

# Medindo a Pressão Osmótica de Soluções em Osmômetro Construído com Membrana de Ovos de Aves

Marcelo G. Santos e Wagner G. Bastos

Osmômetros caseiros são utensílios usados para demonstrar o efeito osmótico. Eles são de fácil construção e populares nos livros didáticos. Alguns professores, inspirados nas figuras de osmômetros dos livros, tentam reproduzir tal procedimento e são levados à frustração pelo resultado negativo. O fracasso da experiência, na maioria dos casos, é creditado ao papel celofane utilizado. Atualmente, a maioria do papel celofane comercializado é na verdade um plástico colorido que não imita as características de uma membrana semipermeável, importantíssima no fenômeno da osmose. A alternativa proposta é a de usar a membrana interna (coquilífera) do ovo (óvulo) de galinha ou de codorna como fonte de membrana semipermeável para a montagem do osmômetro tradicional, em substituição ao papel celofane.

► pressão osmótica, osmômetro, membrana coquilífera ◀

Recebido em 20/09/2017, aceito em 21/02/2018

**A** força motriz para o efeito osmótico é o abaixamento do potencial químico do solvente pela presença do soluto. Na solução o potencial químico do solvente é mais baixo do que o potencial químico do solvente puro. Sendo assim, quando uma solução está separada por uma membrana permeável ao solvente, ocorre um fluxo do solvente da região de alto potencial químico (solvente puro) para a região de baixo potencial químico (solvente na solução). Tal fluxo de solvente é denominado efeito osmótico. O abaixamento do potencial químico do solvente pela presença do soluto é função da concentração do soluto na solução; quanto maior a concentração da solução, mais baixo é o potencial químico do solvente na solução. Se duas soluções de concentrações diferentes forem separadas por uma membrana permeável ao solvente haverá fluxo do solvente da solução de menor concentração para a solução de maior concentração (Atkins e de Paula, 2010).

Em um sistema com duas soluções de concentrações

diferentes, compostas por moléculas de soluto impermeáveis à membrana, a força necessária para evitar o deslocamento do

solvente da solução menos concentrada para a mais concentrada é a pressão osmótica (Atkins e de Paula, 2010; Cambraia e Pacheco, 2000; Heneine, 1991). A pressão osmótica permite manter o equilíbrio, ou seja, o movimento nulo de solvente através da membrana. Ela é uma propriedade coligativa, pois depende apenas da concentração molar de soluto, e não de suas propriedades químicas (Campos e Veríssimo, 2015).

Os seres vivos se deparam com a osmose desde que surgiram no planeta, uma vez que as evidências

indicam que essa origem está vinculada a um ambiente aquoso e salgado, o mar, do qual se mantiveram isolados por uma membrana semipermeável. Durante sua evolução, esses seres desenvolveram maneiras de evitar os problemas causados pela osmose, como desidratação ou inchaço, assim como processos que permitiram aproveitar a dinâmica osmótica nos processos biológicos vitais (Amabis e Martho, 1996).

*Os seres vivos se deparam com a osmose desde que surgiram no planeta, uma vez que as evidências indicam que essa origem está vinculada a um ambiente aquoso e salgado, o mar, do qual se mantiveram isolados por uma membrana semipermeável. Durante sua evolução, esses seres desenvolveram maneiras de evitar os problemas causados pela osmose, como desidratação ou inchaço, assim como processos que permitiram aproveitar a dinâmica osmótica nos processos biológicos vitais (Amabis e Martho, 1996).*

A compreensão do mecanismo osmótico é necessária para o entendimento de diversos eventos biológicos tais como absorção e condução de água nos vegetais, manutenção da forma da planta e realização de movimentos, teor hídrico das células, equilíbrio hídrico em peixes e em protozoários, trocas de substâncias entre a célula e o meio intercelular, entre outros (Amabis e Martho, 1996). Aos alunos é essencial a vivência experimental da osmose para o pleno entendimento desse fenômeno, uma vez que a simples interpretação de esquemas de osmose nem sempre resulta no conhecimento desejado.

Na literatura podemos encontrar diversos experimentos sobre a osmose, entre eles, destacamos o de Amabis e Martho (1996), em que uma proposta para a demonstração da osmose é feita com a utilização de ovos de codorna que tiveram sua casca removida com ácido fraco (vinagre – ácido acético). Inicialmente, eles são mantidos em solução concentrada de sacarose por 3 h e depois são transferidos por mais 3 h para água pura. O resultado é uma grande alteração no volume desses ovos. Quando são colocados em solução de sacarose, eles perdem muita água, diminuindo de volume e quando são transferidos para água destilada eles absorvem muita água, aumentando de volume.

