

A Arquitetura de um Veleiro

Abstracto:

O design do veleiro é um assunto que se sobrepõe em muitos níveis com a arquitectura. Um veleiro de cruzeiro tem que executar todas as mesmas funções de uma casa, fornecer abrigo, ter sistemas como aquecimento, canalização e electricidade e realizar isso num espaço muito limitado. Um barco vive num ambiente muito diferente de uma casa, fica na água. Também precisa de se mover. Isso traz muitas complicações.

Nesta tese, estudam-se os elementos básicos do design do veleiro, tais como as leis físicas que regem um barco na água, a organização espacial ou a arquitectura de interiores, cabine e área do convés, os sistemas a bordo e os métodos de construção de um barco de fibra de vidro e como esses elementos se influenciam.

A pesquisa é então a base para o projecto de um veleiro monocasco de 10 metros de comprimento. Os interiores de veleiros foram antes projectados por arquitectos, mas esta tese visa encontrar se houver algo que a abordagem do design holístico ensinado na arquitectura possa ser aplicada ao design do veleiro. Ao pensar sobre a estrutura, os materiais, a organização do interior e exterior em conexão com o ambiente circundante, todos juntos como um todo e vê-lo influenciar o resultado.

O conceito principal do projecto resultante é um barco onde as barreiras entre espaços são minimizadas. Em vez de anteparos interiores formando cabines, cozinha de bordo e salão em espaços separados, os caixilhos em anel suportam o casco e abrem o espaço abaixo numa área. A conexão entre o interior e o exterior é transformada completamente da estritamente padronizada gaiuta de escotilha para uma estrutura ampla, translúcida e aberta que forma partes verticais e horizontais do tecto da cabine. Combinado com um painel aberto que liga o mar ou a doca flutuante ao chão do cockpit, a linha de espaços ao longo da linha central de trás do barco até a proa são utilizáveis juntos, fazendo melhor uso do espaço limitado num veleiro.

Abstract:

Sailboat design is a subject that overlaps on many levels with architecture. A cruising sailboat has to perform all of the same functions as a house, provide shelter, have systems such as heating, plumbing and electricity and accomplish this in very limited space. A boat lives in environment very different from a house, it sits on water. It also needs to move. This brings many complications.

In this thesis the basic elements of sailboat design are studied, such as the physical laws governing a boat in water, the spatial organization or architecture of the interiors, cockpit and deck area, the on-board systems and the construction methods of a fiberglass boat, and how these elements influence each other.

The research is then the basis for the design of a 10 meter long, monohull sailboat. Sailboat interiors have been designed by architects before, but this thesis aims find if there is something that the wholistic design approach taught in architecture can be applied to sailboat design. By thinking about the structure, materials, organization of the inside and outside in connection with the surrounding environment all together as a whole and seeing it will influence the result.

The main concept of the resulting project is a boat where the barriers between spaces are minimized. Instead of interior bulkheads forming cabins, galley and saloon in separated spaces, ringframes support the hull and open the space below into one area. The connection between the inside and outside is transformed completely from the standard narrow companionway to a wide, translucent and openable structure forming both vertical and horizontal parts of the coachroof. Combined with an open transom linking the sea or floating dock to the cockpit floor, the row of spaces along the centerline from behind the boat to the bow are usable together making better use of the limited space on a sailboat.

Dissertação traduzida da língua inglesa para a língua portuguesa, sem aplicação do acordo ortográfico, respeitando o contexto da informação prestada pela versão original.

Sumário:

Abstracto	2
Abstract	3
1 Introdução e motivação	7
2 Pesquisa sobre as várias partes do design do veleiro	11
2.1 A física de um veleiro	13
2.2 Layout da cabine, do convés e do cockpit	21
2.3 Sistemas	45
3 Construção do casco e do convés – Plástico reforçado com fibra	49
4 Conclusões da pesquisa e processo do design	61
5 Design final	73
5.1 Desenhos arquitectónicos	85
5.2 Geometria do casco, planta da vela, equipamento	87
6 Conclusões	91
Glossário de termos e expressões técnicas (Português – Inglês):	93
Bibliografia	95

1. Introdução e motivação

Crescer perto do mar teve um grande impacto na minha percepção das paisagens. Acredito que, quando somos jovens, formamos uma conexão profunda com a tipologia do que nos rodeia. Eu cresci numa rua ao pé do mar. Todas as manhãs a caminho da escola, eu tinha que enfrentar os ventos nórdicos vindos do oceano Atlântico, e as ondas poderosas a pulverizar a água do mar na rua e em mim. Na altura esta caminhada matinal para a escola, quase sempre na escuridão do inverno, não me pareceu ser uma experiência particularmente positiva ou influente. Agora, mais recentemente, depois de viajar pelo mundo e viver em lugares diferentes, essa imagem e sensação do oceano reaparecem na minha mente, chamando-me de volta.

O meu pai, juntamente com alguns amigos, era dono de um veleiro de 35 pés durante cerca de 10 anos. Durante aqueles anos eu aprendi a velejar. Participámos em corridas e navegámos por vários lugares e cidades à volta da Islândia. Desde que ele vendeu o barco no ano passado, eu tenho andado a pensar em comprar o meu próprio barco e, por isso, tenho vindo a pesquisar diferentes tipos de barcos à venda no mercado, as suas várias qualidades e o seu design.

Isto despertou o meu interesse em design de barcos, um assunto que coincide em muitos níveis com a arquitectura. A maioria dos barcos produzidos hoje em dia têm um design cada vez mais genérico para manter os custos mais baixos e comercialização mais alta, como a praticidade e eficiência de produção em massa reduz os factores de custo em todos os níveis. “O iate único, concebido individualmente, se foi, com a excepção das máquinas de corrida de topo. Construtores de barcos de produção devem vender um design para o maior número de compradores possível. Os construtores precisam de pensar em centenas, mesmo em milhares, porque o grande investimento de capital está envolvido.”¹

No passado, ter um veleiro era muito mais caro, uma vez que o design e a construção da maioria dos barcos eram feitos conforme o pedido do proprietário. A produção em massa trouxe acessibilidade e com isso mais pessoas ao desporto de navegação à vela e ao modo de vida que acompanha a vida na água. Dito isto, algo se perdeu.

1 Hugo de Plessis, *Fiberglass Boats*, London, 2006, p. 2

Os mais ricos ainda têm os seus super-iates com design à medida, mas esta é apenas uma pequena porção dos barcos à vela construídos actualmente. Juntamente com a oportunidade de fazer o design de um veleiro para mim de acordo com os meus próprios parâmetros, uma investigação e consequente projecto em design de veleiro tem na minha opinião grandes possibilidades de ser um exercício arquitectónico valioso.

Com o espaço limitado que um veleiro tem, desenvolvendo soluções intrincadas para muitos dos mesmos programas encontrados em arquitectura de casas e o estudo de diferentes materiais e as suas qualidades de construção, esta dissertação pode fornecer-me novos conhecimentos e ideias que eu posso levar comigo no meu trabalho futuro como arquitecto.

A forma complexa de um casco será um exercício criativo em geometria. Trabalhando com os métodos geométricos que um arquitecto naval usa, o desenho de linhas, incluindo os conjuntos de linhas em vários planos como por exemplo as estações, linhas de flutuação, retaguardas e diagonais, é uma maneira intrigante de interpretar formas em duas dimensões.

Alguns arquitectos notáveis já exploraram a área do design de veleiro e de iate. Sir David Chipperfield, que regularmente navega no seu veleiro da sua casa, em Espanha, a norte do Porto, fez recentemente o design do interior de um barco de cruzeiro de fibra de carbono de 80 pés em parceria com a Brenta Design. A empresa Foster and Partners fez o design de interiores para alguns iates de vela grandes. Estes exemplos e outros mostram como os arquitectos podem trazer os seus conhecimentos e experiência para o design de veleiro. Eu quero explorar mais, ver se a arquitectura pode trazer algo para o design holístico de veleiros, não apenas os seus interiores. Quando estudamos arquitectura, aprendemos como os interiores, os exteriores, a forma e a construção de um edifício estão conectados como um todo e não vejo nenhum motivo para que isto não possa ser aplicado também ao design de veleiros. O campo da Arquitectura Naval é altamente complicado e especializado e deve ser respeitado como tal, mas esta investigação pode iluminar algum terreno comum de conhecimento actualmente negligenciado ou subvalorizado.

Uma das coisas que eu gostaria de aprender com esta pesquisa é ver como a arquitectura naval e o design dos interiores de barcos se sobrepõem com a arquitectura. Sejam elas materiais de alto desempenho como fibras compostas, velas, peças de armação, etc. ou detalhes que têm que suportar as forças extremas da natureza a que os barcos estão sujeitos.

Ideias preliminares para o barco

Tendo pensado no design de barcos já há algum tempo, eu já tenho muitas ideias e esboços feitos, que a investigação em algumas partes irá melhorar e noutras irá mudar completamente. O meu objectivo principal é fazer o design de um barco que mais tarde terei a possibilidade de construir por mim próprio. Os parâmetros iniciais, que não estão de forma alguma completamente decididos, são os seguintes: Um monocasco de chalupa Bermuda equipada de 24-28 pés de comprimento, construído em fibra de vidro usando um método sanduíche onde duas camadas de fibra de vidro envolvem um núcleo de espuma. O casco e o convés serão construídos em moldes macho construídos em madeira. O meu objectivo é ter o espaço limitado no barco com um design otimizado e minimalista, permitindo que a sua utilização, quer na navegação marítima como na marina, seja flexível e aberta.

Algumas das ideias de design incluem um cockpit aberto e amplo que permita fácil acesso da doca flutuante e um espaço amplo para velejar e viver. Maximizando a conexão entre o interior e o exterior, criando uma solução diferente e mais aberta para a gaiuta de escotilha. Será necessário encontrar um equilíbrio relativamente à altura do bordo livre, sacrificando por um lado espaço dentro do barco e por outro lado a resistência dos ventos e correntes de ar. O interior deve ser confortável mas minimalista. Um equilíbrio entre a funcionalidade, força e peso dos materiais plásticos compósitos e o conforto e a sensação de materiais mais quentes como a madeira e o tecido. A viabilidade de componentes interiores, como cozinha, casa de banho e muitos outros que a investigação e o processo de design irão iluminar.

2. Pesquisa nas diferentes partes do design de veleiro

Na parte da pesquisa desta tese, examinarei as diferentes partes de um veleiro em detalhe. Para alcançar um entendimento básico das várias partes do barco, cada subcapítulo irá se focar nos diferentes aspectos do design de veleiro.

Embora esses aspectos do projecto estejam completamente interligados e se influenciarão um ao outro, como ponto de partida analisarei cada parte separadamente para formar um entendimento do que é necessário.

Em geral, pode-se dizer que “todos os barcos são um compromisso de quatro factores básicos: navegabilidade, conforto, desempenho e custo.”¹

Factor	Seaworthiness	Comfort	Performance	Cost
America's cup racer	5%	1%	92%	2%
IOR racer	25%	10%	60%	5%
Ocean cruiser	30%	30%	20%	20%
Coastal cruiser	25%	25%	25%	25%
Weekender	20%	20%	25%	35%
Daysailer	15%	15%	30%	40%

2

O desempenho e os factores de navegabilidade dos veleiros são partes muito complicadas da arquitectura naval, e seria ridículo tentar projectar um corredor do oceano – ocean racer – como um primeiro design. Compreender os princípios básicos por detrás da física que regem um veleiro é deveras importante para criar uma embarcação segura que realmente se mova.

O foco principal desta pesquisa é, portanto, a organização do espaço interior e exterior, observando exemplos de diferentes tipos de barcos, antigos e novos, rápidos e lentos. É aqui que os campos da arquitectura e da arquitectura naval mais se sobrepõem e é provavelmente o mais interessante para um arquitecto.

1 Ted Brewer, Understanding boat design, Maine, 1994, p. 1

2 Ted Brewer, Understanding boat design, Maine, 1994, p. 2

A escolha dos materiais para o interior é uma outra questão interessante e complicada, tanto do ponto de vista constructivo quanto do estético. O ambiente em que um barco vive é muito mais exigente do que uma casa. Tudo fica molhado, há muita humidade e a distribuição de peso é um factor crucial no desempenho de um barco. Assim sendo, todos os materiais devem ser cuidadosamente seleccionados com isso em mente, sem esquecer o elemento humano, o tacto, a sensação e a conexão cognitiva que temos com cada material.

Alguns pesos serão dados ao estudo dos sistemas de bordo, como a electricidade, a canalização e o motor. Isso inclui principalmente a identificação da produção requerida para cada sistema e como e onde esses sistemas são geralmente organizados num veleiro.

2.1 A física de um veleiro

Neste capítulo, discutirei os "mecanismos que regem a interação entre um barco e o mundo que o rodeia - os dois fluídos de ar e água"¹. O objetivo deste capítulo é de entender, pelo menos em alguma parte, como um veleiro se comporta no seu próprio ambiente e, em seguida, como vários factores de design influenciam esse comportamento. Um casco de veleiro não possui uma só forma perfeita. Diferenças em várias partes do barco, geometria do casco, velas, plataformas e apêndices, influenciam o comportamento do barco. Este capítulo tentará descobrir quais e como é que os atributos geométricos influenciam o desempenho, conforto e navegabilidade.

"Os veleiros operam na interface entre dois fluídos muito diferentes: ar e água. Eles obtêm propulsão do primeiro e apoio do último"². As principais forças físicas a que um veleiro é submetido podem ser categorizadas em três partes. Forças aerodinâmicas, forças hidrodinâmicas e hidrostáticas. Um veleiro funciona como uma máquina complicada, com forças agindo em várias direcções em diferentes partes do barco, acima e abaixo de água. Todos precisam de se equilibrarem para criar uma embarcação em movimento estável. Este capítulo em caso algum pretende incluir a compreensão abrangente desses elementos necessários para projectar um veleiro. Pretende ser uma introdução aos conceitos e variáveis que um designer de veleiro precisa de entender, para que as decisões de design possam ser feitas com eles em mente.

1 Fabio Fossati, Aero-hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts, Milano, 2007, p. XI

2 Fabio Fossati, Aero-hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts, Milano, 2007, p. XII

Aerodinâmica

A vela de um veleiro funciona de forma semelhante a uma asa de um avião. Visto que a vela é curva, o ar na parte de fora da vela tem que viajar mais longe e, posteriormente, mais rápido do que o ar no interior, criando uma diferença de pressão no interior e exterior da vela. A "alta pressão é criada para o barlavento e uma área de sucção é criada para o sotavento da vela"³, resultando numa força perpendicular ao alinhamento da vela.

Visto que a força não está na mesma direcção que o movimento do barco, mas numa direcção perpendicular à vela, "a força líquida do vento na vela pode ser quebrada para cima ou "resolvida" num componente ao longo da direcção do movimento do barco e um componente perpendicular ao movimento do barco. É o componente na direcção de movimento que realmente impulsiona o barco ao longo do seu caminho, é claro."⁴

Temos então a força motriz movendo o barco para frente, e a força de lado aerodinâmica empurrando o barco de lado e faz com que ele se incline. Enquanto a força motriz direcciona o barco para a frente, a força de inclinação deve ser combatida pelo braço de endireitamento, cujos componentes são uma função da distribuição de forma e peso do barco.

Resistência aos ventos

Quando o barco se move através da água, também se move através do ar, que o desacelera. Portanto, todas as partes do barco devem ser aerodinâmicas e tão baixas quanto possível.

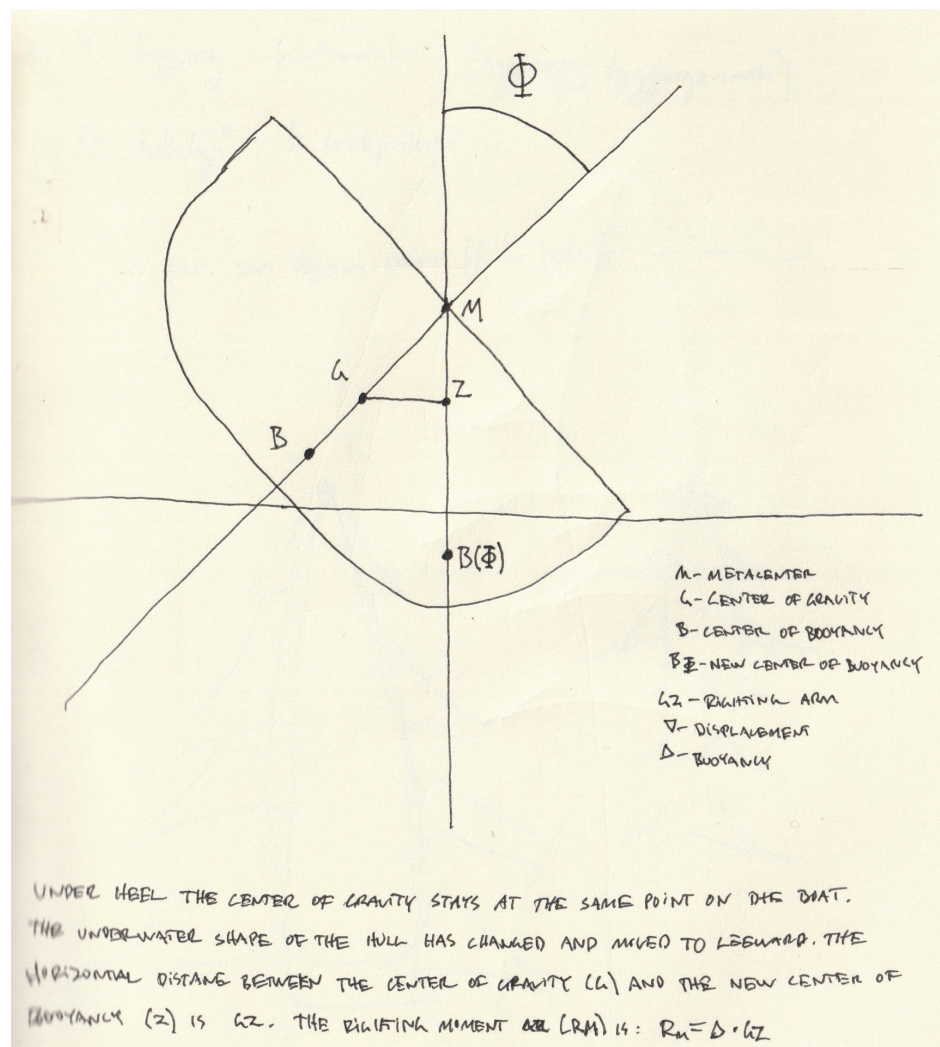
3 Fabio Fossati, *Aero-hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts*, Milano, 2007, p. 92

4 Bryon D. Anderson, *The Physics of Sailing Explained*, New York, 2003, p. 74

Hidrostática

Quando um barco fica equilibrado na água, o seu centro de gravidade e o centro da flutuabilidade estão ligados na mesma linha vertical. O centro de gravidade é a massa de todo o barco centrada num ponto. O centro da flutuabilidade é o centro geométrico do corpo subaquático do barco.

Com um veleiro em curso "a força aerodinâmica F_A é aplicada ao centro do plano de vela CE (também conhecido como o centro aerodinâmico de esforço), ou seja, para apontar a uma certa altura acima da superfície da água. Isto significa que a força de inclinação aerodinâmica F_H não apenas empurra o barco de lado (isto é, força-o a dar margem de manobra), mas também tem o efeito de criar um casal de inclinação – heeling couple – no barco que tende a incliná-lo a sotavento.”⁵



5 Fabio Fossati, Aero-hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts, Milano, 2007, p. 9

Quando o barco se inclina, a forma do corpo do casco submerso muda e, portanto, também o centro de flutuabilidade. Com o centro de gravidade agindo para baixo e o centro de flutuabilidade agindo para cima, fora do alinhamento, um braço de endireitamento é criado.

"Este momento de inclinação é equilibrado pelo momento de endireitamento decorrente do facto de que quando o barco se inclina, o peso W e a força de flutuação Δ , e embora eles se equilibrem um ao outro como descrito anteriormente, agem em duas linhas rectas separadas por uma distância b que depende do grau de inclinação. O momento de endireitamento é dado por: $RM = \Delta * b$ "⁶

Num sentido de design prático, existem três maneiras de aumentar o momento de endireitar e, portanto, aumentar a estabilidade e o potencial de mais vela e poder. Aumentar o deslocamento, baixar o centro de gravidade e alargar o casco.

Aumentar o deslocamento ampliará as forças de flutuabilidade e gravidade trabalhando contra o movimento de inclinação, mas o peso aumentado obviamente tornará o barco mais lento.

Reduzir o centro de gravidade, é sempre benéfico, excepto que num sentido prático, significa adicionar baixo lastro no barco, seja no porão ou por uma lâmpada na parte inferior da quilha que adiciona peso.

Com um casco mais largo, as mudanças no corpo subaquático do casco são mais dramáticas enquanto o barco se inclina, e o novo centro de flutuabilidade se move mais rápido para sotavento. A desvantagem é que o ângulo de queda é menor, pois a maior estabilidade é muito menor num casco largo..

Nesse sentido, o poder potencial do barco, que é o tamanho das velas, depende na maior parte da capacidade do braço de endireitar contrariar a força de inclinação.

Alguns barcos novos têm quilhas de inclinação e lastro de água móvel que podem mover o centro de gravidade para barlavento. "O poder então vem mais do termo Gz (distância horizontal do centro de gravidade ao centro da flutuabilidade) do que do termo D (deslocamento) na fórmula do momento de endireitação $Rm=D*Gz$."⁷ Estes são sistemas complicados maioritariamente usados em barcos que são projectados para planar e precisam ainda de mais área de vela.

6 Fabio Fossati, Aero-hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts, Milano, 2007, p. 9

Hidrodinâmica

As forças hidrodinâmicas que actuam num iate de vela podem ser categorizadas em dois grupos, "forças de resistência, que agem contra o movimento do iate, e as forças de elevação, que agem perpendicularmente às forças do movimento"¹. A força de elevação hidrodinâmica funciona da mesma forma para o elevador aerodinâmico nas velas. Quando a quilha se move através da água, não atravessa a água directamente ao longo da linha central. Por causa da inclinação do barco e o facto de que o barco não se está a mover ao longo da sua linha central por causa da margem de manobra, a pressão da água é diferente de um lado para o outro. Isto causa levantamento que parcialmente contraria a maré que o barco faz por causa da força lateral aerodinâmica nas velas.

As forças de resistência são categorizadas em "cinco principais componentes de resistência, a resistência viscosa, resistência das ondas, resistência à inclinação, resistência induzida e a resistência adicional nas ondas"². No caso de veleiros, toda a energia que direcciona o barco para a frente vem do vento nas velas e é, portanto, relativamente baixo para um veleiro pesando algumas toneladas. É então imperativo manter todas as forças de resistência num mínimo. A resistência viscosa e a resistência das ondas são, de longe, as maiores forças e agem em diferentes situações. "Em baixas velocidades, o componente dominante é a resistência viscosa devido a forças friccionárias entre o casco e a água. A fricção dá origem a reviravoltas de diferentes tamanhos, que contêm energia deixada atrás do casco na vigília. Este componente aumenta relativamente devagar com a velocidade, em oposição ao segundo componente, a resistência das ondas, que ocorre porque o casco gera ondas, transferindo energia para longe"³.

Resistência viscosa

A resistência viscosa é a resistência de fricção entre o barco e a água que o envolve. "Quando um barco se move através da água, cria turbulência no fluido que o cerca, o que produz resistência ao seu movimento"⁴. Do ponto de vista do design, é evidente que o barco deve ser o mais suave possível para minimizar essa força de resistência. "Primeiro, uma vez que o atrito actua sobre a superfície do casco, minimizar a área de superfície molhada deve ser vantajoso. Esta melhoria é responsável pelo aumento de velocidade do novo design da década de 1960, quando a quilha da aleta foi introduzida, marcando uma considerável redução da superfície molhada"⁵.

