



ROTEIRO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DE FENÔMENOS DE TRANSPORTES

Prof^a. M. Sc. Sara Pereira de Agrela

Conteúdo

Prefácio	4
EXPERIMENTO 1	5
EXPERIMENTO DE VISCOSIDADE	5
1.1 Objetivos	5
1.2 Material	5
1.3 Introdução	5
1.4 Procedimento Experimental	Erro! Indicador não definido.
EXPERIMENTO 2	5
EXPERIMENTO DE REYNOLDS	7
2.1 Objetivos	7
2.2 Materiais	7
2.3 Introdução	7
2.4 Descrição Experimental	7
2.5 Resultados e Discussão	14
2.6 Conclusão	14
2.7 Referências Bibliográficas	14
EXPERIMENTO 3	9
DETERMINAÇÃO DA VAZÃO VOLUMÉTRICA	18
3.1 Objetivos	9
3.2 Materiais e Reagentes	9
3.3 Teoria do Experimento	9

Erro! Indicador não definido.	3.4 Procedimento Experimental
23	3.5 Conclusão
23	3.6 Referências Bibliográficas
11	APÊNDICE A
oratório11	Orientações para Atividades de La
11	A.1 O Modelo de Relatório
32	A.2 Passos para a Elaboração

Prefácio

Caros colegas professores e estudantes,

A parte experimental da disciplina de Fenômenos de Transportes destina-se a estudantes de cursos de Licenciatura, Bacharelado, Engenharia Química, Química Industrial, Engenharia Mecânica e Engenharia de Produção. Os experimentos foram elaborados pressupondo-se que o estudante já possui experiência no trabalho com vidrarias, equipamentos comuns, e está familiarizado com o procedimento adequado dentro de um laboratório de Química. Os experimentos propostos buscam solidificar e complementar os conhecimentos adquiridos na parte teórica desta disciplina. Os equipamentos foram escolhidos de modo que seus custos fossem os menores possíveis, utilizando-se equipamentos e produtos químicos nacionais e nas menores quantidades possíveis.

Os roteiros de experimentos constam em instruções de como elaborar um relatório (Apêndice A).

Esperamos que esse roteiro seja de grande valia aos professores e estudantes e nos dispomos a críticas, correções e sugestões a fim de melhorá-lo para posteriores edições. Desejamos a todos bom trabalho e estudo.

Alagoinhas, Março de 2017

Os autores

GASES - EXPERIMENTO DE VISCOSIDADE

1.1 Objetivos

O objetivo deste relatório é a determinação experimental da viscosidade (dinâmica e cinemática) de líquidos.

1.2 Material

- Tubo de vidro preenchido com glicerina preso a haste vertical;
- Esferas de aço de diferentes diâmetros;
- Imã para recolher as eferas;
- Cronômetro:
- Termômetro;
- Trena;
- Paquímetro;
- Nível de bolha.

1.3 Introdução

A viscosidade dos líquidos vem do atrito interno, isto é, das forças de coesão entre moléculas relativamente juntas. Desta maneira, enquanto que a viscosidade dos gases cresce com o aumento da temperatura, nos líquidos ocorre o oposto. Com o aumento da temperatura, aumenta a energia cinética média das moléculas, diminui (em média) o intervalo de tempo que as moléculas passam umas junto das outras, menos efetivas se tornam as forças intermoleculares e consequentemente resulta em uma menor a viscosidade.

