

5. Construção

Provavelmente a maior vantagem da construção naval, de pequena e média escala, é a facilidade que se tem para iniciar um negócio. (NASSEH, 2000)

Em seu livro “Manual de Construção de Barcos”, Jorge Nasseh demonstra o baixo investimento em equipamentos e mão de obra para se montar um pequeno estaleiro. Maquinário para trabalho em madeira, alguns equipamentos elétricos e ferramentas manuais, além de algum conhecimento de marcenaria e compósitos, são o suficiente para começar a construir barcos. Com a devida supervisão, bons barcos.

Normalmente, como dito no capítulo primeiro, estaleiros de pequeno porte são os que mais negligenciam os riscos dos materiais tóxicos em prol da competitividade. Este trabalho é focado neste recorte da indústria e no construtor amador de barcos, por acreditarmos serem os mais sujeitos à exposição a agentes tóxicos e à desinformação no trato com os mesmos. Estas pequenas oficinas, de onde normalmente saem barcos únicos, são campo fértil para inovações conceituais e técnicas. São herdeiras das técnicas da construção tradicional, adaptando e atualizando às novas tecnologias e aos desejos do mercado. Aqui, o construtor/projetista está próximo da água, do dono do barco. A retro-alimentação constante.

Nestes pequenos estaleiros a técnica é o homem. Um bom produto depende da eficiência do trabalhador em realizar tarefas específicas, altamente qualificadas e de extrema habilidade manual; o construtor deve ter, também, grande poder de abstração, imaginação, visualização e inventividade. Para nós, estudar um novo material laboratorialmente para analisar sua resistência mecânica normativa, como na engenharia, não era o suficiente. Em uma pesquisa de design é preciso analisar a relação com o usuário. Foi preciso, portanto, introduzir os novos materiais e técnicas no fluxo da produção, com os diferentes tempos da produção, conversando com os outros materiais e as outras técnicas da construção, com o espaço da construção. E tudo isso só é possível através da *praxis*.

Desta forma, procuramos seguir as técnicas especificadas no projeto do barco introduzindo nossas novas técnicas e materiais. Utilizamos a oficina de protótipos e modelos do curso Design, do Departamento de Artes e Design da

PUC-Rio, localizado no subsolo do prédio Kenedy¹. Enfrentamos alguns problemas devido ao foco da oficina ser a construção de modelos em escala reduzida, sentimos falta de maquinário mais pesado, mas com paciência e conversa conseguimos a colaboração de outros departamentos e setores da PUC-Rio². Levei minha maleta de ferramentas para a oficina e com isso tínhamos a estrutura de um pequeno estaleiro. Eu seria o mestre construtor.

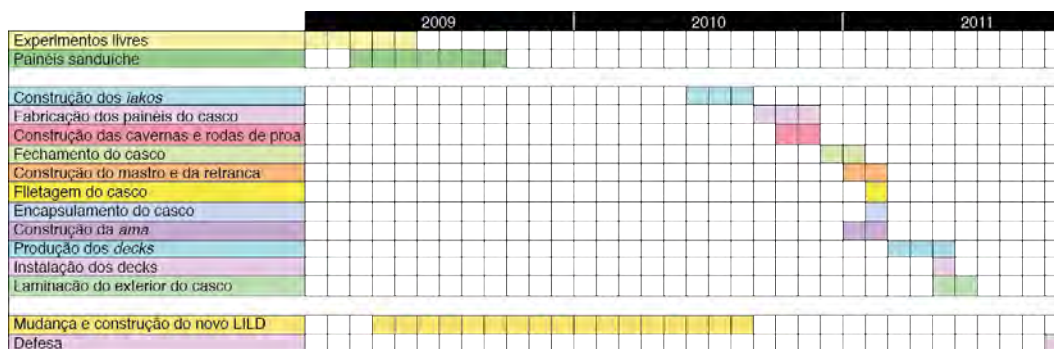


Figura 20 – Etapas da construção.

5.1. *lakos*

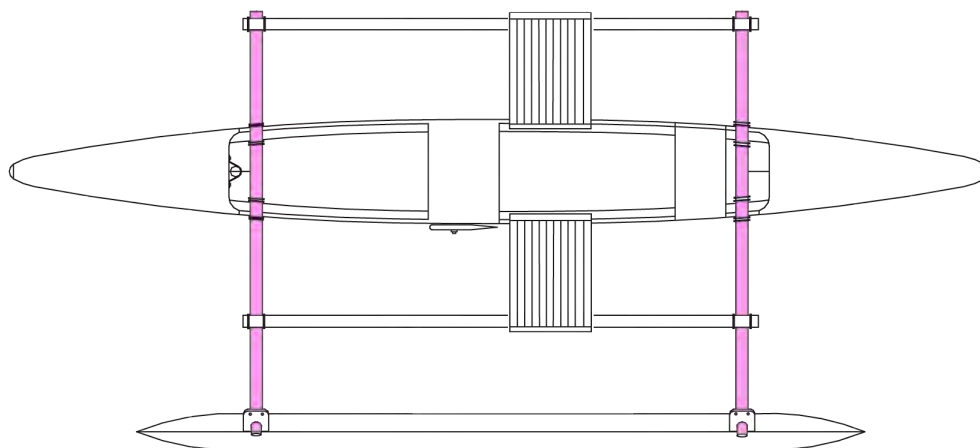


Figura 21 – *lakos*.

¹ Obrigado Felipe Rangel, Gabriela Vacari, Cid Antunes e equipe pela cessão do espaço e apoio técnico.

² Destaque para a equipe da marcenaria sob a tutela de Nelson, e Khosrow Ghavami do Laboratório de Estruturas e Materiais, do Departamento de Engenharia Civil.

O primeiro passo na construção do barco foi na verdade um teste de adesão da nova resina que estava prestes a utilizar, Rescin Adepoly® 506, da polyurethane. Interessei-me por esta resina porque ela já vem de fábrica com carga de microesferas, eliminando mais uma etapa desagradável e insalubre, misturar o pó leve das microesferas com a resina - o produto já vem em pasta pronto para as colagens³. O único problema é que devido a carga já vir misturada num dos componentes (poliol) a mistura tem que ser por peso e não por volume, o que representa mais um equipamento e uma possibilidade maior de erro nas proporções.

Os *iakos*, duas barras curvas de madeira laminada, são um importante elemento estrutural do barco, fazendo a união do casco com a *ama*. Para a construção de cada *iako* foram coladas oito lâminas de Tauari de 7 mm de espessura, 70 mm de largura e 2500 mm de comprimento⁴, presas a um gabarito por grampos G, num processo de laminação comum na construção naval.

Antes de me arriscar com a nova resina nos *iakos*, fiz um teste simulando a colagem dos painéis do casco. O resultado foi muito bom e nos encheu de confiança para fazer a colagem.

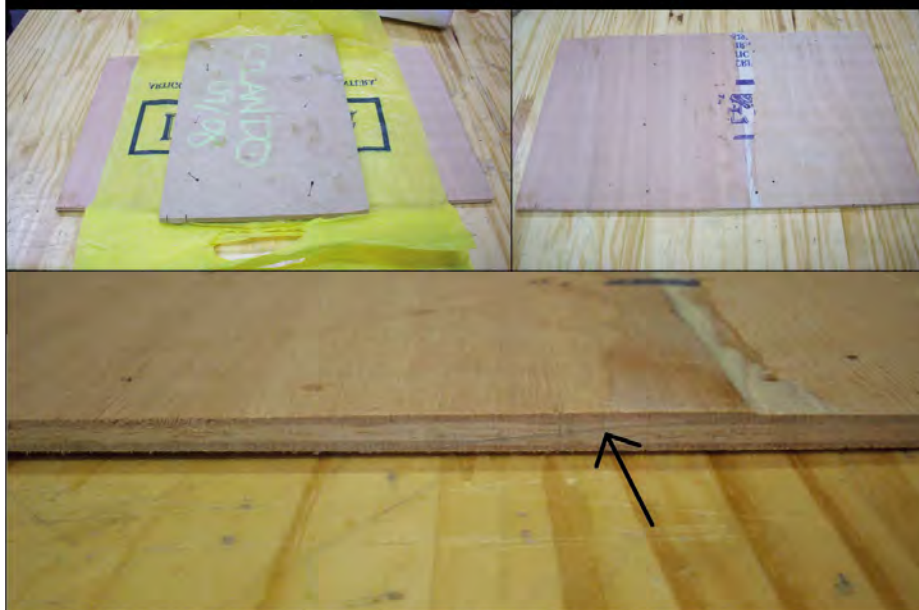
O resultado não foi excelente, mas foi bem mais do que satisfatório. As peças ficaram bem resistentes (e um pouco pesadas). O tauari, comercializado em tábuas de 10 cm x 2 cm, como rodapé, embora resistente, se mostrou muito pesado e algumas vezes muito duro para ser trabalhado, mas foi a opção viável encontrada, uma espécie nativa cujo plantio e comercialização são incentivados pelo Ibama.