1 Fabio Fossati, Aero-hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts, Milano, 2007, p. 11

2 Lars Larsson & Rolf E. Eliasson, The Principles of Yacht Design, Maine, 2007, p. 60

3 Lars Larsson & Rolf E. Eliasson, The Principles of Yacht Design, Maine, 2007, p. 58

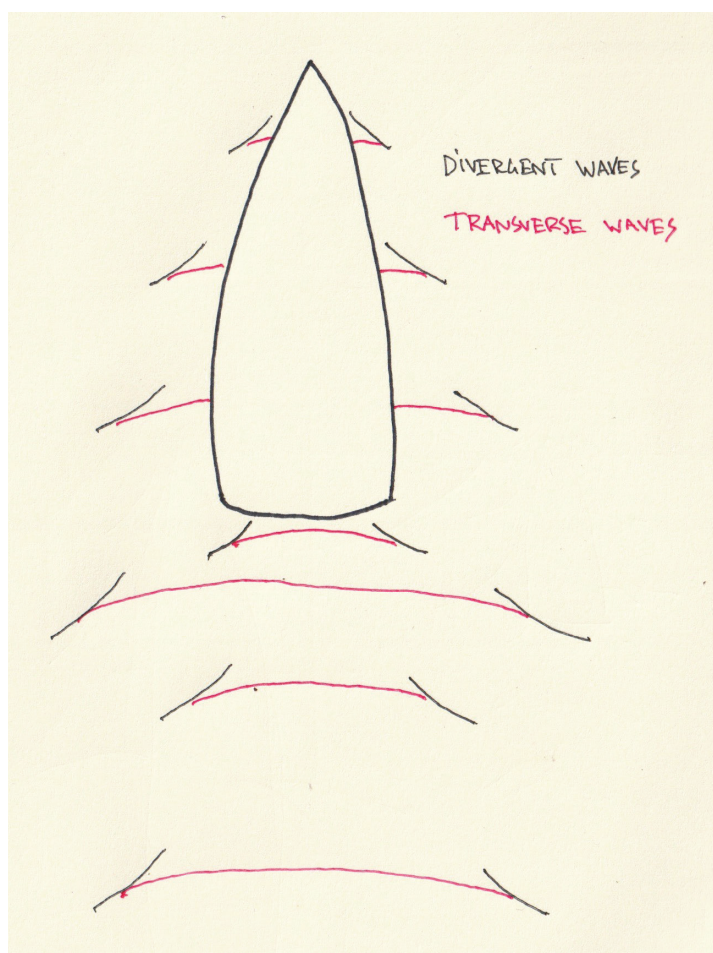
4 Fabio Fossati, Aero-hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts, Milano, 2007, p. 11

5 Lars Larsson & Rolf E. Eliasson, The Principles of Yacht Design, Maine, 2007, p. 61

Inclinação, resistência induzida e adicionada

A inclinação, a resistência induzida e adicionada são componentes que são causados pela mudança numa superfície húmida quando o barco se inclina e num movimento lateral devido à margem de manobra. As diferentes pressões sobre as partes do casco são causadas pela assimetria da superfície molhada e maior pressão do lado de sotavento porque o barco não se move completamente ao longo da linha central.

Resistência à onda



"Quando o casco se move através da água produz dois sistemas principais de onda, um na proa e o outro na popa"⁶. Ambos os sistemas de onda criam duas séries de ondas, ondas divergentes que saem do barco num ângulo de ca. 20°, e as ondas transversais, que se movem junto do barco. "O dois sistemas de ondas divergentes não podem interagir um com o outro, sendo que o sistema de proa é sempre mais amplo que o sistema de popa"⁷.

Como os dois sistemas de ondas transversais viajam na mesma direcção e o seu tamanho cresce com o aumento da velocidade do barco", é então claro, dependendo da velocidade do barco, a onda produzida na proa pode chegar a popa exactamente em fase com a onda produzida lá, e, como resultado, os efeitos são adicionados juntos e o barco deixa para trás uma enorme onda de popa"⁸.

6 Fabio Fossati, Aero-hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts, Milano, 2007, p. 16

7 Fabio Fossati, Aero-hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts, Milano, 2007, p. 17

8 Fabio Fossati, Aero-hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts, Milano, 2007, p. 17

O tamanho das ondas também aumenta com a velocidade e "à medida que o barco se move mais rápido, a onda gerada na proa começa a ter um comprimento maior e longo, e é preciso menos e menos ondas para chegar à popa, até que finalmente haja apenas uma onda ao longo do lado do barco. Esta onda tem uma crista ou pico na proa feito pela proa enquanto empurra para a água, uma calha ao longo do centro do barco e outra crista na popa do barco"⁹.

"A este ponto, se o barco se mover mais rápido, a onda se tornará ainda mais longa, e a popa começará a cair na calha para que o barco seja inclinado para cima e comece a arar profundamente pela água. A resistência ao movimento frontal então aumenta dramaticamente e, a menos que haja energia suficiente para habilitar o barco a saltar no alto da onda da proa e começar a planar, a velocidade do barco atinge um máximo natural"¹⁰.

Essa velocidade máxima, chamada velocidade do casco ou velocidade crítica, é, portanto, uma função do comprimento da linha de comprimento de flutuação do barco.

Velocidade crítica $VC = EWL = 1.25 \cdot \sqrt{EWL}$ – EWL é o comprimento efectivo da linha de flutuação para um barco de 33 pés, a velocidade crítica seria $1.25 \cdot \sqrt{33} = 7.18$ kts

Em conclusão, deve ser encontrado um equilíbrio, considerando que um barco mais largo tem mais estabilidade inicial e também mais espaço interior, mas menor estabilidade final e ângulo de capotar.

A superfície do barco deve ser o mais suave possível.

Quanto maior o comprimento da linha de flutuação, maior a velocidade máxima do barco, sendo que o barco irá afundar pelas ondas criadas na proa quando o seu tamanho corresponder ao tamanho do barco.

9 Bryon D. Anderson, *The Physics of Sailing Explained*, New York, 2003, p. 9

10 Bryon D. Anderson, *The Physics of Sailing Explained*, New York, 2003, p. 9

2.2 Layout da cabine, do convés e do cockpit

Este capítulo incidirá sobre as diferenças de design em conexão com a função intencional do barco. Examinará diferentes planos de layout interior e exterior, em barcos antigos e novos, identificando ideias, exemplos, problemas comuns e inspiração para o design.

Tendo já estabelecido alguns parâmetros de partida básicos para o projecto; um Monocasco de 24-28 pés de comprimento, deslocamento médio, destinado para a navegação diurna com uma pequena cozinha de bordo e com 4-6 beliches para dormir. O barco também deve ser capaz de participar em algumas corridas de clubes. Os barcos estudados são de tamanhos semelhantes e o objectivo principal é estudar a organização do espaço, a localização e o número de beliches de dormir, a configuração e o tamanho da cozinha de bordo, disposição de assentos no salão, etc.

Um dos itens mais complicados para encaixar e instalar num pequeno veleiro é o banheiro ou casa-de-banho. Nem todos os veleiros têm banheiros, e para um pequeno navegador diurno – daysailer – é um luxo que ocupa muito espaço.

A área no convés e o cockpit não devem funcionar apenas adequadamente para os marinheiros controlarem o barco, mas também para estar, relaxar, comer e outras actividades recreativas. O equipamento de direcção e escotas para controlar as velas encostadas para o cockpit, às vezes nas trilhas e através das rolhas, deve encaixar no design geral do barco e ser arranjado para que as condições de trabalho sejam seguras e para que o cockpit e o resto da área do convés seja um lugar confortável para estar.

Todas essas peças precisam de se unir para que um bom projecto seja realizado e especialmente se o conceito de abrir a gaiuta da escotilha de passagem, numa conexão mais fluída entre o interior e o exterior, tenha sucesso.

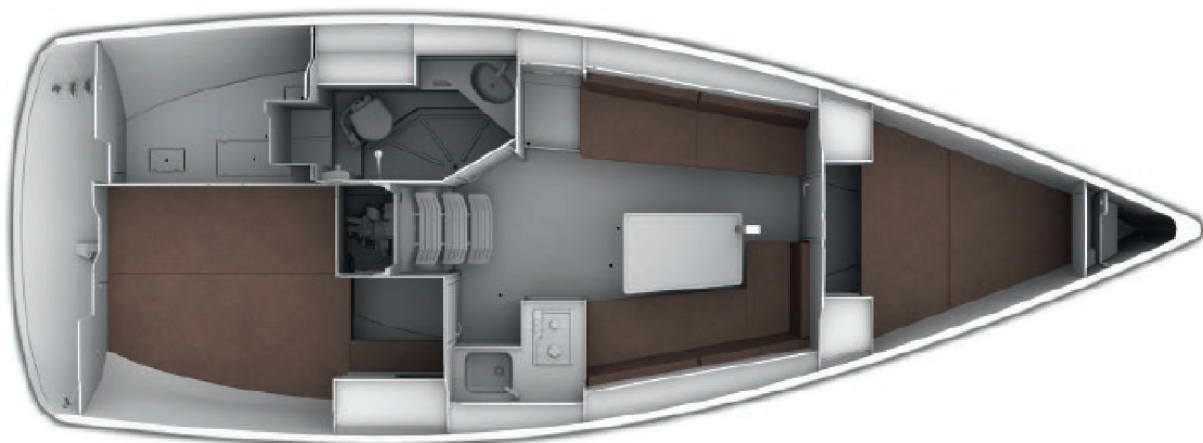


Fig 1. Bavaria Easy 9.7 - Vista da planta de perspectiva

Bavaria Yachts é um dos mais produtivos estaleiros de barcos de produção em massa no mundo. Este modelo recente, o Bavaria Easy 9.9 de 2015, é um bom exemplo de um padrão moderno de layout abaixo do convés. A popa é ocupada por uma cabine de beliche em V com dois armários pendurados, um uso muito lógico do fim do barco.

A cabine de popa é dividida com uma parede, o que não é incomum para um barco desse tamanho, criando uma área de dormir privada para dois. Isso deixa-o com dois pequenos espaços, o salão e a cabine e com uma quantidade tão limitada de espaço, na minha opinião, sacrificando alguma privacidade e combinando a área do salão e cabine poderia ser uma característica interessante.



Fig 2. Bavaria Easy 9.7 - Interiores, salão e porta para cabine dianteira



Fig 3. Bavaria Easy 9.7 - Os lados do tecto da cabine se estendem de volta ao cockpit, formando encostos para os assentos e aumentam a altura do tecto na cabine e na casa de banho.

A grande altura do bordo livre e o tecto da cabine que se eleva, deste Baviera permitem que ele tenha um grande banheiro com um chuveiro no seu comprimento. A cabeça e a cozinha de bordo estão localizadas em cada lado das escadas da gaiuta da escotilha de passagem. É aqui que há mais espaço livre e boa ventilação. Outra vantagem desta localização é que é aí onde o movimento do barco é menos sentido, tornando o espaço mais manobrável sob movimento em mares difíceis. A cozinha de bordo é em forma de L, com dois bicos de lâmpada posicionados em cima do frigorífico, e com a estrutura estendendo-se apenas ligeiramente para a linha central, não há muito por onde se apoiar.

Ao sacrificar algum espaço de armazenamento e ter uma cabine de popa de estibordo, este veleiro, sob 10 metros, pode acomodar confortavelmente 6 passageiros. Este é um barco de cruzeiro apropriado, com uma grande altura do bordo livre e o tecto da cabine a prolongar-se bem para trás. A sua aparência voluminosa provavelmente não é muito atraente para marinheiros orientados para o desempenho.

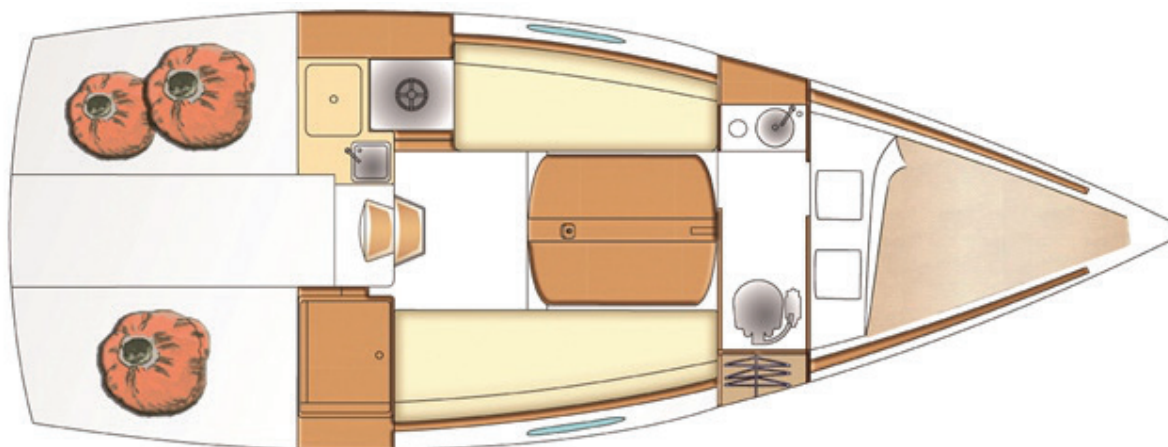


Fig 4. Beneteau First 25 -modelo de 2016 – Vista de planta

Neste veleiro de 7,9 metros de comprimento de Beneteau, os designers optaram por colocar a retrete e lavatório na câmara de divisão entre a cabine dianteira e o salão. À medida que todas as outras dimensões diminuem com um barco mais curto, o espaço sob os assentos do cockpit torna-se muito limitado para um banheiro.

Neste barco, como é o arranjo moderno mais comum, a cozinha está na parede externa do lado de fora, apenas para a frente da gaiuta da escotilha de passagem e a mesa de cartas voltada a popa está no lado oposto. Com os assentos no salão fornecendo dois beliches adicionais, embora apenas um comprimento total, para o beliche em V na cabine dianteira e não há necessidade de mais beliches num barco tão pequeno, não há cabines ou quartos de beliches e, em vez disso, espaço de armazenamento suficiente para velas e outros equipamentos de vela.



Fig 5. Beneteau First 25 – modelo de 2016 – Interiores, salão e cozinha de bordo, voltado a popa.

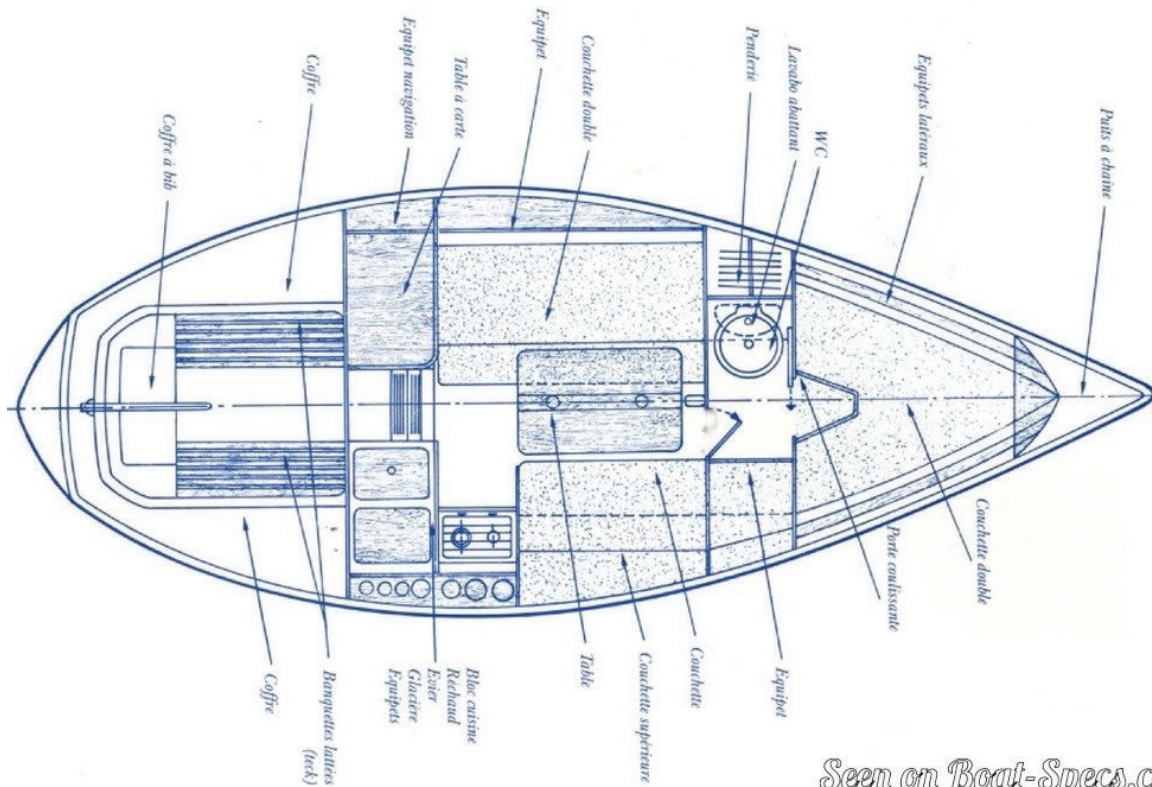


Fig 6. Beneteau first 27 – modelo de 1978

Arranjo inferior muito semelhante, de Beneteau, num modelo quase 40 anos mais antigo do que aquele da página anterior. Além do banheiro e equipamento de cozinha estando espelhados em toda a linha central, tudo está no mesmo lugar. O formato do casco é diferente na vista de planta, com uma onda muito mais estreita, uma forma mais comum desta era.

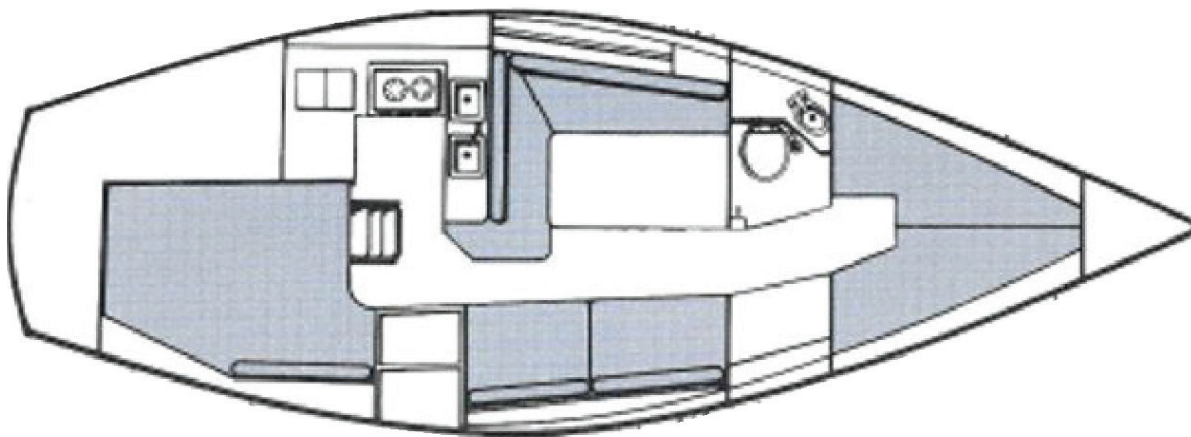


Fig 7. Catalina 30 MkII – modelo de 1986 – Vista de planta

Este veleiro Catalina de 30 pés americano tem características únicas para o seu design. Aqui, a parede da cabeça separa parcialmente o salão do beliche em V. A cabine de popa ou compartimento-quarto está completamente aberta ao salão, com o cockpit aparentemente flutuando. O espaço sob o cockpit é muito bem usado, com este pequeno barco facilmente dando dormida a seis pessoas. Com tanto espaço designado para o compartimento de beliche, o armazenamento de cabine para velas, molhelhas e outros equipamentos de vela são mínimos. A cozinha e a mesa de cartas estão nas suas localizações usuais, no lado do porto, abaixo das escadas da gaiuta da escotilha de passagem. Um aspecto interessante deste design é que, além do lazarette na popa e do paiol da amarra da proa, os interiores estão abertos de frente para trás.



Fig 8. Catalina 30 MkII – modelo de 1986 – Interiores

A regra geral parece ser que o beliche em V é sempre o melhor uso da área frontal. O banheiro está localizado sob os assentos do cockpit de um lado, mas se o barco é muito pequeno, então está entre a cabine dianteira e o salão. Se o barco é um pouco maior (geralmente mais de 40 pés de comprimento), a cabine do beliche em V é uma cabine mestre espaçosa com um banheiro privado. Em barcos nesta categoria de tamanho, a cozinha de bordo é quase sempre logo abaixo da gaiuta da escotilha de passagem, geralmente no lado da porta e há uma boa razão para isso. Como explicado no livro *The Principles of Yacht Design*:

"Hoje, o local comum para as gaiutas da escotilha de passagem está ao lado da gaiuta de escotilha, e existem algumas boas razões para isso. Esta é a área onde os movimentos de arremesso violentos são os menores, o cozinheiro não está isolado da tripulação, a ventilação através da gaiuta da escotilha de passagem é boa e os alimentos podem ser passados para o cockpit facilmente"¹. Sob o cockpit, há cabines de popa ou compartimentos de beliche, uma casa de banho de um lado, ou espaço de armazenamento ou alguma combinação desses espaços.

Quanto mais veleiros destinados a cruzeiro forem estudados, juntamente com o esboço e o próprio design, mais fica claro que a organização do espaço abaixo do convés não muda muito ao longo do tempo, e com bom motivo. É um espaço muito pequeno e provavelmente foi encontrado algo aproximado ao arranjo. Cada design de barco novo traz algumas variações no arranjo clássico, mas as partes principais encontraram o seu lugar.

1 Lars Larsson & Rolf E. Eliasson, *The Principles of Yacht Design*, Maine, 2007, p. 301

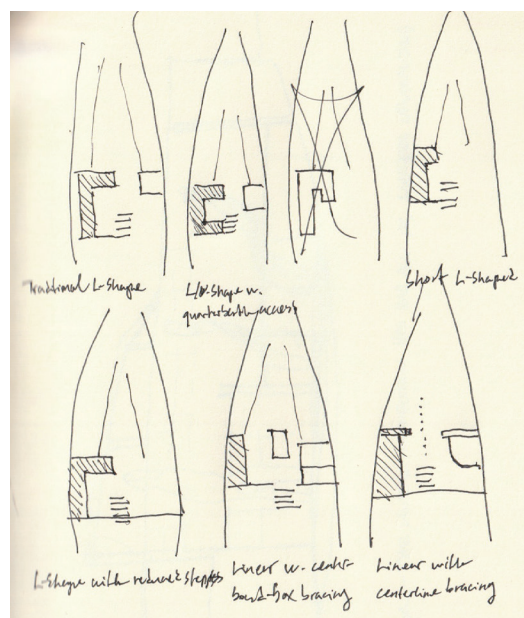
Design da cozinha de bordo

Uma vez que a localização foi estabelecida para a cozinha de bordo, ao lado da gaiuta de escotilha de passagem para facilitar o acesso ao cockpit, boa ventilação e o espaço livre máximo, a próxima coisa é olhar para o que constitui uma cozinha de bordo para veleiro e como está organizada.

As cozinhas de bordo para veleiro variam muito, desde um armário para biscoitos a uma pequena cozinha profissional, dependendo do tamanho do barco e do uso pretendido. Para veleiros destinados a cruzeiro no suporte de tamanho de 20-40 pés, não é incomum encontrar as mesmas coisas que numa cozinha residencial, mas em menor escala. O equipamento de cozinha que eu acho que é adequado para este projecto é constituído por uma geladeira, queimadores de gimbal e forno e uma pia. Espaço de trabalho amplo também é muito importante. Um armazenamento adequado é facilmente encontrado, tal como a forma irregular do barco deixa muitos espaços não muito aplicáveis a qualquer outra coisa. Um congelador seria uma vantagem, mas não é realmente uma necessidade.

Forma da cozinha de bordo

Como a cozinha de bordo é um espaço onde se vai estar parado e a trabalhar, geralmente com coisas perigosas, como facas ou fogo, às vezes em curso e em inclinação por algum tempo, é muito importante ter objectos de apoio. Cozinhas de bordo em forma de J, G ou L pode dar à pessoa que cozinha, móveis para se apoiar. Com uma cozinha de bordo linear, precisará de ser capaz de se amarrar com um arnês, que pode ser anexado às paredes. Uma cozinha de bordo linear tem a vantagem de deixar mais espaço aberto para cozinhar, mudar de roupa, dançar e outras coisas importantes. Para este design outra vantagem da cozinha de bordo linear é como ela complementa uma gaiuta de escotilha de passagem translúcida e muito larga, que é um dos principais conceitos do barco.



