

O ESTUDO DO MOVIMENTO UNIFORME USANDO UMA BOLHA DE AR EM MEIO VISCOSO

Eduardo Formentin de CARVALHO

Acadêmico do curso de Licenciatura em Física/UNISUL

E-mail: eduformentin@hotmail.com

Rejane de Faveri FERNANDES

Acadêmica do curso de Licenciatura em Física/UNISUL

E-mail: reji_faveri@yahoo.com.br

Silvana Dilma Machado INNOCENTE

Acadêmica do curso de Licenciatura em Física/UNISUL

E-mail: silvanadilma@ibest.com.br

Marleide Coan CARDOSO

Professora orientadora – UNISUL- Doutora

E-mail: marleide.cardoso@unisul.br

Clayton KINDERMANN

Professor orientador – UNISUL- Doutor

E-mail: clayton.kindermann@unisul.br

Resumo

Este artigo tem como objetivo apresentar o estudo do movimento uniforme de uma bolha de ar em um tubo contendo materiais como água, álcool e óleo, e a sua relação com as variáveis, como a viscosidade, a densidade e a inclinação do tubo nos ângulos de 200, 300 e 400. O estudo é resultado de uma proposta interdisciplinar envolvendo as disciplinas de Física I e Tópicos de Matemática Elementar I, do Curso de Licenciatura em Física/Parfor da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, localizada na cidade de Tubarão, estado de Santa Catarina. A proposta desenvolvida e resultante neste artigo pode ser apresentada em outras disciplinas do curso, conforme a necessidade, ou aplicada nas disciplinas de estágio pelos próprios acadêmicos do Curso de Licenciatura em Física.

Palavras-chave: Interdisciplinaridade; Física; Matemática.

Abstract

This article aims to present the study of uniform motion of an air bubble in a tube containing materials such as water, alcohol and oil, and its relation with the variables like viscosity, density and tube inclination at the angles 200, 300 and 400. The study is the result of

an interdisciplinary proposal involving the disciplines of Physics I and Elementary Math Topics I of physics course at Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, located in Tubarão city, in Santa Catarina State. The proposal developed and resulting in this article can be featured in other disciplines of the course according to the necessity or applied in the stage disciplines by the academics of Physics course.

Keywords: *Interdisciplinarity; Physics; Mathematics.*

Introdução

Este artigo é resultado de uma proposta interdisciplinar envolvendo as disciplinas de Física I e Tópicos de Matemática Elementar I, do Curso de Licenciatura em Física/Parfor, da Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL, localizada na cidade de Tubarão, estado de Santa Catarina.

A proposta desenvolvida e resultante neste artigo pode ser apresentada em outras disciplinas do curso, conforme a necessidade, ou ainda aplicada nas disciplinas de estágio pelos próprios acadêmicos do Curso de Licenciatura em Física. Esta atividade objetivou apresentar o estudo prático do movimento uniforme de uma bolha de ar quando se desloca em diferentes meios líquidos com viscosidades diferentes. Na pesquisa, será analisada a velocidade de deslocamento da bolha de ar em ângulos de inclinação e meios diferentes.

Para a execução do experimento, construímos um aparato constituído de tubos, contendo materiais variados, tais como: água, álcool e óleo, e estabelecemos relação com algumas variáveis, como viscosidade, densidade e inclinação do tubo nos ângulos de 20° , 30° e 40° . Para a realização do experimento e a coleta dos dados, foi necessário o estabelecimento de procedimentos que serão descritos na próxima seção.

O experimento e o procedimento de coleta de dados

O experimento consiste na utilização de mangueiras de PVC, medindo 100 cm de comprimento. Essas mangueiras foram presas em placas de madeira com medidas de 120 cm x 20 cm x 2,5 cm, paralelamente a uma fita métrica, com medidas de 100 cm. As mangueiras foram completadas com água, álcool e óleo, e deixamos apenas uma pequena bolha de ar em cada uma delas para que fosse possível fazer o estudo do experimento, conforme ilustra a figura 1.

Figura 1 – Aparato utilizado no experimento



Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

Iniciando os trabalhos de experimento, reunimo-nos em sala de aula, e desenhamos, com auxílio de um transferidor, um gráfico cartesiano, relacionando os ângulos de 20° , 30° e 40° , que foram utilizados para controlar a inclinação do aparato, para realização do experimento, conforme ilustra a figura 2.

