



Curitiba, 13.03.2019

### Exercício E1

#### Mecânica dos Fluidos Ambiental I

*Tobias Bleninger*, Departamento de Engenharia Ambiental (DEA)  
Centro Politécnico, Prédio Administração, 3º andar, sala 13

Tutores de estagio docência:

*Rafael Bueno* ([rafael.bueno@ufpr.br](mailto:rafael.bueno@ufpr.br)), *Lediane Marcon*  
([lediane.engambiental@gmail.com](mailto:lediane.engambiental@gmail.com))

A lista de exercícios E1 contem 3 partes:

- Laboratório 1. Trabalho em grupo.
- Laboratório 2. Trabalho em grupo.
- Teoria. Trabalho individual.

Cada parte recebe nota e a nota E1 é a média dos três.

#### **Data de entrega das 3 partes da lista E1: 20/03/2019**

(Relatórios atrasados receberão a nota 0, os relatórios podem ser entregues na aula, deixados no escaninho, em baixo da porta ou entregue por colega de sala. Dos relatórios em grupo basta uma via. Os relatórios podem ser escritos manualmente ou usando softwares específicos. A parte teórica deve ser feita a mão.)

#### **Exercício E1b (Parte prática, laboratório 2)**

Este é o roteiro dos experimentos da lista E1 a respeito do laboratório 2, contendo também as instruções e questões que devem ser abordadas no relatório do exercício E1. Não é permitido copiar ou utilizar dados de outros grupos, exceto em casos especiais em que for exigido a comparação de dados obtidos por outros grupos. O Relatório corrigido será devolvido depois e contará para a nota final.

Informações adicionais (software, livros, textos, etc.):

<http://www.ambiental.ufpr.br/portal/professores/tobias/teaching/mecfluambi/>

Boa sorte!

Nome dos Integrantes:	Assinatura*

\*Garantindo que o trabalho foi feito sem copia e por todos integrantes do grupo

Pontuação (preenchido pelo Professor):

Questão	Pontos	Pontos totais	
Força hidrostática	40		
Pressão hidrostática	30		
Empuxo, flutuabilidade, estabilidade	30		Nota
Soma	100		

## **DESCRIÇÃO GERAL**

O laboratório 2 tem por objetivo aplicar os conceitos vistos em sala de aula de hidrostática e empuxo. Os experimentos estão divididos em 3 categorias: Forças hidrostáticas, pressões hidrostáticas (com 4 manômetros) e empuxo/flutuabilidade/estabilidade de corpos flutuantes.

Os grupos permanecem os mesmos que definidos no laboratório 1, mantendo o relator/moderador previamente definido.

<b>Grupos</b>	<b>Integrantes</b>
Grupo 1	Vitória, Rafael, Alexandre, Bianca, André, Fabiana
Grupo 2	Pedro, Beatriz, Ingrid, Daniel, Felipe, Leticia
Grupo 3	Lucas, Diego, Isadora, Carolina, Isabela Adib, Fernanda
Grupo 4	Matheus, Anna, Gabriela, Thiago, Isabela Folli, Pamela

Ler cuidadosamente o roteiro das atividades, anotar e registrar (com fotografias) os experimentos realizados e responder adequadamente as questões propostas.

**O laboratório 2 NÃO precisa ser entregue em formato de relatório.**

### **1. Forças hidrostáticas: superfície plana**

Objetivo: Determinar a força hidrostática em um corpo submerso de superfície plana.

#### **Procedimento**

- Com o tanque vazio nivele o sistema utilizando o parafuso de ajuste fino na extremidade e verifique o nível de bolha, na parte superior do suporte;
- Meça o nível zero com o linimetro (quando a ponta linimétrica encosta o fundo do tanque);

$$Z_o = \text{_____ cm}$$

- Bombeie água para o tanque até que o nível de água esteja próximo ao nível estipulado na tabela abaixo. Em seguida feche o registro, impedindo que a água escoe do tanque e meça com a ponta linimétrica o nível exato da água;