Layout do cockpit e do convés

O layout do cockpit e do convés não é menos importante do que o layout da cabine inferior. É aqui que o velejar acontece.

Assim como em baixo, a organização do espaço no cockpit varia muito para o uso pretendido do barco. Por exemplo, "o convés de corrida é uma plataforma de trabalho que tem que executar eficientemente para uma equipa bem definida com tarefas específicas. Em contraste, o convés do cruzador deve trabalhar com uma equipa menor, oferecer espaço para apanhar banhos de sol, protecção contra mau tempo"¹.

Para a navegação de curta distância, as linhas de vela maior, guinchos e bancos de rolha que controlam as várias adriças e linhas de controlo do mastro devem, de preferência, estar próximas o suficiente do leme ou do volante para que a pessoa que dirija possa alcançá-los sem libertar o controlo da direcção do barco. Devido às cargas pesadas das velas, os bancos de rolha e guinchos devem ser montados em locais no barco onde haja suficiente força estrutural. As linhas que correm do mastro à popa para o cockpit devem preferencialmente estar localizado em locais onde eles não impedem o acesso à proa. A estratégia típica na produção de barcos de cruzeiro, é direccionar as linhas em cima do tecto da cabine, com guinchos em cada lado da gaiuta da escotilha de passagem.

"O primeiro e mais importante factor de segurança a considerar no convés é o perigo de queda ao mar. Um item vital é um trilho de agarrar de comprimento total, para que se possa mover do cockpit para o convés de proa e ter algo para segurar durante todo o percurso"². Guarda proeiro (proa) e varandim (popa) são os corrimãos em cada extremidade do barco, e estão conectados por um fio de protecção sustentado por balaústres. De acordo com as regras de classe I.M.O.C.A Open 60, os "corrimãos e fio não devem ser inferiores a 60cm do convés por razões de segurança"³.

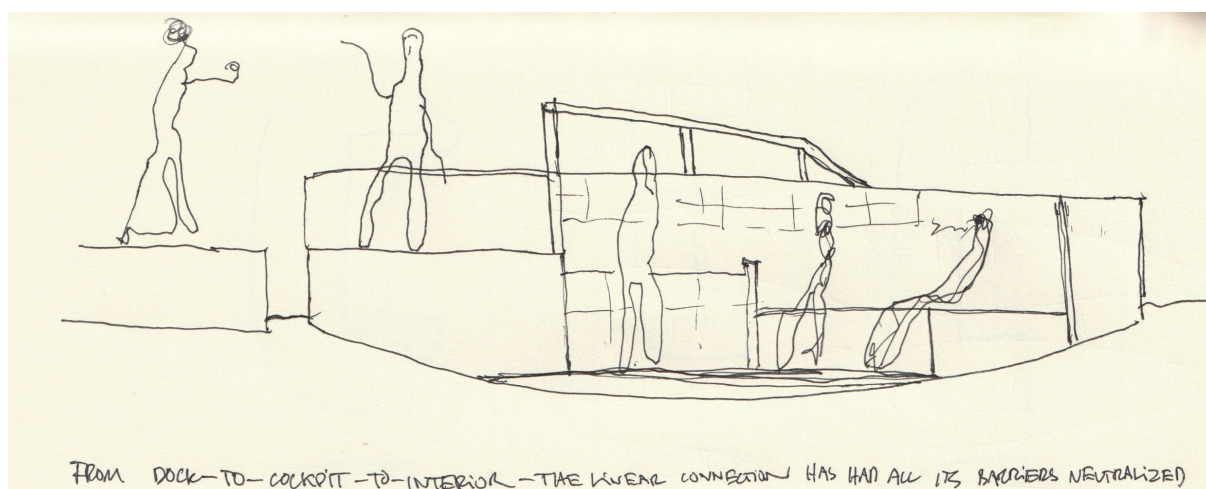
1 Lars Larsson & Rolf E. Eliasson, The Principles of Yacht Design, Maine, 2007, p. 305
2 Lars Larsson & Rolf E. Eliasson, The Principles of Yacht Design, Maine, 2007, p. 309
3 Class Rules - Open 60' ISAF International Class

Cockpit aberto ou fechado

As vantagens de ter uma popa arrasada na minha opinião superam, de longe, as desvantagens. Embora que uma pessoa possa ser um pouco mais vulnerável aos elementos da natureza, a natureza auto-drenante de um cockpit aberto irá garantir que a água volte rapidamente para o mar, do barco.

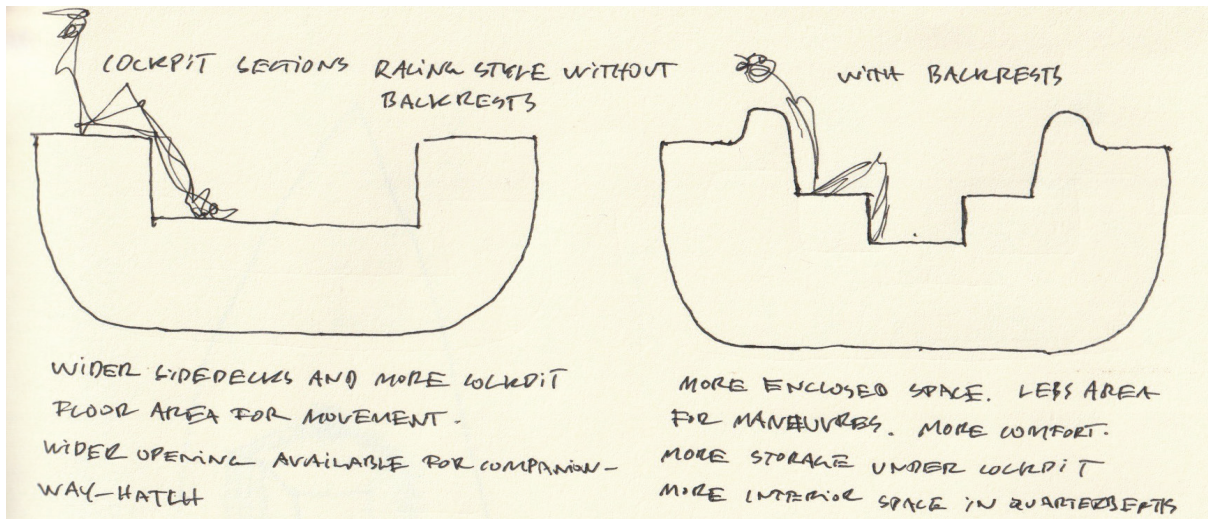
Uma popa arrasada aberta aumenta consideravelmente a área do cockpit, permitindo mais pessoas a bordo, tanto velejando como atracado. A diminuição do peso e do vento resultante da abertura da popa arrasada torna o barco mais rápido, e é por isso que a maioria dos veleiros de corrida têm popas arrasadas abertas. A popa arrasada tem, portanto, uma conexão estética no pensamento dos marinheiros para a velocidade e poder.

Na minha opinião, a maior vantagem de ter uma popa arrasada aberta é a melhor conexão que tem com o mar e a doca flutuante. Ao manter a parte traseira do cockpit aberta e livre de desordem, a área do cockpit flui naturalmente, tudo o que está por trás do barco. Os cockpits fechados são um pouco mais seguros, e para um pequeno iate destinado a navegar grandes oceanos é provavelmente mais sensato ter um cockpit fechado. Com o varandim em ambos os lados cobrindo o assento do cockpit, e tendo fios de protecção removíveis e possível um assento removível que atravessa a popa arrasada, o cockpit terá muito mais espaço e terá melhor aspecto.



A maioria dos barcos de veleiro de cruzeiro têm algum tipo de encosto embutido no assento do cockpit. É comum que o encosto seja parte do tecto da cabine, aumentando a altura do tecto numa cabine de popa ou casa de banho. Barcos de

corrida que priorizam a diminuição do vento e deslocamento sobre o espaço interior geralmente ignoram o encosto e o assento e o convés do cockpit são a mesma superfície de descarga. Outra vantagem disso é que o espaço no chão do cockpit aumenta, proporcionando aos marinheiros espaço para lidar com o barco de forma rápida e eficiente.



Neste arranjo comum, quase todo o centímetro quadrado do cockpit é usado e a área do chão é apenas a suficiente para colocar os pés. Na minha opinião, um cockpit de um veleiro de cruzeiro deve ter espaço suficiente para comer, beber, dançar e relaxar enquanto não se navega. Uma vez que os marinheiros gastam tanto, ou mesmo mais tempo no barco na marina como quando navegam, fazendo o espaço no cockpit uma característica importante do design.



Fig 9. Cockpit fechado com encostos de assento que criam espaço na cabine a popa e no banheiro.

Em veleiros de corrida, onde a velocidade é o objectivo principal, os designers tentam minimizar a força dos ventos e o deslocamento sempre que possível. Os barcos de corrida raramente têm encosto embutido, resultando numa aparência geral muito mais plana do convés, acesso mais rápido à proa e melhores condições de trabalho no cockpit.



Fig 10. Volvo Ocean 70 - Team SFS - Embora seja também um barco muito longo e largo, o único passo do cockpit ao convés faz o cockpit menos isolado dos convés laterais e da proa.

Em barcos de corrida, o espaço é necessário para os marinheiros lidarem com o barco rapidamente e de forma precisa. Um cockpit mais amplo e sem encosto proporciona alguns desafios, os marinheiros precisam de algo onde se apoiarem durante a inclinação e para contrariar os movimentos do barco. No Team SFS Volvo 70', os suportes de esteira são feitos de um material de fibra de resina composta similar ao do convés e casco e laminado ao chão do cockpit. No Seascope 18', os suportes de esteira são de madeira e provavelmente são perfurados ou colados no chão.

Como foi dito, um dos principais conceitos do design deste projecto é criar uma ampla e translúcida gaiuta de escotilha, com uma grande escotilha deslizante, criando uma melhor conexão entre o interior e o exterior, incomum em embarcações de vela menores. Neste caso, a desvantagem em ter os assentos do cockpit separados do convés lateral é que, à medida que eles estreitam a área do chão do cockpit, também diminuem a largura disponível para a gaiuta de escotilha.



Fig 11. Seascape 18 – Suportes de esteira de madeira presos ao chão do cockpit para reforço contra a gravidade enquanto durante inclinação.

Em conclusão, sacrificando alguma segurança e conforto em mau tempo, mas isso, de qualquer forma, seria apenas uma eventualidade nos cruzamentos oceânicos e não no uso pretendido para este design, é a decisão certa. Considerando as vantagens de ter uma maior área de piso do cockpit para melhor manuseio, acesso mais fácil à proa, uma gaiuta de escotilha ampla e mais espaço para estar e relaxar, para este design, o painel aberto e os convés laterais como assentos é a melhor decisão.



Fig 12. Clubswan 50 - Ao baixar a mudança de rumo junto da popa, os convés laterais transformam-se nos assentos do cockpit nas traseiras ainda tendo um assento separado mais próximo da gaiuta de escotilha.

Roda do leme vs. cana do leme.

A questão da escolha entre uma roda ou cana do leme é, como na maioria das coisas no design de um veleiro, uma questão de funcionalidade, estética e conforto. Veleiros menores e mais simples tendem a ter canas do leme, que ocupam menos espaço e têm um toque mais leve. Os veleiros maiores, e especialmente os barcos de cruzeiro, geralmente possuem volantes, ou rodas do leme, quer um localizado na linha central, ou dois se o barco for suficientemente largo.

Para se poder dirigir confortavelmente em ambos os punhos da amura, o equipamento de direcção precisa de ser acessível tanto a partir dos assentos de estibordo como de bombordo, o que significa que com um sistema de roda num barco largo, tanto uma roda muito grande ou duas pequenas são necessárias. Num barco com uma popa arrasada aberta, ter acesso do cockpit para a retaguarda torna-se valioso, para facilitar o acesso à doca flutuante e à proximidade perceptível do oceano. Portanto, a menos que o barco seja muito largo, com um volante ou roda de leme de cada lado e largura suficiente para se poder passar entre eles, a roda ou rodas, irão separar a popa arrasada do cockpit.



Fig 13. Bavaria 35 Match – A roda tem de ser alcançada a partir dos assentos de piloto, nas partes mais a popa dos convés laterais, resultando numa roda muito grande e o encerramento da popa arrasada desde o cockpit.

A menos que o barco seja muito largo (mais de 4 metros), ter dois pequenos volantes parece ser fora de escala, provavelmente porque os veleiros raramente têm rodas pequenas como essas frequentemente encontradas em lanchas a motor.

Um volante ou roda do leme tem uma certa elegância e também é muito confortável de usar. Quanto maior o barco é, mais um volante é adequado.

O sistema de cana do leme tem muitas vantagens sobre um volante. Uma cana do leme pode ser dobrado quando não for necessário, libertando espaço no cockpit. A engrenagem do volante é um mecanismo mais complicado com mais coisas que podem quebrar. Com o sistema de cana, com menos peças e mais simples, as hipóteses da direcção falhar são menores. Com uma extensão na cana do leme, o condutor pode-se mover mais livremente em redor do cockpit e alcançar linhas e guinchos que um motorista ao volante possivelmente não poderia.



Fig 14. Pogo 36 – Canas do leme gêmeas conectadas a lemes gêmeos – As canas do leme deste Pogo 36 estão localizadas atrás de cada um dos assentos do cockpit que não alcançam todo o caminho de volta à popa arrasada, deixando a retaguarda muito aberta e o chão do cockpit livre.

Para este projecto, acho que sacrificar algum estilo e conforto para mais acesso à popa arrasada, mais espaço no cockpit e um sistema mais simples (e provavelmente mais barato) de construir é a escolha certa.

Aparelho móvel e messame padrão

Tanto o aparelho móvel como o messame padrão fornecem alguns desafios na organização do layout do convés e do cockpit. Estais, enxárcias, linhas e outros equipamentos devem ser acessíveis para os marinheiros e fáceis de manejar, mas não devem estar muito no caminho, enquanto eles se movem em redor do barco.

O aparelho móvel consiste nas linhas necessárias para controlar e elevar as velas e o equipamento necessário para proteger e controlar essas linhas, como moitãos, cunhos, mordetes para escota, guinchos, etc. As adriças, ou as linhas usadas para elevar as velas podem ser controladas a partir do mastro, pois não são usadas constantemente enquanto se navega, mas as velas precisam de ser controladas a partir do cockpit e, portanto, as linhas de controlo são lideradas pelo mastro ou as velas desde o cockpit.

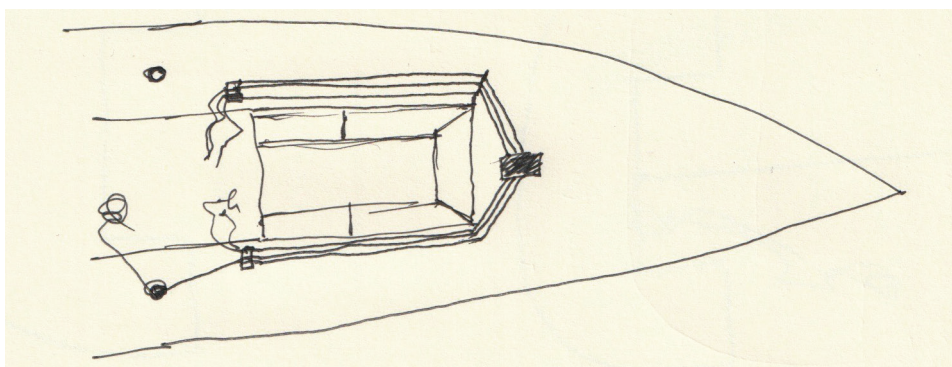


Fig 15. Escotas que são controladas do cockpit. O setup mais usado é aquele que consiste nas escotas que correm desde o mastro a popa, por cima do tecto da cabine e seguras pelos mordetes para escota e por guinchos em cada lado da gaiuta de escotilha.

Para levantar a vela mestre e genoas mais pesadas, provavelmente é necessário um guincho que possa ser montado no mastro.

Normalmente, as linhas são colocadas à popa do cockpit por cima do tecto da cabine e controladas com mordetes para escota e guinchos montados em cada lado da gaiuta da escotilha de passagem. Mas como "guiando linhas de controlo das velas para o cockpit através de moitões giratórios no tecto da cabine, coloca o tecto sob tensão e exerce pressão de elevação"¹. Com o conceito de uma gaiuta de escotilha abrindo o espaço entre os convés laterais e um translúcido telhado aberto, essa estrutura será incapaz de suportar os mordetes para escota e guinchos tradicionalmente montados lá.

Em vez disso, eles devem correr ao longo dos convés laterais. Ao seleccionar cuidadosamente quais linhas são completamente necessárias no cockpit e ter o resto delas controladas a partir do mastro, a desordem é minimizada e os convés laterais são mantidos relativamente livres.



Ao manter a adriça principal, a adriça bujarrona, o amantilho, os cabos de rizar no mastro, muitos metros de cordas são salvos de se tornarem uma confusão no cockpit. Ao correr a adriça de balão, alar para cima a retranca de balão, alar para baixo a retranca de balão, alar para baixo o mastro nos convés laterais ao longo do tecto da cabine, com mordetes para escota perto dos assentos do cockpit, o tecto da cabine é mantido livre de todas as linhas e guinchos e é capaz depois de ser uma estrutura mais leve.

As linhas de balão, escota, cabo e escota bujarrona nas trilhas, correm para trás do cockpit e estão protegidos nos guinchos. A vela mestre é controlada pela escota mestre da retranca, presa ao cursor no piso do cockpit. Alguns barcos de cruzeiro têm o cursor montado em cima do tecto da cabine, e enquanto isso limpa o espaço no cockpit, posicionar a escota mestre para a frente diminui consideravelmente a força da retenção e não parece ter grande espírito marítimo. Combinado com um tecto de cabine com uma estrutura leve, tendo um cursor superior na cabine não é uma opção.

1 Lars Larsson & Rolf E. Eliasson, *The Principles of Yacht Design*, Maine, 2007, p. 308



Fig 16. Wallynano por Wally e Andre Hoek design - Tem um tecto da cabine levantado e corre as escotas em torno dele. Como nos Wallys maiores, as escotas estão escondidas sob o piso do convés, tanto para segurança quanto para razões estéticas.

O sistema de aparelho móvel desenvolvido pela Wally para manter as escotas escondidas sob o convés foi inicialmente criado para grandes super-iates, tanto para manter uma descarga do convés por razões estéticas e por segurança, pois as cargas são tão grandes em iates de 30 metros ou mais. Neste projecto, eles integraram esse método de correr as linhas abaixo do convés tanto para a estética quanto para poder construir um tecto de cabine leve visto que a solução padrão de correr as linhas no tecto de cabine não é possível. Tendo as escotas debaixo do convés também limpa os convés laterais.

O mesmo padrão, os estais e as enxárcias, é o equipamento necessário para suportar o mastro.



Fig 17. A enxárcia exterior ou a enxárcia de topo e a enxárcia inferior encontram-se na sua base onde são presas ao casco.

As enxárcias estão ligadas ao casco e ao mastro. As enxárcias consistem nas enxárcias exteriores ou enxárcias de topo, e dependendo se houver um ou dois vaus, as enxárcias menores e intermediárias. As enxárcias inferiores estão conectadas ao casco criando um obstáculo que se move para a frente do convés. Quanto maior o barco, menor este problema é, como um barco maior terá uma boca mais ampla com espaço entre o mastro e a base da enxárcia e um mastro mais alto com as enxárcias inferiores conectadas ainda mais alto no mastro.

As enxárcias precisam de ser conectadas ao casco com o ângulo mais largo possível sendo que um maior ângulo traz mais força.

O estai mestre fornece poucas questões para o design do convés. Conecta o mastro à proa. Numa plataforma fraccionada, o estai não atinge o topo do mastro, mas isso tem pouca influência no projecto do convés.

O estai traseiro pode ser um único, conectando-se desde o topo do mastro à popa arrasada, ou um estai traseiro dividido, conectando a parte superior do mastro aos dois cantos traseiros do barco. A popa arrasada dividida tornou-se um pouco padrão nos últimos tempos. As suas qualidades são que distribui as cargas em dois pontos em vez de um, permitindo que o barco seja de mais leve construção e menos peso. A outra grande qualidade é que com o estai traseiro dividido em dois fios, a cerca de 3-3.5 metros acima do piso do cockpit, a popa arrasada abre acima e, como com o cockpit de popa arrasada aberta, o barco fica mais conectado com o mar ou com a marina.



Fig 18. Salona 33 – Estai traseiro dividido e uma popa arrasada aberta.

Acessórios de convés

Os acessórios do convés são muito simples em relação à localização. A proa e a popa têm o guarda proeiro e o varandim, os corrimãos de segurança de aço inoxidável que protegem os marinheiros de cair ao mar em cada extremidade do barco. Eles estão conectados por fio de guarda em cada lado, apoiado por postes de aço inoxidável, chamados de balaústres. Este equipamento é posicionado na berma do barco e normalmente tem 60 cm de altura. Como um elemento de design são mais uma questão de estética e uma questão de encontrar o fabricante certo a quem comprar.



Fig 19. Os fios de guarda que seguem através de e suportados pelos balaústres estão conectados ao guarda proeiro na proa, onde a estrutura de segurança é maior.

O fio de protecção que atravessa os balaústres é coberto em plástico para um toque mais suave. Os balaústres são posicionados ao longo da borda dos convés laterais com ca. 2-2.5 metros de espaçamento entre eles

Movendo-se no convés de um veleiro pode ser bastante complicado em viagem, e enquanto se inclina uma pessoa precisa sempre de algo onde se agarrar. Portanto, os corrimãos na borda do barco não são suficientes. Os corrimãos em cima do tecto da cabine são uma boa solução, como quando se move no convés, uma pessoa pode alcançar os corrimãos com uma mão e o corrimão do tecto da cabine com a outra.



Fig 20. Cunho de amarra

São necessários cunhos de amarra para amarrar o barco à doca flutuante. Eles precisam de ser pelo menos dois, de preferência três, em cada lado, posicionados perto da borda. Como os balaústres, os cunhos de atracação podem variar no seu design, eles precisam de ser suficientemente grandes para encaixar as linhas de atracação adequadas para o tamanho do barco. Para um barco entre 7,5 a 10,5 metros de comprimento com 5-10 toneladas de deslocamento, os cunhos precisam de ter a capacidade de segurar pelo menos 22 mm de linhas de amarras.

lates maiores

O design de veleiros mais inovativo vem dos maiores iates. Quando os veleiros aumentam, as possibilidades para diferentes ideias e layouts aumentam. Os iates maiores também são quase sempre semi-customizados ou de construção customizada e projectados para o proprietário, resultando em projectos mais variados.



Fig 21. Wally Esense – 43.7 metros – Interiores desenhados pelo arquitecto francês Odile Decq e Luca Bassani – Vista na direcção das janelas traseiras e da plataforma de banhos.

Ao nível da construção personalizada ou semi-personalizada de maiores orçamentos, existem exemplos de estaleiros de barcos trabalhando com arquitectos nos interiores. Odile Decq transformou os interiores para o Wally Esense construído em 2003. Este iate aproveita plenamente o seu tamanho. Tendo um cockpit central e as cabines à dianteira, o espaço sob o cockpit é usado como uma sala de estar, com janelas grandes voltadas a popa, que encaixilham a vista do horizonte.