A segunda colagem ficou sensivelmente melhor, graças ao aprendizado que tivemos com a primeira. Na colagem inicial, acreditei que algumas imperfeições nas faces a serem coladas, esculpidas por um dente na lâmina do desengrosso, não seriam problema para a pressão dos grampos: quis testar também se a cola era um eficiente *gap-filler*.

³ Engrossa-se a resina (inclusive epóxi) em diferentes consistências para se executar tarefas distintas na construção de um barco. Para colagem é recomendada a consistência de manteiga de amendoim. Sem carga a resina “escorreria” da área de colagem.

⁴ Barcos são medidos em milímetros.

COLAGEM DE PLACAS DE COMPENSADO



Descrição: colagem de chanfro para união de placas de compensado.

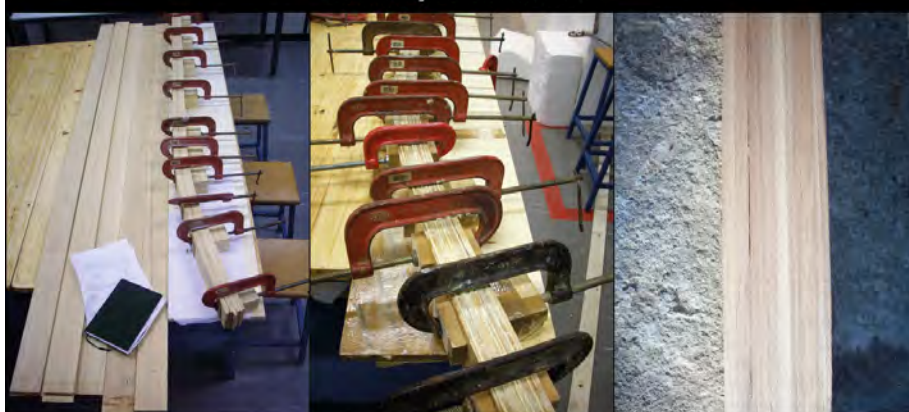
Materiais: compensado naval de cedro de 6mm e resina de mamona Polyurethane Rescin Adepoly 506.

Objetivo: testar a qualidade da colagem da Rescin Adepoly 506 para sua utilização na emenda dos painéis do casco.

Considerações: excelente resultado, não deixando nada a desejar com relação ao epóxy. Os chanfros e a colagem ficaram muito bem feitos como podemos conferir pela linha quase imperceptível indicada pela seta acima. Conseguimos continuidade estrutural entre as duas peças coladas, com a área de colagem influenciando bem pouco no trabalho do material quando solicitado. Confiança!

Figura 22 – Teste de adesão de junta em chanfro.

LAMINAÇÃO DOS IAKOS



Descrição: construção de duas vigas curvas de madeira laminada compostas de 8 camadas de tauari de 70 x 7 x 2500 mm.

Materiais: tábuas de tauari e Rescin Adepoly 506.

Ferramentas e equipamentos: gabarito para conformar o laminado na curva desejada, grampos G e filme plástico para isolar a colagem do gabarito.

Considerações: percebemos que é preciso esmero na produção das juntas. O poliuretano, embora expanda e “procure” os espaços vazios de juntas imperfeitas não apresenta a mesma qualidade *gap-filler* que o epóxi (foto à direita).

Figura 23 - Laminação dos iakos.

As imperfeições foram um problema, a madeira mostrou-se bem mais dura do que aparentava até então, e a cola não mostrou um grande desempenho no preenchimento dos espaços. Embora a pequena expansão se encarregue de ocupar possíveis espaços vazios, o resultado não apresenta a mesma resistência que o epóxi, é preciso muito mais esmero na produção das juntas.⁵ Na segunda vez, com as imperfeições devidamente retiradas com auxílio da plaina manual, a colagem ficou bem melhor, sem frisos, sem espaços a serem preenchidos e com superfícies faceando perfeitamente umas às outras para uma ótima adesão. Com as peças prontas, aparelhei uma face de cada uma garantindo a perpendicularidade com as paredes; em seguida passei as duas peças no desengrosso⁶ até atingir os 7,5 cm especificados em projeto. Depois as quinas foram adoçadas com a tupia.



Figura 24 - Aparelhando os *iakos*.

A etapa seguinte foi colocar o pino que faz o encaixe com a *ama*, um tarugo

⁵ O pior resultado não foi diferente dos piores resultados (talvez até melhor) que encontrei ao longo de minha experiência na indústria e até mesmo na escola.

⁶ Obrigado Nelson e pessoal da carpintaria.

cilíndrico de ipê torneado⁷. Com alguma dificuldade para alinhar as peças devido a curvatura, fizemos os furo na furadeira horizontal, com uma broca chata de uma polegada, no topo de cada um dos *iakos*. Depois de algumas tentativas entre o torno e o furo chegamos no diâmetro adequado para um perfeito encaixe do pino, que entrou bem justo, na pancada do martelo de borracha. Coloquei ainda um reforço de cordão de juta ao redor do laminado onde o pino entra no *iako* para reforçar a colagem das lâminas de tauari e conter a alavanca que o pino exerce no laminado (o projeto especifica fibra de vidro para este reforço).



Figura 25 - Pino dos *iakos*.

Este experimento me deixou mais seguro de conseguir uma boa colagem com a resina de mamona. É preciso dedicação na produção das superfícies a serem coladas, e também é preciso evitar ao máximo os espaços vazios entre as superfícies para evitar o efeito expansivo que a umidade provoca neste tipo de poliuretano. As experiências confirmaram o que diz a bibliografia.

Uma novidade mais recente nos adesivos à prova d'água é a cola de poliuretano. [...] Pode ser usada para colagens de placas e até expande ocupando pequenos espaços. Também pode ser usada para laminações em geral [...] Todas as colas, exceto epóxi, requerem uma boa superfície de contato e pressão para uma boa adesão.⁸ (DERKING, 2008)

A etapa seguinte foi produzir os painéis dos costados e do fundo do barco.

⁷ Obrigado Cid e Giu.

⁸ Tradução do autor.

5. 2. Painéis

O primeiro desafio na construção dos painéis foi encontrar o compensado nas especificações do projeto, compensado naval de cedro com 6 mm de espessura. Diversos comerciantes negociam compensados de “madeiras tropicais” encapados em cedro como se fossem 100% cedro. Finalmente, depois de muitas tentativas, encontrei um fabricante no Paraná, Frank Compensados, que me entregou o material na PUC, com frete, a um preço competitivo com os “falsos” compensados do Rio. Mesmo assim, das seis chapas recebidas, uma apresentava trechos de compensado misto, com uma madeira clara e bem menos densa, provavelmente uma “madeira tropical”. Infelizmente, minha falha, esta parte foi parar no painel do fundo, virado para a água. Acreditemos na impermeabilização!

De posse dos compensados, a etapa seguinte foi dimensioná-los para o comprimento dos painéis do costado e do fundo. Para atingir o comprimento necessário, 5 metros, maior que o comprimento de duas folhas juntas, tivemos que fazer duas emendas por painel. No projeto original, pensado para placas de dimensões neozelandesas, de 120 x 270 cm, só é preciso fazer uma emenda.

Primeiro fatiamos 2 folhas em três ripas de 53 cm de largura, e, ainda, mais uma tira na mesma largura da terceira chapa. Ficamos, então, com 3 pares de tiras, e mais uma para fazer os retalhos do meio e atingir os 5 metros. Optei por deixar o “retalho” no meio pois o processo construtivo se utiliza da flexão natural dos painéis para dar forma ao contorno do barco. Estando centralizadas nos painéis, as duas emendas não comprometem a simetria do barco.