1.4 Procedimento Experimental

- 1. Nivelar o conjunto;
- 2. Definir a distância L do tubo, ajustando as marcas superior e inferior;
- 3. Deixar a marca superior a uma distância mínima de 10 cm da superfície da glicerina;

- 4. Tomar o maior comprimento L possível, deixando uma distância mínima de 5 cm entre a marca inferior e o fundo do tubo;
- 5. Medir o valor do comprimento L (completar a Tabela 1);
- 6. Medir o diâmetro D das esferas de aço com o paquímetro (completar a Tabela 1);
- 7. Calcular os valores do raio R das esferas (completar a Tabela 1);
- 8. Medir a temperatura T da glicerina (completar a Tabela 1);
- 9. Soltar 3 vezes as esferas de cada diâmetro e medir o tempo t de queda de cada esfera (completar a Tabela 1);
- 10. Tomar cuidado para a esfera cair no centro do tubo. Se estiver muito próximo da parede desprezar a medida e soltar novamente;
- 11. Calcular os valores da média do tempo (completar a Tabela 1);
- 12. Considerar o pfluido = 1,26g/cm³ (fluido-glicerina) (completar a Tabela 1);
- 13. Considerar o pesfera = 7,85g/cm³ (esfera-aço) (completar a Tabela 1);
- 14. Calcular os valores de velocidade V de queda das esferas (completar a Tabela 1);
- 15. Calcular os valores da viscosidade dinâmica μ (completar a Tabela 1);
- 16. Calcular os valores da viscosidade cinemática v (completar a Tabela 1);
- 17. Calcular os valores dos números de Reynolds (Re = ρ fluido . V . D/ μ)

Tabela 1 – Dados e parâmetros experimentais utilizados no experimento de viscosidade

	Diâmetro da esfera	Raio da esfera	Velocidade de queda da esfera
ρ _{fluido} (g/cm ³)			
T _{fluido}			

EXPERIMENTO DE REYNOLDS

2.10bjetivos

Verificar se o número de Reynolds, no experimento, equivale com o número apresentado na teoria.

2.2 Materiais

Os materiais utilizados para o experimento de Reynolds foram:

- Reservatório de 20 L
- Tubo de vidro com diâmetro de 15 mm
- Recipiente graduado
- Agulha dosadora de corante
- Reservatório de corante
- Corante Azul de Metileno

2.3 Introdução

O número de Reynolds, demonstrado em 1883 por Osborne Reynolds (1842-1912) é uma expressão que permite dizer o tipo de escoamento de um fluido. A expressão pode ser encontrada por meio da experiência feita por Reynolds em que um tubo transparente é ligado a um reservatório com água, onde no final dele se encontra uma válvula que controla a velocidade de descarga da água. É injetado corante, para assim analisar o comportamento do mesmo ao longo do tubo. Quando a válvula de descarga é pouco aberta e a velocidade da água é pequena, pode-se notar que o corante assume um comportamento onde as partículas escoam continuamente em linha reta pois não há agitação transversal. No entanto esse comportamento se altera ao abrir um pouco mais a válvula, formando pequenas ondulações formadas por agitações transversais do fluido até o corante desaparecer por diluição.

Por esta experiência foi possível determinar dois tipos de escoamento: os escoamentos laminar e turbulento, onde entre eles se caracteriza um escoamento de transição:

Escoamento laminar é aquele em que as partículas se descolam em lâminas individualizadas, sem trocas de massa entre elas.

Escomento turbulento é aquele em que as partículas apresentam um movimento aleatório macroscópico, isto é, a velocidade apresenta componentes transversais ao movimento geral do conjunto do fluido (BRUNETTI, 2008).

Pela expressão matemática então, pode-se encontrar os valores de escoamentos, que em tubos são: escoamento laminar - Re < 2.000, escomento de transição - 2.000 < Re < 2.400 e escoamento turbulento Re > 2.400.

2.4 Descrição Experimental

Para obter o número de Reynolds será realizada uma prática onde o tubo de vidro é ligado ao um reservatório de 20 litros, onde, uma válvula permite controlar a velocidade em que se dá a vazão de água. A agulha dosadora de corante se localiza em um ponto onde a velocidade da vazão é constante, ou seja, distante do começo do tubo de vidro. Quando o reservatório de corante Azul de Metileno for aberto, o seu percurso, até o recipiente graduado, será observado e medido com um cronômetro até que se chegue a um volume de 200 mL. Essa observação será realizada para os três tipos de regime: laminar, transição e turbulento.