Em Uzunian (1997) encontramos uma demonstração de osmose feita com duas batatas inglesas. Nela, fatias de uma das batatas devem ser colocadas numa solução salina e observadas a cada 15 min. Observamos que essas fatias murcham depois de algum tempo. Outras fatias da mesma batata devem ser colocadas em água pura e também observadas a cada 15 min. Verificamos que essas fatias incham depois de algum tempo. Metade da outra batata deve ser escavada em sua superfície plana e uma colher de sal deve ser colocada no interior desta cavidade formada, até enchê-la. A cada meia hora essa metade deverá ser observada. Depois de algum tempo observamos água saindo da cavidade com sal. A outra metade desta batata deve ser cozida e repetido, com ela, o procedimento adotado na metade crua. Não verificamos o aparecimento de água na cavidade da metade cozida. Esses experimentos mostram de maneira razoável, o mecanismo da osmose.

Encontramos uma atividade para demonstrar a osmose através das membranas celulares das células de *Elódea* (*Egeria* sp. – Hydrocharitaceae), uma planta aquática (BSCS, 1973). Nela, uma folha de *Elódea* deve ser colocada entre lâmina e lamínula com uma gota de água e observada ao microscópio com objetivas de vários aumentos. Depois de observado o estado hídrico das células da planta, devemos

colocar uma gota de solução salina junto a uma das bordas da lamínula enquanto, com um pequeno pedaço de papel filtro, retiramos a água original da preparação pela outra borda da lamínula. Após este procedimento, voltamos a observar o estado hídrico das células da planta. Observamos que as células da planta perdem água em pouco tempo. A maioria dos alunos consegue visualizar o mecanismo osmótico no momento em que ele ocorre, embora alguns não percebam que o mecanismo de deslocamento de água é feito entre o meio e o vacúolo da célula vegetal.

Um experimento simples para a visualização da energia do processo osmótico é a construção de um osmômetro. De fácil execução, é bastante popular em vários livros didáticos. Para a sua montagem é necessário apenas um tubo de vidro com um saco de papel celofane amarrado em uma de suas extremidades, e cheio de água com um soluto (geralmente é utilizado sal ou açúcar). Esta extremidade contendo o saco de celofane é, então, mergulhada num recipiente com água pura (Brito e Favaretto, 1997; Lopes, 1997; Linhares e Gewandsznajder, 1994; Amabis e Martho, 1994; Brasil, 1964; Brasil, 1978). Anota-se no tubo de vidro a altura inicial da coluna líquida e, depois de algum tempo, a altura final.

Alguns professores, inspirados nas figuras de osmômetros dos livros, tentam reproduzir tal procedimento e são levados à frustração pelo resultado negativo. O fracasso da experiência, na maioria dos casos, é creditado ao papel celofane utilizado. Atualmente, o papel celofane comercializado é na verdade um plástico colorido que não imita as características de uma membrana semipermeável, importantíssima no fenômeno da osmose. Uma opção seria substituir o celofane por sacos de diálise (Maestri *et al.*, 2001), utilizados em laboratórios de bioquímica para separar moléculas. Mas estes são caros e pouco acessíveis, principalmente aos professores do ensino médio

e fundamental.

Outros modelos de osmômetro são, por exemplo, o osmômetro feito com cenoura ou batata (Brasil, 1964; Vieira *et al.*, 2007) e o feito com um ovo (Amabis e Martho, 1996). No primeiro, devemos fazer um buraco de 2 cm de profundidade na parte central e superior da cenoura ou batata, onde é colocada uma solução hipertônica, como água com sal. O buraco é, então, fechado com uma rolha de cortiça ou borracha, com um orifício no centro, onde é colocado um tubo de vidro ou plástico. A cenoura ou batata é, então, mergulhada em um copo com água até 2/3 de sua altura. Depois de algum tempo podemos perceber a subida da água pelo tubo de vidro ou plástico. A desvantagem desse modelo é o tempo de espera

Alguns professores, inspirados nas figuras de osmômetros dos livros, tentam reproduzir tal procedimento e são levados à frustração pelo resultado negativo. O fracasso da experiência, na maioria dos casos, é creditado ao papel celofane utilizado. Atualmente, o papel celofane comercializado é na verdade um plástico colorido que não imita as características de uma membrana semipermeável, importantíssima no fenômeno da osmose. Uma opção seria substituir o celofane por sacos de diálise (Maestri *et al.*, 2001), utilizados em laboratórios de bioquímica para separar moléculas. Mas estes são caros e pouco acessíveis, principalmente aos professores do ensino médio e fundamental.

para a visualização da subida da coluna do líquido, cerca de 3-6 h (Vieira *et al.*, 2007) e a interferência da batata ou cenoura (massa e substâncias presentes no tecido vegetal) na concentração da solução utilizada, o que torna difícil experimentos comparativos.