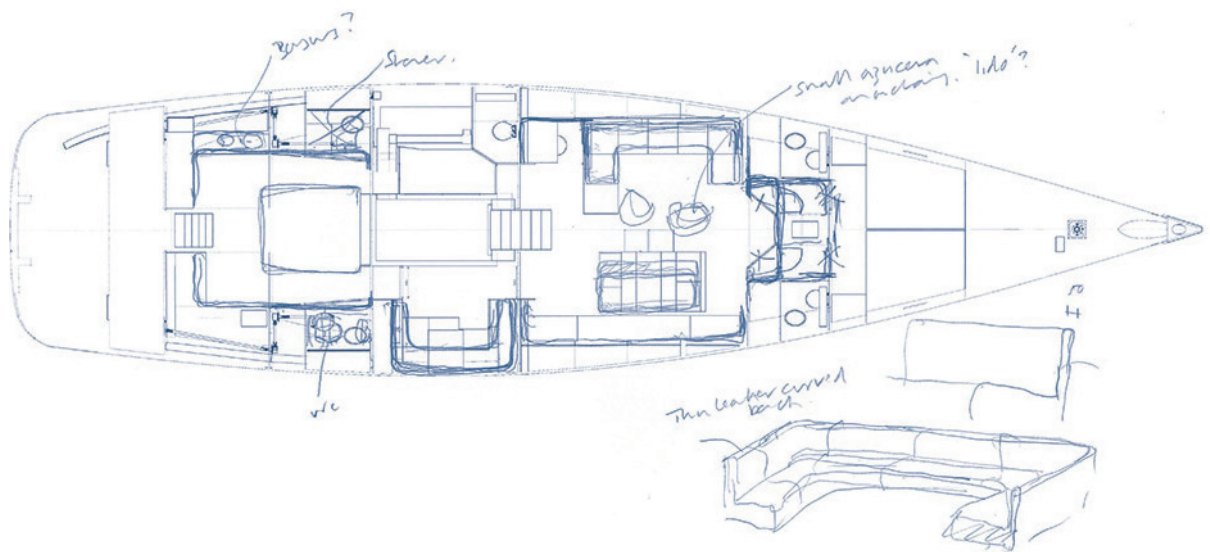


Fig 22. Brenta 80DC – Esboço por Sir David Chipperfield para os interiores da Brenta 80 DC

Este iate de 80 pés com um cockpit central foi projectado por Lorenzo Argento. Os interiores foram desenhados pelo arquitecto sir David Chipperfield, que disse: "Eu adaptei o interior para uma interpretação confortável do exterior que interage com a arquitectura do iate ". O arquitecto explicou ainda que "superfícies acolhoadas, cantos arredondados, acabamentos lisos e materiais nobres definem um espaço elegante e envolvente, evitando estereótipos domésticos".



Fig 23. Brenta 80DC - Os interiores da Brenta 80 DC

2.3 Sistemas

Motor

A maioria dos veleiros modernos tem motores, tanto no interior como no exterior, geralmente dependendo do tamanho do barco. Embora alguns marinheiros experientes escapem sem ter um motor, a manobrabilidade e o facto de que ele pode ser executado em sentido inverso (e actuar como freio) é muito útil quando se navega dentro e fora de um porto e para docas de marina. Um motor também é útil quando se navega e o vento desaparece e não há paciência para esperar. Os veleiros de maiores dimensões têm um motor extra usado para gerar electricidade.

Para um veleiro de 10 metros de comprimento destinado a cruzeiro costeiro, que normalmente será atracado numa marina, um motor é um requisito definitivo. As principais questões são, então, será um motor interno ou externo, quais os requisitos de potência e o alcance.

Um motor interno tem as vantagens de estar integrado no projecto do barco. A desvantagem é que a construção em redor do motor é muito mais complicada. Um motor interno precisa de uma abertura na parte inferior do casco para o eixo da hélice e um tubo de escape que segue do motor para a retaguarda, tendo outra quebra no casco. Também é feita canalização para o enchimento do tanque de combustível.

Um motor fora de popa é menos eficaz que um interno, e tem a grande desvantagem de ser uma adição feia ao veleiro. As vantagens são abundantes. Isso torna a construção muito mais simples, precisando de menos furos no casco, com áreas menos enfraquecidas onde eventuais vazamentos são prováveis. Sem eixo da hélice e sem torneiras de segurança para água de resfriamento. Reparar e substituir o motor também se torna mais fácil.

Uma óptima opção seria ter um motor fora de popa montável que seja poderoso o suficiente para dirigir o barco dentro e fora do porto, mas leve o suficiente para desmontar e colocar facilmente no armazenamento sob o cockpit enquanto se navega ou na marina. Outra vantagem interessante de um motor fora de popa leve é a possibilidade de uso compartilhado do motor pelo barco com um bote inflável.

Potência do motor

Os barcos com motor e vela geralmente têm um motor poderoso o suficiente para conduzir o barco facilmente perto da velocidade crítica dos barco e tanques de combustível suficientemente grandes para suportar longas distâncias de cruzeiro quando não há vento. Para este projecto, a prioridade é manter a construção simples, leve e esperançosamente barata. Cruzeiros longos não são o uso pretendido do barco, logo o poder do motor de longo alcance não é uma necessidade. Um motor fora de popa menor, que possa ser facilmente desmontado e armazenado sob o piso do cockpit é a melhor opção. Com as melhorias actuais na tecnologia de baterias, um motor eléctrico está-se a tornar uma opção viável.

Torqueedo é uma empresa alemã que produz motores eléctricos para barcos. O seu modelo, o Cruise 4.0 T possui potência equivalente a um motor de energia a gasolina de 8-10 hp. É muito leve, apenas 19,4 kg e é facilmente montável com grampos de montagem. Custa apenas 3550 euros.



Fig 24. Torqueedo 4.0 T

Com este modelo, o barco terá um motor capaz de conduzir facilmente o barco dentro e fora do porto e um que tem poder e alcance suficiente para preencher as lacunas em viagens curtas caso o vento diminua.

A leveza e a facilidade de montagem do motor faz com que seja conveniente para movê-lo do armazenamento para a posição de condução e económico ao compartilhar o seu uso com um bote inflável para que se possa ir à costa quando está ancorado.

Também é vantajoso não poluir o ar e a água com escape de um motor de gasolina ou vazamento de óleo, que é sempre um risco. Com os rápidos avanços na tecnologia de bateria e redução do custo dos painéis solares que podem ser mantidos a bordo, a inexistência do motor de combustão parece ser o caminho do futuro.

Electricidade

Como com a maioria das coisas num veleiro, a saída eléctrica varia desde as necessidades requeridas como as luzes de navegação e rádio, até aos acessórios de luxo. Visto que o poder eléctrico no mar é limitado e, neste caso, nenhum motor de gasolina para gerar electricidade, o consumo de energia no barco deve ser mantido baixo e ter baterias suficientes fornecidas.

Os requisitos eléctricos são uma questão para o programa. O que é necessário e para quanto tempo é necessário durar. O veleiro projectado nesta tese será um barco de prazer, destinado a cruzeiros curtos, então 24 horas de execução de todos os sistemas sem recarga pode ser definido como referência para a energia de bateria necessária. Painéis solares dobráveis, carregadores de vento ou um gerador de turbina de água rebocada pode recarregar as baterias em viagens mais longas, mas não será levado em consideração aqui.

Sistemas eléctricos a bordo

A maioria dos sistemas eléctricos a bordo são normalmente 12V, combinando o padrão das baterias usadas em veleiros. Em primeiro lugar, as luzes de navegação e o rádio VHF são requisitos legais e uma necessidade definitiva. Instrumentos de vela, como um anemômetro, radar de profundidade e velocímetro são muito úteis e usam pequenas quantidades de electricidade. O mesmo acontece com as luzes interiores e a bomba do porão. Os itens opcionais ou de luxo deste barco devem-se constituir por aquecimento, uma geladeira, tomada 12V usb para carregar telemóveis, pelo menos uma Tomada de 240V para carregar outros equipamentos, como um computador portátil e um bom sistema de som. Esses itens usam mais energia, o empate de 24 horas não deve ser superior a 300 ah.

Uma bateria de 12V 200ah geralmente pesa cerca de 50-70 kg e custa entre 200 a 400 euros, dependendo da sua qualidade. Duas unidades são suficientes e devem ser armazenadas em local seco. O motor eléctrico tem os seus próprios bancos de energia.

O painel eléctrico deve estar localizado onde há acesso fácil para que os sistemas possam ser desligados quando o barco não estiver em uso. Uma entrada de 240V deve ser instalada para que o barco possa ser carregado enquanto atracado.

Gás - Água - Cozinha - Casa de banho

Os requisitos de gás a bordo são simples. É apenas para o fogão de suspensão na cozinha. Haverá queimadores de gás e um forno a gás. Este equipamento levaria muita electricidade se fosse eléctrico e cozinhar com gás também é muito melhor. O tanque de gasolina é armazenado no armazenamento externo do portão, conectado com tubos de cobre à cozinha de bordo.

A bacia da cozinha está conectada a um tanque de água de 100 litros de capacidade, para beber, cozinhar e limpar. A casa de banho tem um tanque de água especial de 20 litros que normalmente albergará água fresca para o autoclismo da casa de banho e para o lavatório. Esse tanque pode ser reabastecido com água do mar em viagens mais longas. Os tanques de água estão localizados sob o piso do cockpit, entre os espaços interiores e armazenamento externo.

Ambos estes tanques podem ser carregados através de uma entrada de água acessível através do portão obturador de armazenamento do cockpit. Os tanques estão localizados sob o piso do cockpit perto dos degraus, mantendo o peso baixo e perto da linha central, para estabilidade. As bombas são todas manuais. Uma para a casa de banho, uma para a torneira da casa de banho e outra para a torneira da cozinha.

3. Construção do casco e do convés – Plástico reforçado com fibra

Construir em madeira é a mais antiga e, até recentemente, a forma mais comum de fazer um barco. "Por mais de 4000 anos, os barcos foram feitos em madeira e praticamente mais nada. Cascos de metal nem chegam aos 150 anos de idade; a fibra de vidro remonta a apenas 50 anos".¹

Hoje, os materiais mais comuns utilizados para a construção do casco são um material compósito feito de fibras e resina. As fibras de vidro e poliéster são o compósito mais utilizado em construção de barcos, na medida em que formam um material suficientemente forte e uma área relativamente barata em comparação com outros compósitos de fibras.

Os métodos de construção de barcos de fibra de vidro variam do nível do construtor caseiro ao da linha de produção. O método normal de colocação à mão para a construção de um barco, consiste em construir um molde fêmea oco (a forma do casco), que é então revestido num agente de libertação do molde (hoje, uma cera). As próximas camadas alternadas de resina de poliéster e pano de fibra de vidro (de estilos variáveis e pesos) são colocadas até que a espessura desejada seja atingida"². O laminado pode ser aprimorado usando o método do saco de vácuo, que envolve todo o corpo do casco numa bolsa de plástico após o procedimento normal de colocação à mão, mas antes da resina endurecer, e sugar o ar para fora. Isso criará pressão sobre o laminado e empurrará o excesso de resina para fora. Ao usar este método, a proporção de resina de poliéster versus fibra de vidro é reduzida, o que resulta num laminado mais forte.

O método da pistola de cortar – chopper gun – é a maneira mais rápida e barata de laminar um corpo de casco. "Com uma arma especial, o construtor sopra fibras de vidro pequenas e curtas, misturadas com resina líquida na superfície do molde. Isto é depois rolado à mão"³. Para que as fibras encaixem através da pistola de cortar, elas devem ser muito mais curtas do que as fibras de tecido que são colocadas à mão. Isso faz com que o laminado da pistola de cortar seja muito mais fraco por peso e

1 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 78

2 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 11

3 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 11

mais espesso em comparação com as constucções à mão, resultando em laminados que são pesados e grossos em comparação com outros métodos. Enquanto as pistolas de cortar têm a vantagem de ser baratas e rápidas de usar, a sua aplicação é mais adequada a pequenos barcos de recreio para lagos, como barcos a remos ou pequenas embarcações a motor.

Materiais

Embora os cascos e convés dos veleiros mais rápidos hoje sejam feitos em fibras de carbono, quase todos os veleiros de produção são feitos, na maior parte, em fibra de vidro. A fibra de carbono é mais leve e mais forte que a fibra de vidro, mas muito mais cara. Fibras de carbono podem ser usadas onde é necessária força adicional, como em torno de chapas de fixação do olhal, em torno da junta do convés ao casco e em anteparos e galhardetes. O carbono também está a ser usado mais frequentemente para construir mastros leves e outras peças soltas, pois é suficientemente forte para substituir alumínio, mas novamente, é muito caro e é usado principalmente em barcos de corridas de alto desempenho. Kevlar é outro material caro. A sua principal qualidade é a resistência ao impacto e é raramente usado na construção de veleiros.

Fibra de vidro

E-glass é o tipo de fibra de vidro mais barata e mais usada e vem em diferentes tipos de tecidos. Esteira de casca cortada (CSM), geralmente chamada de esteira, feita de fios curtos de fibras, que correm em todas as direcções, semelhantes às que vêm da pistola de cortar. A esteira é relativamente fraca em comparação com tecido torcido ou pano, mas tem a qualidade de ser fácil de molhar e amarra bem com outras camadas de diferentes tipos de vidro. A esteira também tem o capacidade de se adequar a curvas compostas e formas complexas.

"O tecido torcido é um tecido pesado e grosso, literalmente tecido a partir de feixes de fibras de vidro"⁴. As fibras correm em duas direcções perpendiculares entre si e o material é muito forte. Devido à grosseira do tecido torcido, é difícil laminar duas camadas juntas, e usar a esteira como camada intermediária é benéfico para alcançar um bom laminado.

4 Dave Gerr, The Elements of Boat Strength, Maine, 2000, p. 14

O tecido de fibra de vidro também é um material tecido com fios mais longos que a esteira e, portanto, forte, mas com fios muito mais finos do que o tecido torcido. É mais caro do que o tecido torcido e a esteira e é usado principalmente como um material de acabamento à medida que as fibras finas suavizam a superfície da camada de tecido torcido subjacente.

Resinas

Para que a fibra de vidro se torne um material compósito impermeável forte, a resina precisa de ser adicionada. A resina mais comum usada em combinação com fibra de vidro é poliéster. Sem o reforço de fibras, as resinas endurecem num plástico sólido, mas quebradiço. Quando a resina se cura com as fibras envolvidas o material composto torna-se muito forte.

Existem outros tipos de resinas que funcionam bem com fibra de vidro e outras fibras são, por exemplo, viniléster e epóxi que são ambos mais maleáveis que o poliéster, visto que "eles esticam mais longe antes de rachar e quebrar"⁵. O viniléster e o epóxi são muito mais caros do que o poliéster e são usados principalmente com fibras de carbono ou fibras de kevlar em barcos de alto desempenho ou onde for necessária uma força maior.

Construção em sanduíche

"Ao contrário de algumas concepções comuns, a fibra de vidro não é particularmente forte para o seu peso nem particularmente rígida - de facto, a fibra de vidro é bastante flexível"⁶. Para aumentar a rigidez, a maioria dos barcos hoje são construídos usando o chamado método de construção em sanduíche. Na construção em sanduíche, duas camadas do composto de fibra-resina são colocadas no interior e nos lados exteriores do barco, envolvendo uma camada central consistindo em "balsa de grão fino; espuma fechada; favo de mel plástico ou pano de favo de papel impregnado em plástico; ou, em áreas de cargas elevadas, contraplacado ou madeira maciça"⁷. Ao ter uma camada central entre as camadas de fibra de vidro, a estrutura funciona de forma semelhante a uma viga de perfil 'I' e resiste a muito maiores cargas de flexão.

5 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 22

6 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 12

7 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 12

Este método de construção aumenta consideravelmente a rigidez sem adicionar peso e, como bônus, adiciona isolamento embutido.

Composição de tecidos de fibra e núcleo no casco.

A disposição mais comum de barcos de fibra de vidro é a alternância de camadas de tecido torcido e esteira. Enquanto o tecido torcido proporciona a maior parte da força, a esteira irá vincular as camadas do torcido e o núcleo juntos.

A esteira, o tecido torcido e o pano vêm do fabricante em rolos semelhantes a outros tecidos e são vendidos à área. Todos esses tipos de materiais são vendidos em diferentes pesos por área, com os tecidos mais pesados sendo mais fortes que os mais leves. Quando se trata de determinar quanta fibra de vidro um barco precisa, a questão é quantas camadas de esteira e tecido torcido, e que peso é necessário para cada material. Barcos maiores precisam de cascos e convés mais fortes e, portanto, precisam de mais camadas de esteira e tecido torcido e tecidos mais espessos para alcançar a força necessária. Numa construção em sanduíche, o que também é necessário saber é que material será o material do núcleo e quão grosso ele precisa de ser.

Calculando a espessura básica do invólucro.

O livro *The Elements of Boat Strength* contém muitas regras escassas que podem ser usadas para determinar a espessura necessária para um casco e convés de fibra de vidro. As suas várias fórmulas dependem de um número escasso, derivado do comprimento total (LOA), largura máxima (Bmax) e profundidade (altura da linha inferior para o fundo do casco) do casco em questão. A fórmula métrica é a seguinte: $B_{max} * LOA * Profundidade / 28.32$. Dando um escasso número de 1,84 para o barco projectado nesta tese.

Os cálculos a seguir são para um casco de vidro sólido, que não é feito com o método de sanduíche, mas por um corpo de fibra de vidro mais espesso. As fórmulas para a construção da sanduíche são derivadas dos números que provêm desses cálculos. A espessura exigida na construção do casco e do convés varia de uma parte para outra, com o convés, a cabine e os tombadilhos que precisam da menor quantidade de força e o fundo do casco e a região da quilha necessitando de mais.

Espessura da casca necessária para os tombadilhos inferiores.

Espessura do invólucro do casco de vidro sólido = $6,35 * 3\sqrt{Sn}$, sendo Sn o número escasso, resultando em:

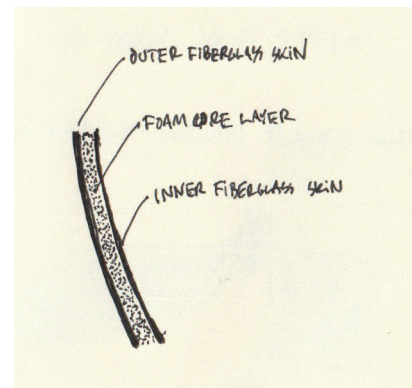
$$6,35 * 3\sqrt{1,84} = 7,7 \text{ mm.}$$

Para os tombadilhos superiores, multiplica-se a espessura do tombadilho inferior com 0,85

$$7,7 * 0,85 = 6,6 \text{ mm}$$

Região da quilha: multiplica-se a espessura do tombadilho inferior com 1,5

$$7,7 * 1,5 = 11,55 \text{ mm}$$



Convés e cabine: mesma espessura que os tombadilhos superiores

$$6,6 \text{ mm}$$

Espessura do fundo: multiplica-se a espessura do tombadilho inferior com 1,15

$$7,7 * 1,15 = 8,9 \text{ mm}$$

Quadros de dimensões standard da fibra de vidro em sanduíche:

"Espessura básica do núcleo do casco = 2,2 x espessura sólida de FRP nos tombadilhos inferiores, para casco inteiro - parte inferior e tombadilhos - excepto em cascos planos, aí o núcleo é mais grosso."⁸

$$7,7 * 2,2 = 17 \text{ mm}$$

"Espessura do núcleo do convés = 1.5 x espessura básica do núcleo do casco".⁹

$$17 * 1,5 = 26 \text{ mm}$$

Ao usar o método da sanduíche, a quantidade de fibra de vidro necessária é reduzida em 30%. A pele externa geralmente é um pouco mais espessa que a pele interna.

8 Dave Gerr, The Elements of Boat Strength, Maine, 2000, p. 62

9 Dave Gerr, The Elements of Boat Strength, Maine, 2000, p. 62

"Espessura total do laminado FRP = 0,70 x a espessura contínua do FRP

Para a maioria dos barcos com mais de 20 pés (6 m), recomenda-se o seguinte:

Laminado de pele externa = 0,40 x a espessura de FRP contínua

Laminado de pele interna = 0,30 x a espessura contínua de FRP"¹⁰.

Isto significa que a composição do casco e do convés seria a seguinte:

Tombadilhos inferiores:

Pele exterior $0,4 * 7,7 \text{ mm} = 3,1 \text{ mm}$

Núcleo $2,2 * 7,7 \text{ mm} = 17 \text{ mm}$

Pele interna $0,3 * 7,7 = 2,3 \text{ mm}$

Tombadilhos superiores:

Pele exterior $0,4 * 6,6 \text{ mm} = 2,6 \text{ mm}$

Núcleo $1,5 * 7,7 \text{ mm} = 17 \text{ mm}$

Pele interna $0,3 * 6,6 \text{ mm} = 2,0 \text{ mm}$

Convés:

Pele exterior $0,4 * 6,6 \text{ mm} = 2,6 \text{ mm}$

Núcleo $1,5 * 17 \text{ mm} = 25,5 \text{ mm}$

Pele interna $0,3 * 6,6 \text{ mm} = 2,0 \text{ mm}$

Fundo:

Pele exterior $0,4 * 8,9 = 3,54 \text{ mm}$

Núcleo $2,2 * 7,7 = 16,94 \text{ mm}$

Pele interna $0,3 * 8,9 = 2,67 \text{ mm}$

10 Dave Gerr, The Elements of Boat Strength, Maine, 2000, p. 62

Em torno da quilha e da roda de proa, deve haver apenas compósito de fibra de vidro sólido, o núcleo não deve ser usado. "Para proteger do atracamento, impacto e danos no transporte, e para fornecer maior resistência longitudinal", a espessura do laminado também deve ser aumentada em 50%, resultando em: Quilha e roda de proa:

$$8,9 * 1,5 = 13,35 \text{ mm - FRP sólido}$$

Para atingir a espessura de laminado exigida e uma composição de ambos a esteira e o tecido torcido devem ser utilizados pesos ou espessuras diferentes de tecido. Como este é um barco bastante pequeno, as capas interiores e exteriores são muito finas e o laminado concreto acabará em muitos casos sendo mais grosso do que o exigido pelas regras de dimensão. Os pesos dos materiais irão variar entre os produtores. Como por exemplo, uma pele externa pode consistir de:

1 Camada 228 g / m ² Esteira (Mat)	- 0,61 mm
2 Camadas 915 g / m ² Combi-Mat	- 3,20 mm
1 camada 457 g / m ² Mat (pele)	- 1,22 mm

Resultando numa espessura laminada de 5,03 mm. Estes são todos cálculos preliminares e seriam, no final, feitos novamente, com os materiais reais que serão usados para construir o barco.

Densidade do núcleo

De acordo com The Elements of Boat Strength, uma regra de dimensões aplicável para um veleiro de tamanho semelhante ao projectado nesta tese "todos os núcleos devem ser de espuma fechada, 5,5 lb./cu. ft. (88 kg / m³) de densidade, ou balsa de grão final, 6.5-lb./cu. ft. (104 kg / m³) densidade - ou um pouco maior."¹¹

11 Dave Gerr, The Elements of Boat Strength, Maine, 2000, p. 62

Construção do casco

Um dos métodos mais comuns da construção única de fibra de vidro é um "núcleo de espuma sobre um molde de esqueleto macho de madeira descartável"¹². Ao construir uma rolha macho, e, posteriormente, um molde de fibra de vidro fêmea em torno da rolha macho resultará numa produção mais rápida ao fazer múltiplos cascos, moldando o casco num molde macho invertido é a forma mais rápida ao desenhar esboços únicos e pode produzir bons resultados.

Para construir o molde de madeira, o que é necessário primeiro é o reforço, um caixilho rígido de madeira que irá suportar as estações. As estações são secções transversais do barco em intervalos regulares e serão cortados a partir de madeira, para suportar finas tiras de madeira que formam o molde. As estações devem ser cortadas exactamente como foi projectado, de preferência por um cortador a laser para precisão. As estações cortadas devem compensar o facto de que a espessura do núcleo de espuma e a fibra de vidro são adicionadas ao molde. Os desenhos das estações estão deslocados das dimensões reais do barco, pela espessura necessária para o núcleo de espuma e capa exterior em cada área. As tiras de madeira finas são então colocadas longitudinalmente sobre estações, constituindo toda a forma do casco. A primeira camada do barco (em si é então colocada sobre as tiras de madeira) é o núcleo de espuma que é seguido pelas diferentes camadas de tecido de fibra de vidro e resina.

