
DETERMINAÇÃO DE SACAROSE NO XAROPE ARTIFICIAL DE GROSELHA POR MEDIDAS DE VISCOSIDADE: UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR⁺*

Marco Aurélio Alvarenga Monteiro
Ednilson Luiz Silva Vaz
Departamento de Física e Química – UNESP
Guaratinguetá
Matheus de Moura Sampaio
Colégio Técnico de Lorena
Lorena – SP
Eduardo Norberto Codaro
Heloisa Andréa Acciari
Departamento de Física e Química – UNESP
Guaratinguetá – SP

Resumo

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio propõem que o desenvolvimento curricular se estabeleça a partir de uma lógica na qual as disciplinas estejam integradas e articuladas de modo a favorecer a interdisciplinaridade. Contudo, são poucas as atividades de caráter didático-pedagógicas que possibilitam aos professores, na prática, a concretizarem esse objetivo. Neste trabalho, propõe-se uma atividade experimental para ser desenvolvida com alunos do Ensino Médio, abordando o conceito de viscosidade a partir de uma perspectiva interdisciplinar entre as discipli-

⁺ Sucrose determination in artificial syrup of gooseberry by viscosity measurements: an interdisciplinary approach

^{*} *Recebido: abril de 2013.*
Aceito: agosto de 2013.

nas de Física e Química. Para tal fim, os tempos de escoamento de soluções de sacarose de diferentes concentrações serão medidos em um copo Ford e os dados obtidos serão usados para a construção de uma curva de calibração, que será usada para medir a concentração de sacarose no xarope artificial.

Palavras-chave: *Viscosidade. Sacarose. Interdisciplinaridade.*

Abstract

The development of the National Curriculum Parameters for High School (PCN) is established from a logic in which the disciplines are integrated and coordinated in order to promote interdisciplinarity. However, there are few didactic-pedagogic activities that enable teachers in practice to reach this goal. In this paper, we propose an experimental activity to be used with High School students, addressing the concept of viscosity from an interdisciplinary perspective between the disciplines of Physics and Chemistry. For that purpose, flow times of sucrose solutions of different concentrations will be measured in a glass Ford and these data will be used to construct a calibration curve, which will be used to determine the concentration of sucrose in artificial flavor syrup of gooseberry.

Keywords: *Viscosity. Sucrose. Interdisciplinarity.*

I. Introdução

Um dos grandes desafios a ser enfrentado e superado pela sociedade atual é a questão da obesidade. Abrantes *et. al.* (2002) destacam que esse importante problema de saúde pública tem sido tratado pela OMS (Organização Mundial de Saúde) como um caso de epidemia global. Causada por um desvio nutricional importante, a obesidade está associada a graves problemas de saúde, como a hipertensão arterial, cardiopatias, diabetes, osteoartrites, além de determinar sérios problemas de socialização, haja vista o fato de obesos, frequentemente, apresentarem baixo autoestima, característica psicológica que afeta relacionamentos (VISCHER; SEIDELL, 2001).

No Brasil, a obesidade vem crescendo significativamente entre crianças e adolescentes. Uma pesquisa realizada entre estudantes adolescentes do Estado de São Paulo constatou que 40% estavam com excesso de peso (FISBERG, 2005).

Wang *et al* (2010) destaca que, dentre os fatores que mais contribuem para esse aumento, os mais significativos são a mudança do estilo de vida e os hábitos alimentares.

Ramalho e Saunders (2000) afirmam que os hábitos alimentares dos seres humanos começaram a se estabelecer na pré-história e foram se alterando ao longo do tempo. Contudo, essas alterações podem ser descritas como adaptações pouco saudáveis, tendo em vista o aumento significativo dos valores calóricos e o baixo nível nutricional dos alimentos consumidos. Esse é o caso dos alimentos com alto teor de sacarose. Nesse sentido, levando em conta que os açúcares estão cada vez mais incorporados nos hábitos alimentares dos consumidores, principalmente dos mais jovens, e que ações educativas na escola devem proporcionar situações nas quais os estudantes possam desenvolver habilidades e competências para o enfrentamento dos problemas sociais (MEC, 1999), esse trabalho tem por objetivo, propor uma atividade experimental, com característica interdisciplinar entre a Física e a Química, que determina o teor de sacarose de xaropes artificiais de groselha, a partir da medida de viscosidade da solução.