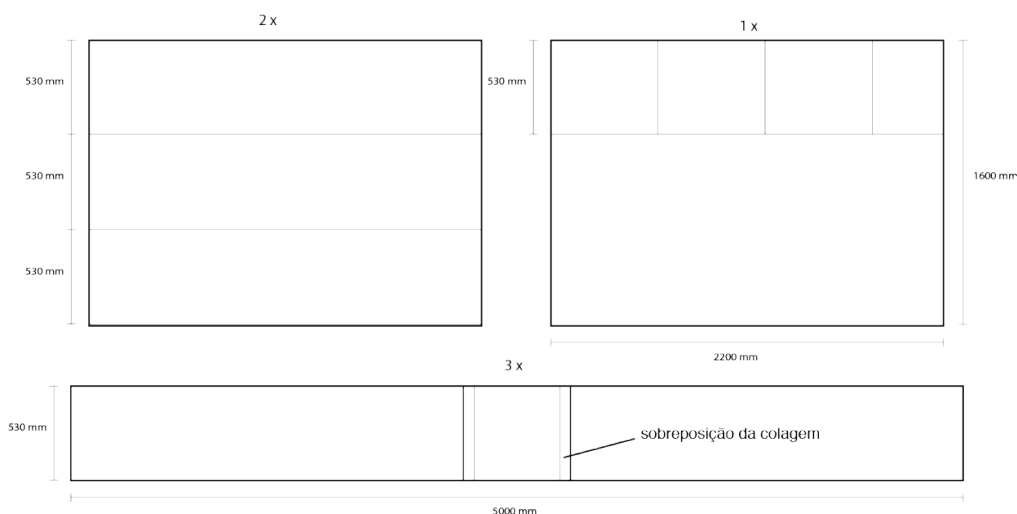
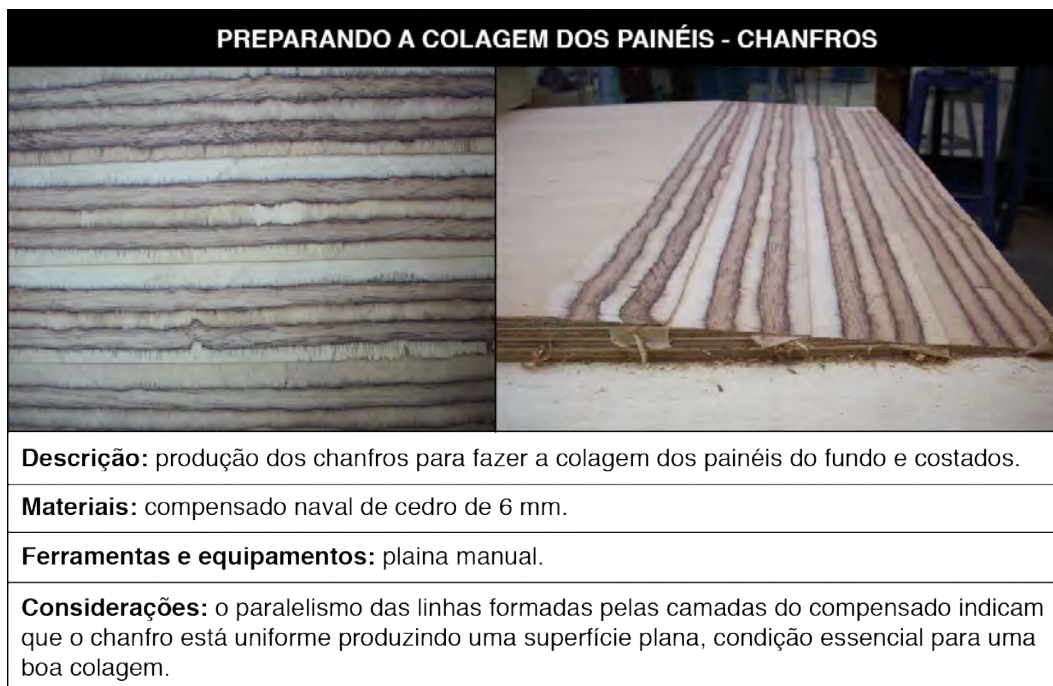


Figura 26 – Plano de corte e colagem dos painéis.



O método correto de se colar folhas de compensado é fazendo juntas em chanfro. A medida ideal do chanfro é de dez vezes a espessura da madeira, logo, 60 mm para um compensado de 6 mm de espessura. Pode-se usar um gabarito preso a uma serra circular para fazer o corte já no ângulo correto; caso não tenha o gabarito a alternativa é usar a plaina manual para fazer o trabalho. Pode-se, ainda, utilizar a plaina elétrica para fazer o grosso do serviço e dar o acabamento à mão. É necessário, como aferido na construção dos *iakos*, que o chanfro seja uma superfície totalmente plana para uma boa adesão. E estamos falando aqui do casco do um barco, o que aumenta a responsabilidade do trabalho. As possibilidades de falha devem ser eliminadas ao máximo.

Usando as mesas como bases, preguei tacos de MDF prensando as uniões dos painéis enquanto curavam, sempre isolando a área da colagem das outras superfícies com filme plástico. Os resultado foi excelente, ficou difícil, até para um olhar treinado, encontrar o fio da colagem (como no teste da figura 20).

O passo seguinte foi dar forma aos painéis, desenhar e cortar o *outline*. Para realizar esta tarefa usamos varetas de madeira longas e desempenadas, os virotes. Transferindo medidas de uma tabela a partir de uma linha de base, marca-se os pontos que definirão a curva a ser traçada. Os virotes são então posicionados nesses pontos. É imprescindível obter uma curva natural e uniforme e o único jeito de checar isto é com o olhar; aproximando-se a visão do virote percebe-se nitidamente o caráter da curva. Não é raro encontrar pontos que precisem de um

ou dois milímetros de ajuste, por imperfeição na transferência das medidas ou por incapacidade técnica do suporte do projeto. Muitos desenhos em CAD (*computer aided drawing*) são corrigidos nas salas de risco (*lofting floor*). Qualquer imperfeição deve ser corrigida nesta etapa.

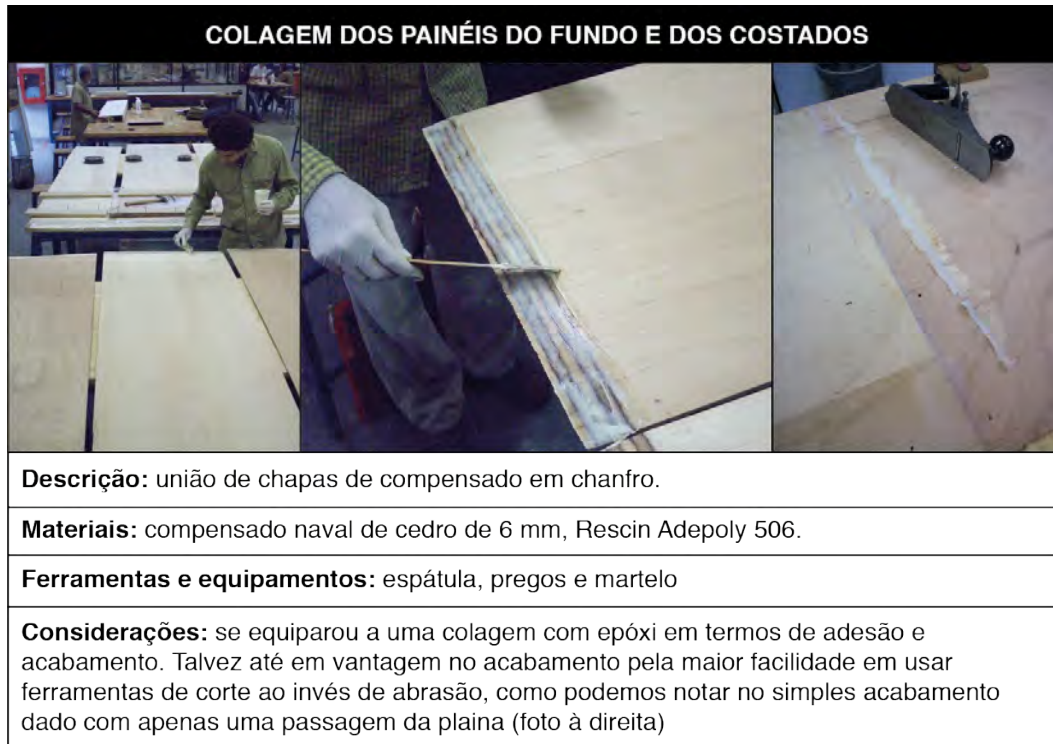


Figura 27 – Colagem dos painéis.