Figura 2 – Representação dos ângulos de inclinação do aparato



Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

O processo de coleta de dados iniciou com a marcação, no quadro, das distâncias de 20 cm e 90 cm na fita métrica, para demarcar os 70 cm em que seria analisado o deslocamento da bolha de ar em cada inclinação, e em cada meio diferente. Na sequência da atividade, um dos alunos colocava o aparato (a madeira com a mangueira fixa) encostado no quadro branco, alocando-a nos ângulos a serem estudados.

Enquanto isso, outro participante do estudo cronometrava o tempo de subida da bolha de ar, entre as distâncias de 20 cm e 90 cm, passando a informação do tempo marcado para um terceiro membro de equipe, que anotava e registrava o processo com máquina fotográfica digital e num quadro de registro, conforme ilustra a figura 3.

Figura 3 – Registro dos acadêmicos coletando os dados do experimento



Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

No experimento, usamos uma bolha de ar para verificar o movimento uniforme e a sua relação com as variáveis, como a viscosidade, a densidade e a inclinação.

Aspectos teóricos do problema

Para a realização do experimento, envolvendo os conceitos de empuxo, equilíbrio de uma partícula, Leis de Newton e força viscosa, foi necessário um estudo breve destes conceitos que estão postos no texto na medida em que forem necessários para a análise do experimento proposto.

Assim, o experimento realizado de maneira interdisciplinar entre a Física e a Matemática está de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 2006), dentro da área de conhecimento das Ciências da Natureza Matemática e suas tecnologias. A Matemática se insere como ferramenta para a Física no que se refere à representação do experimento, apresentando assim procedimentos metodológicos comuns. No entanto, por analisarem aspectos distintos dos fenômenos naturais, se constituem em áreas distintas, ou seja, seus objetos de estudo são diferenciados.

A Física se preocupa em analisar aspectos dos fenômenos da Natureza, tais como: a natureza dos movimentos, o fenômeno do calor, da luz, entre outros. Se as ciências da natureza estudam a Natureza em diferentes aspectos, é evidente que apresentam formas diferenciadas de realizar a transformação de seus objetos da ciência

em objetos de ensino constituintes dos currículos escolares, é o caso da transposição didática e sua prática docente.

Considerando a prática docente no ensino da Física, em sua maioria os professores ensinam respostas e raramente se preocupam em perguntar ou investigar os fenômenos. O ensino da Física está estruturado em áreas de conhecimento relacionadas ao movimento, a variações e a conservações, calor, ambiente e usos de energia, som, imagem e informação, equipamentos elétricos e telecomunicações, matéria e radiação e universo, terra e vida.

Este artigo descreve um estudo realizado sobre o Movimento de uma bolha de ar em diferentes meios viscosos, analisando a influência da inclinação na realização do movimento da bolha de ar nos diferentes meios e a força de resistência destes na realização do movimento da bolha de ar.

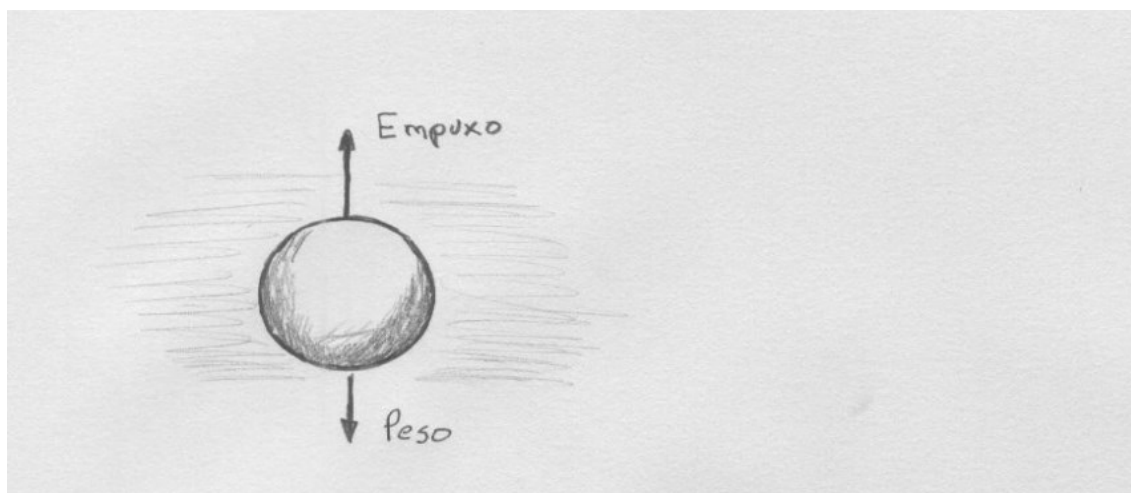
Ao se analisar as forças atuantes no movimento da bolha, podemos identificar a resistência viscosa, a tensão superficial, o peso e o empuxo. Os efeitos de tensão superficial e peso da bolha foram desconsiderados neste experimento, sendo controlados o empuxo e a resistência viscosa em cada inclinação.