Essa atividade, além de permitir discussões relativas ao conceito de viscosidade, possibilita uma contextualização para a discussão de um tema de grande importância para a sociedade atual: a obesidade. Dessa forma, associado a essa atividade experimental, os professores de Biologia e de Educação Física também poderiam participar.

II. Disciplinaridade e contextualização

Tomando como referência os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (MEC, 1999), o trabalho pedagógico relativo ao planejamento e desenvolvimento do currículo não deve limitar-se à lógica da organização disciplinar, que leva a uma fragmentação do saber. Deve permitir a integração e articulação do conhecimento, num processo permanente de interdisciplinaridade. Nesse sentido, para facilitar uma abordagem mais integradora entre as disciplinas, propõem uma base curricular nacional organizada por áreas de conhecimentos: i) Linguagens, Códigos e suas Tecnologias, ii) Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e iii) Ciências Humanas e suas Tecnologias. O documento ainda ressalta que o desenvolvimento curricular a partir de uma perspectiva interdisciplinar deve propiciar que o conhecimento ensinado no âmbito das diferentes disciplinas seja utiliza-

do para resolver um problema concreto e permitir a compreensão de um dado fenômeno a partir de diferentes pontos de vista. O conceito de interdisciplinaridade pressupõe o caso em que cada disciplina transcenda sua especialidade, a fim de buscar contribuições de outras disciplinas que estabeleçam um diálogo mais rico entre as várias áreas do conhecimento. Dessa forma, em vez de disciplinas e conteúdos fragmentados, a interdisciplinaridade propõe o estabelecimento de interconexões entre as diferentes disciplinas na busca de um saber mais abrangente que permita ao aluno a apropriação de um conhecimento menos particularizado (MONTEIRO *et al.*, 2012). ZABALA (1998) destaca que além de conteúdos conceituais uma proposta curricular deve possibilitar o desenvolvimento de conteúdos procedimentais e atitudinais. Com relação aos conteúdos procedimentais tem-se o objetivo de permitir a aplicação das informações disponibilizadas aos alunos em situações concretas. Nesse caso, exige-se do aprendiz uma transposição do conhecimento para uma aplicação prática. Quanto aos conteúdos atitudinais espera-se que os alunos possam desenvolver valores e princípios éticos que devem pautar as relações da sociedade. Adotar uma prática pedagógica fundamentada nesta perspectiva propicia uma educação fundada em alicerces da formação para o exercício cidadão que, necessariamente, envolve um saber (conteúdo conceitual), um saber fazer (conteúdo procedimental) e um saber conviver (conteúdo atitudinal). Para Praia *et al.* (2002) no Ensino de Ciências, as atividades experimentais podem se constituir em poderoso recurso para o desenvolvimento curricular interdisciplinar com vistas a uma abordagem de conteúdos tanto conceituais quanto procedimentais e atitudinais, em particular, tem-se a oportunidade de desenvolver habilidade e competências inerentes à experimentação, ao levantamento e teste de hipóteses, à construção de explicações, justificativas e argumentações, bem como o desenvolvimento de espírito de cooperação, respeito às ideias dos outros, trabalho em grupo, busca pelo consenso, etc.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais também chamam a atenção para a importância da contextualização de conteúdos levando em conta a realidade do aluno. Para Duarte Junior (2006), a realidade científica, construída a partir da realidade cotidiana precisa ser ensinada a partir de percepções do concreto. Dessa forma a atividade experimental precisa fundar-se num problema concreto que desafie o aluno a debruçar-se sobre a questão proposta para revelar-lhe aspectos da realidade que lhe escapam da consciência. Kato e Kawasaki (2011) definem cinco categorias que precisam ser consideradas na contextualização do Ensino de Ciências. A primeira categoria diz respeito ao cotidiano dos alunos. Nela ressalta-se a valorização do cotidiano, de tal forma a não somente motivar o aluno para o apren-

dizado, mas prioritariamente oferecer aplicações do conhecimento para resolver problemas enfrentados no dia-a-dia. A segunda categoria relaciona-se com a necessidade de contextualizar um determinado conteúdo de uma disciplina com os conteúdos de outras disciplinas, enfatizando a interdisciplinaridade. A terceira categoria salienta a importância da contextualização com a Ciência, ou seja, proporcionar ao aluno um conhecimento sobre a natureza a partir do ensino de seus conceitos. A quarta categoria enfoca a contextualização pelo processo de mediação em sala de aula. Neste aspecto, destaca-se a importância de se entender as características das diferentes formas de conhecimento (senso-comum, científico, escolar, outros), identificando os sujeitos, os meios e as maneiras de mediação (alunos, professores, recursos didáticos, livros, materiais, métodos e estratégias, etc.) e planejando o ensino, selecionando e organizando conteúdos e métodos que respondam às questões que surgem nos itens anteriores. A quinta categoria estabelece a necessidade de salientar o contexto histórico, social e cultural, situando o conhecimento específico na sociedade.