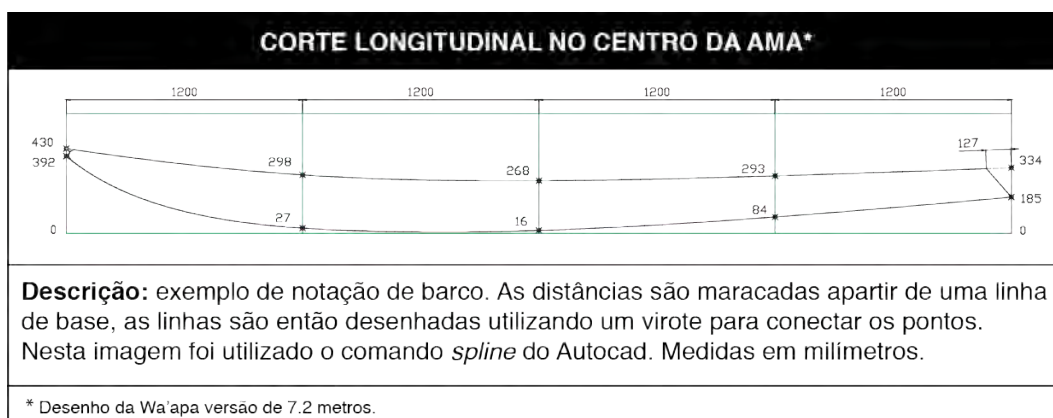


Figura 28 – Perfil da ama.

Após riscar as curva em um dos painéis do costado com o auxílio dos vi-
rotes, unimos os dois painéis com fita dupla face antes de cortá-los com a tico-
tico, garantindo, dessa maneira, que os dois painéis sejam idênticos. O corte com a
serra tico-tico foi feito deixando sempre um ou dois milímetros de tolerância além
da linha; depois com uma plaina de topo atingimos a precisão necessária, sempre

usando o olhar para identificar possíveis imperfeições nas curvas. A forma do painel do fundo é tirada no local já com o barco começando a ser montado.



Figura 29 – Dando forma aos painéis.

O resultado, tanto da colagem quanto do dimensionamento, ficou muito bom e me deixou feliz e confiante. Voltando à construção naval depois de bom tempo parado, desempoeirando e afiando as ferramentas e botando minhas habilidades em dia. Nada como ouvir novamente o som do aço afiado cortando a madeira. Foi bom retornar à vida de oficina e encarar os desafios intelectuais que só a materialidade proporciona. Construir barcos é um desafio à criatividade, à inventividade. Um bom construtor está sempre criando novas técnicas, gabaritos e ferramentas, muitas vezes extremamente simples, mas que garantem agilidade, limpeza e, acima de tudo, precisão na execução de um projeto.

Com os painéis dimensionados era a hora separá-los e colar as longarinas dos *gunwales* e dos *chines*. Tivemos alguns problemas para desgrudar os painéis, a fita dupla-face teve uma adesão muito boa, arrancando pedaços da primeira camada do compensado em alguns lugares; limpar o resto da cola também foi bem chato e demorado. Tudo isso por que optei por não uni-los com pregos ou parafusos para não furar os painéis, teria sido muito mais simples, mas como se tratava de painéis para a construção de um casco, por segurança, preferi não fazer furos desnecessários.

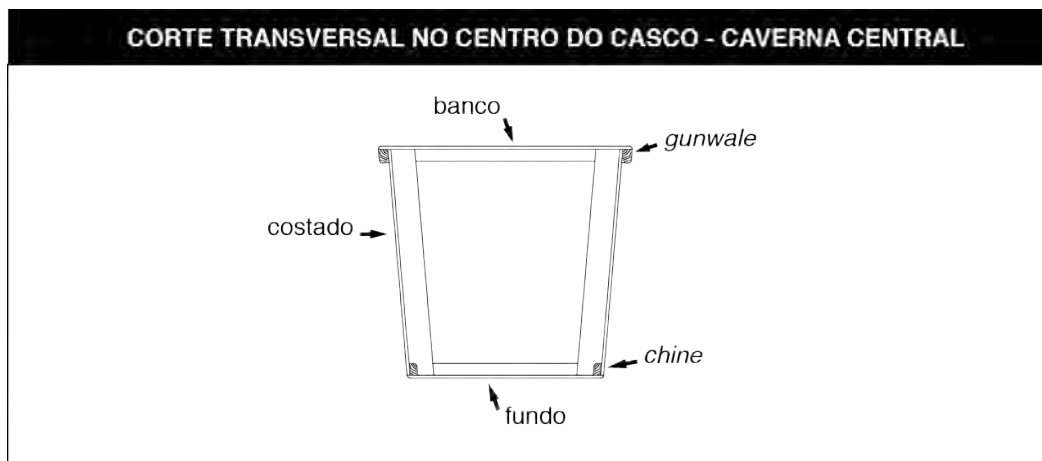


Figura 30 – Corte transversal na altura da caverna do centro.

Colamos as longarinas nos painéis com o auxílio de pregos de cobre permanentes. A longarina do *chine* percorre a borda inferior do painel pelo lado interno do casco, enquanto o *gunwale* se situa do lado de fora do costado, no topo dos painéis, acompanhando a linha do convés (*deckline*). Assim como nos painéis foi preciso emendar as longarinas para chegar ao tamanho necessário. O chanfro, devido a suas dimensões, foi feito desta vez com um gabarito na lixadeira, num processo menos preciso que o feito com os compesados dos painéis e também posicionado no centro para não interferir na curvatura..



Figura 31 – Colagem das longarinas.

5.3. Cavernas e rodas de proa

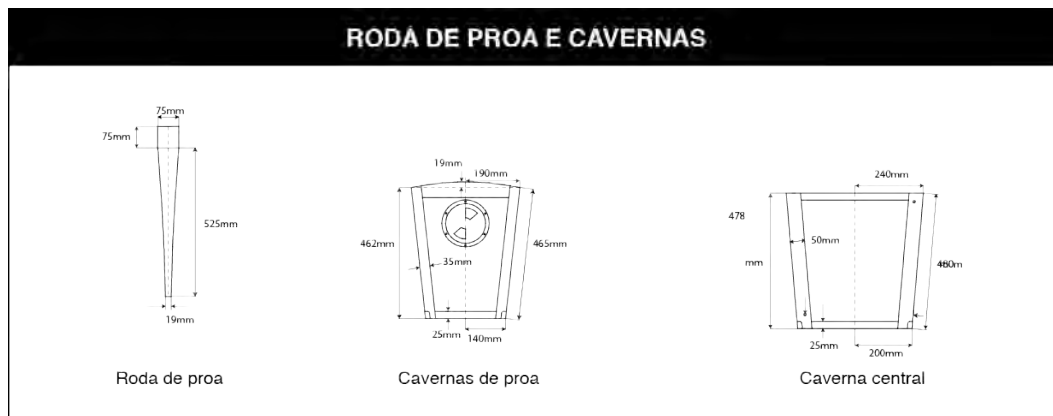


Figura 32 – Desenho técnico das cavernas e rodas de proa.

Outro campo de estudo interessante na construção naval para o design (que analisa os processos) é a necessidade de coordenar a produção simultânea de diversos componentes. Enquanto preparava os painéis também progredia com as cavernas, pois ambos os componentes precisavam ficar prontos ao mesmo tempo para a montagem do casco.

O casco possui três cavernas e duas rodas de proa que estruturam os painéis conformando o barco. Uma vez que, no projeto, se trata de uma proa (estilo de canoa capaz de velejar nos dois sentidos, possui duas proas e nenhuma popa), o casco é simétrico; sendo assim a caverna central é singular enquanto as outras duas são iguais entre si (foram feitas juntas, coladas com fita dupla-face, assim como os painéis do costado). As anteparas também são construídas a partir do compensado de cedro de 6 mm e então reforçadas por ripas de tauari fazendo uma moldura ao redor do perímetro. As ripas são coladas às cavernas cortadas no compensado com auxílio de grampos G para garantir a posição e a pressão necessária para uma boa colagem. Entretanto, é natural que, ao apertar o grampo, as peças já com resina deslizem e saiam do registro; para evitar este problema martelei dois pregos de cobre em cada ripa, em seguida cortei a cabeça bem justo na face da madeira, deixando só o suficiente para travar a peça no lugar no momento do aperto dos grampos. Funcionou bem e tudo ficou em posição.

As duas rodas de proa, feitas de peças sólidas de tauari de 18 mm, embora também iguais, foram produzidas individualmente, devido as suas dimensões.



Figura 33 – Construção das cavernas.

5. 4. Casco

Com os elementos estruturais prontos chegara a hora de fechar o casco. São necessários diversos *dry fits* para ajustar perfeitamente as posições, encaixes e principalmente a simetria.



Figura 34 – Preparando encaixes e checando a simetria do casco antes de fechá-lo.