Quando a capa exterior é acabada, o barco e o molde são virados para a direita e o molde macho removido. A este ponto, outro sistema de suporte deve ser construído para suportar o barco. Em seguida, a capa interna é laminada, terminando a estrutura do casco.

O mesmo procedimento é seguido para construir o convés

12 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 24

Laminação

Após a fixação da camada nuclear às tiras longitudinais de madeira no molde, seja aparafusando temporariamente de dentro ou pregando com pregos sem cabeça que possam ser removidos do interior depois de laminar a capa exterior, a laminação pode começar.

Obter um bom núcleo para a ligação laminada é essencial e todas as juntas do núcleo devem ser preenchidas com resina antes da primeira camada de fibra de vidro ser aplicada. Ao laminar o casco e as camadas do convés de fibra de vidro, é muito benéfico ser o mais rápido possível, porque se a resina do anterior não estiver completamente endurecida quando a próxima camada é aplicada, as camadas "curarão juntas para formar um conjunto de unidades únicas numa ligação primária"¹³. Enquanto se lamina, o tecido de fibra de vidro é colocado sobre o núcleo ou a camada anterior de fibra de vidro e molhado com resina usando rolos de alumínio que garantam que a resina será completamente e uniformemente distribuída dentro das fibras e que todo o material é humedecido. Como manter a proporção mais alta de fibra-a-pasta aumentará a força do laminado, empacotamento a vácuo o laminado e sugando todo o excesso de resina, é preferível. "A relação fibra-a-pasta é chamada de relação vidro-a-resina ou conteúdo de vidro, e para uma construção à mão standard usando camadas alternadas de tecido torcido e CSM, é cerca de 35 por cento em peso"¹⁴.

Camadas de acabamento

Para a camada de acabamento de fibra de vidro, a coisa mais importante a considerar é evitar uma espécie de impressão – print-through. "Print-through é o termo usado para descrever uma superfície acabada lisa que foi prejudicada pelo tecelagem do reforço de fibra de vidro subjacente, mostrando-se como cortes distintos"¹⁵. As camadas de superfície externa e interna são finalizadas com camadas de gel e/ou superfícies "de esteira ou panos que pesam menos de 30 g por metro quadrado são considerados como não sendo estruturais e, portanto, não devem ser incluídos no cálculo do conjunto de dimensões standard laminado"¹⁶. A camada de gel é uma resina de alta qualidade, tingida para o acabamento da superfície correcta.

13 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 18

14 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 16

15 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 18

16 Lars Larsson & Rolf E. Eliasson, *The Principles of Yacht Design*, Maine, 2007, p. 274

Estrutura interna

Embora a camada central entre as peles de fibra de vidro interna e externa aumenta a rigidez do casco e do convés, ainda é uma estrutura muito fina em relação ao seu tamanho. "A capa (do casco) requer uma estrutura interna para uma força adequada. Os principais componentes desta estrutura são camadas de motor, longarinas longitudinais, anteparos e/ou armações de anel, e pavimentos"¹⁷.

Longarinas longitudinais

As longarinas longitudinais são um sistema de vigas de fibra de vidro nucleares que corre ao longo do fundo do interior do barco. "As forças longitudinais da plataforma e das ondas significam que o convés pode precisar de ser reforçado com cordas para suportar a pressão e o casco na área inferior para suportar a tensão"¹⁸. A altura, largura e o número de longarinas longitudinais depende do tamanho do barco e do equipamento.

Ao laminar as cordas para o interior do casco, é necessário tomar cuidado que todos os cantos têm um raio, sendo que "os laminados de fibra de vidro não funcionam bem com cantos."¹⁹ Com cantos afiados, as fibras no tecido de fibra de vidro têm uma chance maior de quebrar.

Anteparos / caixilhos em anel

"Os anteparos e/ou caixilhos em anel proporcionam a maior parte da resistência transversal em cascos de FRP"²⁰. A força que os anteparos fornece é principalmente necessária perto do centro do barco onde as cargas do mastro e do equipamento são as mais altas. "Pelo menos um anteparo/caixilho em anel no mastro é necessário. Deve haver, pelo menos, no anteparo/caixilho em anel na ou perto da chapa de fixação do olhar das enxárcias"²¹.

17 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 40

18 Lars Larsson & Rolf E. Eliasson, *The Principles of Yacht Design*, Maine, 2007, p. 257

19 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 17

20 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 45

21 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 45

De acordo com uma regra de escassez em *The Elements of Boat Strength*, o número de anteparos/caixilhos em anel é uma função da LOA (comprimento total), e é: $1.15 * LOA^{0.7}$. Para um veleiro longo de 10 metros, o número de anteparos ou caixilhos em anel necessários são então 5.7, arredondados para 6.

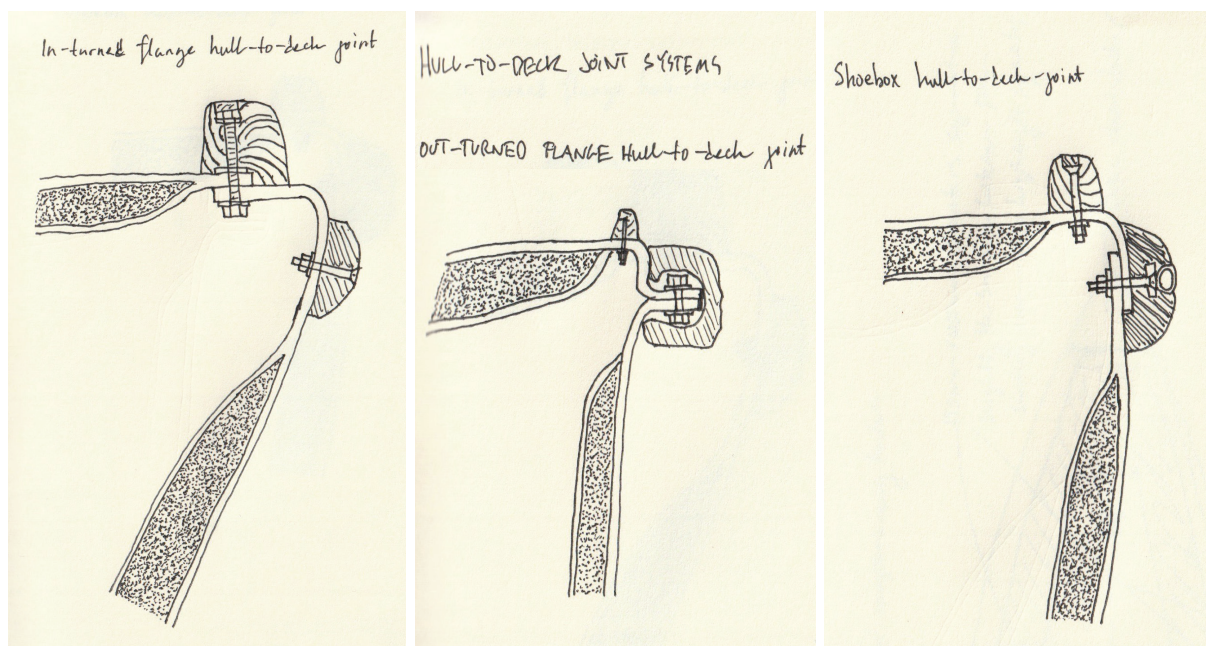
A espessura do anteparo de contraplacado sólido segue outra fórmula, $11,43 * Sn^{0.3}$, com Sn, o número escasso para este barco

1.84. $11,43 * 1,84^{0.3} = 13,72$ mm, arredondado para 14 mm.

As anteparos devem ser tabulados ou laminados ao casco. Tal como acontece com as longarinas, todos os cantos afiados devem ser arredondados, adicionando madeira ou núcleo de espuma ao interior do laminado nos cantos, sendo que a fibra de vidro perde a maior parte da sua força quando colocada sobre cantos afiados.

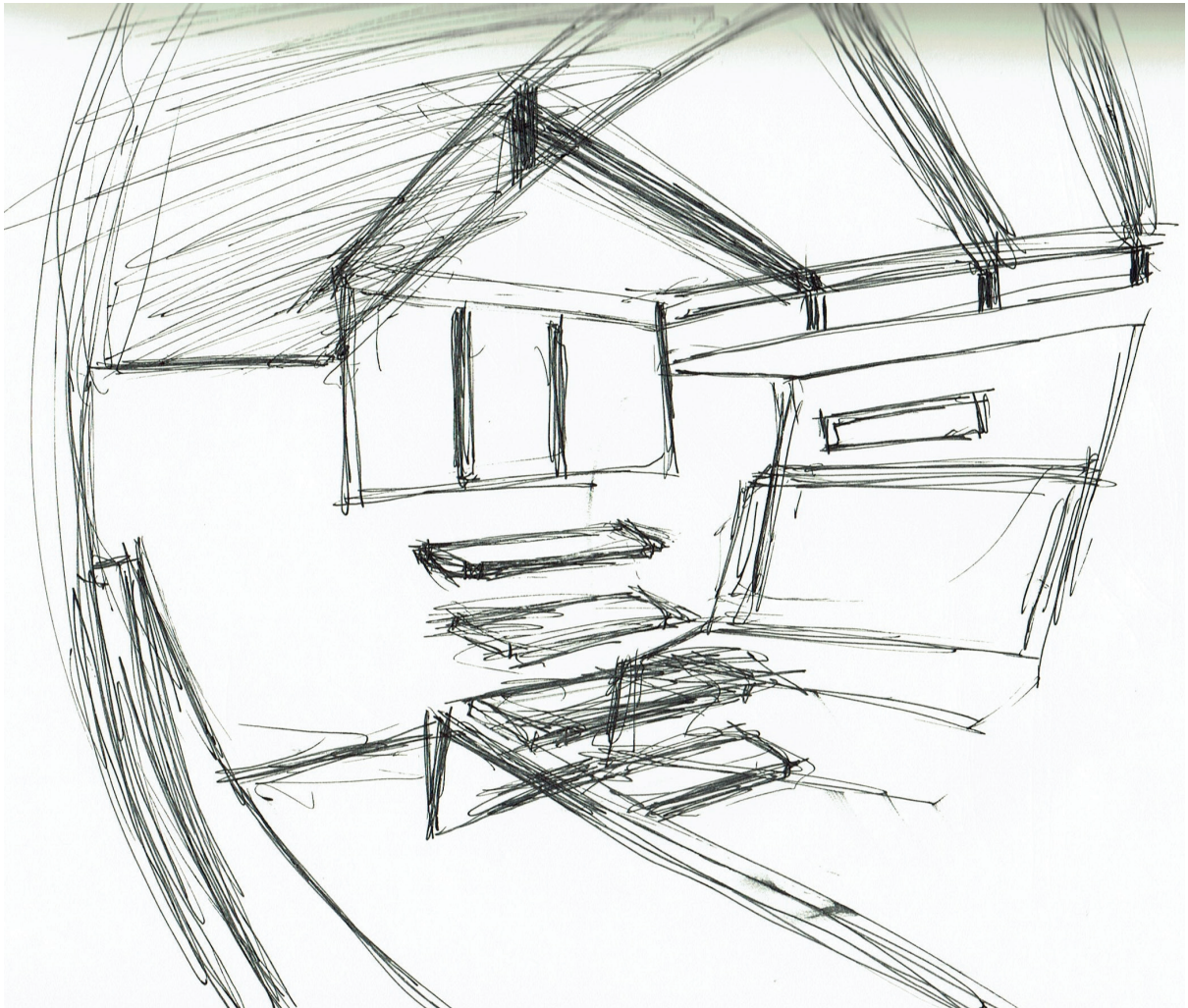
Junta do casco a convés.

A junta do casco a convés é um ponto crítico no barco. As três mais “comuns configurações de juntas do casco-convés: flange virada para fora, flange virada para dentro e caixa de sapatos - shoebox”²² são todos métodos comprovados.



22 Dave Gerr, *The Elements of Boat Strength*, Maine, 2000, p. 53

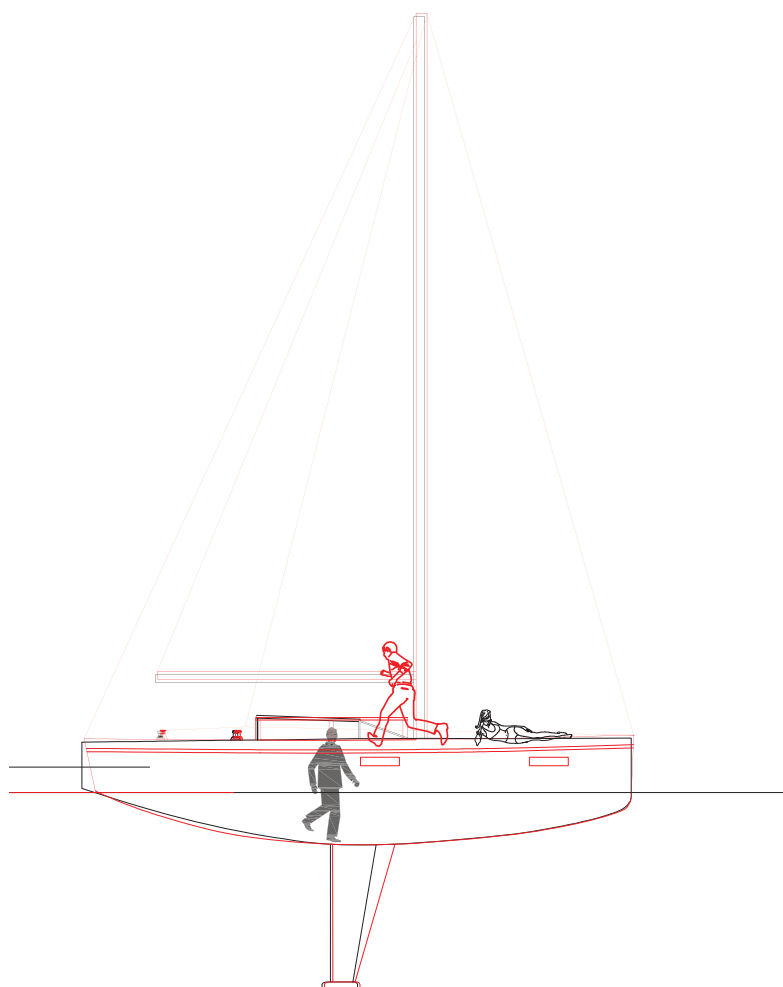
4. Conclusões da pesquisa e processo do design



O projecto deste barco começou com o programa. Neste caso, o programa era preliminar, e o processo de pesquisa desta tese informou e moldou a progressão do programa ao longo do caminho.

Conforme indicado no capítulo da introdução, o programa inicial consistiu num veleiro de tamanho modesto, 7,5-8,5 metros de comprimento, destinado a cruzeiro e a corrida ocasional de clubes. Deveria ter espaço para deitar 4-6 pessoas, durante a noite ou possivelmente durante um fim de semana, ter uma cozinha mínima e possivelmente uma casa de banho.

O objectivo da concepção de um cruzeiro rápido é o objectivo da maioria das produções de veleiros das empresas de hoje e no processo de pesquisa das funções físicas de um veleiro em movimento, tornou-se claro muito cedo que vencer regatas não será muito provável com o primeiro barco que eu projectar. A pesquisa realizada, definitivamente contribuiu para o previsível desempenho do barco.



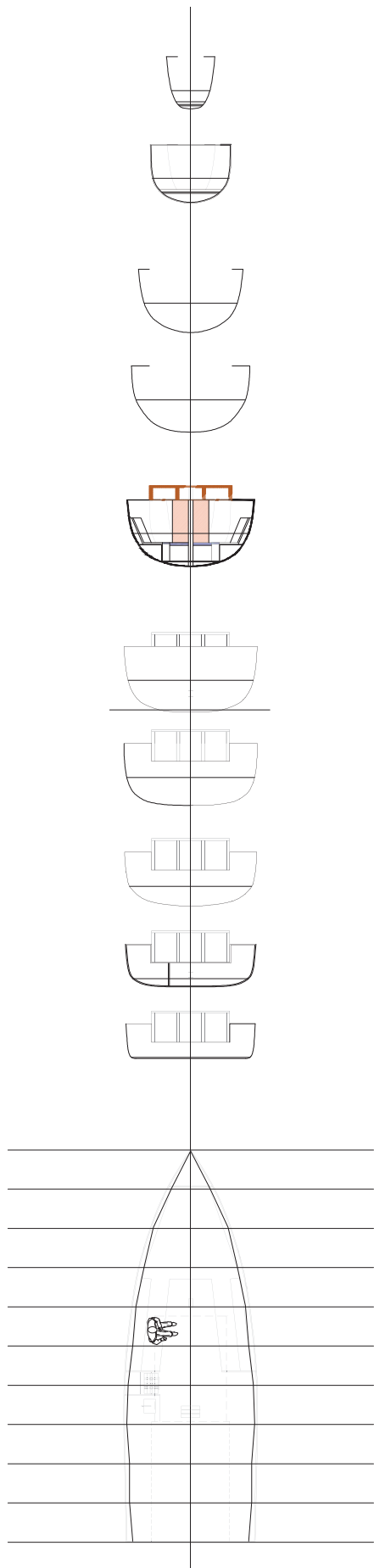
Duas ideias permaneceram constantes ao longo do processo do design e serviram de estrutura para todo o projecto. O espaço livre na cozinha e uma ampla e translúcida gaiuta da escotilha de passagem.

A ideia é transformar a gaiuta da escotilha de passagem da pequena abertura tradicional por onde se atravessa de forma apertada, para uma conexão mais aberta entre a cozinha e o cockpit. Obviamente, quando se navega em qualquer coisa diferente do que é um clima excelente, as escotilhas estarão fechadas e a conexão só será visual. Por outro lado, quando se navega em tempo excelente, ancorado ou na marina esta conexão entre o interior e o exterior permitirá uma comunicação muito melhor e as duas partes do barco podem ser usadas como uma. Os veleiros são, na sua maioria, muito pequenos e criar uma boa conexão entre o interior e o exterior poderia fazer-se sentir num barco muito maior.

Com o requisito absoluto de um espaço livre permanente na cozinha de bordo, ficou claro que com um barco de 8,5 metros de comprimento, a proporção de comprimento para bordo livre seria baixa, resultando num barco volumoso com uma resistência ao vento relativamente alta. Os primeiros desenhos também tiveram o comprimento da linha de flutuação (DWL) muito alto nas linhas do casco, o que resultaria num processo muito lento, um barco de alto deslocamento, que não era o objectivo.

A parte mais complicada do processo de design foi encontrar um equilíbrio entre a altura do tecto, a profundidade do barco (e, portanto, o deslocamento) e a altura do bordo livre que define uma grande parte da percepção de rapidez do barco e tem uma grande influência na resistência aos ventos e, portanto, na velocidade.

No final, fiquei-me pela saída fácil. Ao aumentar o comprimento até 10 metros, a maioria dos problemas foram resolvidos. Com o comprimento adicionado, aumentar o bordo livre foi possível sem fazer o barco parecer volumoso, o que aumentou a altura do tecto na cozinha de bordo. Isso também tornou possível a casa de banho sob os assentos do cockpit e a forma subaquática poderia ser reduzida sem perder a altura preciosa do tecto e, o mais importante, o comprimento aumentado faz o barco mover-se mais rápido através da água.



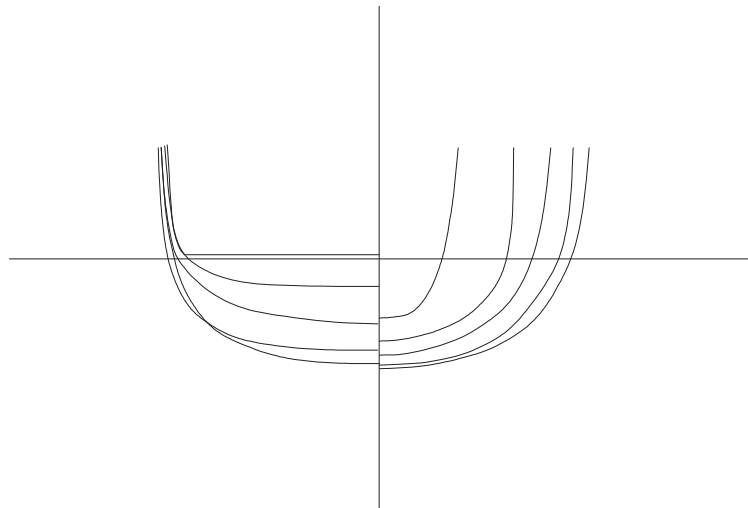
Ao projectar o casco, o primeiro passo que tomei foi desenhar as linhas de mudança de rumo e a popa arrasada, ou as linhas visíveis na vista de planta. Ao desenhá-las, a vau ou largura, é definida e também a forma da popa, que são as características mais definidoras do casco. A partir daí, trabalhei através das secções de intervalos a 10% através da linha central. Essas secções são chamadas de estações.

Criar uma forma tridimensional curva através de secções foi um processo de tentativa e erro e sem experiência prévia, demorou muito tempo para se conseguir ter o barco em condições.

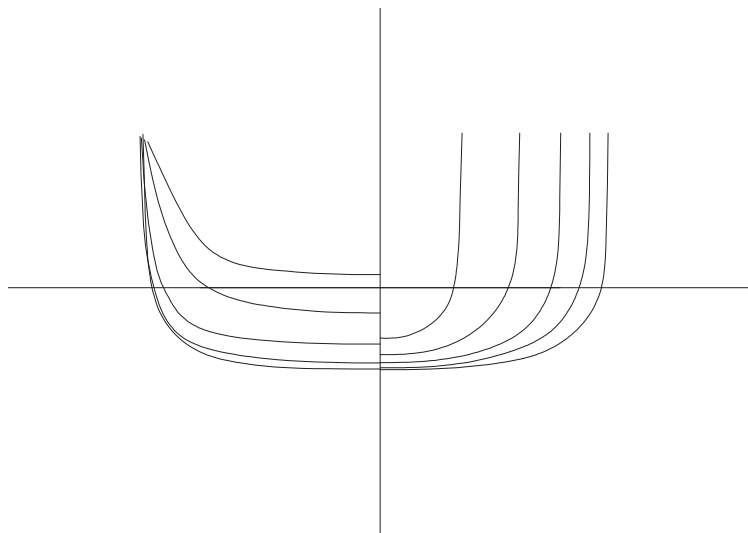
A estação mais a popa, que é a mesma que a elevação traseira é uma das mais importantes, pois define um ponto de partida para o resto do barco. É também a mais visível à medida que a popa arrasada se ergue da água.

A secção a meio do navio (uma das versões prévias na imagem à esquerda) é outra estação definidora no barco. Aqui é onde a vau está normalmente o mais próximo do seu máximo. Nesta versão inicial das estações, a parte inferior do casco é mais redonda do que na versão final, o que resultaria numa maior estabilidade, mas menos estabilidade inicial e muito provavelmente menor velocidade.

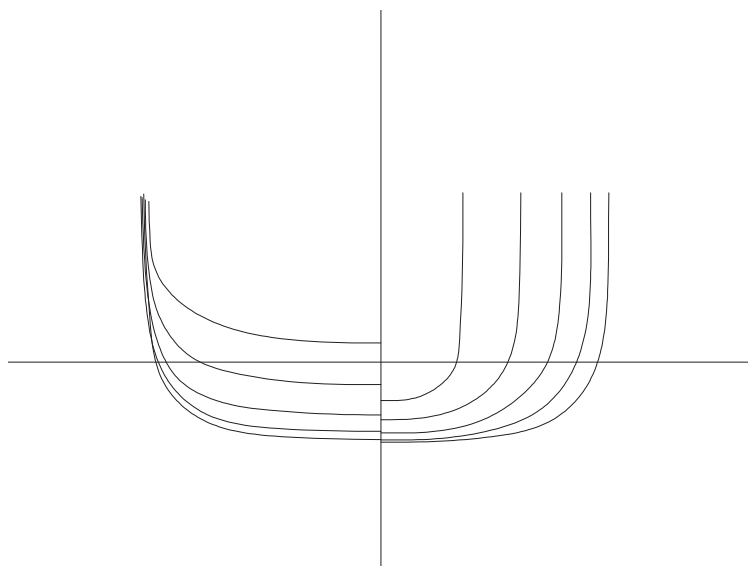
As estações para o casco nas primeiras versões (imagem superior) acabaram por criar um casco com muito deslocamento. A linha de água projectada foi ajustada muito acima. Aqui, o foco era manter o bordo livre baixo, mantendo a altura do tecto suficiente na cozinha de bordo debaixo do tecto da cabine. Ao fazer cálculos nas áreas subaquáticas das estações e encontrar o deslocamento, tornou-se evidente que este projecto traria um barco demasiado pesado.