A partir dos dados observados será possível calcular o número de Reynolds para cada tipo de escoamento, utilizando a seguinte expressão matemática: $Re = \rho.V.D/\mu$

Onde:

 ρ = massa específica do fluido

v = velocidade

D= diâmetro do tubo

 μ = viscosidade

2.5 Resultados e Discussão

Com base nos cálculos realizados serão obtidos resultados que serão inseridos e apresentados na tabela que especifica os tipos de escoamentos.

Comparando com os resultados da teoria pode haver uma alteração em relação ao regime de transição, isso pode ocorrer porque no momento do experimento o tubo de vidro pode apresentar uma pequena inclinação que pode alterar a velocidade com que se determina a vazão, e assim, provocar a variação no número de Reynolds.

2.6 Conclusão

Com este experimento foi possível verificar que, apesar de um dos tipos de escoamentos não ter sido equivalente com a teoria, os demais tipos de escoamentos seguiram equivalentes. Isto demonstra que apesar de erros operacionais, é possível comprovar na prática laboratorial as teorias aprendidas em sala de aula.

2.7 Referências Bibliográficas

BRUNETTI, Franco. Mecânica dos Fluidos. 2ª edição revisada. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

DETERMINAÇÃO DA VAZÃO VOLUMÉTRICA

3.1 Objetivos

Determinar a vazão volumétrica dos tubos do equipamento hidráulico, com ajuda de dois componentes (tanque com escala em litros e um cronômetro). Em seguida determinar a vazão de volumétrica do tanque, através de um orifício de 1 polegada de diâmetro.

3.2 Materiais e Reagentes

- Um recipiente para armazenar a água;
- Módulo hidráulico
- Recipiente Acrílico (em escala de litros)
- Tubos de 1", ½"e ¾"
- Cronômetro
- Fluido: Água

3.3 Teoria do Experimento

A medição de vazão inclui no seu sentido mais amplo, a determinação de quantidades de líquidos, gases e sólidos que passa por um determinado local na unidade de tempo; podem também ser incluídos os instrumentos que indicam a quantidade total movimentada, num intervalo de tempo.

A quantidade total movimenta pode ser medida em quantidades de volume (litros, m³, cm³, mm³, galões, pés cúbicos) ou em unidades de massa (g, kg, toneladas, libras). A vazão instantânea é dada por uma das unidades acima, dividida por uma unidade de tempo (litros/min, m³/hora, galões/min). No caso de gases e vapores, a vazão instantânea pode ser expressa, em kg/h ou em m³/h. Quando se mede a vazão em unidades de volume, devem ser especificadas as "condições base" consideradas. Assim, no caso de líquidos, é importante indicar que a vazão se considera "nas condições de operação", ou a 0°C, 20°C, ou a outra temperatura qualquer. Na medição de gases, é comum indicar a vazão em Nm³/h (metros cúbicos normais por hora, ou seja, a temperatura de 0 °C e a pressão atmosférica) ou em SCFM (pés cúbicos standard por minuto, a temperatura de 60 °F e 14,696 PSI de pressão atmosférica).

Podemos dizer que:

```
1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ litros } 1 \text{ galão (americano)} = 3,785 \text{ litros}
```

```
1 pé cúbico = 0.0283168 \text{ m}^3 \text{ 1 libra} = 0.4536 \text{ kg}
```

Existente dois tipos de medidores de vazão (quantidade e volumétricos):

- Medidores de quantidade: São aqueles que, a qualquer instante permitem saber que quantidade de fluxo se passou, mas, não vazão do fluxo que está passando. Exemplo: Bombas de gasolina, hidrômetros e balancas industriais.
- Medidores volumétricos: São aqueles que exprimem a vazão por unidade de tempo.