No osmômetro construído com um ovo (Amabis e Martho, 1996), diluímos a parte mais larga da casca do ovo, até a altura de 1 cm, com uma solução ácida (por exemplo, com vinagre) e depois lavamos o ovo. Na outra extremidade fazemos um furo e extraímos o conteúdo de seu interior. Este furo recebe, então, um canudo de vidro ou plástico que será fixado com cera. O interior do ovo é preenchido com uma solução hipertônica (de açúcar com água) e o ovo é colocado em copo com água. Depois de algum tempo percebemos a subida da solução contida no ovo, pelo canudo de vidro. Nesse modelo, a manipulação do ovo (ainda com parte da casca) e a aplicação da cera (para a fixação do canudo) são processos que criam certa dificuldade em sua manipulação e execução.

Nossa experiência na docência em ensino médio e na universidade nos indicou que os alunos entendem melhor o processo osmótico quando o observam através de uma membrana semipermeável que se para dois meios de concentrações e cores diferentes. No osmômetro tradicional (Brasil, 1964), esta observação é fácil, permitindo melhor compreensão do conceito de pressão osmótica e de sua importância na movimentação de líquidos numa planta. Se os estudantes construírem diversos osmômetros poderão testar soluções com diferentes concentrações, o que permitirá avaliações quantitativas sobre a osmose.

A alternativa proposta é a de usar a membrana interna (coquilífera) do ovo (óvulo) de galinha ou codorna como fonte de membrana semipermeável para o osmômetro tradicional, em substituição ao papel celofane comercializado atualmente que, como já citado, é um plástico colorido que não apresenta características que permitam a demonstração da osmose.

## Procedimento Experimental

### Material Necessário

Ovos de codorna ou de galinha; vinagre; canetas esferográficas; barbante; fita adesiva transparente; água; açúcar refinado ou mascavo (de preferência); copo medidor de cozinha; balança (opcional); copo americano ( $\pm 200$  mL) transparente de plástico ou vidro; pregadores de roupa; colher de sopa; régua; seringa de 5 mL.

### Retirando a Membrana dos Ovos das Aves para a Construção do Osmômetro

Devemos mergulhar o ovo em um recipiente contendo vinagre (solução fraca de ácido acético). O ácido reagirá

com o carbonato de cálcio da casca do ovo, liberando bolhas (gás carbônico), ou seja, uma descarboxilação. Carbonato de cálcio combinado com vinagre produz acetato de cálcio, água e o dióxido de carbono (Hemmer, 2018).



Depois de algum tempo, em torno de 24 h, toda a casca terá sido eliminada, restando apenas a membrana coquilífera do ovo. A verificação poderá ser feita manipulando-se o ovo. Consistência mole e textura lisa indicam o fim do processo. Após a retirada da casca lavamos o ovo em água corrente, e com ajuda de uma tesoura fazemos, delicadamente, um pequeno corte numa das extremidades. Retiramos o conteúdo do ovo e com uma seringa (sem a agulha) lavamos muito bem seu interior. Pronto, nós já conseguimos uma membrana semipermeável (membrana coquilífera) e podemos montar o osmômetro. Devemos deixá-la dentro de um recipiente com água até o momento de seu uso. Por se tratar de um material perecível, o ideal é utilizar a membrana o mais breve possível, não sendo aconselhável o seu reaproveitamento. Para o nosso experimento precisaremos de três membranas coquilíferas.

### Preparando as Soluções

Pegue três copos americanos, pode ser de plástico ou de vidro, encha-os pela metade com água (cerca de 100 mL). No primeiro, coloque uma colher de sopa de açúcar mascavo ( $\approx 12$  g  $\approx$  solução 1 M) e no segundo duas colheres de sopa de açúcar mascavo ( $\approx 24$  g  $\approx$  solução 2 M). Mexa bem com uma colher e reserve as soluções

preparadas. Deixe o terceiro copo somente com água.