Até aqui os processos tinham sido os mesmos de uma construção com epóxi. Agora devido às características da resina, teria que fazer pequenas adaptações, nenhuma novidade, na verdade uma volta a processos anteriores ao epóxi. Era preciso fazer com que as duas cavernas de proa facessem perfeitamente os painéis do costado para realizar uma boa colagem, o que foi feito desbastando na plaina até achar a angulação correta. Com epóxi basta adicionar

carga de microesferas e preencher os espaços vazios com a pasta obtida, como é prática na indústria naval e especificado em projeto.

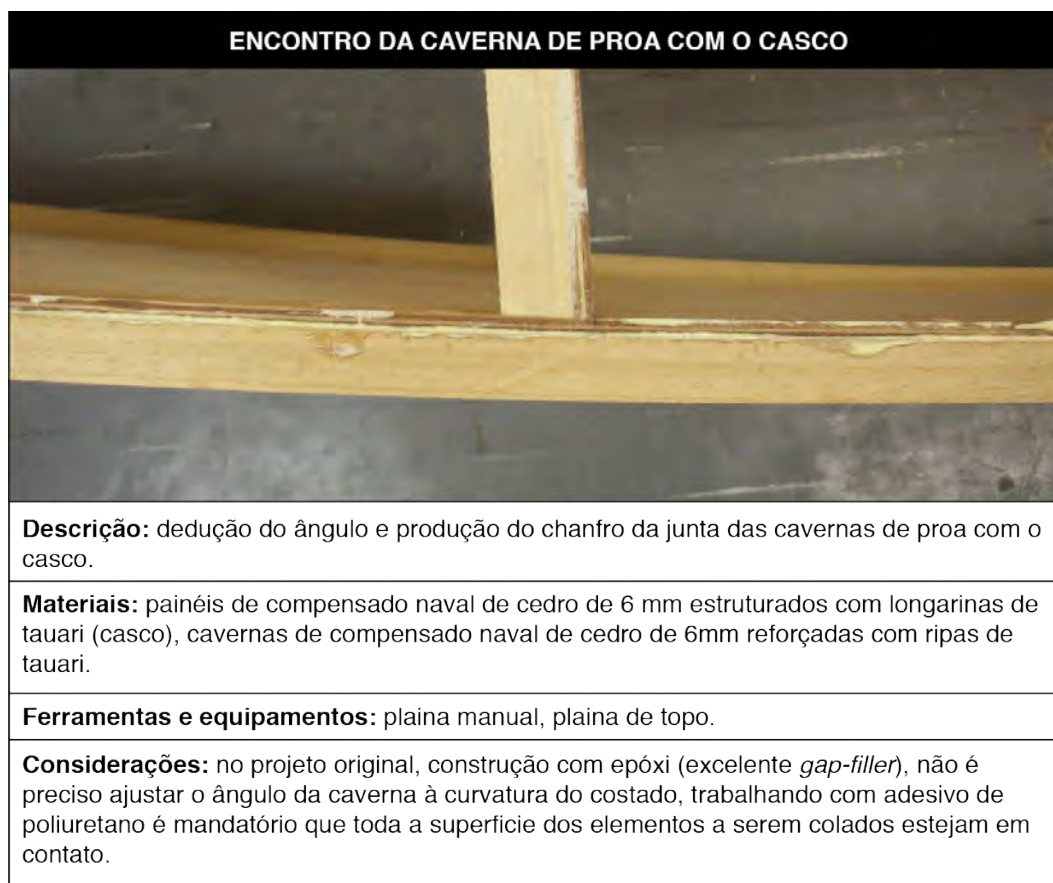


Figura 35 – Produzindo encaixes precisos.

A primeira etapa na sequência de montagem é a instalação da caverna central, em seguida enverga-se os painéis até uni-los nas rodas de proa. As outras duas cavernas (de proa), são engavetadas em posição depois. Durante este processo ocorreu o maior problema de toda construção até aqui. Ao vergar os painéis, a colagem da emenda da longarina de um dos *gunwales* soltou. Acredito que tenha ocorrido nesta junta por conta de um colagem mal feita devido à forma como os chanfros foram produzidos, com um gabarito na lixadeira de bancada. Colei novamente, desta vez deixando um parafuso inox reforçando a junta. Como o problema não se repetiu com nenhuma outra colagem acredito que tenha sido uma questão isolada de uma junta mal feita. Deixei o parafuso por precaução.

PROBLEMA DE ADESÃO



Descrição: falha na colagem do *gunwale* de bombordo.

Materiais: painéis de compensado naval de cedro de 6 mm, longarinas de tauari, Rescin Adepoly 506.

Ferramentas e equipamentos: grampos G, pregos de cobre (primeira vez), grampos G parafuso de inóx (refação).

Considerações: durante a flexão dos painéis do costado em um dos ensaios de colagem a emenda da longarina do *gunwale* de bombordo descolou. Na foto no topo à direita, vemos como o chanfro da união foi feito, com um gabarito na lixadeira de disco, método bem menos preciso que o usado nos painéis do casco. Mais uma vez percebemos a necessidade de se produzir boas juntas para trabalhar com adesivo de poliuretano.

Figura 36 – Problema de adesão.

Com relativa segurança após contornar o problema, continuamos a montagem. Seguimos com a sequência de *dry fits* sempre atentos à simetria do casco e à posição dos elementos. Com tudo checado, todos os elementos em sua posição correta e presos da mesma forma que seriam enquanto a resina curava estávamos prontos para um dos grandes momentos da construção a colagem do casco. Foram usados grampos G, parafusos inox (fixos e temporários) e pregos de cobre. O processo ocorreu sob certa tensão, mas sem maiores incidentes, afinal, tudo já estava marcado e posicionado.

O resultado foi ótimo e a sensação estimulante, deste ponto em diante, embora ainda sem fundo, já tinha cara de barco. Ocorreu um pequeno desvio em um

dos *chines* entre a caverna central e uma das cavernas de proa devido a um desvio no veio da madeira da longarina. Não havia mais o que fazer neste momento. O casco já estava colado e o problema lá; todavia, o desvio era pouco e só um olhar treinado era capaz de identificá-lo. Ficou a lição de uma melhor escolha da madeira, tanto da espécie como do exemplar.



Figura 37 – Fechamento do costado.

Com os costados unidos às cavernas conformando o casco era hora de fechar o fundo. A forma do fundo é riscada no painel usando o próprio barco como gabarito. Com a forma riscada, serrei o painel com a tico-tico deixando alguns milímetros de tolerância para o posicionamento durante a colagem. Antes de colar, entretanto, foi necessário nivelar os *chines* para preparar uma boa superfície de colagem, garantindo contato total entre os *chines* e o painel a ser colado. Para isso usei uma régua para checar o nível entre os chines enquanto desbastava o excesso com a plaina. Com as superfícies de colagem preparadas era hora de, após mais um *dry fit*, colar o fundo.

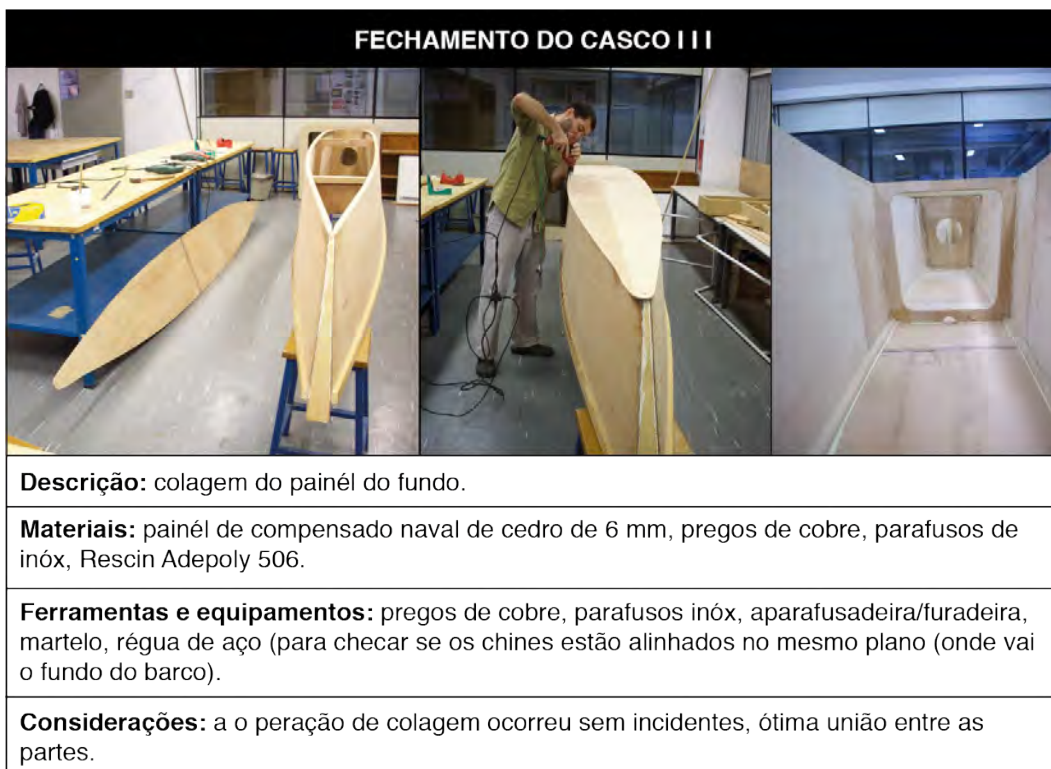


Figura 38 – Colagem do fundo.