Neste trabalho, propõe-se uma situação concreta que busca atender as categorias acima citadas. Utilizando um viscosímetro de orifício e produtos alimentícios que formam parte do cotidiano do adolescente brasileiro, a presente atividade se propõe a explicar a partir de conceitos de Física e Química a viscosidade, avaliando comparativamente diferentes soluções de açúcar. Para tal fim, foram medidos em um copo Ford os tempos de escoamento de soluções de sacarose de diferentes concentrações e, a partir da construção de uma curva de calibração, foi determinada a concentração de sacarose no xarope artificial sabor de groselha.

III. Conceitos relativos à viscosidade

O estado líquido é simplesmente tratado como um estado de transição da matéria que não tem formato próprio apesar de ter volume próprio. Embora, este seja facilmente diferenciado em virtude de suas características e propriedades físicas, ele não é tão bem compreendido como os estados gasoso e sólido. No gasoso, as moléculas se encontram tão afastadas e desordenadas que ocupam todo o volume do recipiente que as contém, enquanto no sólido, estas estão suficientemente próximas para formar uma estrutura com formato próprio. Se as moléculas estarão ou não regularmente arranjadas, isto dependerá de um balanço entre as forças de coesão (dipolo induzido, dipolo-dipolo e ligação de hidrogênio), de repulsão (ondas da interação entre as nuvens eletrônicas e entre os núcleos atômicos) e a desordem resultante de seus movimentos térmicos, a uma dada temperatura. As forças de dipolo induzido estão presentes em todas as moléculas, como consequên-

cia da distorção momentânea de suas nuvens eletrônicas, provocada pela proximidade de uma molécula com outra, fenômeno conhecido como polarizabilidade. As forças dipolo-dipolo são características das moléculas polares, aquelas cujas ligações estão formadas por átomos de diferente eletronegatividade (tendência em atrair elétrons da ligação) que ocasionam uma distribuição assimétrica e permanente de cargas que dá origem a dois polos e um momento dipolar resultante, uma medida quantitativa da polaridade da molécula. Quando nestas moléculas existem ligações entre átomos de H e N, O ou F as forças predominantes denominam-se ligações de hidrogênio. Por outro lado, as forças de repulsão são de curto alcance e surgem como resultado da interação entre as nuvens eletrônicas e entre os núcleos das moléculas (ROCHA, 2001; CHANG, 2006). À medida que as forças de coesão tornam-se preponderantes, o espaço intermolecular diminui dificultando o movimento das moléculas e o material pode apresentar-se como líquido, ou até mesmo como sólido. A resistência que essas forças intermoleculares oferecem ao deslocamento de moléculas denomina-se viscosidade, fenômeno que se manifesta na resistência de um líquido ao escoamento (SLABAUCGH; PARSON, 10980; ACCIARI *et. al.* 2012).

Um dos instrumentos mais usados pelas indústrias para determinar a viscosidade e controlar a qualidade de tintas, vernizes, resinas, adesivos e lubrificantes é o copo Ford (Fig. 1).

Neste viscosímetro, a viscosidade é calculada a partir do tempo que um volume fixo de líquido demora em escoar através de um orifício circular de diâmetro predefinido existente no fundo de um recipiente. Deste modo, um tempo maior é atribuído a um líquido mais viscoso. A viscosidade assim determinada é chamada cinemática e sua unidade no Sistema Internacional é m^2/s apesar de seu submúltiplo mm^2/s ser mais usado (ABNT, 1986).

IV. Generalidades sobre o xarope artificial sabor de groselha

O xarope artificial sabor de groselha é uma bebida com baixo teor alimentar, preparada a partir de sacarose e água potável, além de aditivos alimentares, como aromatizantes, acidulantes, corantes e conservantes em menores proporções (ANVISA, 2010). As concentrações de sacarose encontradas frequentemente nos xaropes artificiais variam de 50 a 70 °Brix.