3.4 Procedimento Experimental

- 1° Abrir a válvula de tubulção de ½";
- 2° Ligar a bomba do sistema hidráulico;
- 3° Cronometrar o tempo de enchimento do recipiente acrílico com o fluído;
- 4° Determinar o volume de fluído inserido no recipiente acrílico;
- 5° Determinar a vazão volumétrica pela fórmula Q = Volume/tempo;

Exemplo de dados coletados em bancada experimental:

1 – Entrada:

Tub. 1/2"

 V_1 : 30 litros,

t: 25 segundos, então,

 $Q_1 = 30/25 = 1,2 \text{ litros/s}$

2 – *Saída*:

 $v_2 = v_1$

t = 57 segundos, então,

 $Q_2 = 30/57 = 0.52 \text{ litros/s}$

3.5 Conclusão

É fácil definir vazão com o estudo e as experiências em laboratório, que a vazão está ligada proporcionalmente ao tempo. Na nossa experiência devido ter usado tubulações de diferenças não muito grande, a vazão de água, não teve um grande aumento no nível de vazão para cada tubulação usada, mas, podemos afirmar que usando tubulações maiores com a mesma pressão exercida, a vazão é proporcionalmente será maior.

3.6 Referências Bibliográficas

BRUNETTI, Franco. Mecânica dos Fluidos. 2ª edição revisada. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

Orientações para Atividades de Laboratório

A.1 O Modelo de Relatório

As aulas experimentais realizadas nos laboratórios de Termodinâmica Aplicada requerem dos estudantes a apresentação de um relatório que contenha os passos do trabalho realizado nas bancadas, bem como a apresentação organizada dos dados experimentais e as possíveis análises e representações gráficas.

Neste roteiro estamos sugerindo algumas normas que usualmente são utilizadas para a elaboração de relatórios. Com isso pretendemos auxiliá-los nesta importante tarefa didática, ao mesmo tempo em que ocorrerá um primeiro contato com a elaboração de trabalhos científicos, ampliando os conhecimentos adquiridos nas aulas teóricas e, fundamentalmente, contribuindo para a sua formação geral e profissional.

Esse roteiro pretende servir de modelo para a confecção dos relatórios, mas não inviabiliza possíveis variações e acréscimos por parte das equipes. Lembre-se que a criatividade e a autonomia nas ações é o diferencial de qualquer trabalho.

A.2 Passos para a Elaboração:

1. Identificação dos Autores

Identificar os autores participantes da aula prática e da confecção do relatório.

2. Título do Experimento

Neste item o autor deverá deixar claro o título do experimento, de tal modo que o leitor saiba a primeira vista o que foi investigado.

3. Objetivo

Indicar de forma sucinta os objetivos do trabalho.

4. Introdução

Fazer um pequeno resumo de todo o relatório dizendo de forma reduzida o que será apresentado nas secções seguintes.

5. Fundamentação teórica

Teoria que se pretende comprovar na prática, ou seja, aquela teoria que fundamenta os cálculos efetuados, os fenômenos observados, etc. Ao ler este item o leitor deverá se sentir esclarecido sobre os fundamentos teóricos que servirão como base para o experimento a ser realizado.

6. Material Utilizado

Neste item o autor deve listar todo o material e equipamento utilizado na

realização do experimento, não esquecendo as especificações técnicas, marcas, modelos, etc.

7. Procedimento Experimental

Descrever o procedimento experimental usado, detalhar todos os passos executados na obtenção dos dados experimentais. Incluir diagramas experimentais utilizados.

7.1. Dados Experimentais

Apresentar de forma clara todos os resultados experimentais obtidos e respectivos erros de leitura, sob a forma mais conveniente: tabelas, gráficos, filmes, sons, etc.