Utilizamos pregos de cobre ao longo dos *chines* e parafusos de inox nas cavernas como reforço e para manter as peças em posição durante a colagem. Após a cura, refilei as sobras de compensado com a plaina.



Figura 39 – Acabamento.

O projeto especifica que as colagens sejam reforçadas por filetes no encontro dos painéis, processo impossível de ser realizado com resina de mamona devi-

do a sua característica expansiva. Para superar esse problema e reforçar as colagens resolvi laminar viés de algodão reforçando as colagens. É difícil estabelecer uma relação de resistência entre os processos, mas do ponto de vista da execução o trabalho ficou muito bom, até mais fácil de aplicar do que o filete. Para fazer uma boa filetagem, um trabalho limpo que não necessite de muito acabamento, é preciso bastante experiência no depósito de resina e na conformação do raio.

Optei por usar a resina Rescin® Ecoprimer que estava apresentando bons resultados e pouca expansão em outros experimentos no LILD. Embora pouca, ainda correu expansão, mas desta vez ela se encarregou de preencher o espaço entre o raio que o tecido faz ao mudar de planos e a aresta do encontro dos painéis do casco.⁹



Figura 40 – Filetagem.

Fechar o caso é sempre uma etapa importante da construção. Momento emocionante, é aquela etapa do projeto onde uma idéia, uma imagem mental, uma abstração, se materializa na nossa frente, através de nós. Para mim este momento foi ainda mais especial, estava começando a ficar claro que com pequenas mudanças na técnica é possível substituir o epóxi com segurança. Uma vitória pessoal e para todos aqueles que e se intoxicam para trabalhar.

⁹ É bom que a resina expanda e ocupe este espaço, melhor do que ficar oco, mas não é o ideal. Em juntas mais solicitadas, quando também é necessário alguma fibra de reforço, primeiro fileta-se o encontro dos planos pra depois laminar o reforço.

A etapa seguinte foi a laminação, mas antes coleí os reforços dos pontos de amarração aos *iakos* e as vigas de sustentação dos bancos.

Seguro com o adesivo de mamona, era hora de buscar novas incertezas e indagações. O projeto especificava a laminação de fibra de vidro no exterior do casco como reforço estrutural. Tenho boa experiência em laminação de fibra de vidro, assim como o orientador da pesquisa, Ripper, e sabemos como é incômodo e desagradável trabalhar com esse material. Pensando em alternativas simples o linho foi a escolha natural. Diversos projetos similares (barcos, bicicletas) já utilizam o linho como material de engenharia, demonstrando seu potencial no campo dos compósitos. Outro fator importante para escolha do linho foi poder contar com o apoio material e técnico da indústria através de Claudia Lelis, que, literalmente, nos abriu as portas do linifício Leslie.¹⁰



Figura 41 – Testes de laminação com linho.

Após alguns testes com diferentes gramaturas, a cambráia de linho, de 300gr/m2, mostrou-se o tecido mais adequado. Sendo o mais fino dos linhos disponíveis acompanhou as curvaturas com facilidade, possuindo ainda excelente

¹⁰ Durante visita à fábrica Claudia me mostrou todo o processo de produção do tecido, desde carda, passando pela fiação até a tecelagem e acabamento. A fibra do linho se apresenta de diversas formas interessantes. Os diversos tecidos, as fitas de carda e até as fibras que se soltam das máquinas e abundam no chão da fábrica são materiais com enorme potencial de uso na área de compósitos.

molhabilidade. As fibras naturais normalmente absorvem mais resina que as fibras sintéticas de mesma gramatura, essa foi mais uma razão para optarmos pelo tecido mais fino. Menos resina, menos peso e, mais importante, menos possibilidade de expansão, uma vez que o volume de resina também é um fator que a favorece. Nada pior que uma laminação com bolhas entre as camadas (e foi justamente o que acabou acontecendo com a *ama*).

Por precaução, afinal o barco estava ficando muito bonito, e, acima de tudo, muito bem construído, optei por usar a Rescin Ecoprimer novamente. Acreditei que o incidente da filetagem havia ocorrido pelo excesso de resina que havia deixado tentando fazer o viés chegar nos cantinhos (mais tarde percebi que me enganei). A parte desagradável foi que, por ser monocomponente, a resina é diluída em solvente, curando por evaporação. Respiradores a todo vapor novamente. Todavia, pelo lado positivo (e por isso a escolhi), a secagem demora 6 horas, dando liberdade para execução do trabalho, no caso da bicomponente esse tempo seria de 20 a 40 minutos, impossibilitando erros.

Outro problema de se trabalhar com materiais tóxicos, principalmente num ambiente acadêmico, são as outras pessoas trabalhando na oficina ao mesmo tempo. Pensando nisso as laminações foram feitas preferencialmente ao final dos turnos ou aos sábados.

O primeiro cuidado antes de se iniciar a laminação é tapar todos os orifícios deixados pelos diversos processos pelos quais os painéis do casco passaram desde sua confecção. Misturei um pouco de pó de serragem que retirei das máquinas da oficina e apliquei com uma espátula. O resultado foi ótimo, um composto denso e bem duro, mas ao mesmo tempo fácil de lixar. Fiquei mais otimista.

Naturalmente, comecei a laminação pelo fundo, deixando cerca 10 cm fazendo a virada da borda de cada lado. O processo foi rápido e simples, até mais simples do que a laminação com fibra de vidro, o tecido é mais resistente, suporta mais rolagens e pinceladas. Deixei o trabalho feliz, ansioso pelo dia seguinte.

Ao voltar na manhã seguinte constatei que resultado não foi dos melhores, embora a resina estivesse cristalina (conferindo transparência ao tecido) quando parti, ela acabou expandindo um pouco, mesmo tendo usado só o suficiente para impregnar bem a madeira e o tecido. Pequenas bolhas e canais se formaram em algumas áreas entre o casco e o tecido. O resultado não foi o desejado tão pouco o esperado, porém satisfatório.



Figura 42 – Laminação do casco.

Simultaneamente, no que se provou ser um erro metodológico, prosseguia com a laminação da ama, linho sobre poliuretano de mamona. Na verdade a primeira experiência foi com a ama.

5. 5. Ama (outrigger, flutuador)

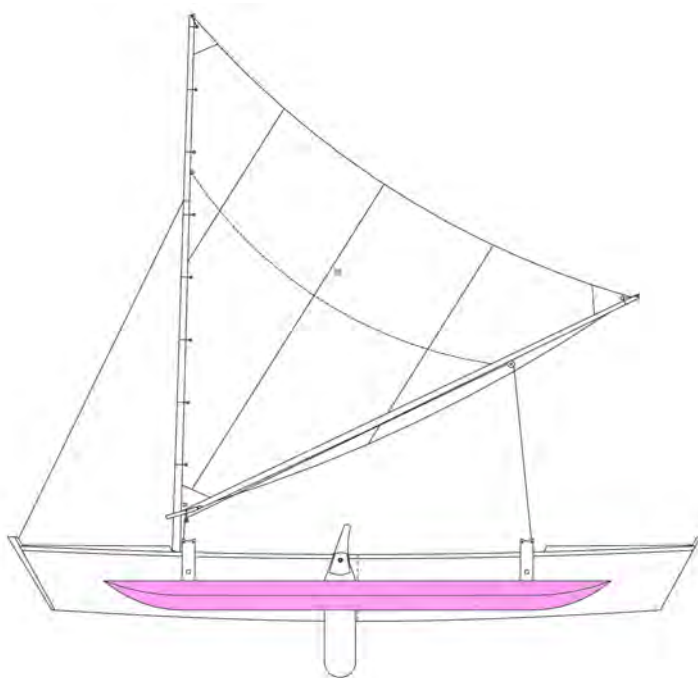


Figura 43 – Flutuador.

