com corte de chapas, etc.

A experiência adquirida na construção de barcos é determinante numa produção artesanal. Longas extensões de chapa para o casco são cortadas com serra manual (Tico-tico), ficando a impressão que o casco não vai “fechar”. O que se vê é o fechamento perfeito de um casco de 12,5 m de extensão.

Quando foi perguntado aos funcionários e dirigente da empresa sobre possibilidades de mudança nas lanchas, a recomendação foi pela manutenção dos aspectos formais do casco, em função do *Know-how* da empresa. Quanto à superestrutura, foi dada toda a liberdade para interferências formais.

Vale lembrar que o acompanhamento das lanchas se deu sem nenhuma intervenção na produção em andamento.

Ao final do trabalho, mediante o que foi observado e de acordo com as necessidades e planejamento estratégico da empresa, será apresentado uma proposta de produto que

atenderá aos anseios da mesma. Esse produto terá suas características formais, quantitativas e qualitativas, descritas em um memorial técnico, além de um modelo tridimensional em escala 1/10.

Rebitamento X soldagem

Há muito, o rebitamento vem sendo utilizado na produção de embarcações. Consiste em unir partes através de rebites, colocados em furos criados especialmente para esse fim. Até a Segunda Guerra Mundial, esse processo foi utilizado em qualquer projeto naval existente, baseado num material metálico. Por ser de tecnologia simples e confiável, esse método é ainda largamente aplicado em embarcações de pequeno porte.

Já o processo de soldagem, foi introduzido em larga escala, no esforço de guerra, próximo aos anos 40. A velocidade de produção foi o principal argumento para que fosse implementado. Como exige experiência por parte do soldador, era comum o afundamento dos primeiros navios de guerra, em função de soldas malfeitas, que atuavam como concentradores de tensões, facilitando a propagação de trincas, que por sua vez, levavam os navios à pique.

Hoje o processo já amplamente dominado, é uma opção interessante para problemas de velocidade de produção e acabamento do casco.

Se comparamos os processos acima, a opção pela solda, ainda não é óbvia. Uma lancha rebitada apresenta menor custo e manutenção. Porém as cabeças de rebites podem oferecer alguma resistência à água, ocasionando perdas hidrodinâmicas. Visualmente, o casco fica “poluído”, em função dos reforços ao longo do casco.

Também no quesito esforços mecânicos, uma lancha feita nesse processo, pode apresentar resistência mecânica menor que uma similar soldada. Isso pode ser atribuído à necessidade de se retirar material da chapa, para posterior colocação de rebites, que diminui a resistência da chapa às forças de cisalhamento.



Fig.53 – Soldagem – www.angelmarine.com.br - 2002

TIG, MIG entre outros...

Solda MIG

“O processo G.M.A.W. (Gás Metal Arc Welding) é também freqüentemente chamado de processo MIG. O Termo solda MIG (Metal Inerte Gás) refere-se estritamente ao processo G.M.A.V. quando se utilizam os gases inertes como proteção, mas geralmente usado independente do gás de proteção.

O correto seria utilizar o termo MIG quando se utilizar gases inertes como proteção, tais como: Ar, He e o termo MAG (Metal Active Gás) quando se utilizar gases ativos oxidantes tais como CO₂, misturas Ar/CO₂, Ar/O₂, etc.

Em solda MIG o arco elétrico é estabelecido entre o eletrodo consumível (arame) e a peça a ser soldada. A corrente de solda é alimentada via bico de contato na tocha. A tocha é conectada ao polo positivo da fonte de corrente contínua.

O eletrodo (arame) é alimentado continuamente pelo cabeçote de alimentação, então funde-se no arco e é transferido para a poça de fusão em forma de gotas.

O gás de proteção é suprido através de um bocal próprio, concêntrico ao bico de contato protegendo o arame, o arco e a poça de fusão dos efeitos nocivos do ar atmosférico. Além desta função de proteção, o gás afeta também a fusão do arame, assim como as transferências de energia do metal à peça.

Dependendo da corrente e da voltagem do arco utilizado, o arame é transferido à peça em forma de gotas maiores ou menores. A transferência das gotas maiores é conhecida como transferência por curto-circuito (short- arc), na qual o arco se estabelece e se interrompe dentro de uma determinada frequência. Na transferência por “spray” (spray-arc), não existe este ciclo e o metal é transferido à peça na forma de gotas menores e com maior frequência. Há também uma faixa entre estes dois tipos de transferências, na qual elas são feitas simultaneamente e é conhecida como transferência globular.