Brix é uma medida de concentração similar a % em massa, que expressa a quantidade em gramas de sólidos solúveis em 100 gramas de solução. Esta medida é muito utilizada na indústria de alimentos para expressar a concentração de carboidratos em caldas, xaropes e sucos.



Fig. 1 – Viscosímetro tipo Copo Ford.

V. Materiais e reagentes

Os materiais e reagentes necessários para a realização da experiência são:

- 6 copos Ford com orifício nº 2;
- 6 placas finas de vidro tipo porta-objetos (75 x 25 mm);
- 6 béqueres de 150 ml;
- 2 provetas (250 e 500 ml);
- 1 balão volumétrico de 1000 ml;
- 1 balança semi-analítica;
- 6 cronômetros;
- 300 g de açúcar de cozinha ($\geq 99,5\%$ de sacarose);
- 500 ml de xarope artificial sabor de groselha;
- 2 l de água preferentemente destilada.

VI. Metodologia

VI.1 Planejamento das atividades do professor

Deve-se preparar com antecedência as soluções de sacarose descritas na Tabela 1, as quais serão utilizadas pelos alunos na construção da curva de calibração. Com o intuito de facilitar a preparação das soluções evitando números decimais nas medidas de massas e de volumes e, conseqüentemente, o uso de um instrumental mais preciso, foi considerada a densidade da água igual a $1,0 \text{ g/cm}^3$ que, às temperaturas comuns dos laboratórios, significa um erro relativo na concentração Brix menor que 0,5%.

Para um melhor aproveitamento desta curva, prepara-se, por diluição, uma solução de xarope de groselha em água à 50 % em volume.

Tabela 1 – Soluções de sacarose para a construção da curva de calibração.

g de sacarose	ml de água	Concentração aproximada em °Brix
0	250	0
20	230	8
40	210	16
60	190	24
80	170	32
100	150	40

VI.2 Planejamento das atividades dos alunos

Para maior organização e aproveitamento da aula prática, recomenda-se a divisão dos alunos em seis grupos, em consonância com seis soluções de sacarose de diferentes concentrações. Deste modo, cada grupo deverá realizar duas medidas em triplicata, a primeira com a solução de sacarose e a segunda com o xarope de groselha diluído.

Para tal fim, montar e nivelar o copo Ford com um nível de bolha, a seguir, colocar um béquer abaixo da mesma para coletar a solução (Fig. 1). Fechar o

orifício com o dedo indicador de uma das mãos e adicionar lentamente a solução de sacarose no copo Ford, evitando a formação de bolhas ou de espuma. Remover o excesso com a placa de vidro. Retirar o dedo do orifício acionando simultaneamente um cronômetro com a outra mão. Medir o tempo transcorrido até a primeira interrupção do fluxo. Realizar no mínimo cinco replicatas e calcular o valor médio do tempo de escoamento. Lavar o copo Ford e o béquer com água destilada e secá-los com papel toalha. Repetir o mesmo procedimento de medida com o xarope de groselha. Os dados coletados por cada um dos grupos devem ser colocados num único gráfico (Concentração de sacarose vs. Tempo de escoamento). Neste traçar uma curva que melhor se aproxime destes pontos e a partir desta, calcular a concentração de sacarose no xarope de groselha.

VII. Resultados e discussão

A Fig. 2 mostra uma curva de calibração, obtida com o copo Ford. O professor pode questionar as ideias dos alunos sobre o porquê dessa dependência da concentração com o tempo. Neste sentido, ele deve orientar o raciocínio dos alunos, enfatizando as características intrínsecas que conduzem à solubilidade do soluto no solvente e à viscosidade resultante da solução.