<b>Grupo</b>	<b>Nível da água</b>
Grupo 1	4 cm
Grupo 2	9 cm
Grupo 3	No limite da estrutura plana
Grupo 4	18 cm

$$Z_{\text{água}} = \text{_____ cm}$$

$$h_{\text{água}} = \text{_____ cm (profundidade: } h = Z_{\text{água}} - Z_o \text{)}$$

- Através de um picnômetro (50 ml) estime a massa específica da água utilizada no experimento;

$$m_{\text{água}} = \text{_____ Kg}$$

$$\rho_{\text{água}} = \text{_____ kg/m}^3$$

- Meça as dimensões da superfície plana que permanece em contato com a água e a distância horizontal entre o ponto de pivô e a balança de pesos;

L = \_\_\_\_\_ cm  
H = \_\_\_\_\_ cm  
L<sub>raio</sub> = \_\_\_\_\_ cm

- f. Adicione massas na outra extremidade até obter o equilíbrio (confira o nível de bolha).

m<sub>total</sub> = \_\_\_\_\_ kg

### Questões

- Demonstre que as forças nas superfícies curvas são concorrentes ao eixo de rotação e não geram momento;
- Realize o balanço de momento em torno do eixo (pivô) e obtenha a força na superfície plana submersa;
- Obtenha os dados dos outros grupos e faça um diagrama da força experimental (calculada no item b) pela profundidade para os 4 níveis de água;
- No mesmo gráfico, adicione a curva para a força teórica e justifique as possíveis diferenças
- Considere que no experimento anterior, após a profundidade  $h_{\text{água}}$ , óleo ( $\rho_{\text{óleo}} = 800 \text{ kg/m}^3$ ) tenha sido adicionado até que a superfície atinja uma profundidade total (água + óleo) de 22 cm. (a) Desenhe o diagrama de pressão atuando na superfície plana. (b) calcule a massa que deveria ser adicionada para manter o equilíbrio

### 2. Pressão hidrostática:

Objetivo: Estimar a massa específica de fluidos 'desconhecidos' e cálculo de pressão em condições estáticas.

Serão 4 experimentos, cada um contendo questões associadas que devem ser respondidas.

#### Manômetro 1

##### Procedimento:

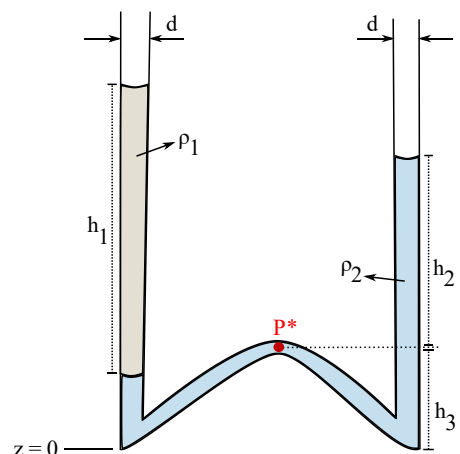
- A seguinte configuração foi preparada:
- Anotar as alturas observadas do fluido, diâmetro do tubo e outras informações que acha relevante.
- Determine a massa específica  $\rho_1$  utilizando picnômetro de 5 ml

$m_{\text{fluido}}$ : \_\_\_\_\_ kg

$\rho_{\text{fluido}}$ : \_\_\_\_\_ kg

##### Questões:

- Sabendo que a massa específica  $\rho_2 = 1005 \text{ kg/m}^3$  (água da torneira, estimada com picnômetro de 50 ml) calcule a massa específica do fluido desconhecido ( $\rho_1$ ).
- Compare os resultados obtidos nas letras a e c. Justificar diferenças, se houver.

