

## **PROJETO KAYAPET**

<sup>1</sup>\*JOÃO PEDRO MAGALHÃES CHAVES, <sup>2</sup>LÁZARO JOÃO SANTANA DA SILVA,  
<sup>3</sup> ANTONIO FABRICIO DE SOUSA, <sup>4</sup>JOÃO VIANA FIGUEIRA FILHO.

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia física – UFOPA, Santarém-PA, joaopedromchaves @gmail.com;

<sup>2</sup>Mestre em Engenharia Mecânica-UFPA, Prof MSc. UFOPA, Santarém-PA, lazarojss@yahoo.com.br;

<sup>3</sup>Graduando em Engenharia física – UFOPA, Santarém-PA, fbo.sousa @gmail.com;

<sup>4</sup> Graduando João Viana F. Filho, Engenharia física – UFOPA, Santarém-PA, joao\_viana\_stm@hotmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017  
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

**RESUMO:** O projeto Kayapet teve como objetivo construir uma embarcação de material reciclável usando alguns dos conceitos básicos da Mecânica dos Fluidos como estabilidade de corpos flutuantes e lei do empuxo, da qual foi possível especificar a quantidade de carga suportada pela embarcação e assim construir o caiaque feito a partir de garrafas pets. Em relação à metodologia utilizou-se da definição de condições de carregamento do caiaque de pets, o custo baixo por metro quadrado (considerando a quantidade de garrafas neste espaço) a escolha de material de construção como colas impermeabilizantes e materiais recicláveis, desenho 3D utilizando software (AUTOCAD 2015) correspondente a embarcação desejada. É importante citar, no entanto, que os resultados aqui obtidos se referem à carga que o volume da água deslocado é capaz de fazer flutuar não levando em conta possíveis efeitos que pressão da água causa na estrutura escolhida.

**PALAVRAS-CHAVE:** Kayapet, mecânica dos fluidos, AUTOCAD, pressão, volume, garrafas pets, material de construção, colas impermeabilizantes, materiais recicláveis, equilíbrio estável.

**ABSTRACT:** The Kayapet Project aimed to provide scientifically prove some of the basic concepts of Fluid Mechanics, under the premises of pursuing a stable equilibrium, from which was possible to specify the quantity of load supported by the ship, and then build the kayak from PET bottles. As for the methodology, the preferred method was the definition of the kayak's loading conditions, the low cost per square meter (considering the quantity of bottles occupying said space), the choice of construction material such as waterproof glue and recyclable materials, and the 3D drawing software (AUTOCAD 2015) corresponding to the desired ship. It is worth mentioning, however, that the results obtained refer to the load that the water's dislocated volume can take in order to make the ship float, and not considering possible effects that the water's pressure causes in the chosen structure.

**KEYWORDS:** Kayapet, fluid mechanics, AUTOCAD, pressure, volume, PET bottles, construction materials, waterproof glue, recyclable materials, stable equilibrium.

## **INTRODUÇÃO**

No decorrer dos anos, as embarcações das modalidades esportiva e de lazer ganharam espaço no universo desse meio de transporte. Tiveram uma ampla divulgação no mundo desportivo a partir dos anos 70, decorrente das divulgações ocorridas sobre o assunto na televisão. O desenvolvimento de

embarcações apresenta-se em constante evolução, destacando-se o desenvolvimento de novos designs e a pesquisa em novos materiais que garantem melhor desempenho e segurança das embarcações atuais.

A disciplina de Mecânica dos Fluidos é uma das disciplinas do curso de Engenharia Física onde o aluno tem contato com vários conceitos envolvendo a estática, a cinemática e a dinâmica dos fluidos. Como forma de fixação desses conceitos, um dos trabalhos da disciplina foi o de desenvolver uma embarcação leve e de material reciclado. Vários modelos foram apresentados aos alunos e o escolhido foi um modelo semelhante ao caiaque e que deveria ser construído de garrafas PET, daí o nome Kaiapet. Fatores como peso, investimento, estabilidade, versatilidade, segurança e disponibilidade de material reciclável foram levados em consideração. Apesar do trabalho ser um exercício de sala de aula também colaborou com outros conceitos que o aluno de engenharia deve aprender: trabalho em equipe; etapas de elaboração e execução de um projeto (definição do modelo, seleção de material, projeto, execução, prazos e etc.).