Caso tenha disponibilidade de uma balança, meça a densidade de cada solução. Se a balança a ser utilizada não tem a opção de tara (que descarta o peso do recipiente), pese a massa de um recipiente graduado (proveta ou copo medidor de cozinha) vazio, depois transfira a solução para o recipiente e pese novamente a sua massa. A diferença entre a massa do recipiente vazio e cheio é a massa da solução. Divida esse valor pelo volume ocupado pela solução no recipiente. No caso da solução de açúcar mascavo a 1 M:  $100 \text{ mL} + 12 \text{ g} \approx 1 \text{ colher de sopa} = 126 \text{ g}/100 \text{ mL} = 1,26 \text{ g/mL} = 1,26 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ .

Não devemos usar corantes, como anilina de bolo, para dar colorido e realce à solução que será colocada dentro da membrana coquilífera, pois suas partículas são muito pequenas e, eventualmente, podem atravessar a membrana, confundindo os alunos. Se quisermos obter contraste entre a água pura do recipiente e a solução, o que é interessante, pois facilita a visualização, devemos usar mistura feita com água e açúcar mascavo, que é escuro. Não devemos usar soluções salinas para demonstrar a osmose através da membrana coquilífera, pois ela é muito permeável a sais.

### Montando o Osmômetro

Para realizarmos o experimento, precisamos de um pequeno tubo transparente, pode ser de vidro ou de plástico. Caso seja difícil encontrá-lo, sugerimos a utilização de uma caneta esferográfica. Retire a peça contendo a tinta e as tampas da parte transparente da caneta. Note que nessa parte há um pequeno furo, tampe-o com uma fita adesiva transparente. Pronto, já temos um tubo transparente. Precisaremos de três tubos para o nosso experimento.

Com o auxílio de uma seringa, coloque cerca de 5 mL de cada uma das soluções preparadas dentro de sua respectiva membrana coquilífera. Essa medida é para o uso do ovo de codorna, caso seja utilizado o de galinha, o volume da solução deverá ser maior. Introduza o tubo transparente no orifício da membrana e amarre-a com auxílio de um barbante, de forma que o nível da solução apareça acima da parte amarrada (veja a 1ª coluna da Figura 1).

Encha um copo transparente com água e, em seguida, mergulhe somente a membrana com a solução, deixando o tubo transparente fora d'água. Utilize um pregador de roupas para apoiar o tubo transparente com a membrana. Com uma caneta tipo hidrocor marque o nível inicial da solução no tubo (Figura 1).

Mergulhe os três osmômetros ao mesmo tempo na água

e observe a subida da coluna da solução pelo tubo. Anote, a partir do ponto inicial marcado e com auxílio de uma régua, o deslocamento da coluna em um intervalo de tempo de 0, 5, 10 e 15 min (Figura 1).

Após um tempo, é possível observar que no osmômetro que contém somente água dentro da membrana coquilífera, não há alteração na altura do líquido dentro do tubo, diferentemente daqueles com as soluções de água e açúcar, onde há uma elevação desse líquido. Esse deslocamento é maior na solução mais concentrada (Figura 1).

Com esse experimento é possível aos alunos vivenciarem que as soluções possuem um potencial de gerar uma pressão osmótica. E que ela é proporcional à concentração da solução, ou seja, quanto mais concentrada maior a pressão osmótica. Entretanto, essa pressão osmótica só acontece quando duas soluções de concentrações diferentes estão separadas por uma membrana semipermeável. Podemos constatar isso observando em nosso experimento a entrada de água dentro do tubo e, conseqüentemente, a elevação da coluna do líquido. Ela só ocorreu quando colocamos a membrana coquilífera (com a solução de açúcar dentro) em contato com a água. A força que teríamos que aplicar para que a coluna do líquido não subisse no tubo (pressão hidrostática) seria igual à pressão osmótica da solução. Então, pressão hidrostática

