



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA TEÓRICA E EXPERIMENTAL  
FIS0742 - LABORATÓRIO BÁSICO DE FLUIDOS E

TERMODINÂMICA - T01 / FIS0666 - LABORATÓRIO DE FLUIDOS E TERMODINÂMICA  
- T01

Professor: João Medeiros

Turma:01

Semestre: 2020.2

Discente: \_\_\_\_\_

## Experimento – Análise gráfica de resultados experimentais

### Objetivos:

Elaborar um modelo para o escoamento de um líquido contido em um recipiente;

Construir e analisar gráficos em uma planilha eletrônica;

Aplicar os conceitos de Algarismos significativos, erros em uma medida e linearização.

### Material sugerido para a prática:

Planilha eletrônica: Excel

### Procedimento:

1. Nessa atividade vamos trabalhar com um conjunto de dados obtidos através de uma experiência cuja intenção era investigar o escoamento da água contida em um recipiente. Estudaremos como o tempo de escoamento da água varia em função da altura e do diâmetro do orifício. Uma representação gráfica desses dados possibilita o estabelecimento de uma relação matemática entre eles.
2. Para estudar a dependência do tempo de escoamento em relação ao tamanho do orifício, foram considerados quatro recipientes iguais, com orifícios circulares de diferentes diâmetros, relativamente pequenos, em suas bases. Considerando que todos tinham a mesma altura  $h$  de água, mediu-se o tempo de escoamento.
3. Em seguida, para estudar a dependência do tempo de escoamento em relação à altura da coluna de água contida no recipiente, variou-se a altura da coluna de água que foi escoada por orifícios idênticos em diâmetro. Os dados obtidos encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Tempo de escoamento (em segundos) em função simultânea da altura ( $h$ ) da coluna de água e do diâmetro ( $d$ ) do orifício.

$h$ (cm) →	30,0	10,0	4,0	1,0
$d$ (cm) ↓	$t$ (s)			
1,5	74,0	44,5	26,7	14,1
2,0	41,2	23,7	15,0	7,3
3,0	18,4	10,5	6,8	3,7

5,0	6,8	3,9	2,2	1,5
-----	-----	-----	-----	-----

### Atividade 01 – Relação entre tempo de escoamento e diâmetro do orifício do recipiente

4. Plote os gráficos de  $t$  em função de  $d$ , contendo os dados para os diferentes valores de  $h$ ;
5. Qual função melhor ajusta os dados experimentais? Para cada conjunto de pontos no gráfico realize testes considerando diferentes funções, como polinomial, potência, exponencial, linear e informe a função apropriada para o ajuste.
6. Obtenha uma expressão algébrica para relacionar  $t$  e  $d$ . A relação desejada deve ser algo do tipo  $t = C_0 d^\alpha$ . Preencha a Tabela 2.

Tabela 2 - Dados obtidos através do ajuste nos gráficos de  $t$  em função de  $d$ .

$h$ (cm)	30,0	10,0	4,0	1,0
$\alpha$				
$C_0$				

7. Observe que os gráficos sugerem uma relação inversa entre  $t$  e  $d$ . Tal relação pode ser do tipo  $1/d$ ,  $1/\sqrt{d}$ ,  $1/d^2$ ,  $1/d^3$ , etc. Descobrir qual das relações gera uma relação linear é um processo de tentativas chamado “linearização”, cuja solução não é necessariamente única. A relação inversa procurada é aquela que se torna linear com  $t$ . Isso quer dizer que se  $t$  é proporcional a  $d^{-2}$ , o gráfico de  $t$  versus  $1/d^2$  é uma reta.

### Atividade 02 – Relação entre tempo de escoamento e altura da coluna de água

8. Uma vez determinado o expoente  $\alpha$  e consequentemente a relação entre  $t$  e  $d$ , plote os gráficos de  $t$  em função de  $1/d^2$ , contendo os valores para diferentes valores de  $h$ , veja Tabela 3.