Na segunda imagem, a popa arrasada (à esquerda) tem mais inclinação que nos outros exemplos. Esta foi uma tentativa de reduzir a superfície molhada enquanto se inclinava, mas esta não parecia muito boa no modelo.



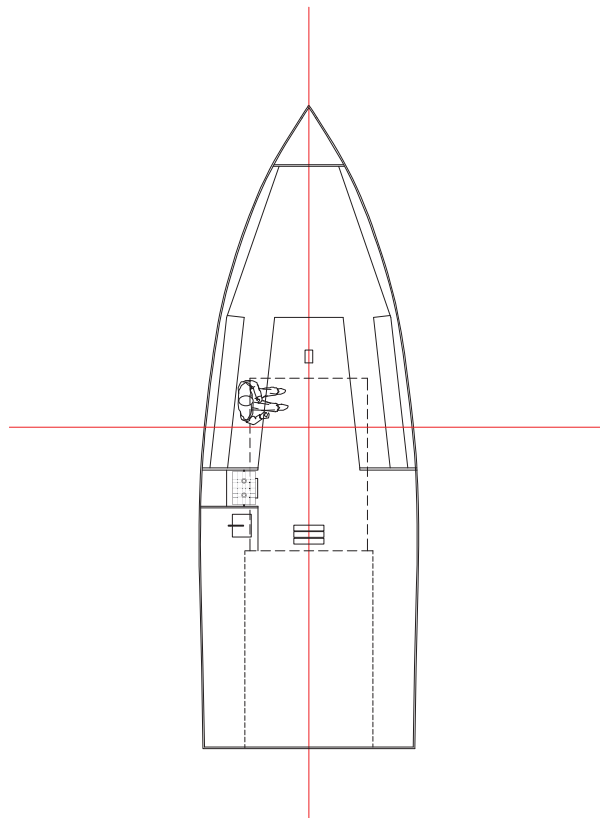
A terceira imagem mostra as estações do projecto final, onde o bordo livre foi levantado e a área subaquática das estações minimizada para reduzir o deslocamento.



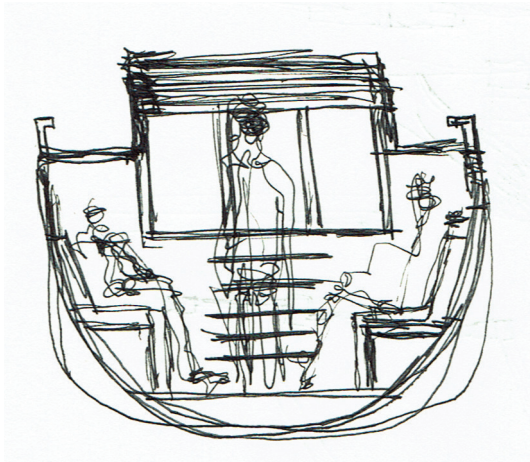
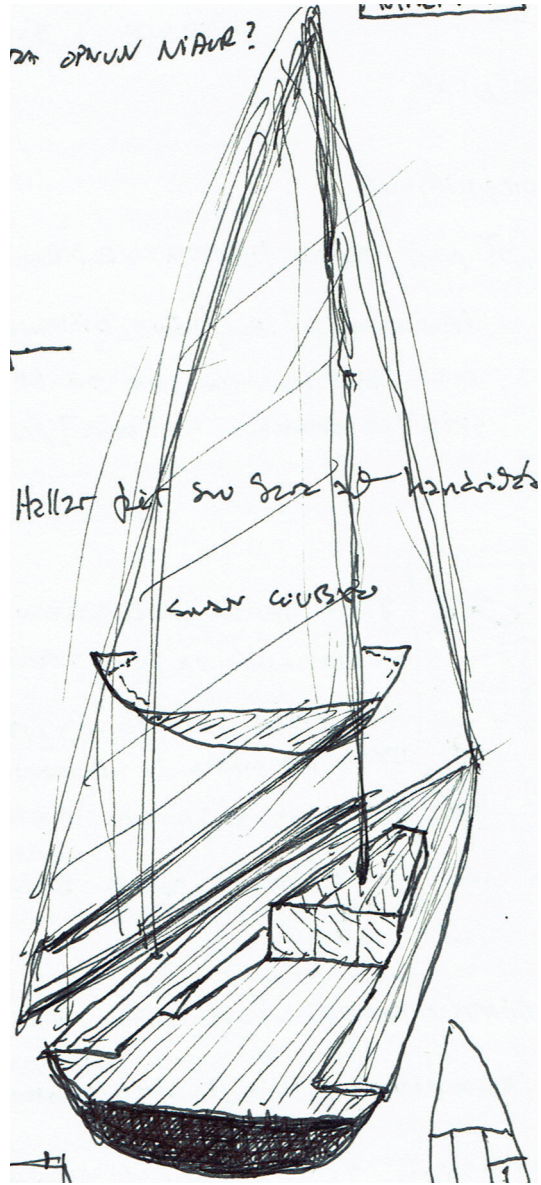
A ideia em criar um único espaço abaixo do convés veio no início do processo de design. Com a ideia original de criar uma melhor conexão com a área do cockpit e da cozinha de bordo e a maior parte dos interiores da frente sempre sendo mais adequada para uma cama em forma de V, a ideia em continuar com essa conexão, do cockpit, para o beliche em V parecia lógico imediatamente.

A escolha em instalar uma casa de banho no espaço principal abaixo, ao separar o beliche em V do salão e, portanto, criar uma cabine adequada, nunca foi considerada como uma opção, pois o único espaço aberto abaixo criaria um lugar muito mais habitável.

A casa de banho, portanto, tornou-se uma reflexão tardia, como para o uso pretendido do barco, normalmente 2-3 horas de navegação por vez, uma casa de banho não é definitivamente necessária.

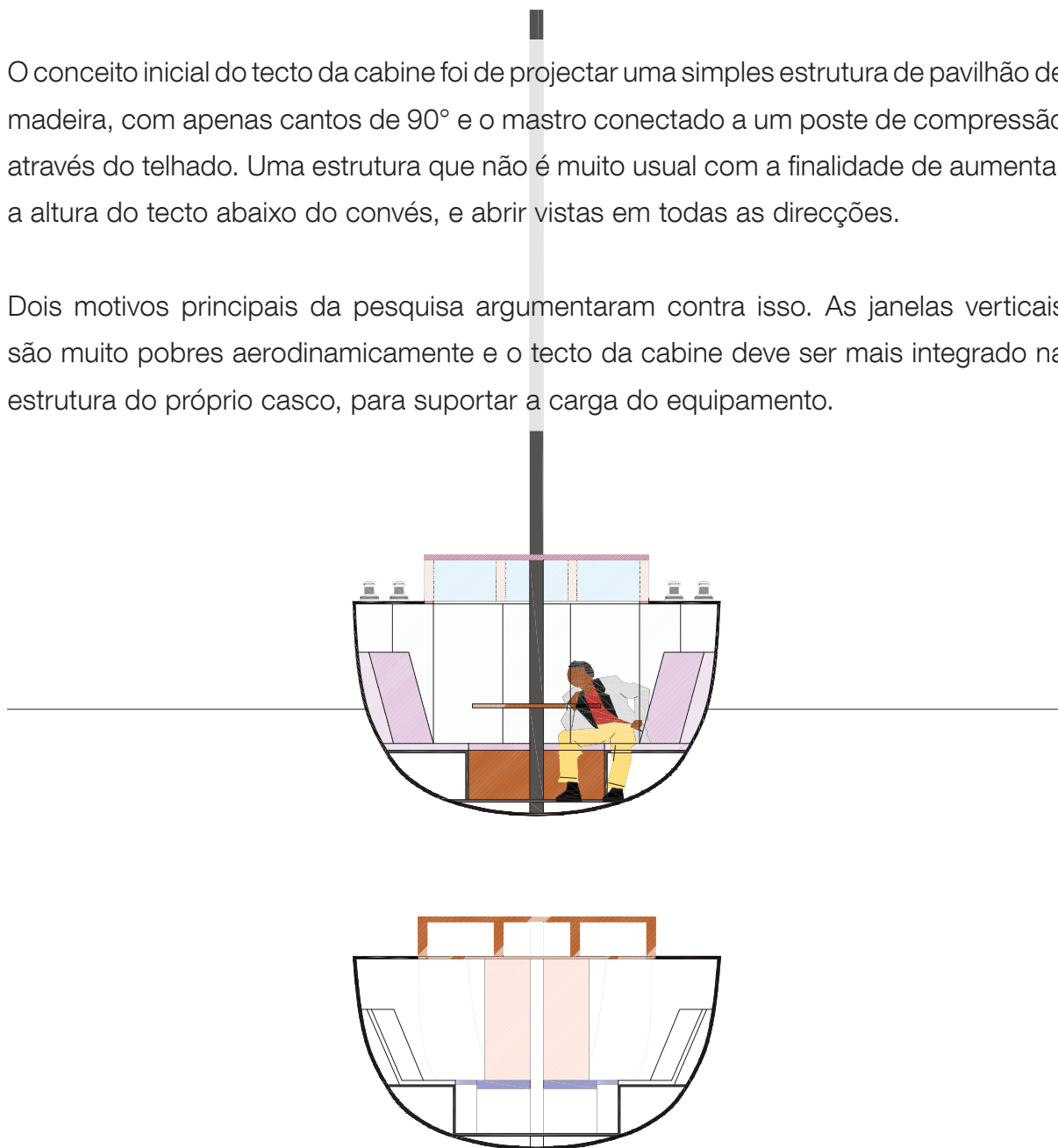


Desenho primário da planta a computador



O conceito inicial do tecto da cabine foi de projectar uma simples estrutura de pavilhão de madeira, com apenas cantos de 90° e o mastro conectado a um poste de compressão através do telhado. Uma estrutura que não é muito usual com a finalidade de aumentar a altura do tecto abaixo do convés, e abrir vistas em todas as direcções.

Dois motivos principais da pesquisa argumentaram contra isso. As janelas verticais são muito pobres aerodinamicamente e o tecto da cabine deve ser mais integrado na estrutura do próprio casco, para suportar a carga do equipamento.



As enxárcias, ligadas às chapas de fixação do olhal através do casco nos lados laterais, alinhadas ao mastro, perpendiculares à linha central, puxam com grande força no casco. O casco precisa de uma força transversal adicional para combater essa força na forma de anteparos ou caixilhos em anel.

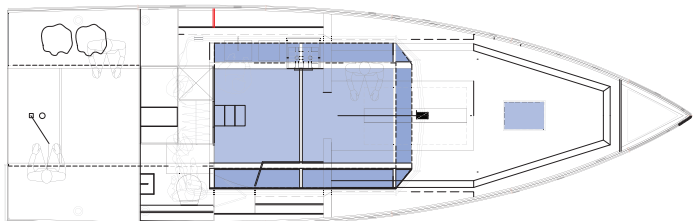
Ao mover o mastro para a frente do tecto da cabine para que os caixilhos em anel possam ser instalados sem reduzir a altura do tecto sob o tecto da cabine, esse problema é resolvido. Isso significava, porém, que o tecto da cabine precisava de ser encurtado, mas isso foi feito pelo alongamento do barco.

Para endurecer ainda mais o casco, a estrutura de madeira no tecto da cabine foi abandonada e substituída por um compósito de epóxido de carbono. Com isso, a estrutura do tecto da cabine, funcionando também como postes de janelas, pode conectar-se com os anteparos parciais abaixo na estrutura interna e formar caixilhos em anel leves.

Ao inclinar os lados do tecto da cabine, poderia ser ampliado sem comprometer a relação entre os convés laterais e o tecto da cabine o que teria ficado estranho. Com o tecto da cabine mais amplo com janelas inclinadas, a altura do tecto aumentou na cozinha de bordo e na estação de navegação, tornando a área mais fácil de trabalhar.

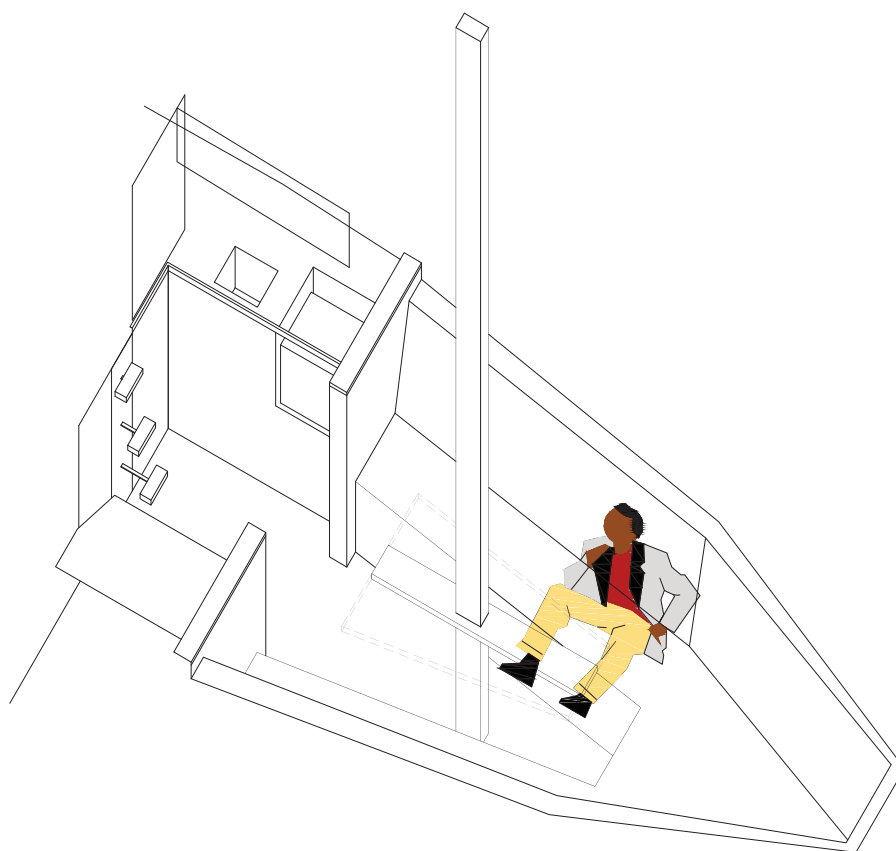
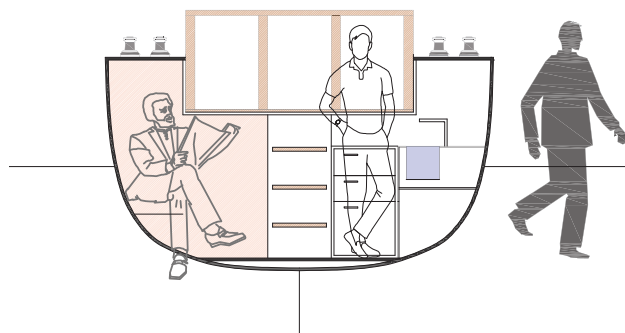


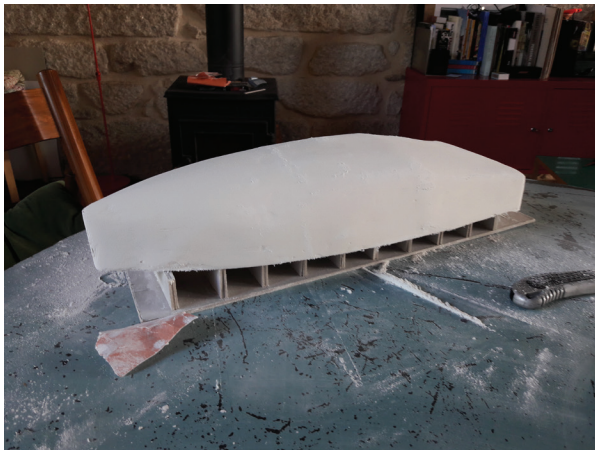
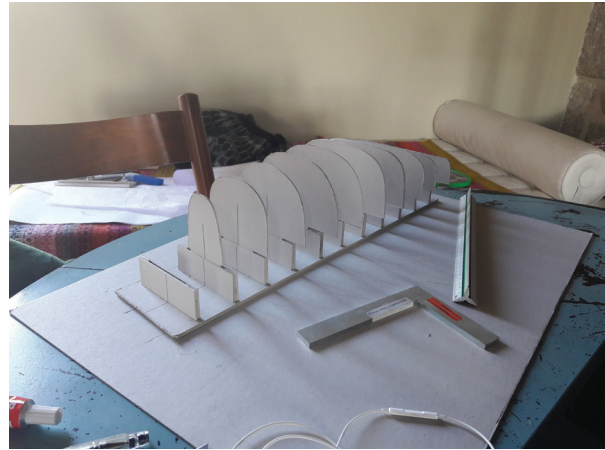
Esboço de modelo da estrutura do tecto da cabine



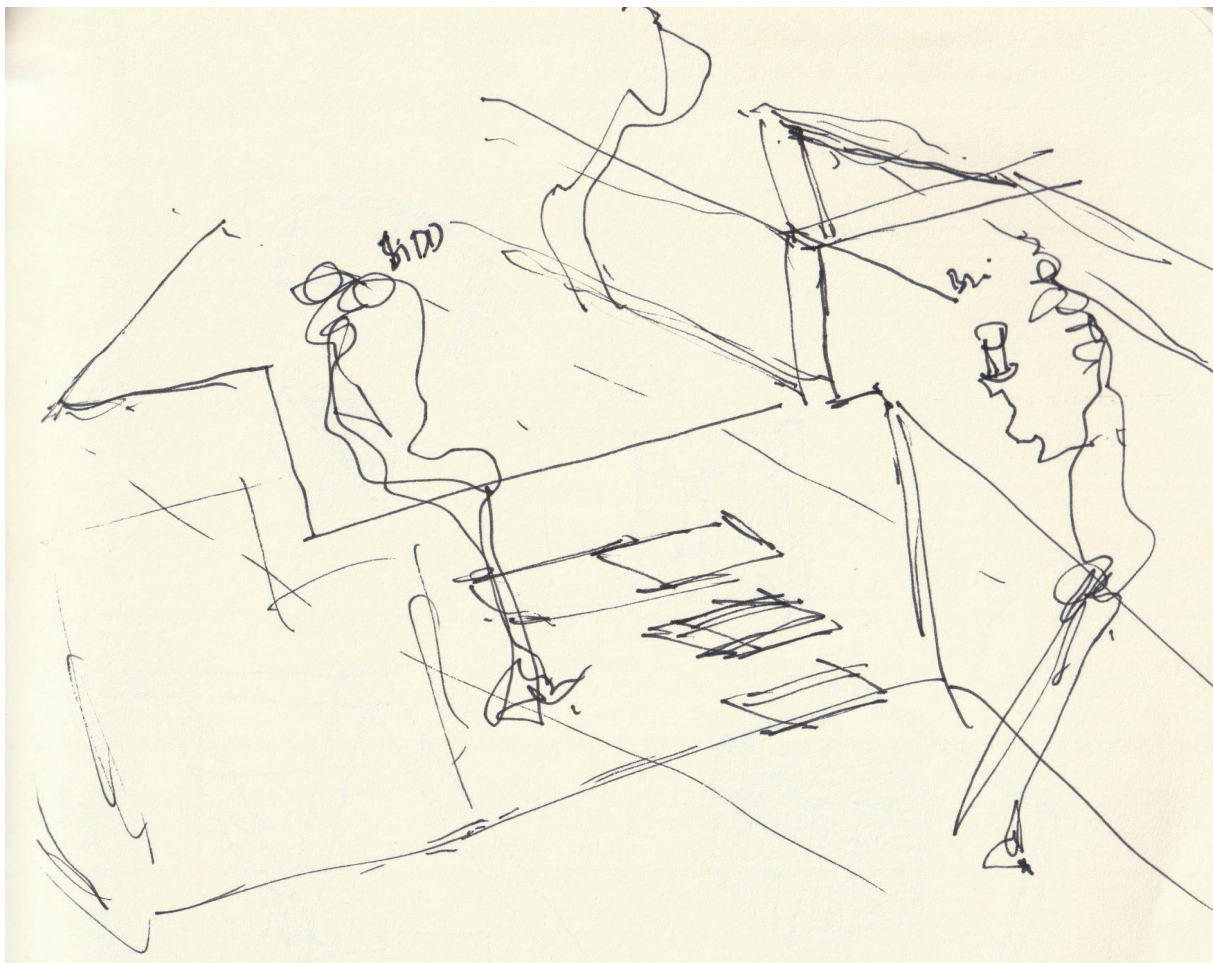
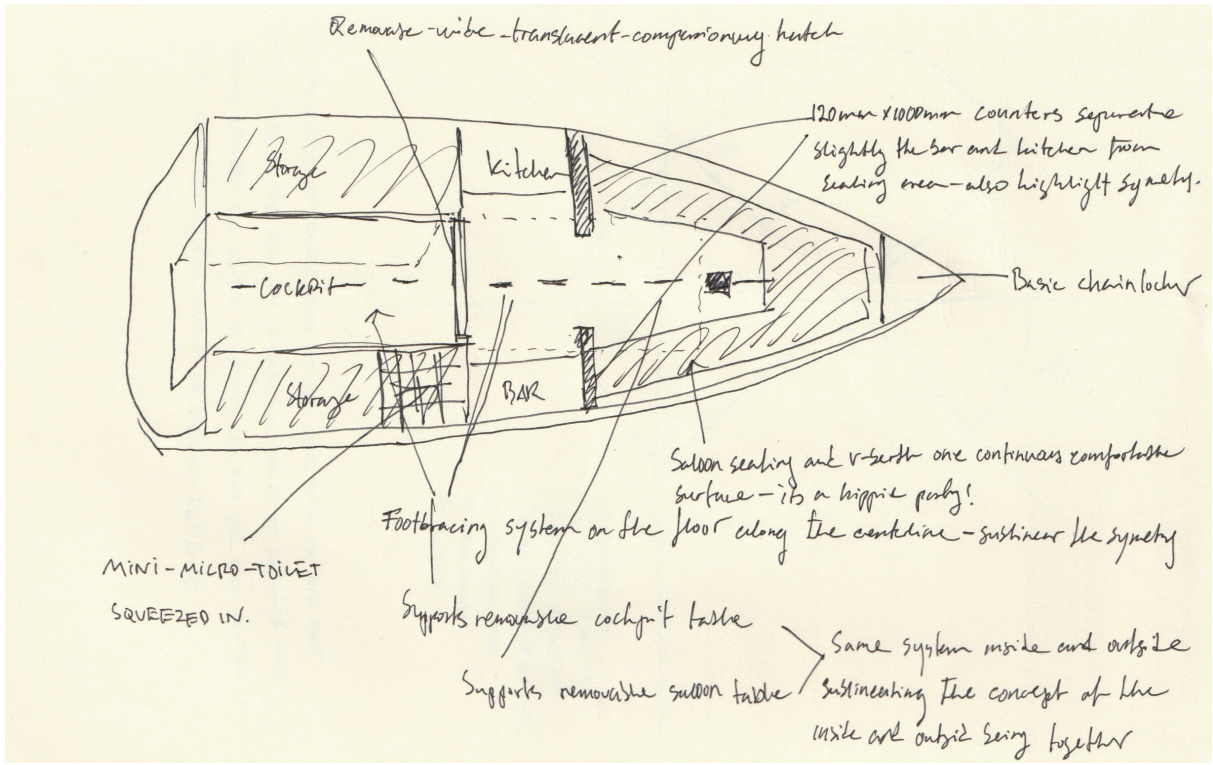
Ainda outro problema resolvido, ao mudar o design original do tecto da cabine, que foi o arranjo das linhas que passavam do mastro de volta ao cockpit. Com tal estrutura leve, os guinchos não podem ser instalados no tecto da cabine na localização padrão em ambos os lados da gaiuta da escotilha de passagem. Além disso, como o tecto da cabine é maioritariamente janelas, executar as linhas sobre elas e instalar transformando moitões para mudar a direcção das linhas para dar uma volta à cobertura não funcionaria.