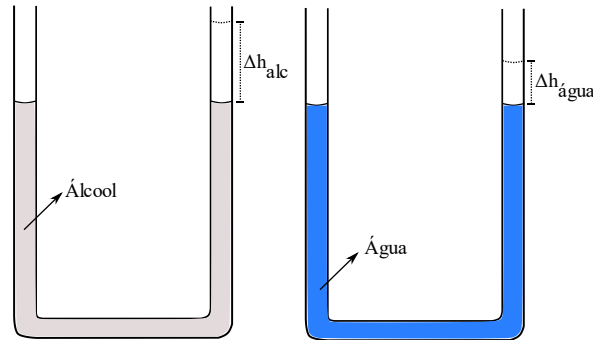


- c. Calcule a pressão no ponto  $P^*$  para a configuração apresentada no laboratório.
- d. O que aconteceria com a posição dos meniscos dos fluidos 1 e 2 se o ponto  $P^*$  fosse movido até a referência  $z = 0$  (deixando o tubo horizontal)? E qual seria a pressão no ponto  $P^*$  nesta nova posição?

## Manômetro 2

### Procedimento

- a. Dois Tubos-U foram preparados, um contendo álcool e o outro contendo água, conforme mostrado no esquema:
- b. Certifique-se de que os meniscos, de cada manômetro, estejam nivelados.
- c. Utilizando uma seringa adicione um volume de ar, em um dos lados do tubo e meça as variações na altura dos fluidos (Realizar o procedimento para álcool e água adicionando os seguintes volumes:



Volume ar (ml)	$\Delta h_{alc}$ (cm)	$\Delta h_{\acute{a}gua}$ (cm)
0.1		
0.4		
0.6		
1.0		

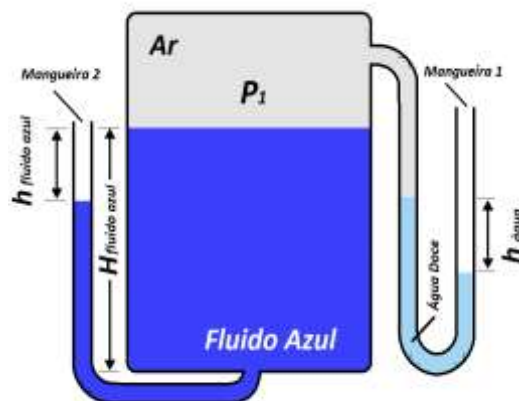
### Questões

- a. Calcule a Pressão do ar (na interface gás/liquido) no tubo com a seringa para ambos fluidos.
- b. Compare a variação  $\Delta h_{alc}$  e  $\Delta h_{\acute{a}gua}$  para os mesmos volumes de ar injetado. Comente as diferenças ou similaridades verificadas.
- c.

## Manômetro 3

### Procedimento

- a. Pegue a garrafa com as mangueiras (Figura ao lado). Tenha cuidado na manipulação da garrafa pois a junção de uma das mangueiras é feita com silicone e pode ser rompida facilmente;
- b. Com a garrafa aberta, adicione lentamente água doce através de uma seringa na mangueira 1, fazendo com que a água não atinja a garrafa;
- c. Não deixe que bolhas sejam formadas na mangueira (entre o comprimento com água);
- d. Segure com o dedo a extremidade da mangueira 1, na qual a água foi adicionada (mantenha o dedo na extremidade durante os procedimentos 'e' e 'f');



- e. Tire o bico da garrafa e adicione o fluido azul até o nível indicado para o grupo (ex: nível 1 – grupo 1). Atenção: desde que você esteja com o dedo na mangueira 1, o fluido azul não irá para a mangueira 1;
- f. Feche a garrafa com a tampa-mangueira e vire-a de cabeça para baixo (mantenha a mangueira 2 em um nível mais alto do que o nível da água azul na garrafa);
- g. Com a garrafa virada para baixo, faça da mangueira 1 um manômetro em U e verifique a diferença de nível da água (atenção: verifique a orientação do desnível);

$$h_{\text{água}} = \text{_____ cm}$$

- h. Meça a profundidade total do fluido azul na garrafa;

$$H_{\text{fluido azul}} = \text{_____ cm}$$

- i. Na mesma posição, verifique a diferença de nível  $h_{\text{fluido azul}}$  de fluido azul na mangueira 2 (novamente, tome cuidado com a orientação do desnível);

$$h_{\text{azul}} = \text{_____ cm}$$

- j. Observe o que acontece quando a ponta da mangueira 2 é colocada para baixo.

