

## **Viabilidade Técnica de aerobarco de baixo custo e fácil construção para populações ribeirinhas amazônicas**

**Daniel Albiero<sup>1\*</sup>; Antonio J. S. Maciel<sup>2</sup>**

<sup>1\*</sup> *Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP – [Campinas-SP-daniel.albiero@gmail.com](mailto:Campinas-SP-daniel.albiero@gmail.com)*

<sup>2</sup> *Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP – Campinas - SP*

### **Resumo**

A principal via de transporte dos ribeirinhos amazônicos é pelos rios, neste universo um grande problema são os meios de locomoção disponíveis, quando as embarcações são modernas tem alto custo, quando são mais rústicas não oferecem segurança nem desempenho. O objetivo deste trabalho é propor um aerobarco de baixo custo de aquisição e manutenção, que possa ser construído pelos próprios ribeirinhos sendo operado com segurança. Foi utilizada a metodologia de projeto naval da espiral de projeto. Como resultado foi obtido o desenho conceitual do aerobarco, e possíveis simulações de carregamento, sendo concluída a viabilidade técnica da embarcação, assim como o pouco custo de fabricação.

Palavras-chave: Ribeirinhos amazônicos, aerobarco, garrafas PET.

### **1 Introdução**

A bacia amazônica brasileira abrange uma área de mais de 615 milhões de hectares, que podem ser distribuídos em dois grandes ecossistemas: as várzeas e as terras firmes. Em geral as terras firmes tem solos pobres, enquanto as várzeas devido ao acúmulo de nutrientes provenientes dos rios tem ótima fertilidade, segundo IBGE (2000) a Amazônia tem uma população rural de cerca de 6,71 milhões de pessoas, sendo que destas 600 mil pessoas são agricultores familiares que vivem no ecossistema de várzeas (SOUZA, 2006). A principal via de transporte dos brasileiros rurais amazônicos é pelos rios, portanto não é exagero afirmar que estas quase 7 milhões de pessoas tem o meio aquático como principal meio para se locomover e transportar seus bens. Neste universo um grande problema são os meios de locomoção disponíveis em geral, embarcações modernas seguras e de pequeno e médio porte são demasiada onerosas tanto em preço de aquisição como manutenção e consumo, tornando-se inacessíveis a maioria da população, como exemplo, o preço médio de um motor de popa de 10 HP gira em torno de 10 a 15 mil reais, somente o motor exclui praticamente todos os ribeirinhos, sem considerar, o casco, que sendo de liga de alumínio náutico custa em torno de 200 a 300 reais o metro quadrado. Segundo Bastos (2006) o transporte fluvial da população na Amazônia se faz principalmente por ribeirinhos que dependem normalmente das embarcações para viverem socialmente, e para estabelecerem sua sobrevivência, já que utilizam as embarcações para trabalhar e realizarem pequenos comércios (canoas: Montarias ou Ubás). Estas embarcações tem pouco ou nenhum custo e são construídas por eles mesmos. Para aumentar a eficiência destas Montarias e Ubás instalam motores localizados no centro destas embarcações (BASTOS, 2006) sendo necessário um cardan que atravessa a canoa no sentido de ré chegando a popa onde aciona uma hélice. Segundo o excelente trabalho de Bastos (2006) esta adaptação é a maior causa de acidentes fluviais com pessoas na Amazônia, já que o cardan não tem proteção, e muitas pessoas são escarpeladas pelo enrolamento do cabelo no eixo, principalmente mulheres que tem o cabelo longo.

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma proposta de um aerobarco de baixo custo de aquisição e manutenção, que possa ser construído pelos próprios ribeirinhos, com desempenho compatível com as necessidades amazônicas, tendo capacidade de navegar em

ambiente de florestas inundadas (várzeas com tocos submersos) e que evite os escarpelamentos.

## 2 Material e Métodos

Com objetivo de propor um projeto preliminar de um aerobarco de baixo custo e fácil construção para os agricultores familiares ribeirinhos amazônicos, foi seguida a metodologia de espiral de projeto, que se inicia com a definição dos requisitos operacionais do aerobarco. Burgos (2008) em seu ótimo trabalho descreve a metodologia para o projeto preliminar de embarcações, baseado na espiral de projeto de Evans (1956) descrita por Murphy (1965), Figura 1, em que cada volta da espiral estão marcadas os tipos de análise que devem ser feitas para cada subsistema componente de uma embarcação.