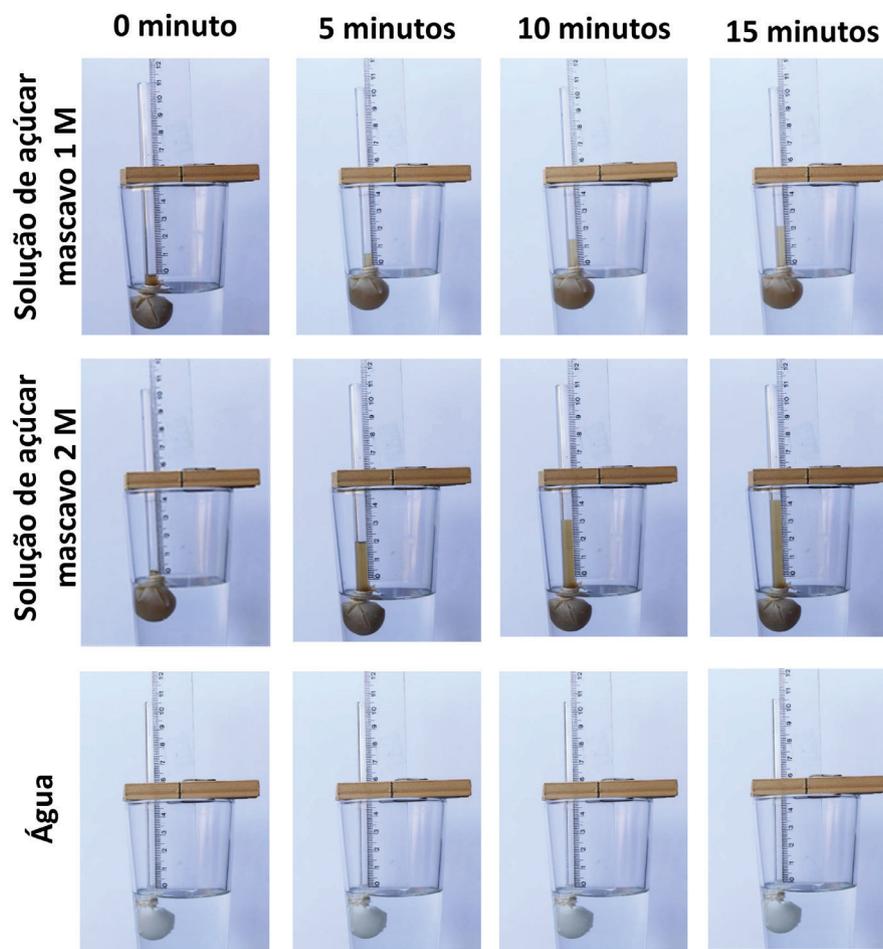


Figura 1: Osmômetro utilizando membrana coquilífera. Soluções de 1 e 2 M de açúcar mascavo e água foram colocadas dentro da membrana coquilífera e o conjunto mergulhado em um copo com água. As observações foram realizadas no tempo inicial (0 min), 5, 10 e 15 min. Fotos: Marcelo Guerra Santos.

= pressão osmótica =  $dgh$ . Onde  $d$  = densidade do líquido ( $\text{kg/m}^3$ ),  $g$  = aceleração da gravidade ( $\text{m/s}^2$ ) e  $h$  = altura da coluna líquida (m) (Heneine, 1991).

Com essa fórmula, podemos estimar a pressão osmótica necessária para elevar a coluna do líquido a cada intervalo de tempo. Por exemplo, no osmômetro com a solução de açúcar mascavo a 1 M, após 15 min, a coluna se elevou a 2,2 cm (Figura 1). Qual a pressão necessária para promover essa subida? A densidade da solução de açúcar mascavo 1 M =  $1,26 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Então: pressão osmótica =  $1,26 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \times 9,8 \text{ m/s}^2 \times 0,022 \text{ m}$ ,

Pressão osmótica =  $271,65 \text{ kg/ms}^2 = 271,65 \text{ pascal}$  (2)

É importante considerar que à medida que a água (solvente) se desloca para dentro do osmômetro, elevando a coluna d'água, a solução de açúcar dentro dele é diluída e o seu potencial químico aumentado, conseqüentemente, diminuindo a pressão osmótica da solução (Atkins e de Paula, 2010).

### Considerações Finais

A importância da utilização desta técnica para a montagem do osmômetro tradicional está na sua facilidade de preparação e em seu baixo custo. Além disso, resgatamos com ele a possibilidade de demonstrar o mecanismo da pressão osmótica por meio do experimento que, pelas nossas observações de aula, é o que melhor se aplica para

a visualização e entendimento do processo, por nossos alunos. Com este experimento tradicional, foi mais fácil para os alunos entenderem sobre como a pressão desenvolvida nos sistemas osmóticos é gerada pela energia cinética das partículas em solução, e como o solvente se desloca mais, de uma solução para a outra, através da membrana semipermeável.

### Agradecimentos

Ao professor Marcos Paes Torrecilha (UERJ) pela revisão das fórmulas.