São utilizados para o processo G.M.A.V., gases inativos como Ar, He ou misturas destes gases ou gases ativos/oxidantes tais como CO² e misturas de Argônio/CO², Ar/O², etc”.¹

Solda TIG

“Em solda TIG, o arco elétrico se estabelece entre a peça de trabalho e um eletrodo de tungstênio com aproximadamente 2% de tório. A poça de fusão e o eletrodo são protegidos contra os efeitos do ar atmosférico por um gás inerte, cujo fluxo é direcionado por um bocal que circunda o eletrodo. O arco elétrico é ignitado por um gerador de faísca (gerador de alta frequência) entre o eletrodo e a peça.

O eletrodo representa apenas o terminal de um dos pólos e não é adicionado à poça de fusão (eletrodo não consumível).

Consequentemente são utilizados eletrodos de material de alto ponto de fusão e de alta emissão termiônica (o ponto de fusão do tungstênio é de 3.370°C).

Para solda de aço, cobre, níquel, titânio, etc., é utilizada corrente contínua com polaridade direta (eletrodo conectado ao terminal negativo) aquecendo menos o eletrodo se comparado com a polaridade inversa.

Alumínio e suas ligas são normalmente soldados com corrente alternada. A corrente alternada dá um arco que limpa a chapa no ciclo positivo, permitindo ao metal fluir facilmente. Alumínio pode também ser soldado com corrente contínua, polaridade direta, com o uso de Hélio como gás de proteção.

Argônio é o gás de proteção mais utilizado em soldagem pelo processo TIG. Hélio (He), misturas de Argônio/Hélio ou a mistura de Argônio/Hidrogênio são utilizados em casos

¹ www.altmann.ind.br/mig.html

*específicos. Gases ativos oxidantes não podem ser utilizados no processo TIG, uma vez que oxidariam o eletrodo de tungstênio”.*²

Como o estudo de caso levou em conta, a produção de barcos em alumínio, a opção pela solda ‘esbarra’ no fator custo. Atualmente (2002), uma máquina de solda para alumínio tem um custo de aproximadamente US\$ 3,000.00.

A opção, portanto, só deve ser levada em conta numa produção grande o suficiente para amortizar tal investimento.

O modelo em escala

Além de fazer um diagnóstico correto do sistema de produção e produto de determinada empresa, é da competência do *designer* industrial, propôr soluções de design, de acordo com a capacidade, necessidades e anseios dessa empresa.

Durante o acompanhamento feito, foi constatado que a lancha de passageiros ficou concluída em três meses e meio, ao passo que as lanchas de número 1 e 2, demoraram quase 7 meses para sua conclusão.

Em conversas com o proprietário, percebeu-se a necessidade de produtos cuja produção seja acelerada, além de atender a um novo público-alvo.

Assim, a opção recaiu sobre a lancha aberta com cabine de proa. Este tipo de embarcação é destinado a pessoas que a utilizam para lazer, durante o dia, apesar de possuir equipamentos para pernoite de duas pessoas.

Por utilizar menos material que a lancha convencional e ser produzida em menor espaço de tempo, seu preço poderá ser consideravelmente reduzido, aumentando a demanda por esse novo produto.

² www.altmann.ind.br/tig.html

Para que sua produção seja otimizada, será adotada o sistema de montagem de peças pré produzidas, em fibra de vidro, como painel de comando, plataforma de cobertura do motor e solarium, teto da cabine de proa, além de equipamentos internos.

Será dada maior atenção para as partes feitas manualmente, como o casco, para haja o mínimo de alterações dimensionais.

O processo irá permitir um menor número de homens/hora empregado por lancha, significando um menor custo de produção com melhoria da qualidade.

As partes feitas em fibra de vidro, aumentariam o valor de estima do produto, pois melhoram os acabamentos visíveis, gerando uma maior padronização na linha de produção e montagem.

Linha de montagem

Se não existe um molde para a confecção de embarcações em alumínio, a exemplo do se vê com a fibra de vidro, a solução encontrada pelos fabricantes é o pré corte nas chapas de alumínio. Máquinas de corte com controle numérico computadorizado – CNC – permitem um total aproveitamento da chapa, além de garantir uniformidade total entre as unidades. Assim, é possível saltar a demorada etapa de corte manual das mesmas, passando para a montagem de forma direta. Colocando-se as chapas num gabarito. Procede-se o rebitemento ou soldagem, de acordo com o tipo de embarcação.