### Questões

- a. Calcule a pressão  $P_1$  (compartimento com ar).
- b. Com os dados dos outros grupos faça um gráfico entre a pressão  $P_1$  e o nível total da água salina na garrafa,  $H_{\text{fluido azul}}$ . Discuta o resultado.
- c. Calcule a massa específica do fluido azul em  $\text{kg/m}^3$
- d. **Explique** o observado no item j

### Manômetro 4

#### Procedimento

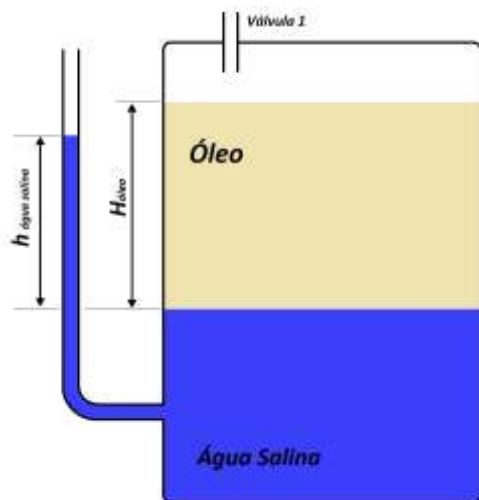
##### Parte 1:

- a. A configuração apresentada ao lado foi preparada em uma garrafa. Caso a seringa esteja acoplada na válvula 1, retire-a, deixando a válvula aberta para a atmosfera;
- b. Meça a espessura da camada de óleo na garrafa;

$$H_{\text{óleo}} = \text{_____ cm}$$

- c. Meça o nível da água salina no manômetro;

$$h_{\text{salina}} = \text{_____ cm}$$



##### Parte 2:

- d. Insira a seringa na válvula 1 e adicione o volume de ar estipulado na tabela abaixo pela seringa (Note que com a seringa acoplada na válvula 1, o sistema é vedado);

- e. Impedindo que o pistão da seringa retorne devido à pressão do ar na garrafa, meça novamente o nível da água salina no manômetro;
- f. Repita os procedimentos para os outros volumes da tabela.

Teste	Volume de Ar (ml)	$h_{salina}$ (no caso do ar pressurizado) (mm)
01	30	
02	50	
03	60	

## Questões

### Parte 1:

- a. Calcule a  $h_{salina}$  teórica através da massa específica e espessura das camadas da garrafa e compare com a altura obtida no item c (considere a massa específica do óleo calculada no experimento "Manômetro 1" e a massa específica da água salina de 1069 kg/m<sup>3</sup>). Discuta as possíveis diferenças.

### Parte 2:

- b. Calcule a pressão no compartimento com ar pressurizado para os três testes. Faça um gráfico da altura  $h_{salina}$  pela quantidade de ar adicionada no sistema. No gráfico identifique a contribuição da pressão hidrostática do óleo.

## 3. Empuxo, flutuabilidade e estabilidade de corpos flutuantes

Objetivo: Realizar o cálculo do empuxo para diferentes materiais em água, observar e caracterizar a estabilidade de flutuação. O experimento é dividido em 4 partes, sendo apresentado o procedimento de cada uma.

### Procedimento:

#### Parte I

Cubos de madeira de diferentes materiais. A = Ipe; B = Peroba; C = Pinus.

- a. Determinar a massa específica da água no balde utilizando um picnômetro;

$$m_{\text{água}} = \text{_____ kg}$$

$$\rho_{\text{água}} = \text{_____ Kg/m}^3$$

- b. Calcule e massa específica de cada cubo. Sendo a massa do cubo seco:  $m_A = 229.7 \text{ g}$ ;  $m_B = 187.4 \text{ g}$ ;  $m_C = 109.6 \text{ g}$

$$\rho_1 = \text{_____ kg/m}^3 \qquad \rho_2 = \text{_____ kg/m}^3$$

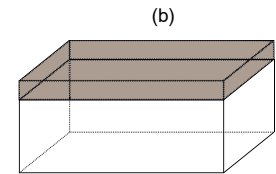
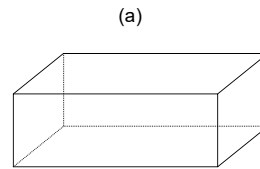
$$\rho_3 = \text{_____ kg/m}^3 \qquad \rho_4 = \text{_____ kg/m}^3$$

- c. Adicionar cada cubo no balde observando o que acontece com a forma. Estimar o volume submerso do cubo.