Para a construção da *ama* primeiramente precisei produzir o bloco de poliuretano a partir do qual dei forma ao flutuador. O bloco foi construído de poliuretano expandido rígido de 80kg/m³, com um longarina de compensado de cedro de 6mm correndo ao centro colados com Rescin Adepoly 506. Durante a fabricação do bloco fixei as hastes que conectam a *ama* aos *iakos* diretamente na longarina com parafusos e resina.

CONSTRUÇÃO DO BLOCO DA AMA	
Descrição: colagem de blocos de PU na longarina para fazer o bloco da <i>ama</i> .	
Materiais: compensado naval de cedro de 6 mm (longarina), Poliuretano de mamona expandido rígido de 80 kg/m ³ , Rescin Adepoly 506.	
Ferramentas e equipamentos: espátula dentada, pesos.	
Considerações: o processo ocorreu sem grandes surpresas, boa adesão.	

Figura 44 – Construção do bloco da *ama*.

A longarina já entrou no bloco dimensionada, sendo o gabarito da forma do perfil; as outras medidas, depois de muito penar tentando transferi-las para o bloco, foram feitas no ‘sentimento’, só com algumas linhas guia. Para chegar na forma usei a plaina elétrica para tirar o grosso, depois entrei com a plaina de topo, finalizando o acabamento com lixa 100. Me surpreendi com minha capacidade de conformar o bloco, nunca havia feito isso antes, o resultado ficou muito bom, simétrico e com linhas agradáveis.



Figura 45 – Esculpindo a *ama*.

Era hora de laminar, num processo similar à fabricação de uma prancha de surfe. Na primeira laminação da *ama* laminei logo duas camadas; ficou com várias bolhas, principalmente devido as tensões das dobras de como o tecido estava embalado (primeiro aprendizado: passar o tecido a ferro) e também por que laminei a segunda camada antes da primeira estar curada aumentando o volume de resina. Depois da cura constatei que havia várias bolhas e comecei a lixá-las, para então preencher com resina. O linho laminado com mamona mostrou-se bem diferente de fibra de vidro e poliéster, o resultado é bem mais flexível, as bolhas não abriram só com a lixa. Comecei a esculpi-las com o estilete, processo extremamente trabalhoso. Acabei arrancado a laminação inteira, e, com isso, tive que retocar o flutuador, pequeno passo para trás.



Figura 46 – Problemas com a laminação.

A segunda laminação ficou bem melhor que a primeira. Tecido sem dobras, menos resina e uma camada só, o que já conferiu resistência suficiente à casca. Algumas bolhas ainda apareceram, tive que abri-las com a lixa e preencher com Rescin Adepoly 506, para depois lixar novamente. Repeti esta operação algumas vezes até atingir um bom acabamento.

A *ama* espera agora pela última camada de resina, acrescida de dióxido de titânio, para dar acabamento. Precisa também dos furos nas hastes que as conectam com os *iakos*, mas isso será uma das últimas etapas na hora dos ajustes finais.

Dada a densidade do PU do bloco, 80kg/m³, a *ama* não ficou muito leve. Isto não deve ser um problema pois o flutuador também age como lastro quando está a barlavento. Só saberemos o resultado dessa equação quando o barco for para a água.

AMA LAMINADA



Descrição: bloco da ama já com a segunda laminação em processo de pintura .

Materiais: bloco de poliuretano reforçado com longarina de compensado de 6 mm, cambraia de linho, Rescin Ecoprimer com dióxido de titânio (pigmento branco).

Ferramentas e equipamentos: trincha de 2", rolo de pintura de espuma.

Considerações: saturei a resina com dióxido de titânio, desta forma, além de pigmento, funcionou também como carga, criando uma película resistente a abrasão, impermeável e com bom acabamento.

5. 6. Conveses (*decks*)

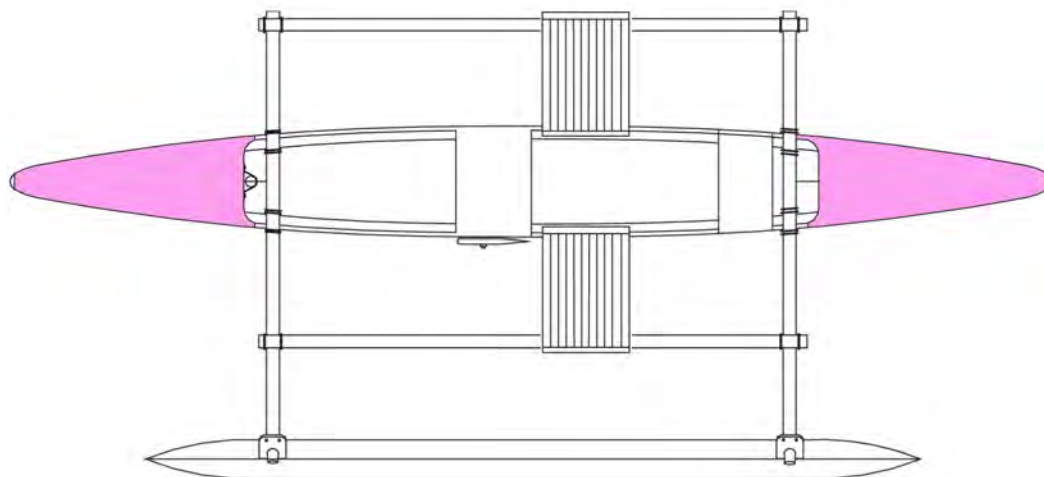


Figura 47 – Conveses.

A confecção dos painéis dos *decks* foi praticamente um projeto à parte (painéis sanduíche). A pesquisa buscou aqui estudar as propriedades das fibras naturais e sua utilização com *vaccum bagging*. Embora seja uma técnica considerada avançada, é preciso pouco investimento em infraestrutura e pessoal; fazendo as analogias corretas e usando a criatividade é possível desenvolver compósitos avançados com poucos recursos.

PREPARANDO A LAMINAÇÃO DOS CONVESES		
Descrição: preparação do recheio e das fibras para laminação a vácuo dos painéis sanduíche dos decks.		
Materiais: placa de poliuretano expandido (80 kg/m ³) de 10 mm de espessura, cambraia de linho, tururi.		
Ferramentas e equipamentos: estilete, gabaritos e uma ferramenta que desenvolvi para cavar canais respiradores na placa de PU.		
Considerações: conseguimos aqui, uma inovação tecnológica. Para acabar com o problema do vácuo em áreas maiores sem ter que utilizar equipamentos custosos, desenvolvemos essa solução de esculpir canais no PU por onde o ar possa circular. Normalmente os <i>breathers</i> vem por cima do laminado como uma camada que arranca-se depois da cura. Da nossa forma não descartamos nenhum material e os canais ainda se enchem de resina formando uma estrutura de reforço e aumentando a trava mecânica no PU.		

Figura 48 – Preparando o laminado dos conveses.

Os painéis em sanduíche foram feitos em *hand lay-up* na bolsa de vácuo. Usei dois tipos de fibras naturais na confecção dos painéis, cambraia de linho e tururi. O vácuo mostrou-se extremamente útil para conformar a fibra do tururi (aliás, qualquer fibra natural) e para conter o efeito expansivo da mamona. O *core* do sanduíche foi feito de poliuretano expandido oriundo também da mamona. Embora o poliuretano não seja tido como o material mais indicado para o uso em recheio de painéis sanduíche, fez sentido manter uma coerência no uso de materiais (me mantendo na mamona), e me pareceu correto aproveitar esta oportunidade para mais um experimento.

Acabei usando poliuretano de duas densidades diferentes, 40kg/m³ e 80kg/m³. O mais denso se mostrou melhor, mas por falta de material acabei usando também o de 40kg/m³. Fechei o *deck* de popa com o mais resistente, acreditando que seja o que vai receber mais esforço, e o de proa com o menos resistente. Ambos ficaram satisfatórios e bem bonitos.



Figura 49 – Laminação a vácuo dos conveses.

O principal problema que havíamos encontrado para fazer vácuo em áreas maiores era fazer a sucção chegar a todas as áreas do laminado, pois não tínhamos, e nem queríamos usar os bicos especiais para bolsas de vácuo, tentando manter o processo simples e barato. Criei um sistema de canais na placa de poliuretano que permitiu a circulação de ar e resina por dentro do laminado, preservando o bom acabamento que a bolsa confere à superfície do laminado e alcançando as áreas mais afastadas dos pontos de sucção. Também utilizamos o “macarrãozinho”¹¹ (spiroduto, aqueles tubos cortados helicoidalmente usados para organizar fios) correndo ao longo de todo o perímetro, formando canais livres, aumentando o poder de sucção. Laminamos uma face por vez.