**Marcelo Guerra Santos** (marceloguerrasantos@gmail.com) é bacharel em Ciências Biológicas (UNIRIO), mestre e doutor em Ciências Biológicas – Botânica (Museu Nacional, UFRJ). É professor adjunto da Faculdade de Formação de Professores (FFP) da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), lecionando nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, Especialização em Educação Básica – Ensino de Biologia e no Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências, Ambiente e Sociedade (PPGEAS). É também pesquisador do Núcleo de Pesquisa e Ensino de Ciências da FFP/UERJ (NUPEC). Rio de Janeiro, RJ – BR. **Wagner Gonçalves Bastos** (wgnutes@gmail.com) é licenciado e bacharel em História Natural (FT-ESM), mestre em Educação e doutor em Educação em Ciências e Saúde (UFRJ). É professor adjunto da Faculdade de Formação de Professores (FFP) da UERJ, lecionando nos cursos de Licenciatura em Ciências Biológicas, Especialização em Educação Básica – Ensino de Biologia, e no Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências, Ambiente e Sociedade (PPGEAS). É também pesquisador do Núcleo de Pesquisa e Ensino de Ciências da FFP/UERJ (NUPEC), do GERAES (NUTES/UFRJ) e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ). Rio de Janeiro, RJ – BR.

### Referências

AMABIS, J. M. e MARTHO, G. R. *Biologia das células*. Rio de Janeiro: Moderna, 1994.

\_\_\_\_\_. e \_\_\_\_\_. *Temas de biologia: propostas para desenvolver em sala de aula*. Número 3. Trabalhando temas fundamentais: osmose. Rio de Janeiro: Moderna, 1996.

ATKINS, P. W. e DE PAULA, J. *Physical chemistry*. New York: W. H. Freeman and Company, 2010.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. *Ciências físicas e naturais: 700 experiências*. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e Cultura, 1964.

\_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. *Laboratório básico polivalente de ciências para o 1º grau*. Rio de Janeiro: Ministério da Educação e Cultura, 1978.

BRITO, E. A. e FAVARETTO, J. A. *Biologia: uma abordagem evolutiva e ecológica*. São Paulo: Moderna, 1997.

BSCS. *Biologia: das moléculas ao homem*. Versão azul. São Paulo: Edart, 1973.

CAMBRAIA, J. e PACHECO, S. *Práticas de biofísica*. Viçosa: UFV, 2000.

CAMPOS, A. F. e VERÍSSIMO, V. B. Concepções dos estudantes de química sobre as propriedades coligativas das soluções. *Revista Dynamis*, v. 21, p. 41-52, 2015.

HEMMER, S. *Why does vinegar affect limestone?* Disponível em <http://sciencing.com/vinegar-affect-limestone-7888211.html>, acessado em Junho 2018.

HENEINE, I. F. *Biofísica básica*. Rio de Janeiro: Atheneu, 1991.

LINHARES, S. e GEWANDSZNAJDER, F. *Biologia hoje*. Rio de Janeiro: Ática, 1994.

LOPES, S. *Bio: introdução à biologia e origem da vida, citologia, reprodução e embriologia, histologia*. São Paulo: Saraiva, 1997.

MAESTRI, M.; ALVIM, P. T.; SILVA, M. A. P.; MOSQUIM, P. R.; PUSCHMANN, R.; CANO, M. A. O. e BARROS, R. S. *Fisiologia vegetal* (exercícios práticos). Viçosa: UFV, 2001.

UZUNIAN, A. *Biologia 1*. São Paulo: Harbra, 1997.

VIEIRA, H. J.; FIGUEIREDO-FILHO, L. C. S. e FATIBELLO-FILHO, O. Um experimento simples e de baixo custo para compreender a osmose. *Química Nova na Escola*, n. 26, p. 40-43, 2007.

**Abstract:** *Measuring the Osmotic Pressure of Solutions in Osmometer Made with Membrane from Bird Eggs*. Homemade osmometers are a simple apparatus used to demonstrate the osmotic effect. They are very popular in didactic books and easy to make. Some teachers try replicating it unsuccessfully due to the quality of the cellophane used, which is not adequate. Nowadays, most cellophane found in the market are just colored plastics, and do not present the properties of a semipermeable membrane, which is very important in osmosis. An alternative is to use the membranes of chicken or quail eggs, which are semipermeable, to replace cellophane for making the traditional homemade osmometers.

**Keywords:** osmotic pressure, osmometer, egg membrane