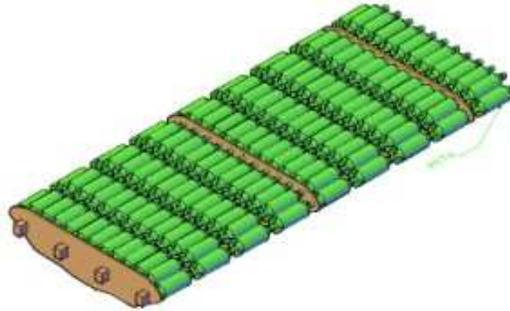
Figura 1. Espiral de projeto de embarcações (Murphy et al. (1965) citado por Burgos (2008)).

A partir dos requisitos funcionais especificados para a embarcação, o projeto pôde ser definido com os seguintes requisitos operacionais: 1-Utilização de materiais recicláveis (garrafas PET) para construção do casco de deslocamento; 2-Carga paga compatível com as necessidades dos ribeirinhos amazônicos; 3-Dimensões compatíveis com navegação entre e dentro de igapós e várzeas inundadas; 4-Capacidade de navegar em chavascais, e matas inundadas com tocos submersos; 5-Velocidade compatível com as distâncias a serem percorridas; 6-Autonomia compatível com a realidade amazônica; 7-Grupo motopropulsor leve, de baixo custo de aquisição, baixo custo de manutenção e com pouco consumo de combustível; 8-Estrutura metálica do berço do motor e mastro da hélice de fácil construção e leve; 9-Estrutura principal de madeira e passível de ser construída in-loco pelos ribeirinhos; 10-Hélice de propulsão de madeira passível de ser gerada e construída in-loco pelos

ribeirinhos; 11-Custo total do aerobarco inferior a R\$ 4000,00.

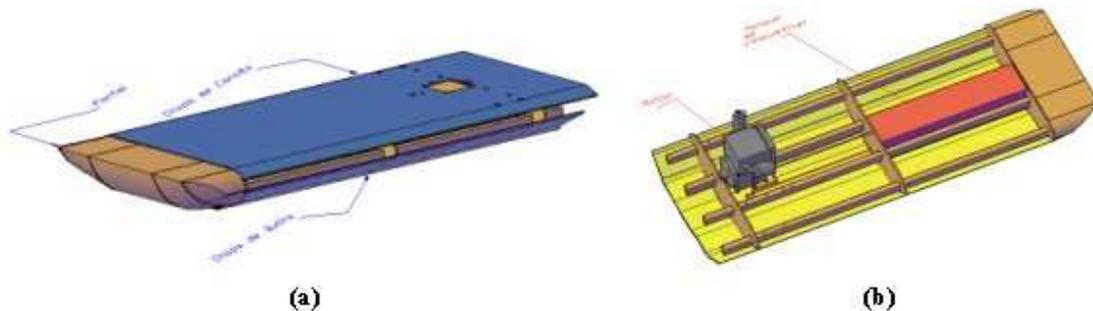
### 3 Resultados e Discussão

A estrutura principal da embarcação proposta é constituída de longarinas e nervuras de madeira onde são dispostas as garrafas PET, Figura 2.