7.2. Tratamento e Análise dos dados experimentais

Efetuar e apresentar todos os cálculos necessários à obtenção dos resultados pretendidos e respectivas incertezas. Calculo dos erros, representações gráficas, análises dimensionais, etc. Este tópico constitui uma das parte mais importante do relatório.

8. Discussão e Conclusão

Resumir e comentar os resultados obtidos, comparando-os com os valores previstos. Analisar o cumprimento do objetivo proposto para o trabalho. Enumerar as principais causas de erros experimentais e possíveis métodos de evitar ou minorar. Fazer uma análise crítica do conjunto do trabalho. Este tópico permite avaliar o grau de compreensão do experimento e é um diferencial entre os diferentes grupos de alunos.

9. Referências Bibliográficas

Listar os livros, tabelas, manuais, artigos científicos que serviram de consulta para a elaboração do relatório. A bibliografia deve ser listada em ordem alfabética e de acordo com as normas da "ABNT" (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Veja a seguir alguns exemplos de referências.

o Exemplo de livro:

BRUNETTI, Franco. Mecânica dos Fluidos. 2ª edição revisada. São Paulo:

Pearson Prentice Hall, 2008.

o Artigos de Periódicos (On-line):

AUTOR. Título do artigo. Título da publicação seriada, local, volume, número, mês ano. Paginação ou indicação de tamanho. Disponível em: <Endereço eletrônico>. Acesso em: data.

Exemplo:

MALOFF, Joel. A internet e o valor da "internetização". Ciência da Informação, Brasília, v. 26, n. 3, 1997. Disponível em: http://www.ibict.br/cionline/. Acesso em: 18 maio 1998.

o Homepage:

AUTOR. Título. Informações complementares (Coordenação, desenvolvida por, apresenta..., quando houver etc). Disponível em:.<Endereço>. Acesso em: data.

Exemplo:

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Biblioteca Universitária. Serviço de Referência. Catálogos de Universidades. Apresenta endereços de Universidades nacionais e estrangeiras. Disponível em: http://www.bu.ufsc.br. Acesso em: 19 maio 1998.

10. Apêndices

Incluir neste item os gráficos construídos a partir dos dados, tabelas que foram verificados no experimento realizado.

11. Anexo

Neste item devem ser apresentados dados, tabelas, gráficos etc., de outros autores. Ex.: tabela de densidades dos sólidos, gráfico da órbita de um planeta, etc.

Observações:

- ✓ Acrescentar no relatório todas as informações que possam servir para ajudar na compreensão do trabalho experimental.
- ✓ O relatório não deve, em nenhuma hipótese, ser a cópia do roteiro.
- ✓ Salientamos que o relatório será feito na primeira pessoa do plural, com letra legível quando não for possível a digitação.
- ✓ A ausência da folha de dados assinada pelo professor no apêndice do relatório implicará a não correção do mesmo.
- ✓ Quando for solicitado gráfico, representá-lo em papel milimetrado.
- ✓ Qualquer outro esclarecimento, procure o professor.

Referências

- BRUNETTI, Franco. Mecânica dos Fluidos. 2ª edição revisada. São Paulo:
 Pearson Prentice Hall, 2008.
- FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan T.; PRITCHARD, Philipi J. 6^a Ed.
 Introdução à Mecânica dos Fluidos. Rio de Janeiro: LTC, c 2011.
- BIRD, R.B., STWART, W.E. and LIGHTFOOT, E.N. Fenômenos de Transporte, 2ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, c 2010.
- ÇENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M. Mecânica dos Fluidos. São Paulo:
 Mc Graw Hill, 2007.
- MUNSON, Bruce R.; OKIISHI, Theodore H.; YOUNG, Donald F. Uma introdução concisa à mecânica dos fluidos. 2ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.
- VENNARD, J. K.; STREET, R. L. Elementos de mecânica dos fluidos. 5^a Ed.
 Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1985.
- WHITE, F.M. **Mecânica dos Fluidos**. 6^a Ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.