Tabela 3 - Tempo de escoamento (em segundos) em função simultânea da altura ( $h$ ) da coluna de água e do diâmetro ( $d$ ) do orifício.

$h$ (cm) →	30,0	10,0	4,0	1,0
$1/d^2$ (cm) ↓	$t$ (s)			
0,44	74,0	44,5	26,7	14,1
0,25	41,2	23,7	15,0	7,3
0,11	18,4	10,5	6,8	3,7
0,04	6,8	3,9	2,2	1,5

9. Ao plotar  $t$  vs.  $1/d^2$ , realiza-se o processo de linearização e podem ser determinados os valores de  $C_1$  que são dependentes de  $h$ . Preencha a Tabela 4.

Tabela 4 – Relação entre os valores de  $C_1$  e as alturas  $h$  da coluna de água.

$h$ (cm)	30,0	10,0	4,0	1,0
----------	------	------	-----	-----

$C_1$ (cm.s)				
--------------	--	--	--	--

10. Plote  $C_1$  em função de  $h$  e determine  $C = C_1(h)$ . Obviamente, teste diferentes funções para realizar o ajuste.

$C_1(h) =$
------------

### Atividade 03 – Determinação da expressão geral do tempo de escoamento em função simultânea da altura da coluna de água e do diâmetro do orifício do recipiente

11. Através da análise dos passos anteriores determine a expressão geral que relaciona  $t$  com  $h$  e  $d$ .

$t(h, d) =$
-------------

### Atividade 04 – Previsão teórica

12. A partir da expressão geral determinada acima, calcule os tempos de escoamento  $t$  preenchendo as células vazias da Tabela 5. Os cálculos devem ser feitos através dos recursos de sua planilha eletrônica. Após os cálculos, compare a Tabela 5 com a Tabela 1.

Tabela 5 - Tempo de escoamento (em segundos), calculado pela expressão geral, em função simultânea da altura ( $h$ ) da coluna de água e do diâmetro ( $d$ ) do orifício.

$h$ (cm) →	30,0	10,0	4,0	1,0
$d$ (cm) ↓	$t$ (s)			
1,5				
2,0				
3,0				
5,0				

13. Faça algumas previsões do tempo de escoamento  $t$  para os valores de  $h$  e  $d$  sugeridos na Tabela 6.

Tabela 6 – Previsão do tempo de escoamento (em segundos), calculado pela expressão geral, em função simultânea da altura ( $h$ ) da coluna de água e do diâmetro ( $d$ ) do orifício.

$h$ (cm)	$d$ (cm)	$t$ (s)
5,0	1,0	
25,0	4,0	
40,0	6,0	
50,0	8,0	
60,0	10,0	

### Questionamentos sobre a atividade

Q1. Cada resultado apresentado na Tabela 1 tem um erro inerente ao processo de medida que, nesse caso, é chamado erro de escala. Note que as medidas foram feitas uma única vez para cada situação. Não há valor médio, nem desvio padrão nesse caso. Já o erro do aparelho em relação ao objeto medido denominamos erro relativo o qual pode ser expresso em porcentagem. Verifique que cada medida de diâmetro  $d$  tem um mesmo erro absoluto (dado pelo instrumento), mas um erro relativo diferente para cada medida (que depende do valor da medida). Qual é o erro estimado nas leituras do diâmetro  $d$ , da altura da coluna de água  $h$  e do tempo de escoamento  $t$ ?

Q2. Qual das alturas tem o maior erro relativo e qual tem o menor? Qual dos tempos tem o maior erro relativo e qual tem o menor? Qual dos diâmetros tem o maior erro relativo e qual tem o menor?

Q3. A expressão obtida é válida para qualquer tamanho do recipiente? Para qualquer tipo de líquido? Afinal qual é a limitação da função geral encontrada?

Q4. Explique as principais dificuldades e limitações dos procedimentos adotados para esta atividade?

Q5. A partir dos resultados, responda: em sua opinião, os procedimentos seguidos cumprem com os objetivos propostos?