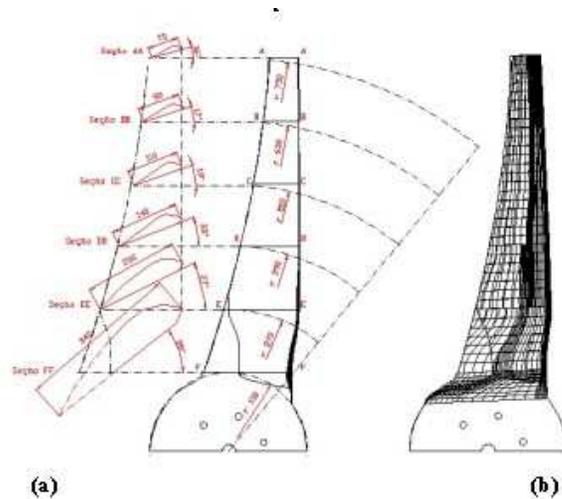


**Figura 2.** Disposição das garrafas PETs no casco, entre as longarinas e nervuras. Fonte: elaborado pelo autor.

Para evitar danos nas PETs devido a tocos ou pedras submersas, na parte inferior do casco foi projetada uma prancha de tábuas finas de Fava-Tamboril que contorna as PETs, já no convés, outra prancha de tábuas finas da mesma madeira foi projetada para possibilitar um piso firme para a tripulação, o Pontal foi projetado com um perfil semi-esférico para facilitar os cálculos de resistência de ondas, e é constituído de tábuas de Fava-Tamboril, Figura 2 e 3. Em funções das dimensões definidas e da estrutura do casco com esta configuração, foi calculado o deslocamento do casco do Aerobarco, e obteve-se os seguintes valores: deslocamento em volume:  $\nabla = 0,699 \text{ m}^3$ , deslocamento em massa, considerando a densidade d'água doce à  $30^\circ\text{C}$  como  $995,7 \text{ kg/m}^3$ :  $\Delta = 696 \text{ kg}$ .



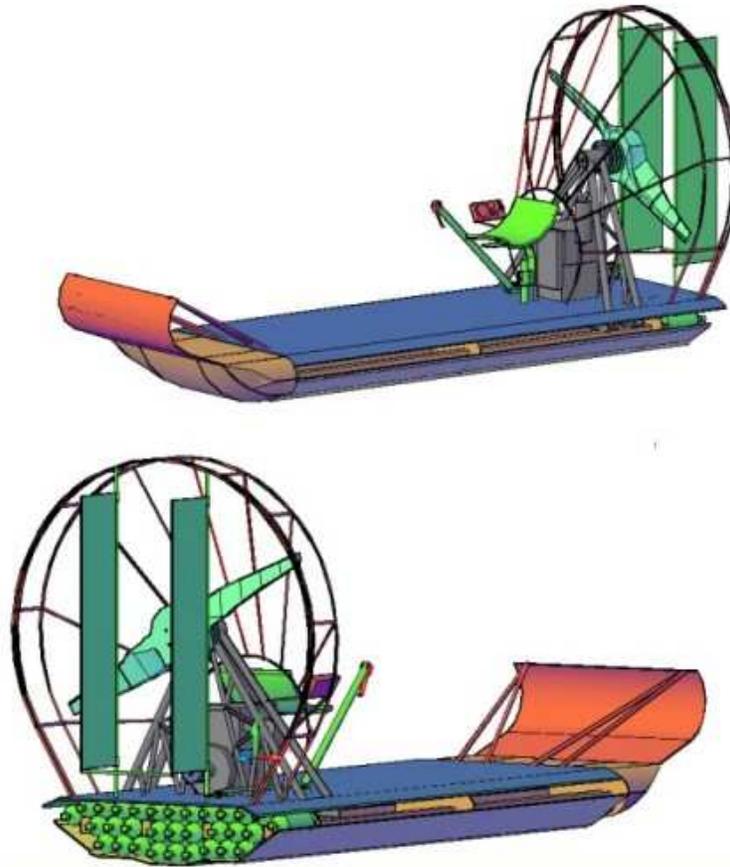
**Figura 3.** (a) Aspecto do pontal, convés e quilha do casco do aerobarco/ (b) disposição do tanque de combustível e motor. Fonte: elaborado pelo autor.



**Figura 4. Projeto da hélice propulsora, (a) projeto das seções, (b) parametrização da superfície, dimensões em milímetros. Fonte: elaborado pelo autor.**

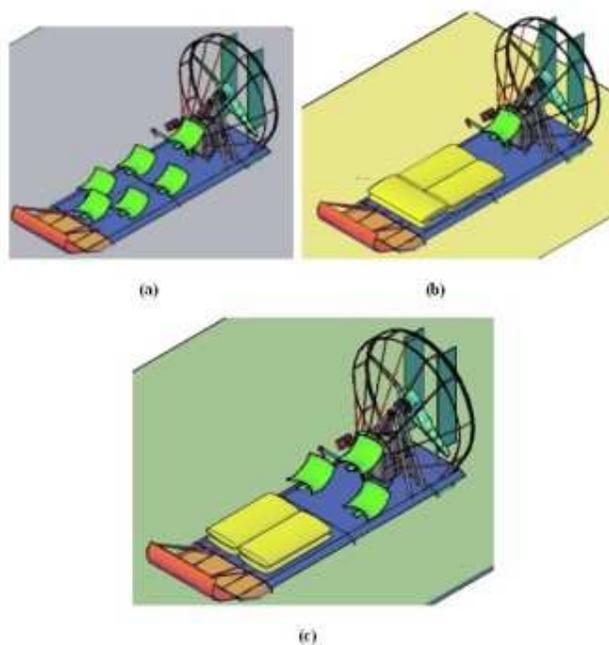
Em função da solicitação de força propulsora, e da hélice projetada, Figura 4, foi selecionado um motor à gasolina Toyama TF150FEX1, com partida elétrica, este motor desenvolve 15 HP de potência a 3600 RPM, pesando 34 kg + 2,5 kg de bateria. O consumo específico deste motor à carga de 11 HP é 260 g/kWh, ou seja 2,83 l/h. Considerando a rotação do projeto da hélice de 1200 RPM, foi projetado um sistema de polias para reduzir a rotação. Para o beço do motor e suporte do mastro da hélice foram projetada uma estrutura em liga de alumínio ASM 6061-T6.