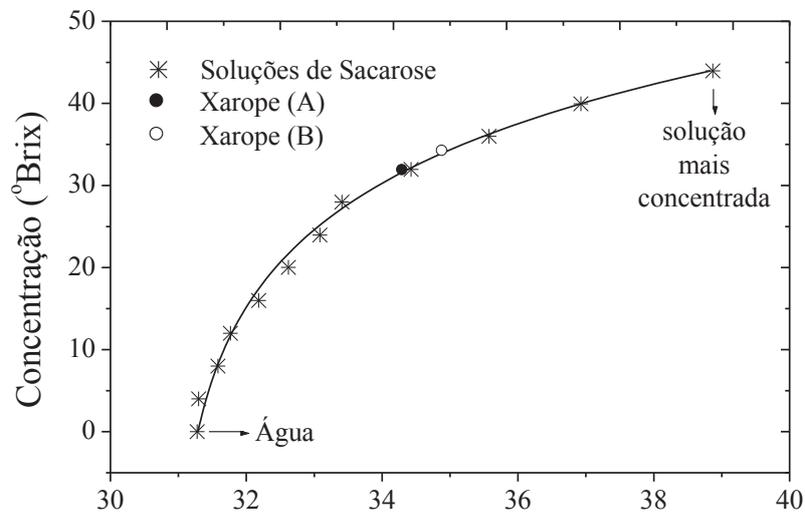


Fig. 2 – Curva de calibração e determinação da concentração de sacarose em duas diferentes marcas comerciais de xarope de groselha.

A resposta a tudo isto deve ser fundamentada nas forças intermoleculares preponderantes, as ligações de hidrogênio. Na molécula de água, o átomo de O apresenta dois pares de elétrons não compartilhados, que podem formar ligações de origem eletrostática com os átomos de H de duas moléculas vizinhas. Entretanto, os dois átomos de H ligados covalentemente a este átomo de O também podem formar ligações com os átomos de oxigênio de outras duas moléculas gerando assim uma estrutura com alto grau de associação (Fig. 3a).

Este tipo de associação também está presente em outros compostos covalentes como os álcoois, ácidos carboxílicos, carboidratos e permite explicar suas elevadas solubilidades mediante as ligações hidrogênio, que se estabelecem entre os grupos hidroxilas (-OH), carbonilas (=CO) e as moléculas de água. Em particular, a sacarose ou 1-O-(β-D-Frutofuranosil)-α-D-glicopirranose (Fig. 3b), por ser um poliol pode reagir ou se associar de maneira similar aos álcoois (BOSCOLO, 2003; BETTELHEIM *et al.*, 2012).

Para explicar o efeito destas ligações na viscosidade pode-se imaginar a preparação de uma solução aquosa como sendo a substituição progressiva de moléculas de água por moléculas de sacarose até que se alcance a concentração desejada. À medida que aumenta a relação sacarose/água, o número de ligações de hidrogênio aumenta de 4 para 8 por molécula substituída, de acordo com o número de grupos -OH ligados aos carbonos 1', 2, 3, 3', 4, 4', 6 e 6' da sacarose. Desta maneira a forças coesivas entre as moléculas aumentam e a solução torna-se mais viscosa que o solvente puro.

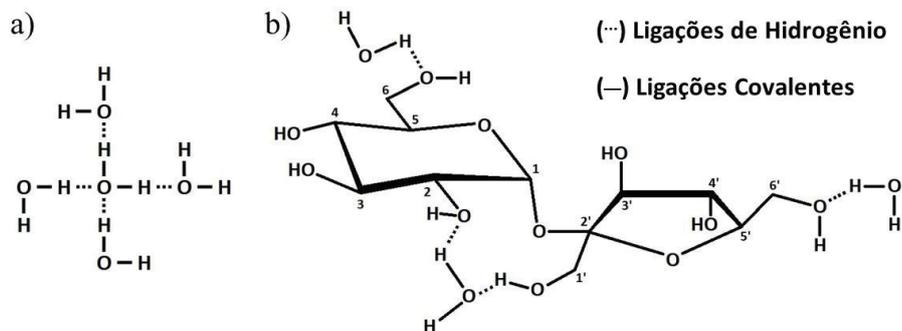


Fig. 3 – Representação simplificada das ligações na água (a) e na sacarose (b).

A falta de uma proporcionalidade direta na Fig. 2 pode gerar alguma dificuldade na compreensão dos fatos, o que de certa forma é positivo, por fomentar a

discussão acerca dos referidos resultados. Fica evidente que a viscosidade não depende exclusivamente das forças intermoleculares, mas também de uma combinação de fatores, entre os quais, o tamanho, a forma e a massa das moléculas. Assim, o comportamento observado pode estar vinculado ao maior tamanho das moléculas de sacarose em relação às de água. Na medida em que cresce a concentração da solução, o movimento de umas moléculas de sacarose começa a ser dificultado pela presença das outras (impedimento estérico), aumentando significativamente o tempo de escoamento. O mesmo raciocínio pode ser estendido para soluções de outros carboidratos.