O processo dá margem à terceirização de peças padronizadas, uma vez que já não existirá alterações dimensionais na produção.

Ganha-se maior velocidade de produção, em detrimento da flexibilidade da mesma.

Durante a permanência do pesquisador no estaleiro, verificou-se que em função da capacidade de produção da empresa estar totalmente ocupada, várias oportunidades de negócios foram descartadas.

Logo, o processo e padronização da produção, tornou-se uma meta da empresa, e será implementada de acordos com as possibilidades da mesma.

Quando o sistema for implementado, o objetivo é a produção de cada unidade em dois meses e meio, no máximo. Assim, no lugar que era ocupado por uma única lancha, no período de um semestre, dará lugar a 2,6 lanchas durante o mesmo espaço de tempo. Essa meta poderia ser aumentada para uma unidade/mês, mas para não haver erros no processo, preferiu-se uma opção intermediária.

As especificações para o novo produto são as seguintes:

Comprimento: 10 m.

Boca: 2,7 m.

Calado: 0,2 m.

Passageiros / dia: 10

Pernoite: 2

Motorização: diesel, Mercury 3.0, com 150 HP

Peso aproximado:

Tipo de casco: de planeio, quilhado.

Para o modelo em escala, devido ao tamanho da embarcação, verificou-se que a melhor medida seria obtida na escala 1/10. Assim o comprimento do modelo foi de 1,0 metro.



Fig.54 - Modelos tridimensionais, feitos no CPqD da Escola de Design - UEMG

Em experiências anteriores na elaboração de modelos para o projeto Sábria 3 e 4, utilizou-se a combinação de seções transversais e longitudinais. Nesse sistema, através da vista lateral e superior do produto, são marcadas as seções que vão do número 1, no início até o final do produto, cujo intervalo é determinado pelo designer, de acordo com as necessidades do modelo.

Após o encaixe dos perfis transversais nos longitudinais, há o travamento com cola de silicone (cola quente) e reforços nos espaços vazios entre os perfis.

Se o modelo for de alta complexidade formal, os espaços são preenchidos com poliuretano, com expansão natural do mesmo.

Como o produto lancha era de relativa simplicidade formal, essa etapa foi saltada.

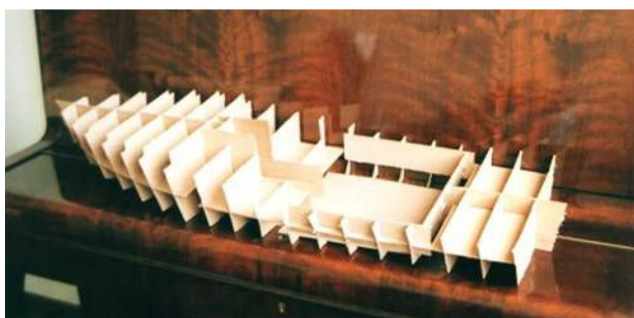


Fig.55 – Estrutura em papel - arquivo do autor



Fig.56 - Mockup pronto – arquivo do autor



Fig.57 – Mockup concluído – arquivo do autor

Após as formas primárias estarem definidas, o modelo é revestido com resina do tipo ortoftálica e recoberto com tecido de fibra de vidro. Se a resina já aplicada for suficiente para “molhar” o tecido, procede-se a cura da resina. Caso contrário, nova camada de resina deve ser aplicada sobre o tecido. Além de proteger o modelo, essa camada de material compósito aumenta significativamente a resistência mecânica do conjunto.

Com o processo de cura terminado passa-se ao acabamento fino, com massa plástica e *primer*. Essa etapa requer paciência e atenção, pois nela são corrigidas todas as imperfeições superficiais e só termina quando for atingido o padrão de exigência estipulado pelo *designer*.

Por último é realizada a pintura e colocação de agregados e acessórios.

É bom lembrar a diferença entre modelo e protótipo. O primeiro é uma simulação formal de como será o produto, enquanto o segundo deverá executar todas as funções do produto. Existe um estágio entre os dois conceitos apresentados, que é chamado modelo funcional. Sua utilização se dá quando da impossibilidade técnica e financeira de se executar o protótipo.

O modelo tridimensional é fundamental para a inteira compreensão do produto retratado, permitindo que detalhes que passam despercebidos nos desenhos bidimensionais, sejam vistos nessa representação.