O projeto preliminar do aerobarco de baixo custo de aquisição e fácil construção foi estabelecido em função dos requisitos operacionais, dos cálculos e estimativas realizados, sendo apresentado na Figuras 5. Nome para a embarcação: *AeroPET*.



**Figura 5. Desenho conceitual do aerobarco. Fonte: elaborado pelo autor.**

O aerobarco possui carga paga de 403 kg, portanto pode transportar qualquer carga que se adeque à área do convés e se limite a este peso, como simulações de carregamento, foram consideradas: 1-Transporte de 5 pessoas com 80 kg; 2-Transporte de 6 sacos de adubo de 60 kg; 3-Transporte de 2 pessoas de 80 kg e 4 sacos de 60 kg de produtos da floresta, Figura 6.



**Figura 6. Simulações de carregamento do aerobarco, (a) transporte de pessoas, (b) transporte de cargas, (c) transporte de cargas e pessoas. Fonte: elaborado pelo autor.**

Pelo projeto apresentado percebe-se que nas estimativas iniciais o aerobarco atende as necessidades dos ribeirinhos amazônicos, as dimensões são compatíveis com a navegação por entre matas inundadas (AYRES, 2006), a capacidade de navegar em chavascais e águas com obstáculos também pôde ser atingida devido ao pequeno calado da embarcação, além de ter maior segurança em regiões com tocos submersos, devido as PETs “estanques”. Com uma velocidade média de 20 km/h, é possível atingir portos variando de 400 km a 800 km, dependendo do sentido da corrente, distâncias adequadas se considerarmos a região amazônica (BASTOS, 2006). O motor selecionado tem uma excelente relação peso/potência, que combinada com o projeto otimizado da hélice propulsora possibilita baixo consumo de combustível, e pouca manutenção, o projeto da hélice é de fácil construção sendo passível de ser gerada na floresta por qualquer pessoa que saiba modelar um casco de embarcações ribeirinhas, tais como a Montaria ou Ubá. As estruturas de liga de alumínio são de fácil construção e baixíssimo peso com alta resistência mecânica, bastando um soldador de nível médio para as realizar. A estrutura principal do aerobarco é de madeira, sendo a Fava-Tamboril de larga ocorrência na região amazônica, sua conformação é de muito fácil construção, sendo possível ser construída em loco na floresta.

Diante destas características tem-se um projeto de fácil construção, e baixo custo, se considerarmos que as garrafas PETs podem ser obtidas gratuitamente nos grandes centros, que a madeira da estrutura do aerobarco, e da hélice podem ser obtidas sem custos nas redondezas da área das residências dos ribeirinhos (sempre considerando um manejo madeireiro sustentável) e que a mão de obra para a montagem da estrutura principal de madeira, da confecção da hélice, do acabamento e montagem final do aerobarco podem ser realizadas sem custo pelos próprios ribeirinhos, tem-se como componentes do custo de fabricação do aerobarco: o motor e seus acessórios, a bateria eletro-química, os tubos e cantoneiras de ligas de alumínio, o cubo da hélice, as polias, a chaparia de aço do escudo de proteção frontal e dos lemes, os parafusos de aço, e a mão de obra de solda/usinagem, Tabela 1.