Um grande desafio era encaixar a casa de banho debaixo do assento do cockpit. Com a decisão de que o tecto da cabine não poderia estender-se de volta para o cockpit, criando o banheiro ou casa de banho habitual nas cabines, e a ampla abertura entre o cockpit e a cabine, o banheiro recebeu pouca prioridade no design e colocado no menor espaço possível para que ele funcione.





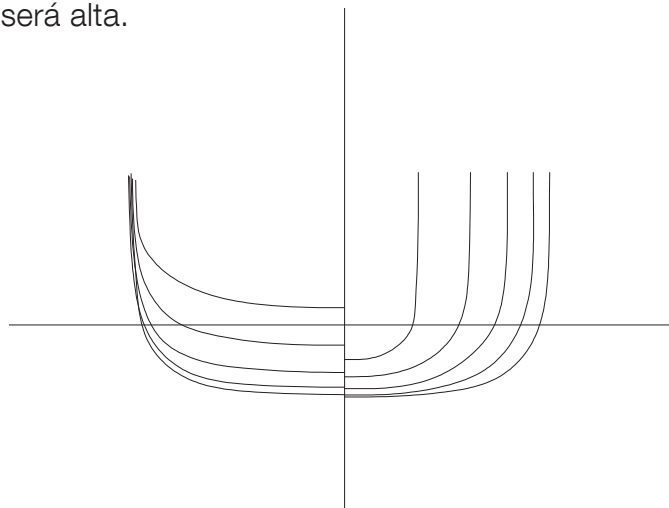
O processo de construção do modelo do casco é muito semelhante à construção do casco em si. Primeiro, o reforço traseiro é construído e, em seguida, elementos de suporte que manterão as formas de secção, formadas após as estações com a espessura do casco e as tiras longitudinais compensadas. As tiras longitudinais de cartão constituem a forma do molde pronto para construir o casco. Como o modelo é feito de gesso, o molde é gravado com plástico para evitar que o gesso se apegue ao molde. As tiras de gesso são colocadas sobre o molde e, em seguida, aplicando um enchimento de secagem e lixar até atingir uma superfície lisa.



5. Design final



O barco é um sloop vela Bermudiana. 10 metros de comprimento (33 pés) de deslocamento médio. A forma do casco é moderna com uma forma de U plana na parte de trás e estreita na frente numa forma de V na proa. Enquanto o deslocamento mais severo manterá o barco longe de planar, a superfície molhada reduzida desta forma deverá dar ao barco um pouco mais de velocidade ao navegar perto da velocidade de deslocamento. O objectivo não é projectar um barco de corrida, mas um de cruzeiro que, espero, não seja muito lento. Com uma área de 100% de vela de 49,7 m² e mais de 7 toneladas de deslocamento, o barco definitivamente não ganhará nenhuma corrida, mas para um primeiro projecto, é melhor ficar pelo lado seguro. Com um raio máximo de 3,2 m e centro de gravidade baixo com lastro na quilha do bulbo, a estabilidade inicial será alta.



O barco é projectado para fazer cruzeiro em distâncias curtas e os interiores e o cockpit são organizados com isso em mente, como um lugar social, onde os amigos podem desfrutar do oceano e do barco.

O principal conceito arquitectónico para este barco consiste em criar um espaço aberto contínuo ao longo da linha central com um sentido de simetria a estibordo e a bombordo em todo o barco. Do lado de fora, do mar ou da marina na parte traseira, através da popa arrasada aberta e do cockpit relativamente livre, em direcção à gaiuta da escotilha de passagem.

O piso bem aberto do cockpit, sem encostos e popa arrasada aberta oferecem ao barco um aspecto de corrida. O principal motivo, porém, não é reduzir o vento e o peso, mas sim maximizar a área do piso do cockpit, tanto para a habitação como para a vela, e ampliando a gaiuta da escotilha de passagem para uma melhor conexão entre o interior e o exterior. Embora o aspecto de corrida que deriva de não ter encostos é agradável, novamente o motivo para isso não é uma tentativa de aumentar a velocidade, mas sim uma função que mantém a fachada da gaiuta de escotilha transparente.

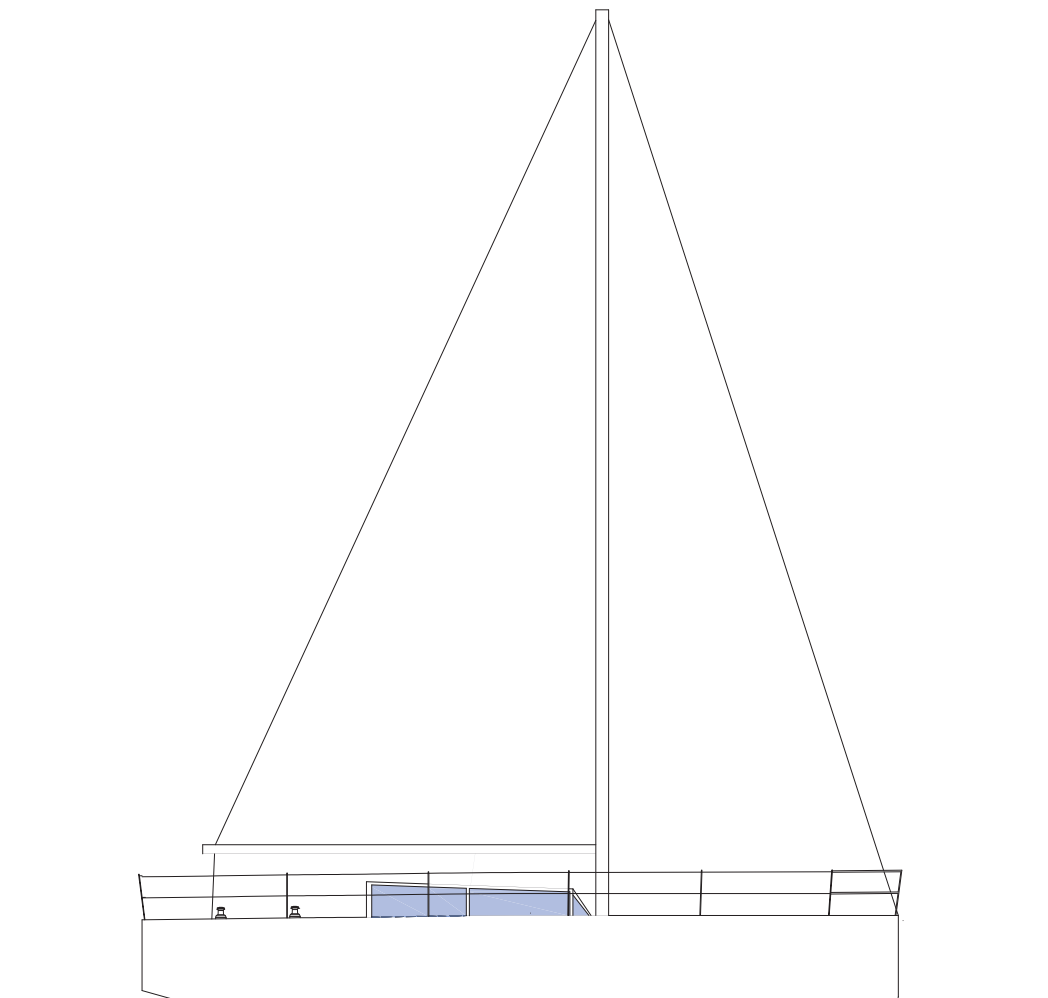
A gaiuta da escotilha de passagem ampla, transparente e aberta e o tecto da cabine articulam o interior com o exterior. No interior, a cozinha de bordo, o salão e o beliche em V combinam num único espaço, com o beliche em V funcionando como uma extensão para os assentos do salão.

O tecto da cabine fornece espaço livre permanente na cozinha de bordo e pela estação de navegação e continua o conceito transparente e aberto da gaiuta da escotilha de passagem. O tecto da cabine transparente também oferece 360 graus de visibilidade enquanto permanece na cozinha de bordo.

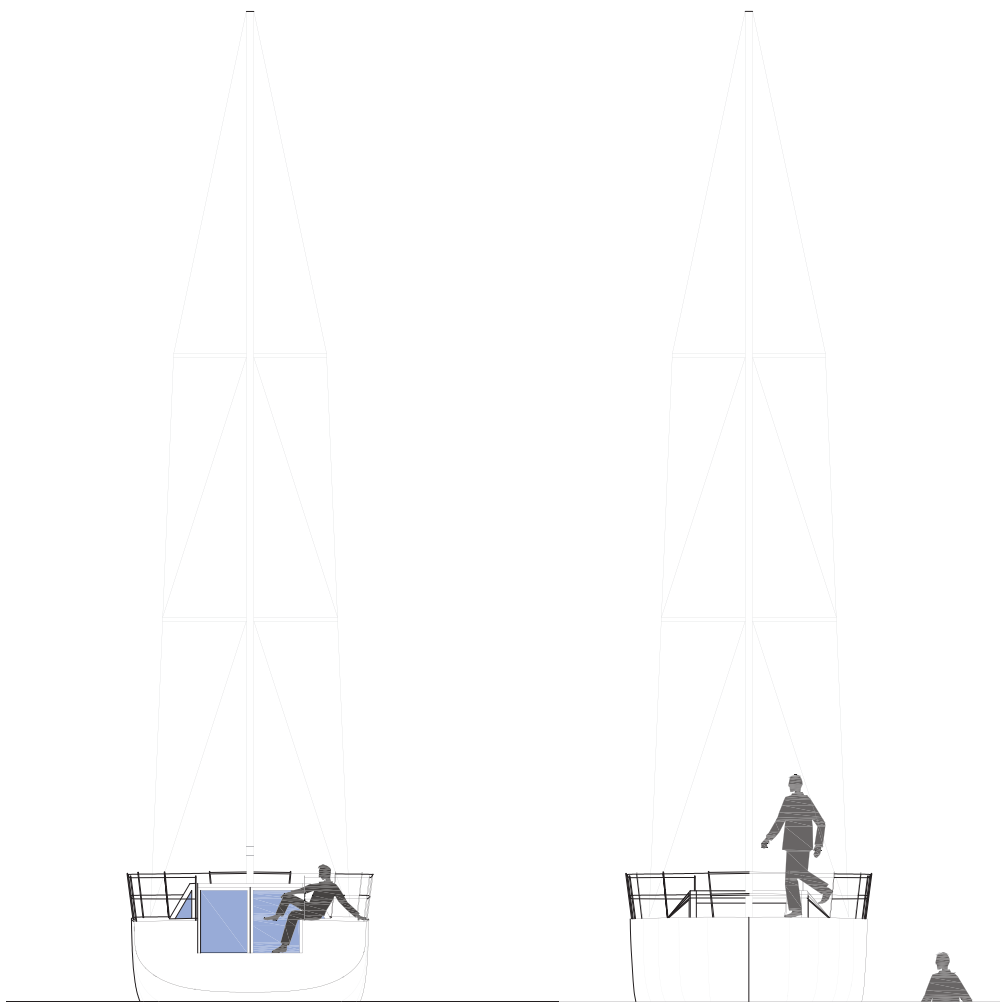
Com um espaço tão limitado, sacrificar a privacidade de uma cabine dianteira e ter apenas um espaço abaixo foi uma decisão fácil e é a decisão de design que faz o maior desvio dos interiores estudados na pesquisa. O beliche em V e os assentos do salão podem ser usados como beliches de dormida para quatro. A casa de banho está instalada num pequeno compartimento sob o assento do cockpit. O espaço alocado para a casa de banho é o mais pequeno possível, permitindo ficar no barco durante a noite, embora definitivamente não seja o seu objectivo principal.

5.1 Desenhos arquitectónicos

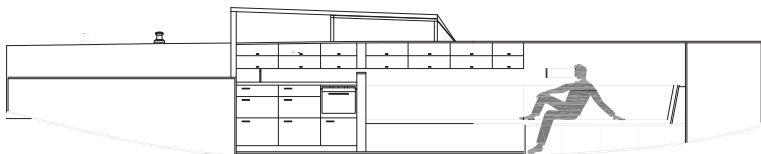
1/100 - Perfil / Elevação – Estibordo



1/100 - Elevações frente e verso



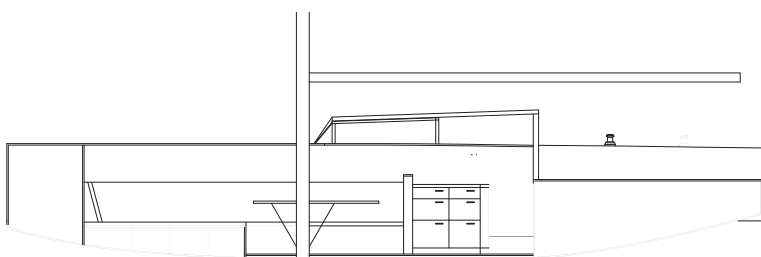
1/100 - Secção – proa à direita



A cozinha de bordo de forro é um compromisso entre o conforto no mar e o espaço do piso. Com uma cozinha de bordo em forma de L ou U, há mais móveis para apoio em viagem enquanto navegam, mas ocupam a maior parte do espaço disponível abaixo da gaiuta da escotilha de passagem. Os balcões que separam a cozinha de bordo e a estação de navegação da área de estar fornecem alguns reforços, mas não o suficiente. Para compensar isso, existem correias que se conectam ao final dos balcões de um lado e à parede dianteira debaixo da gaiuta da escotilha de passagem. Com esta solução, cozinhar em viagem torna-se possível, embora não seja muito confortável.

As prateleiras fechadas sob os convés laterais fornecem armazenamento para alimentos e utensílios de cozinha na cozinha de bordo e vários objectos no salão. É fornecido bastante espaço de armazenamento sob os assentos do salão e o beliche em V para roupas.

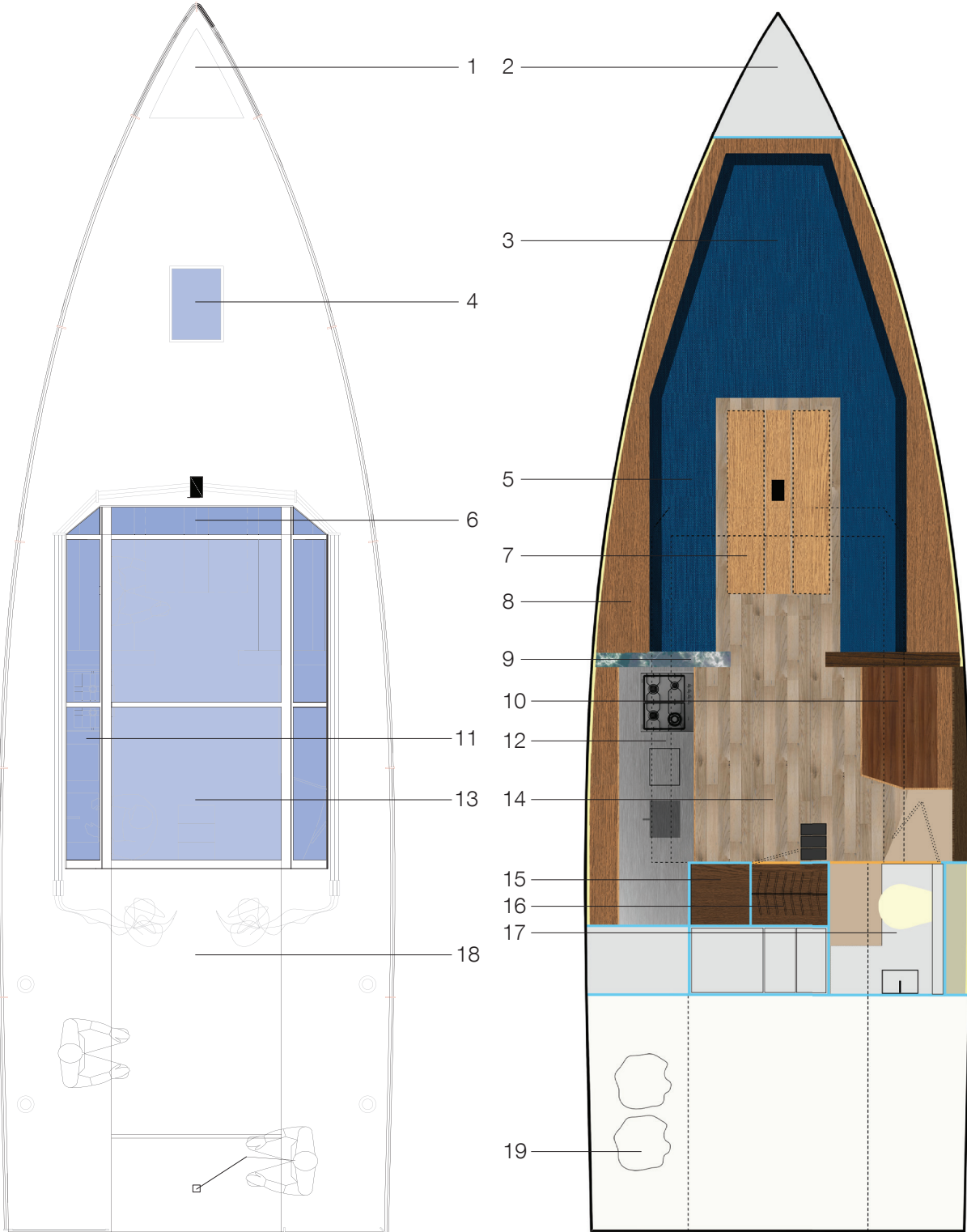
1/100 - Secção – proa à esquerda



A bar/estação de navegação permanente é quase simétrica à cozinha de bordo, com a mesa mais curta para criar espaço para a entrada da casa de banho.

1/50 – Planta do convés

1/50 – Planta da cabine



O paiol da amarra (2), acessível a partir do convés (1), fornece armazenamento para a corrente de âncora e a âncora em si. A vela do balão também pode ser armazenada lá para acesso rápido durante a corrida.

O beliche em V dianteiro (3), tem 1.85 m de largura na sua maior extensão e 0.7 m mais perto da proa e 1,9 metros de comprimento. Espaço para dois dormirem e funciona como um assento extra ou dois para a mesa do salão. Esta área de dormir principal é uma parte ininterrupta da área do salão/cabine.

A escotilha de fuga (4) é de 40 x 58 cm, localizada acima do beliche em V, tem acesso rápido ao convés em caso de incêndio ou emergência. Também traz mais luz para a parte mais interna do barco.

Os assentos do salão (5) 208 x 45 cm de tamanho, o dobro de beliches de dormir, trazendo o número total de beliches no barco para quatro. Este arranjo significa que ao redor da mesa do salão (7), que é de 150 x 85 cm, sete pessoas podem sentar-se confortavelmente para uma refeição e ainda mais para bebidas. As janelas inclinadas para a dianteira (6) fornecem vistas para a frente.

O armazenamento para a cozinha e salão (8) surge ao longo do lado do casco. Os armários em duas fileiras de cada lado, idênticos e simétricos, além da porta do banheiro.

Balcões de 12 cm de largura (9) separam a área do salão da cozinha de bordo (12) e a estação/bar de navegação (10) em cada lado, com acesso ao salão no meio. O balcão da cozinha de bordo é terminado com uma fina camada de mármore, referenciando o café servido aos convidados sentados, a grande quantidade de mármore ao redor do designer durante a sua estadia em Portugal e uma tentativa sarcástica de usar um material pesado num veleiro.

No lado da estação/bar de navegação, o balcão tem um acabamento de madeira dura escura onde as bebidas serão servidas. O propósito das madeiras é equilibrar o peso do mármore e proporcionar alguma simetria tanto no peso real como na atmosfera.

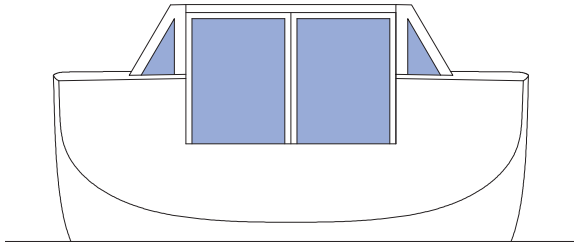
A cozinha de bordo (12) consiste em queimadores de gás com um forno, frigorífico de abertura por cima e pia. A bancada da cozinha de bordo é um aço inoxidável profissional de cozinha para fácil limpeza.

Janelas laterais inclinadas (11) conectadas às janelas inclinadas à dianteira, proporcionam mais espaço livre na cozinha de bordo e na estação de navegação, e vista para os lados. Juntamente com a janela dianteira e as janelas da gaiuta da escotilha de passagem, existe uma vista de 360°, em pé na cozinha de bordo e na bar/estação de navegação.

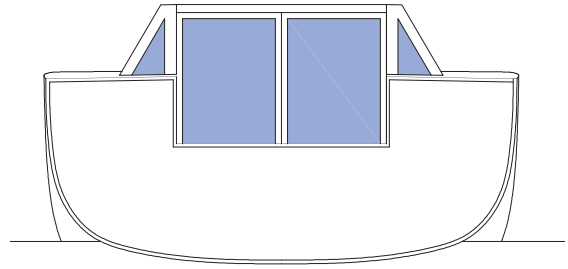
A casa de banho mínima está instalada a bombordo, sob o assento do cockpit. É verdadeiramente no menor espaço possível, já que as outras opções estavam sacrificando espaço no salão ou diminuindo a gaiuta da escotilha de passagem, ambos que funcionariam contra o conceito principal do barco.

Os armários de suspensão (15) e as prateleiras para a cozinha de bordo (16) estão instalados no piso do cockpit mais próximo da gaiuta da escotilha de passagem. O tecto da cabine (13) pode ser aberto, deslizando-o para frente.

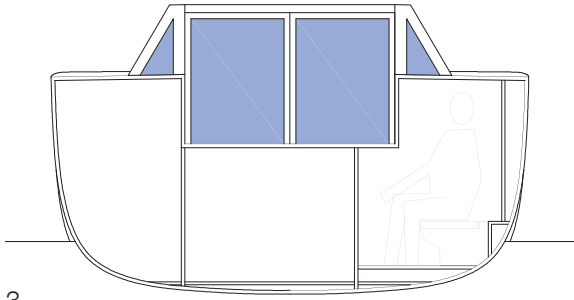
O armazenamento externo (16) é acessível a partir do cockpit (15).