Para a fixação dos decks ao casco utilizamos grampos e parafusos inox. Os parafusos eram para ser temporários, mas esqueci de passá-los no desmoldante antes de colocá-los, não saíram de jeito nenhum, ao tentar tirá-los, quebrei todas as cabeças. Pelo menos é sinal que o adesivo está funcionando.

Refilei as sobras dos painéis com a plaina de topo, alinhando com o *gunwale*.



Figura 50 – Convés instalado.

¹¹ Conheci o “macarrãozinho” enquanto trabalhava na Holos. Fazíamos, à época, *spars* de fibra de carbono laminados no vácuo. Existem produtos específicos para esta função, os *breathers* (respiradores), mas o “macarrãozinho” sempre mostrou seu valor e é muito mais barato.

5. 7. Mastro e Retranca

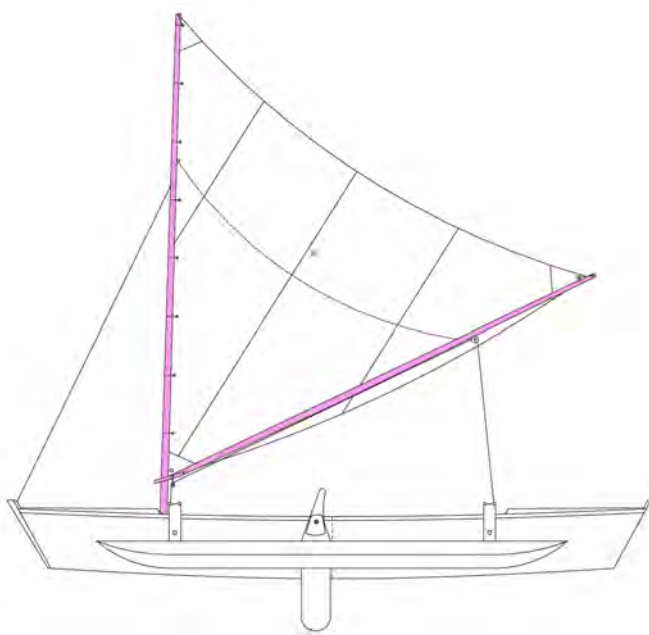


Figura 51 – Mastro e retranca.

O projeto sugere diversas opções de mastreação, desde adaptações de mastro e vela de windsurf, passando por mastros de tubo alumínio, mastros de madeira ocos, retranca curva de madeira laminada e, até, mastros e retrancas de bambu. O projetista, inclusive, dá sugestões de como tratar os colmos, submergindo-os em água salgada por alguns dias.

MASTRO	
Descrição: encapsulamento, colocação do topo e reforço do mastro	
Materiais: bambu, viés de algodão, ipê, Imperveg RM122.	
Ferramentas e equipamentos: trinchã de 2”.	
Considerações: antes de encapsular o bambu é preciso decapar a superfície externa que é de muito difícil adesão (aprendizado do encapsulamento dos bambus da cobertura do laboratório). Jogando na segurança coloquei mais bandagens do que normalmente usamos no LILD.	

Figura 52 – Mastro.

Optei pelo bambu (uma escolha óbvia em se tratando de uma pesquisa do nosso laboratório) mas resolvi fazer com as técnicas do LILD. Já havíamos feito muitas experiências com encapsulamento de bambu com mamona enquanto preparávamos os bambus da estrutura da cobertura do novo LILD. Fizemos só na resina, lixando e não lixando o bambu. Fizemos com gaze. Fizemos com pó de barro cru. Fizemos com pó de barro cru e gaze. Fizemos com pó de barro cru misturado na resina e também só depositando por cima da resina recém aplicada. Enfim, fizemos de muitas maneiras e todas apresentaram a mesma dificuldade: a ancoragem na parede dos colmos.



Figura 53 – Retranca e pé do mastro.

Diferente dos bambus que estão na cobertura do laboratório, o mastro e a retranca podem ser constantemente, facilmente e integralmente inspecionados, o que me deixou mais tranquilo quanto a infiltrações na proteção de mamona. Prefiro deixar só na IMPERVEG RM 122, resina bem cristalina, sem nenhuma carga, para facilitar a inspeção. A preocupação estrutural era quanto às rachaduras longitudinais que se abrem no bambu com a variação de umidade do ambiente. Diversos experimentos no laboratório nos mostram que estas fendas não são tão problemáticas desde que coloquemos bandagens em torno delas. A bandagem não

permite que a fenda se propague ou abra, mantendo a forma e a integridade estrutural dos colmos. Desta forma, mastro e retranca receberam, após serem lixados, bandagens de viés de algodão (o mesmo da filetagem) em todos os colmos e duas demãos de resina. Os bambus já vieram tratados do produtor.

O casco não possui uma enora, ao contrário, é um pino que segura o pé do mastro em posição. O pino nada mais é que um cilindro torneado de ipê, preso a uma tábua transversal ao casco e fixada nos *chines*. O próprio colmo da base do mastro faz o encaixe fêmea no pino. Reforcei este colmo com bandagens extras. Uma barra chata de alumínio dobrada em volta do mastro e presa à caverna de proa segura o mastro na altura do deck, diminuindo o esforço no pino.



Figura 54 – Mastro e retranca em posição.

Fiz toda a medição do encaixe entre pino e pé do mastro antes de encapsulá-los com resina, um erro, o encaixe acabou ficando muito justo, o mastro não está com a rotação livre, tenho medo que a torção possa quebrar o mastro ou pino. Isso pode trazer perigosas consequências, o mastro solto é capaz de furar o fundo do barco. Terei que lixar o pino para liberar mais espaço para o mastro girar livre.

O topo do mastro também recebeu uma peça de acabamento torneada em forma de cogumelo¹², de forma que a parte delgada entra no colmo até o cogumelo encaixar no topo, faceando com a parede externa do bambu. A peça levou um

¹² Mais uma vez, obrigado Giu e Cid.

furo paralelo ao casco onde prenderei o sistema do cabo da adriça.

Uma das pontas da retranca recebeu uma peça similar, enquanto que a extremidade que encontra o mastro recebeu uma “boca de lobo” de peroba rosa e ipê, com couro para amenizar o atrito. Foi fixada da mesma maneira que as outras, com Rescin® Adepoly 506 e uma cavilha reforçando a união.

5. 8. Bancos e *Belting*

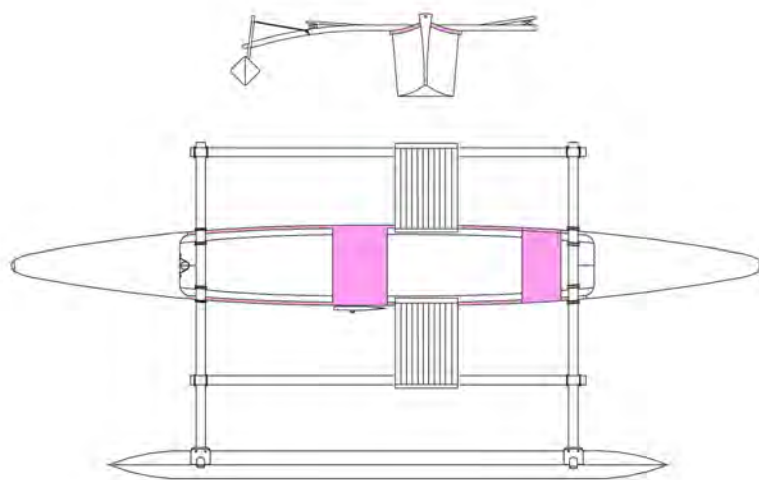


Figura 55 – Bancos e *Belting*.

Todo o perímetro dos painéis do deck teve que ser coberto para proteger o recheio de poliuretano exposto, papel desempenhado pela capa das rodas de proa, pelo *belting*, e por uma tábua adicionada a cada uma das cavernas das proa. Aproveitei e fiz os bancos da mesma espessura que os conveses. Uma ripa também da mesma espessura corre por todo o topo do verdugo deixando conveses, verdugo e bancos no mesmo nível. Usei cedro, mais macio e fácil de dimensionar (embora mais caro).

Preciso ainda colocar um acabamento ao longo da lateral do convés. Pretendia que corresse ao longo de todo o comprimento do barco (*belting*) mas estou desistindo desta idéia. É muito trabalhoso fazer uma madeira assumir a dupla curvatura do *belting*, além de representar mais peso só para acabamento. Estou inclinado a fazer com couro, mais leve e maleável.