A partir da Fig. 2, é possível determinar, de forma aproximada, a concentração de sacarose no xarope de groselha. Apesar da complexa composição destes xaropes, as concentrações de duas marcas testadas (31,8 e 34,1 °Brix) foram muito próximas dos valores considerados como verdadeiros (30,8 e 34,3 °Brix, metade dos valores impressos nos rótulos das garrafas).

VIII. Considerações finais

Neste trabalho optou-se por uma análise comparativa para facilitar a apreciação desta propriedade característica dos fluidos. No entanto, é importante ressaltar que o objetivo principal não é estabelecer um método de análise, mas sim explorar conceitos fundamentais da Física e da Química, como as forças coesivas que determinam as viscosidades dos líquidos. Neste contexto, tanto o xarope de groselha como qualquer outra solução de sacarose preparada pelo professor (solução problema) não muda a finalidade deste trabalho.

Agradecimentos

À FAPESP, FUNDUNESP e PROPE/UNESP pelo suporte financeiro.

Referências

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). Tintas – Determinação de viscosidade pelo Copo Ford, **NBR 5849**, Março 1986.

ABRANTES, M. M.; LAMOUNIER J. A.; COLOSIMO, E. A. Prevalência de sobrepeso e obesidade em crianças e adolescentes das regiões Sudeste e Nordeste. **Jornal de Pediatria**, v. 78, n. 4, p. 335-40, 2002.

ACCIARI, H. A. ; ASSIS, A.; CODARO, E. N.; VAZ, E. L. S. uma experiência didática sobre viscosidade e densidade. **Química Nova na Escola**, v. 34, p. 155-158, 2012.

ANVISA (Agência Nacional De Vigilância Sanitária) - Resolução 24/2010 – Dispõe sobre a oferta, propaganda, publicidade, informação e outras práticas correlatas cujo objetivo seja a divulgação e a promoção comercial de alimentos considerados com quantidades elevadas de açúcar, de gordura saturada, de gordura trans, de sódio, e de bebidas com baixo teor nutricional, **Diário Oficial da União**, 29 de junho de 2010.

BETTELHEIM, F. A.; BROWN, W. H.; CAMPBELL, M. K.; FARRELL, S. O. **Introdução à Química Geral, Orgânica e Bioquímica**. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. p. 475.

BOSCOLO, M. Sucroquímica: síntese e potencialidades de aplicações de alguns derivados químicos da sacarose. **Química Nova**, v. 26, p. 906-912, 2003.

CHANG, R. **Química Geral: Conceitos Essenciais**. 4. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006. p. 376.

DOCA, R. H.; BISCOLOLA, G. J.; BÔAS, N. V. **Física**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. v. 1, p. 415.

DUARTE JUNIOR, J. F. **O que é a realidade**. São Paulo: Brasiliense, p. 103. 2006.

KATO, D. S.; KAWASAKI, C. S. As concepções de contextualização do ensino em documentos curriculares oficiais e de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 1, 2011.

MEC - Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

MONTEIRO, M. A. A.; VAZ, E. L. S.; CODARO, E. N.; ACCIARI, H. A.; MONTEIRO, I. C. C. Determinação do teor alcoólico da cachaça: uma abordagem das propriedades intensivas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 229-245, 2012.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência & Educação**, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002.

RAMALHO, R. A.; SAUNDERS, C. O papel da educação nutricional no combate às carências nutricionais. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 13, n. 1, p. 11-16, jan./abr. 2000.

ROCHA, W. R. Interações intermoleculares. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, n. 4, p. 31-36, 2001.

SLABAUGH, W. H.; PARSONS, T. D. **Química Geral**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1980. p. 146.

VISCHER, T. L.; SEIDELL, J. C. The public health impact of obesity. **Annual Review of Public Health**, v. 22, p. 355-75, 2001.

WANG, Y.; MONTEIRO, C.; POPKIN, B. M. Trends of obesity and underweight in older children and adolescents in the United States, Brazil, China, and Russia. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 75, n. 6, p. 971-7, 2002.

ZABALA, A. **A Prática Educativa**. Porto Alegre: Artmed, 1998.