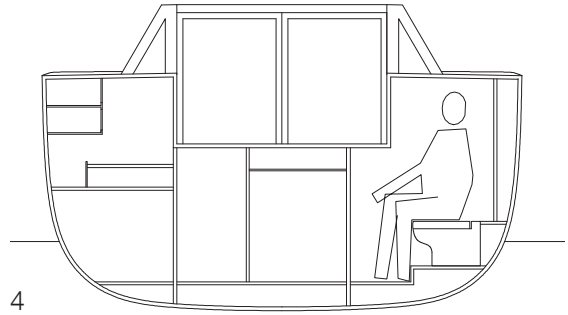
1



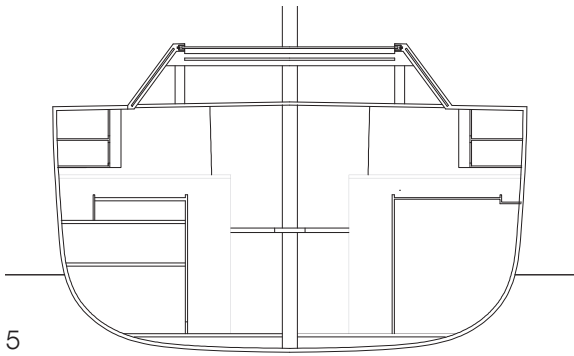
2



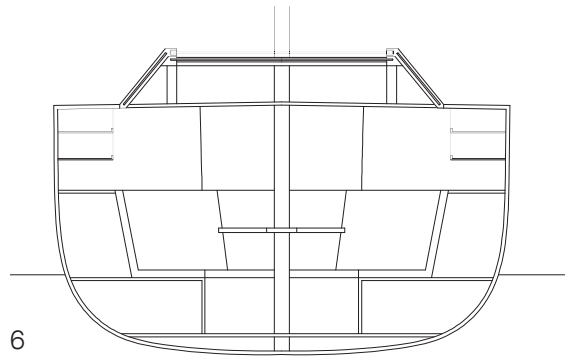
3



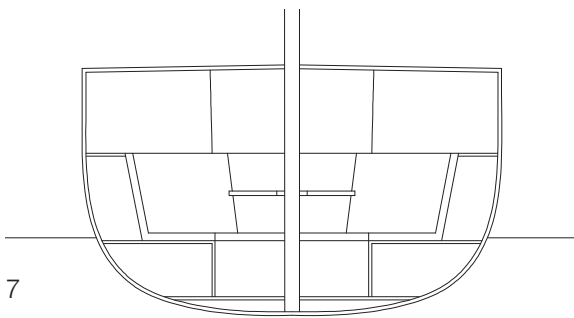
4



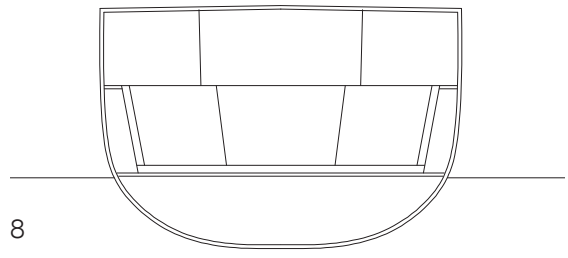
5



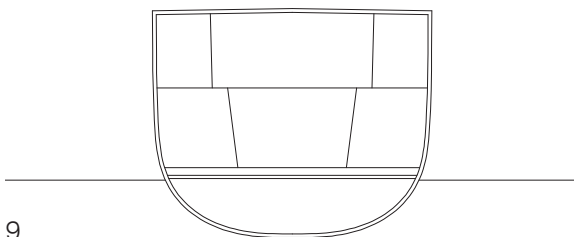
6



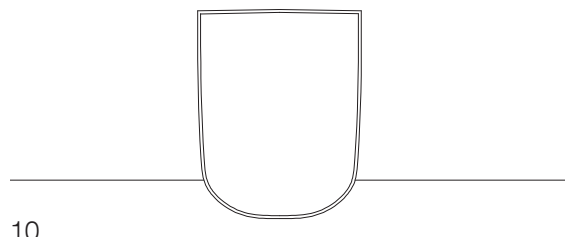
7



8



9



10

1. A popa arrasada.

2. O armazenamento externo sob o cockpit e os convés de lado. Para as velas, linhas e cordas extras, equipamento de pesca, bote inflável, etc.

3. No lado de estibordo na parte mais à popa da casa de banho. No meio, tanques de água. A bombordo, mais armazenamento externo com acesso através do anteparo logo atrás.

4. De estibordo a bombordo, a retrete no banheiro, armário suspenso para casacos e coletes de vida. Gavetas de cozinha viradas à popa. Na parede externa a bombordo, o balcão da cozinha chega completamente até atrás do assento do cockpit.

5. Dentro da área da cozinha de bordo e da estação de navegação. A altura do tecto cinge-se a 1,86 m do máximo de 1,9 metros pela gaiuta da escotilha de passagem.

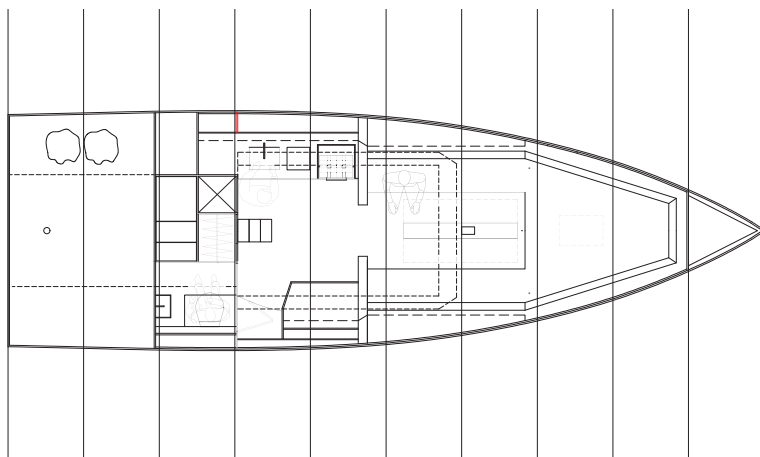
6-7. As prateleiras fechadas continuam da cozinha de bordo para o salão sob os convés laterais. Assentos de cada lado da mesa principal dobrável ao redor do mastro.

8-9. Beliche em V.

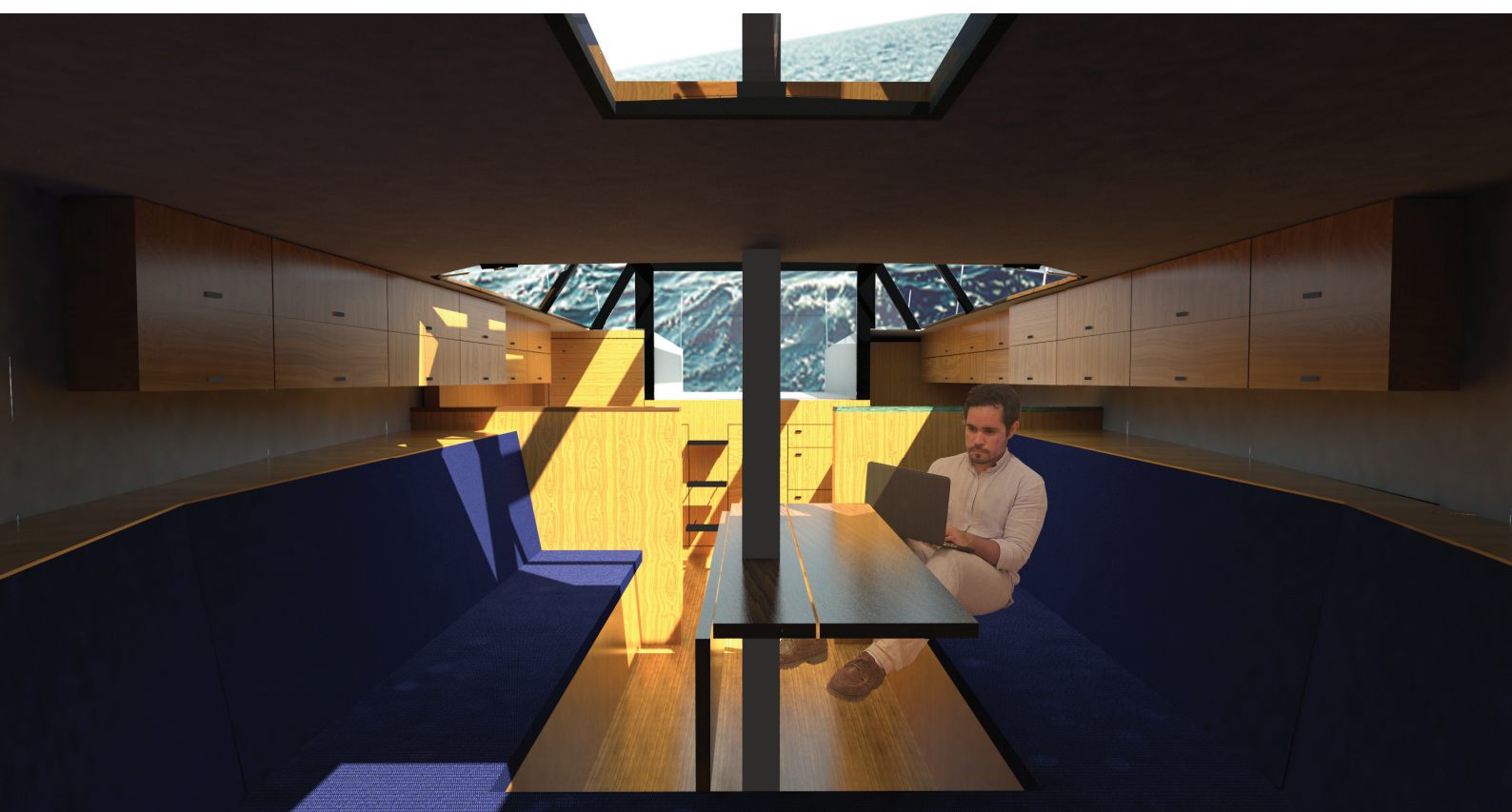
10. Paiol da amarra.

Secções da estação

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10











5.2 Geometria do casco, planta da vela, equipamento

Rácios e dimensões principais

LWL – 9.67

LOA – 10.0 m.

B(max) – 3.17 m

Área de vela 100% - 49,7 m²

Deslocamento - 7.3 toneladas

Coefficiente Prismático - 0.56

Rácio de deslocamento/comprimento - 203.9

Calado - 2.7 m

Área de vela/deslocamento - 13.433

Planta da vela

Vela mestre - $(P \times E) / 2 = 27.25 \text{ m}^2$

135% genoa – $(J \times I) / 2 \times 1.44 = 32.28 \text{ m}^2$

100% bujarrona – $(J \times I) / 2 = 22.42 \text{ m}^2$

Balão assimétrico de cruzeiro – $1.65 \times J \times I = 73.98 \text{ m}^2$

P = 10.9 m

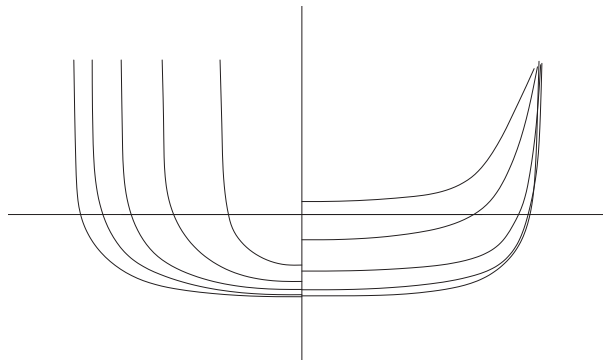
E = 5.0 m

I = 11.8 m

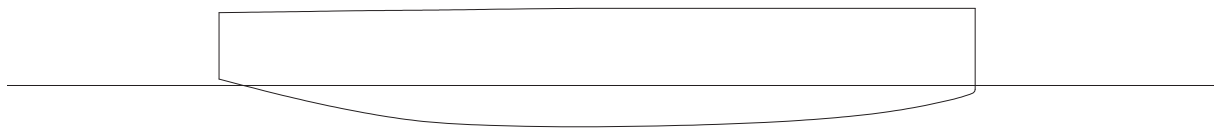
J = 3.8 m

100% área de vela = 49,67 m²

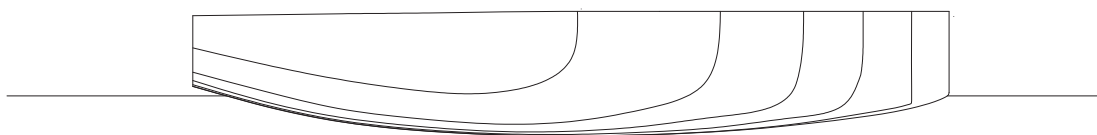
Casco - linhas de desenhos



De uma popa alta e larga com inclinação nos tombadilhos para reduzir a superfície molhada - para uma secção média maior em forma de U, ficando mais profunda e marginalmente maior. Para um prumo de proa estreita.



Planta de perfil do casco - linha central relativamente plana dará ao barco uma velocidade melhor e manterá o deslocamento para baixo. Uma proa de prumo e uma popa. A linha de mudança de rumo aumentando moderadamente da popa à proa, dando ao barco uma aparência moderna.



Planta do messame padrão.

Com uma altura de mastro (da base do mastro no convés até ao ponto mais alto que a vela de estai pode ser içada) de 11,8 m. e uma área de vela a 100% de 49,7 metros quadrados.

O equipamento que escolhi é um equipamento sintético Dux da Colligo Marine. É mais leve e mais forte do que o equipamento de arame tradicional e não só diminui o deslocamento e torna o barco mais rápido, mas também reduz o centro de gravidade, diminuindo o peso no alto do mastro, adicionando estabilidade ao barco. Outra vantagem é que, ao contrário do fio escondido em hastes de aço inoxidável, com equipamento sintético, todas as linhas estão expostas e totalmente inspeccionáveis.

Para obter o ângulo necessário de 12° nas enxárcias, a vau superior de 96 cm. está localizada a 7,4 m. acima da base do mastro. O estai principal será conectado na parte superior (equipamento do topo de mastro) com amarras de rolar, segurando a bujarrona ou genoa no estai enquanto não se navega.

O estai dividido é conectado ao casco nos cantos traseiros do barco, mantendo a popa arrasada livre. As chapas de fixação do olhal das enxárcias em aço inoxidável atravessam o casco e são aparafusadas e laminadas no anteparo localizado abaixo do convés. A chapa de fixação do olhal do estai principal está segura no interior do paiol da amarra. As chapas de fixação do olhal do estai traseiro em ambos os lados são as mesmas.

6. Conclusões

Em conclusão, esta investigação, além de ter sido um valioso exercício arquitectónico, forneceu muitas ideias, materiais e métodos de construção novos que espero que me sirvam no meu trabalho como arquitecto.

A pesquisa sobre a física de um veleiro, a aero e hidrodinâmica, a estabilidade e algumas dinâmicas básicas de fluídos foi, embora um pouco complicada demais no espaço de uma tese arquitectónica, um pico interessante no mundo da física. Os conceitos estudados na parte da tese afectaram definitivamente o projecto do barco e servem de lembrete de que, no processo de fazer arquitectura, tudo pode afectar o design e deve ser procurado um conhecimento interdisciplinar.

A formação de um casco, através de linhas bidimensionais no modo tradicional de um arquitecto naval, os programas de CAD 3D mais modernos e a modelagem física foram um exercício estimulante. A forma irregular do casco e o processo de encaixe em móveis, uma cozinha, uma casa de banho, com o espaço dentro das paredes exteriores, piso e tecto em constante expansão ou encolhimento foi extremamente desafiador. Isso fez-me lembrar dos exercícios não dimensionais realizados no primeiro ano de estudo da arquitectura, criando formas irregulares complexas, agora com algumas complexidades adicionadas.

Os materiais compostos, como as resinas de carbono, kevlar ou fibra de vidro, possuem qualidades interessantes que podem ser aplicadas na arquitectura. Flexibilidade da forma, facilidade de manuseio, baixo custo, alta resistência a relação peso e durabilidade, sendo apenas alguns. À medida que esses materiais se tornam mais frequentemente usados e subsequentemente mais economicamente viáveis, eles se tornarão mais comuns e o conhecimento adquirido ao longo da pesquisa realizada nesta dissertação poderá ser valioso no futuro.

A leitura através dos dados técnicos dos materiais de fibra de vidro foi provavelmente uma boa experiência de aprendizagem, pois o trabalho de arquitectos geralmente gira em torno da compreensão dos detalhes dos materiais e dos seus trabalhos, por exemplo, lendo a documentação chata de pré-fabricação.

Um veleiro é muito sensível ao peso e à distribuição de peso. Ao escolher materiais, o designer deve estar bastante consciente dos pontos fortes e fracos de cada material. Que em combinação com o espaço limitado num veleiro, os materiais escolhidos devem ser confortáveis e criar um ambiente positivo.

A ideia original seria projectar um barco que eu próprio construísse. Através do processo deste design, o barco aumentou gradualmente em comprimento, teve mais equipamentos e espaço e parecia-se mais como o meu barco ideal. Depois de concluir o projecto, eu decidi que esse projecto é ambicioso para uma primeira construção.

O meu plano é projectar outro barco menor, com menos de 6 metros de comprimento, mais adequado para um projecto de primeira construção. Ironicamente, isso se assemelharia a algo mais próximo das ideias iniciais para este projecto. Para construir um barco de 10 metros de comprimento, são necessários recursos consideráveis. Em primeiro lugar, espaço suficientemente grande para abrigar a construção, ferramentas com mais poder e os equipamentos comprados, velas, mastro, etc. e materiais custariam mais. Um barco com menos de 6 metros será muito mais barato, pode ser construído numa grande garagem e usando principalmente ferramentas de carpintaria padrão.

Ao desistir do requisito de espaço livre permanente, o que não seria uma opção num barco tão curto, o espaço livre pode ser reduzido consideravelmente. Isso abriria possibilidades ao baixar tanto a altura do bordo livre como a profundidade do casco, resultando num barco muito mais leve. No entanto não seria mais rápido, pois sem tentar projectar um casco plano, o factor de velocidade limitante será o seu comprimento.

Glossário de termos e expressões técnicas (Português – Inglês):

A popa – aft

Adriça – halyard

Amantilho – topping lift

Amarras de rolar – roller furling

Anteparo – bulkhead

Aparelho móvel – running rigging

Atracação – mooring

Balão – spinnaker

Balaústre – stanchion

Barlavento – windward

Beliche em V – V-berth

Boca – beam

Bombordo – portside

Bordo livre – freeboard

Bujarrona – jib

Cabo – guy

Cabos de rizar – reefing lines

Calado – draft

Cana do leme – tiller

Chalupa – sloop

Chapa de fixação do olhal – chainplate

Conjunto de dimensões standard – scantling

Corrimão – grabrail

Cunho – cleat

Cunho de amarras – mooring cleat

Cursor – traveler

Enxárcias – shrouds

Escota – sheet

Estai – stay

Fora de popa – outboard

Forro – liner

Gaiuta da escotilha de passagem – companionway hatch

Gaiuta de escotilha – companionway
Guarda proeiro – pulpit
Guincho – winch
Junta do convés ao casco – hull-deck joint
Lancha a motor – motorboat
Lastro – ballast
Leme – rudder
Linha de mudança de rumo – sheerline
Longarina – stringer
Mesa de cartas – chart table
Messame padrão – standing rigging
Moitão – block
Molhelha – fender
Mordete para escota – linestopper
Mudança de rumo – sheer
Paiol da amarra – chainlocker
Popa – stern
Popa arrasada – transom
Porão – bilge
Prumo – pumb
Punho da amura – tack
Quilha – keel
Retaguardas – buttocks
Retranca – boom
Roda de proa – stem
Rolhas – stoppers
Sotavento – leeward
Tecto da cabine – coachroof
Tombadilho – topside
Topo do mastro – masthead
Trilha – track
Varandim – pushpit
Vau – beam / spreader
Vela mestre – mainsail
Volante ou roda do leme – steering wheel

Bibliografia

Lofting a Boat: A step-by-step manual (The Adlard Coles Classic Boat series)

Roger Kopanycia

Skene's Elements of Yacht Design / The eight edition of Norman L. Skene's Classic book on yacht design, completely revised and updated by Francis S. Kinney.

Normal Locke Skene / Francis S. Kinney

Dodd, Mead & Company

New York, NY

1927, 1935, 1938, 1963, 1973

Twenty Small Sailboats to Take You Anywhere

John Vigor

Paradise Cay Publications

1999 (6th printing 2011)

Arcata, CA

Aero-Hydrodynamics and the Performance of Sailing Yachts: The Science Behind Sailboats and Their Design

Fabio Fossati

Polipress – Politecnico di Milano

2007

Milano, Italia

Boatbuilding Manual, Fifth Edition

Robert Steward

International Marine / McGraw-Hill

Camden, Maine

2011

Understanding Boat Design, 4th edition

Ted Brewer

International Marine

Camden, Maine / McGraw-Hill

1994

Preliminary Design of Boats and Ships: A Veteran Designers Approach to Conceptual
Vessel Design for the Layman and the Beginning Professional

Cyrus Hamlin

Cornell Maritime Press

Atglen, Pennsylvania

2010

The Elements of Boat Strength: for Builders, Designers, and Owners

Dave Gerr

International Marine / McGraw-Hill

Camden, ME, USA

2000

How to Design a Boat – sail and power - 3rd edition

John Teale

Sheridan House

Dobbs Ferry, NY

2003

Gougeon Brothers on Boat Construction: Wood and West System Materials

Meade Gougeon

Gougeon Brothers, Inc.

Bay City, Michigan

2005

Ultrasimple Boatbuilding, 17 Plywood Boats Anyone Can Build

Gavin Atkin

International Marine / McGraw-Hill

Camden, Maine

2008

Principles of Yacht Design, third edition

Lars Larsson & Rolf E. Eliasson

International Marine / McGraw-Hill

Camden, Maine, USA

2007

The Physics of Sailing Explained

Bryon D. Anderson

Sheridan House

Dobbs Ferry, NY

2003

Peter Isler's Little Blue Book of Sailing Secrets

Peter Isler

John Wiley & Sons, Inc.

Hoboken, NJ

2011

The Rigging Handbook, Tools and Techniques for Modern and Traditional Rigging

Brion Toss

Adlard Coles Nautical

Soho Square, London

2004

The Complete Rigger's Apprentice, Tools and Techniques for Modern and Traditional Rigging, second edition

Brion Toss

McGraw-Hill Education

Camden, Maine, USA

2016

Fiberglass Boats – Construction . Gel Coat . Stressing . Blistering . Repair . Maintenance - 4th edit.

Hugo Du Plessis

Adlard Coles Nautical

Soho Square, London

2006

The Complete Yachtmaster – Sailing, Seamanship and Navigation for the Modern Yacht Skipper - 4th edition.

Tom Cunliffe

Adlard Coles Nautical

Soho Square, London

2003

Open 60' ISAF International Class - Class Rules – 2008 Version 1

International Monohull Open Class Association I.M.O.C.A

International Monohull Open Class Association I.M.O.C.A

Paris

2008

Sites:

<https://www.boat-specs.com>

<http://www.finot-conq.com>

<http://www.yachtingworld.com/yachts-and-gear/brenta-80dc-this-new-80ft-carbon-cruiser-63776>

<http://msyachtbau.squarespace.com/our-vision/>

<http://www.finot-conq.com/en/content/pascal-conqs-speech-superyacht-design-symposium-october-24th-2012-miami-fla>

<http://marine.marsh-design.com/content/understanding-monohull-sailboat-stability-curves>

Entrevista:

Wally Yacht ESENSE - designed by Odile Decq

<https://www.youtube.com/watch?v=2LcgKTeA99o>

Imagens:

Fig 1., 2., 3. - <https://www.bavariayachts.com/en-uk/sailing-yachts/easy-97/easy-97/highlights/>

Fig 4., 5. - <http://www.beneteau.com/en/first/first-25>

Fig 6. - http://sailboatdata.com/viewrecord.asp?class_id=770

Fig 7., 8. - <https://www.boat-specs.com/catalina-yachts/catalina-30-mkii-wing-keel>

Fig 9. - <https://i.pinimg.com/736x/c4/22/9a/c4229a0ac5eb6bd423e14ece0e627eab--cockpit.jpg>

Fig 10. - www.volvooceanrace.com

Fig 11. - <http://earwigoagin.blogspot.is/2016/03/seen-at-2015-annapolis-sailboat-show.html>

Fig 12. - <https://i.ytimg.com/vi/P4TIMMmlztg/maxresdefault.jpg>

Fig 13. - <http://www.cruiser-racer.com/0000000578/BAVARIA-35-MATCH>

Fig 14. - <http://www.pogostructures.com/en/cruising-sailboats/pogo-36-en/>

Fig 15. - https://forums.sailboatowners.com/index.php?attachments/img_0664-jpg.73227/

Fig 16. - https://www.wally.com/static/upload/wal/0002/wallynano_02.jpg

Fig 17. - <https://forums.sailboatowners.com/index.php?threads/pvc-shroud-covers.151053/>

Fig 18. - https://www.sailmagazine.com/.image/t_share/MTQ4OTg4MDgyOTYxNzg2NTQ3/salona33-32.jpg

Fig 19. - <http://www.nauticexpo.com/prod/ocean-srl/product-23325-208390.html>

Fig 21. - https://www.wally.com/static/upload/ese/esense_15.jpg

Fig 22., 23. - <http://www.abitare.it/en/design-en/products/2016/01/04/chipperfield-designs-the-interior-of-a-new-boat/>

Fig 24. - <http://www.torqueedo.com/en/products/outboards/cruise/cruise-4.0-r/M-1232-00.html>