Foi o filósofo, matemático, físico, engenheiro, inventor e astrônomo grego Arquimedes (287a.C. - 212a.C.) quem verificou uma força existente nos corpos imersos em fluidos chamada de empuxo. Arquimedes descobriu que todo o corpo imerso em um fluido em equilíbrio, dentro de um campo gravitacional, fica sob a ação de uma força vertical, com sentido oposto a este campo, aplicada pelo fluido, cuja intensidade é igual à intensidade do Peso do fluido, que é ocupado pelo corpo. O empuxo é uma força causada pela diferença de pressão entre dois pontos situados em profundidades diferentes, assim a força que impede que nosso corpo afunde, quando boiamos, age no sentido contrário ao da força peso, por isso ficamos em equilíbrio.

O empuxo foi definido por Arquimedes, e segundo ele, um corpo, ao ser imerso, total ou parcialmente, em um fluido, sofre um empuxo igual ao **peso do volume do fluido deslocado**. Essa verificação ficou conhecida como Princípio de Arquimedes. Dessa forma, o empuxo é determinado pela equação $E = P_L \cdot G \cdot V$, na qual E é o empuxo; P_L , a densidade do líquido; G, a aceleração da gravidade; e V, o volume submerso do corpo, no caso, a bolha. No experimento, o diâmetro médio das bolhas de ar utilizado foi de cinco milímetros, conforme a figura 4.



Figura 4 – Representação da bolha de ar deslocada no experimento



Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

Ao deixar uma gota de ar dentro do aparato, a gota sobe sob a ação da força de empuxo. No entanto, o movimento da bolha sofre resistência de forças contrárias, como a força viscosa do líquido em que a bolha se encontra imersa e o peso.

Uma das grandes variáveis controladas no experimento é a densidade dos meios líquidos utilizados, que, no caso, são: as densidades da água, do óleo e do álcool, as quais são semelhantes. Também se analisou a inclinação do aparato e sua influência no deslocamento da bolha. O peso da bolha pode ser desprezado sem prejuízos para o modelo de movimentação da bolha.

Tabela1 – Densidade dos Materiais Usados nos Experimentos

Material ou Corpo	Densidade em kg/m^3
Água	$1,00 \cdot 10^3$
Álcool	$0,79 \cdot 10^3$
Óleo	$0,8 \text{ a } 0,9 \cdot 10^3$

Fonte: Copilado pelos autores.

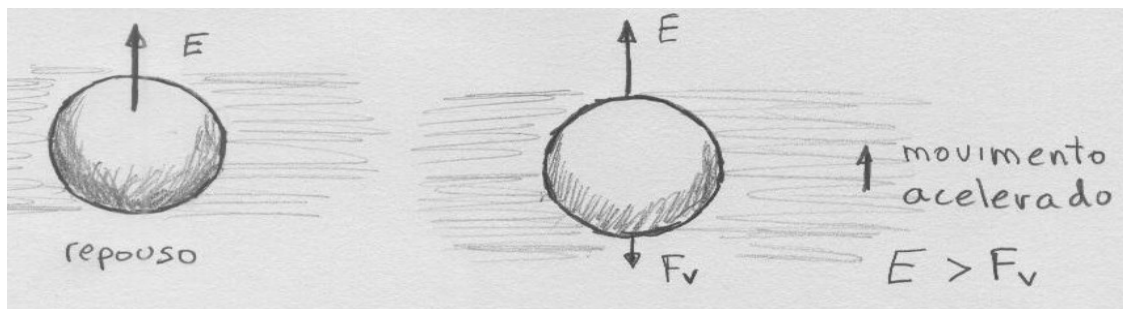
A força de resistência viscosa surge quando um corpo está em movimento dentro de um fluido. Esta força é variável e aumenta com a velocidade. A lei de Stokes é aplicada para os casos de força de fricção experimentada por objetos esféricos que se movem no meio de um fluido viscoso, num regime laminar. Foi derivada em 1851 por

George Gabriel Stokes e, de maneira geral, a lei de Stokes é válida para o movimento de partículas esféricas pequenas, movendo-se a velocidades baixas. Para uma esfera em regime estacionário em movimento dentro de um líquido viscoso, a força viscosa é dada pela lei de Stokes: $F = 6\pi R\eta v$, em que R é o raio da bolha; η é a sua viscosidade dinâmica; e v , a sua velocidade.