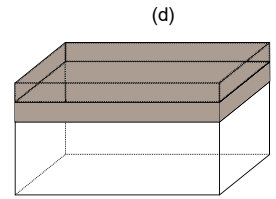
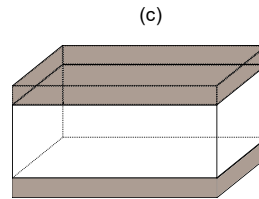
#### Parte II

Cubo de isopor e duas placas em acrílico

- a. Adicionar as diferentes combinações do isopor e placas de acrílico, conforme mostrado a seguir, no balde com água.



- b. Observar o comportamento do objeto em cada um dos casos. Aplique uma força em regiões diferentes da superfície flutuante e observe a ocorrência, ou não, de instabilidade.



### **Parte III**

Bloco com material composto



- a. Adicionar a forma com material composto no balde com água e observar seu comportamento.

### **Parte IV**

'Submarino'.

- Determinar o volume de ar nos canudos. Todos possuem comprimento de 10.5 cm.
- Determine a massa de cada conjunto Canudo/Massa.
- Adicione cada conjunto no Becker contendo água da torneira e observe o que acontece com o objeto.
- Adicione o conjunto Canudo/Massa 1 ou 2 na garrafa com água. Tampe a garrafa e aperte a mesma. Observe o que acontece com o conjunto.
- Adicione o conjunto Canudo/Massa 2 na proveta graduada contendo água salina ( $\rho_{\text{água}} \approx 1027.3 \text{ kg/m}^3$ ). Determine o volume de água deslocada e observe o que acontece com o 'submarino'.

$V_{\text{água deslocada}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ ml.}$

- Insira o 'submarino' 2 na proveta que contem duas camadas: água salina (mesmo nível que a proveta anterior) e álcool (50 ml adicionados). Observe o que acontece com o 'submarino'.

### **Questões:**

#### **Parte I:**

- Calcular o empuxo para cada cubos. Discutir as características de flutuabilidade dos diferentes cubos e por que se comportam diferente.
- Estime o centro de gravidade e o centroide (centro do volume de água deslocado, ou de flutuabilidade) de cada cubo.

#### **Parte II:**

- Justifique o comportamento do objeto flutuante observado para cada um dos casos, comentando a existência ou não de instabilidade.
- Faça um esquema indicando o centro de massa e de flutuabilidade em cada um dos casos.

#### **Parte III:**

- Descrever o comportamento do bloco de material composto na água. Qual a posição do bloco foi mais estável? Justifique.

**Parte IV:**

- f. Discorra do comportamento de cada conjunto Canudo/Massa comparando as massas.
- g. Explique por que ao apertar a garrafa, procedimento Parte IV – d, o 'submarino' afundou.
- h. Estime o empuxo do 'submarino' 2, através das observações do procedimento Parte IV – e.
- i. Explique a condição observada para o 'submarino' 2 no procedimento Parte IV– f. Para está condição qual é razão entre a massa específica do 'submarino' e da camada de fluído?

**AVALIAÇÃO:**

A avaliação para o laboratório 2 será feita através da solução dos problemas de cada experimento e não deve ser entregue em forma de relatório. Cada grupo deve apresentar uma lista com as soluções das questões, semelhante à solução da lista teórica (parte 3 da lista E1), mas em grupo.

Atenção: apresentar todos os cálculos. Apresentar esquemas/ desenhos do sistema com as informações conhecidas, incluindo informações obtidas e fornecidas no experimento. Pontos de pressão e balanços de forças devem estar identificados nos desenhos/ esquemas. Ser sucinto nas questões discursivas.