Em paralelo ao desenvolvimento de novas tecnologias na construção das embarcações feita pelo meio industrial, também merece destaque, a criação de modelos alternativos, feitos de maneira artesanal ou ainda aquele resultante de uma atividade de sala de aula como é o caso do Kayapet desenvolvido pelos alunos de Engenharia. O Kaiapet é uma embarcação construída a partir da reciclagem de garrafas pet com o intuito de garantir de forma barata um transporte que possa ser prático e funcional para uma população que habita às margens dos rios da bacia Amazônica, assim como, colaborar com o meio ambiente, dando utilidade à grande quantidade de garrafas plásticas que se encontram jogadas pelo homem na natureza e que levam centenas de anos para se decompor.

Os alunos também identificaram que a embarcação, após construída e testada, continha várias vantagens e características importantes, as quais são: baixo custo, muito leve, durável, boa estética, seguro, insubmergível, ótima navegabilidade e excelente hidrodinâmica. Além do que, desde que a técnica de construção esteja disponível, o Kayapet pode ser construído por qualquer pessoa. Isso pode ser uma característica importante para associações de coletores ou cooperativas de reciclagem, os quais podem transformar lixo em um produto de baixo custo, o que pode contribuir para que a coleta de garrafas Pet seja um negócio autossustentável.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Os equipamentos e instrumentos utilizados durante o processo de construção do Kayapet foram: aproximadamente 151 garrafas pet de guaraná ou semelhante, cerca de 128 garrafas para servir como emendas, 50 metros de arame pré-cozido, 04 tubos de cola SILOC poliuretano PU 36, 02 aplicadores de cola e por fim 1,5 m de forro PVC (poli cloreto de vinil).

Sob condições de teste, verificou-se que a embarcação poderia suportar duas pessoas médias com peso de aproximadamente 60 kg cada. As dimensões dessa embarcação não ultrapassaram as medidas de 4200 mm de comprimento, 760 mm de largura e 380 mm de altura, pois os custos para dimensões maiores seriam mais elevados.

Rascunhos iniciais foram elaborados ressaltando as formas principais da embarcação. Por fim um modelo 3D no AUTOCAD 2015 foi concebido. A partir daí, a equipe de alunos partiu para o processo de construção. A Figura 1 ilustra o projeto inicial.

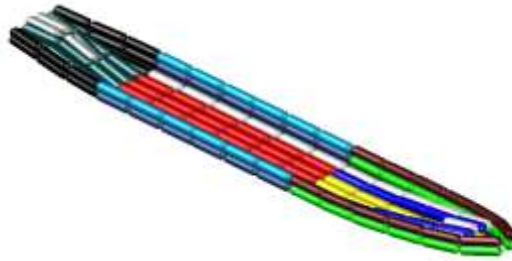


Figura 1: Vista em perspectiva do "kayapet", modelo feito do Autocad 2015.

Para a fabricação, um processo de escolha das garrafas foi realizado para separar as garrafas que estavam defeituosas (furadas e ou amassadas). As garrafas selecionadas eram lavadas com água e sabão detergente para a retirada de resto de refrigerante e impurezas. Uma parte das garrafas selecionadas foram pressurizadas usando um compressor de ar de 130 libras, pelo fato do processo ser manual, não se conseguiu uma pressão uniforme em todas as garrafas. A outra parte do conjunto de garrafas foram cortadas para que servissem como elemento de união entre as garrafas pressurizadas. As garrafas unidas dessa forma com cola formaram as longarinas longitudinais da embarcação. No total foram feitas 04 longarinas e coladas de duas em duas e durante este processo, 04 ripas de madeira foram usadas para dar suporte ao processo de secagem da cola. Algumas regiões de ligação entre as longarinas foram reforçadas com arame recozido, Figura (2).



Figura 2: Setas indicam onde estão as emendas em uma longarina, que valem para as demais.

### **Proa e Popa**

Para fazer as curvas da parte frontal um molde flexível de PVC foi usado, onde foram colocadas sobre ele 04 garrafas coladas em sequência. Esse conjunto foi montado acompanhando a curvatura do tubo de PVC observando que o formato da proa era alcançado à medida que essas uniões eram montadas. Para finalizar a proa, as duas longarinas das extremidades foram forçadas a ficar em cima das outras duas criando o efeito de bico dando formato final a proa do Kaiapet, nas uniões foram usados cola e arame, Figura (3).

Já a popa foi montada de modo diferente da proa, nesse caso não foi usado o molde de PVC. A montagem consistiu basicamente do alongamento com mais 03 garrafas de duas longarinas, então esta parte foi forçada durante a colagem das garrafas para se obter aproximadamente o formato da popa, Figura (4).



Figura 3: bico da proa em destaque.