**Tabela 1. Lista de materiais não gratuitos do aerobarco. Fonte: elaborado pelo autor.**

Descrição	Quantidade	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)	Fonte
Tubo de liga de alumínio ASM 6061-T6 Ø 1”	4 m	275,00/barra de 6 metros	183,35	9
Tubo de liga de alumínio ASM 6061-T6 Ø ¾”	4 m	218,00/barra de 6 metros	145,35	9
Tubo de liga de alumínio ASM 6061-T6 Ø 3/8”	20 m	114,00/barra de 6 metros	380,00	9
Barra redonda de liga de alumínio ASM 7075-T6 Ø ¾”	20 polegadas	680,00/barra de 6 metros	56,70	9
Chapa de aço 1020x1/8”	1,5 m <sup>2</sup>	209,40/m <sup>2</sup>	313,50	8
Motor Toyama TF150FEX1 com partida elétrica	1	1507,00	1507,00	4
Bateria Tudor 25 Ah/12V	1	100,00	100,00	1
Console instrumentos (tacômetro, combustível, luzes)	1	100,00	100,00	1
Cabo acelerador	1	24,00	24,00	2
Tarugo para Cubo da hélice de Liga de Alumínio 6061-T6	150 mm	43,48	43,48	9
Tubo para polia maior, Ø219mmx1/8”	100 mm	503,00/barra de 6 metro	8,40	8
Tubo para polia maior, Ø100mmx1/8	100mm	400,00/barra de 6 metros	6,70	8
Cantoneira de liga de alumínio ASM 6061-T6 Ø 2”x2”x1/4”	4,5 m	324,50/barra de 6 metros	243,40	9
Eixo da hélice de 1” de aço 1045	300mm	136,50/barra de 6 metros	6,82	8
Parafusos ½”	12	0,73	8,76	5
Pregos aço, 19mmx39mm	1	6,70/kg	6,70	7
Arame de inox, 1 mm x 350 metros	1	50,00	50,00	7
Banco de trator MF290	1	140,00	140,00	3
Correias goodyear de 1”x1”x 2,5m	3	30,00	90,00	7
Mão de obra de solda	0,5 hora	60,00/hora	30,00	6
Mão de obra de corte e dobra	0,25 hora	35,00/hora	8,75	6
Mão de obra de usinagem	1 hora	95,00/hora	95,00	6
<b>Total</b>			<b>3547,91</b>	

**Fontes:** 1-www.shopcar.com.br – cotação em 01/3/2008; 2-Leandro Rogério Scuziatto-ME, 1/9/2008; 3- Castelo tratores, 12/12/2008; 4-agraupe.com, 30/01/2009; 5-Casa dos parafusos 6/6/2008; 6-Hibrema, 6/6/2008; 7- [www.buscape.com.br](http://www.buscape.com.br); 8- Fercamp, 03/03/2008; 9- www.onlinemetals.com, 10/02/2009. **Todos os valores já acrescidos dos impostos.**

#### 4 Conclusões

A proposta do aerobarco se mostrou factível do ponto de vista técnico, não havendo nenhuma restrição à navegabilidade e segurança, desde que o envelope da embarcação seja respeitado (400 kg de payload à 20 km/h). A estimativa do consumo de combustível fornecida pelo fabricante do motor Toyama, indica um ótimo alcance para o aerobarco, compatível com a região amazônica. O projeto do casco com PETs possibilita a operação em regiões com obstáculos submersos, sem o perigo de rasgo no casco. A disposição do motor e da hélice propulsora elimina o perigo de escarpelamento da tripulação, com exceção do piloto, se este tiver cabelo com 1,2 m de comprimento. Os custos de construção do aerobarco estão dentro do objetivo, desde que a hélice, as PETs e a estrutura de madeira sejam sem custo.

#### 5 Agradecimentos

O primeiro autor agradece ao CNPq pela bolsa de doutorado.

## 6 Referências Bibliográficas

- Ayres, J. M.. *As matas de várzea do Mamirauá*. Sociedade Civil Mamirauá, Belém, 2006. 123pp
- Bastos, M. M. R. D. *Geografia dos transportes: trajetos e conflitos nos percursos fluviais da Amazônia Paraense: um estudo sobre acidentes em embarcações*. Dissertação de mestrado, UFU, Uberlândia, 2006. 115pp.
- Evans, J. H.. Basic design concepts. *Naval engineers journal*, 1959 11: 120-130.
- IBGE. 2000. Censo Agropecuário. 1996. <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric>>, acesso em 15/08/2008.
- Murphy, R. D.; Sabat, D. J.; Taylor, R. J. Least cost ship characteristic by computer techniques. *Marine Technology*, 1965. 23-41.
- Souza, I. S. F. *Agricultura familiar na dinâmica da pesquisa agropecuária*, EMBRAPA, Brasília, 2006. 434pp.