Inicialmente, a bolha em repouso tem apenas o empuxo atuando sobre ela. Ao subir e aumentar de velocidade, a força viscosa aumenta de intensidade e quando a força viscosa se tornar igual ao empuxo, a bolha atinge a velocidade limite e sobe com a velocidade constante.

Região transitória

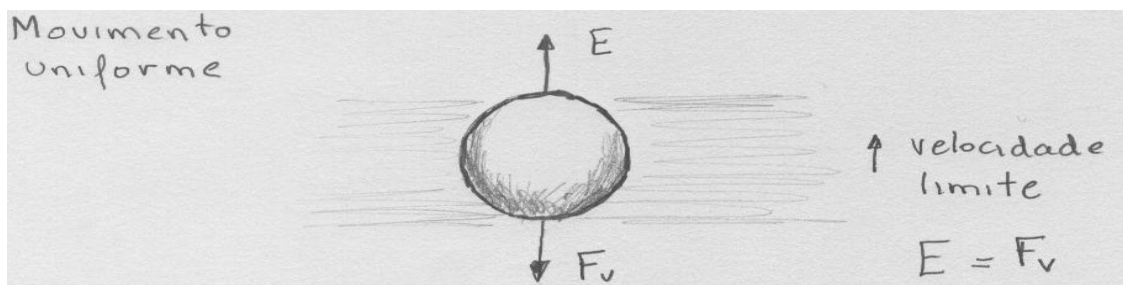
Figura 5 – Representação do movimento acelerado da bolha



Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

Região de estabilidade cinética

Figura 6 – Representação do movimento uniforme da bolha

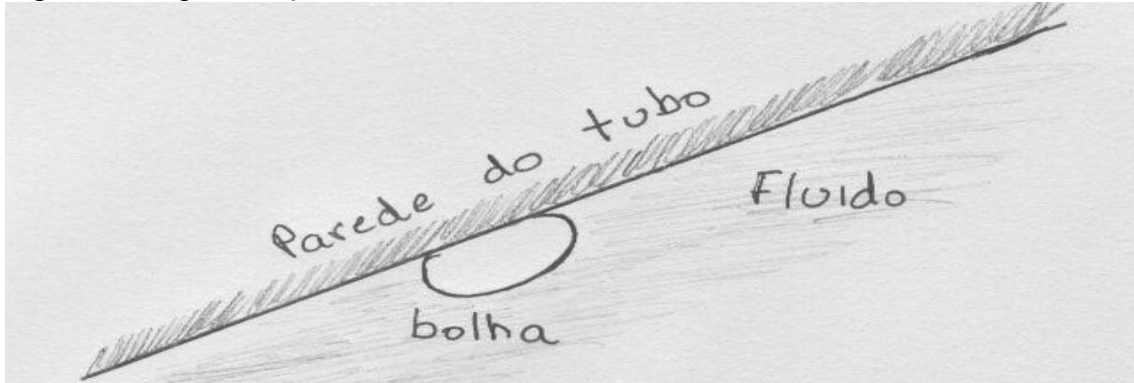


Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

No experimento, determinamos a velocidade limite em alguns líquidos usando um tubo de diâmetro D inclinado em um ângulo α . Como a bolha subia com uma parte

em contato com a parede do tubo, tivemos uma situação semelhante ao desenho da figura 7.