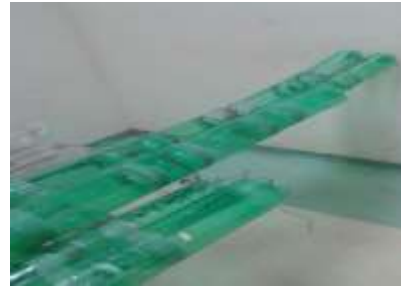


Figura 4: Popa em incompleta, em construção.

### Meia-nau

Para melhorar a estabilidade uma longarina de cada lado da base do Kaiapet foi colada para continuar a linha do projeto e oferecer mais estabilidade, arrames foram usados para unir as partes desejadas. Esse procedimento evitaria a entrada de água pelas laterais. A borda foi feita obedecendo uma curvatura conforme mostrado na Figura (5). Também foi providenciado um alongamento das bordas laterais inferiores com mais 03 garrafas que seguem uma curva suave e que converge para o centro do barco, na parte frontal, Figura(5)



Figura 5: Vista frontal Meia-nau

A Figura (6 e 7) mostra o modelo construído,



Figura 6 e 7: Kayapet em seu primeiro teste com duas pessoas e com uma pessoa.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo visto a facilitar os cálculos quando as características de carga e estabilidade inicial o formato do casco foi dividido em 3 partes com funções possuidoras de solução analítica escolhidas para descrever as superfícies nos cortes transversal e longitudinal. As aproximações escolhidas foram a parte central, proa e popa. Os resultados obtidos serão apresentam-se na imagem:

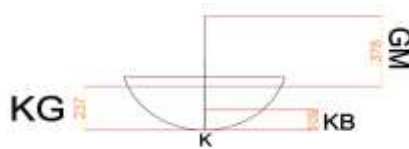


Figura 7: Localização dos pontos para estabilidade.

Os dados são sobre as formas geométricas descritas pelas aproximações descritas na metodologia. A capacidade de carga é maior do que o necessário para acomodar o peso, então, levou-se em conta a verificação visual e manual das mesmas que para a condição de carga especificada, não haverá rompimentos nem danos significativos no casco. É importante citar nos resultados aqui obtidos no que se referem à carga que o volume água deslocado é capaz de fazer flutuar não levando em conta possíveis efeitos que pressão da água causa na estrutura escolhida.

Para que o objeto flutue e permaneça parcialmente submerso, seu peso e a força de pressão do fluido devem anular-se segundo a relação:  $E - FP = 0$ , onde FP é a força multiplicada ao peso e E o empuxo. Essas condições podem mudar com as condições de carregamento podendo afetar os parâmetros citados anteriormente.

O volume de deslocamento de um navio ( $\nabla$ ) é o volume de fluido deslocado pela sua porção submersa, logo dependendo das condições de carregamento e banda. O peso do fluido deslocado ( $w$ ), responsável pelo empuxo, pode ser determinado conhecendo sua massa específica e volume, ou seja:  $W = \nabla \rho g$ . A condição para um corpo permanecer em equilíbrio é que a soma das forças de momentos sejam nulas.

Os resultados mostram a proa tem a com maior capacidade de carregamento, com carga uniformemente distribuída e sem banda. A meia-nau tem capacidade ligeiramente menor, pois sua altura para efeitos de cálculo foi considerada menor. Como consequência a popa deu volume muito menor que os demais e por isso sua capacidade é bastante menor. A separação didática e na prática o volume do fluido deslocado é considerado para o conjunto e para certa condição de carregamento.

## CONCLUSÕES

A junção da borda inferior frontal quando realizada com 4 garrafas não convergiram na frente do bico, logo a solução foi adicionar aproximadamente 2/3 de garrafa para alongar até atingir o ponto desejado. No projeto original a borda inferior frontal não se encaixou na frente do bico, que era o esperado, ela foi feita com 4 garrafas com uma curva para cima onde foi de 1,15 m de uma ponta a outra, fazendo uma adaptação conveniente.

Por fim o Kayapet apresentou um bom resultado, como previsto, portanto, pode se dizer que o projeto foi um sucesso.

## REFERÊNCIAS

- MANEN, J.D. Principles of Naval Architecture, Resistance, Propulsion and Vibration. Editor Edward V.Lewis, Vol.II, 1988.
- MOLLAND, Anthony. The Maritime Engineering Book Reference Book. Vol I. Elsevier. 2008.
- MOORE, Howard; MOORE, Richard C.; LEE, Richard; Hammond, Bunch M. Ship Production. Second Edition. Cornell Marine. 1995.
- ROBERT Fox W.; MCDONALD, Alan T.; Introduction to Fluid Mechanics, Fourth Edition, 1973
- SCHOBEIRI, Meinhard T. Fluid Mechanics for Engineers, 2010.