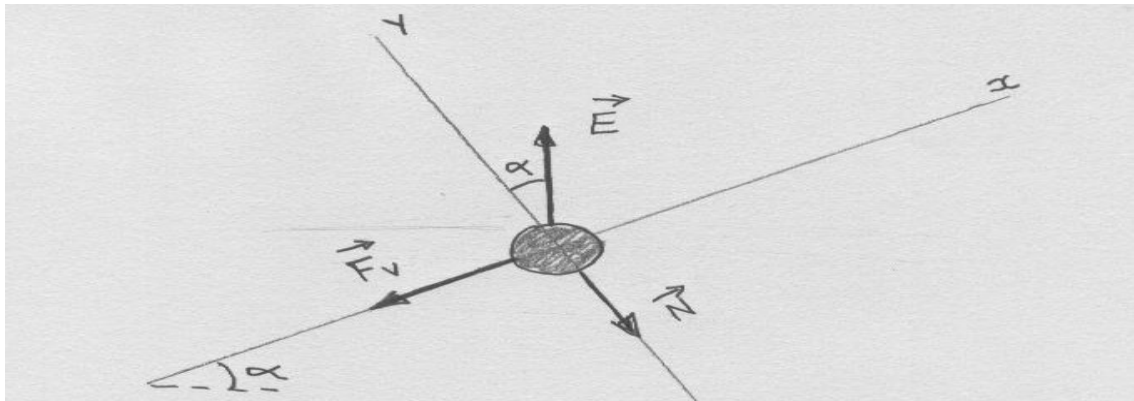
Figura 7 – Representação do deslocamento da bolha de ar



Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

Desprezando os efeitos superficiais (cujo tratamento tornaria a análise teórica além do nível de complexidade pretendida por este trabalho), e considerando a lei do Stokes válida (apesar de a bolha não assumir uma forma perfeitamente esférica), podemos aplicar a equação de equilíbrio.

Figura 8 – Representação da lei de equilíbrio de uma esfera



Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

Quando a bolha chegar à velocidade limite, aplicamos a primeira lei de Newton:

$$\sum F_x = 0$$

$$E \cdot \text{sen} \alpha - F_v = 0$$

Considerando que a gota não é exatamente esférica, e que parte está em contato com a parede do tubo, devemos considerar um coeficiente de correção B, de forma que:

$$E \cdot \text{sen} \alpha = B \cdot 6\pi R' \cdot \eta \cdot v$$

$$v = \frac{E \cdot \text{sen} \alpha}{B \cdot 6\pi R' \eta}$$

Aqui, B é o coeficiente de correção determinado experimentalmente; e R' é o raio médio da gota. Esta equação mostra que a velocidade da bolha aumenta quando aumentamos a inclinação do aparato construído, sendo que esta relação é inversamente proporcional à viscosidade dinâmica.

Resultados experimentais

As bolhas foram criadas com diâmetro aproximado de 5 mm, de forma que o volume das bolhas foi $6,54 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3$, resultando em um empuxo, conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Valores dos empuxos em cada meio utilizado no experimento

Material ou Corpo	Empuxo / N
Água	$E = 6,41 \cdot 10^{-4} \text{ N}$
Álcool	$E = 5,05 \cdot 10^{-4} \text{ N}$
Óleo	$E = 5,71 \cdot 10^{-4} \text{ N}$

Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

Os ângulos de inclinação foram de 20° , 30° e 40° e, para esses ângulos, fizemos a bolha percorrer 70 cm e realizamos 10 medidas de tempo para cada ângulo. Os valores encontrados para os tempos médio de subida das bolhas são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Representação dos tempos de deslocamento da bolha em cada ângulo

Tempo médio de subida em s	20°	30°	40°
Água	$5,32 \pm 0,25$	$4,63 \pm 0,08$	$4,35 \pm 0,18$
Álcool	$5,09 \pm 0,19$	$4,76 \pm 0,25$	$4,54 \pm 0,10$

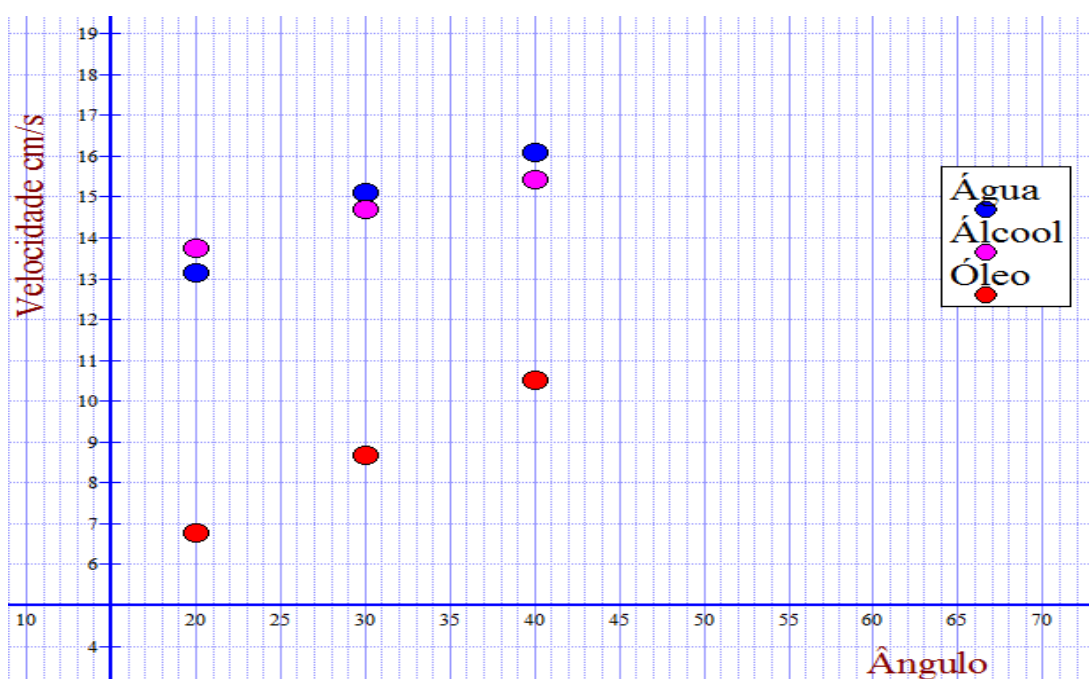
Óleo	10,34 ± 0,57	8,07 ± 0,50	6,65 ± 0,17
-------------	--------------	-------------	-------------

Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

Análise dos dados

O modelo construído e experimentado no aparato prevê que a velocidade limite deve aumentar com a inclinação do aparato e diminuir com a viscosidade do meio em que a bolha está imersa. O gráfico da figura 9 mostra o comportamento da velocidade da bolha em função do ângulo de inclinação do aparato.

Figura 9 – Representação gráfica dos valores do deslocamento da bolha em cada meio.



Fonte: Elaboração dos autores, 2014.

Assim, o gráfico da figura 9 também mostra que a velocidade diminui com a viscosidade, pois o óleo é praticamente uma ordem de grandeza mais viscosa que a água e o álcool, interferindo diretamente no deslocamento da bolha de ar.

Considerações finais

Os resultados experimentais foram de acordo com previsões teóricas do nosso modelo proposto para o movimento da bolha. Para os ângulos superiores a 40°, o

modelo deve ser modificado, uma vez que, por ter uma inclinação maior, a superfície de contato com a parede diminuía e a bolha apresentava uma área de resistência maior causando uma inversão no comportamento da velocidade.

Sugerimos um estudo complementar, uma análise do coeficiente B em função do ângulo e da natureza do líquido, analisando, assim, a relação direta entre viscosidade e a velocidade da bolha em ângulos diferentes de inclinação.

Referências

BRASIL. **Orientações curriculares para o ensino médio. volume 2. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** Secretaria de Educação Básica. – Brasília : Ministério da Educação, 2006. 135 p.

LIMA, Junior, P.; SILVA, M.T.X.; SILVEIRA, F.L. **Mecânica Experimental.** 2012. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/fis1258/index_arquivos/APENDICE_01.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2013..

Noções Básicas de Física – Arquitetura Paisagística. **Movimento de uma esfera num fluido.** Departamento de Física da FCT. Disponível em: <http://w3.ualg.pt/~rpotting/AP_Viscosidade.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2013.

PILLING, S. Físico. -Químico. Exp. 1 – Prática 4: **Determinação da Viscosidade de líquidos.** Disponível em: <http://www1.univap.br/spilling/FQE1/FQE1_EXP4_ViscosidadeLiquidos.pdf>. Acesso em: 10 de maio de 2013.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David; KRANE, Kenneth S. **Física.** 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007. 2 v.

TREFIL, James S.; HAZEN, Robert M. **Física viva: uma introdução à física conceitual.** Rio de Janeiro: LTC, 2006. 2 v.

Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Ciências Integradas do Pontal. **Física experimental II.** Viscosidade: Método de Stokes. Disponível em:<<http://www.facip.ufu.br/sites/facip.ufu.br/files/Anexos/Bookpage/fe2-03-viscosidade-metodo-de-stokes.pdf>>. Acesso em: 10 de maio de 2013.