

Alcoolismo e Educação Química

Murilo Cruz Leal, Denilson Alves de Araújo e Paulo César Pinheiro

O tema alcoolismo é abordado considerando aspectos históricos, socioculturais, científicos e filosóficos associados a consumo de bebidas alcoólicas e seus efeitos no organismo humano, perigos e benefícios do consumo de álcool, legislação, tratamento e sugestões de atividades para desenvolver o tema em sala de aula.

► etanol, alcoolismo, ensino de química ◀

Recebido em 09/04/2012, aceito em 24/04/2012

Desde a publicação de *Origem, produção e composição química da cachaça*, no número 18 de Química Nova na Escola (Pinheiro, Leal e Araújo, 2003), temos vivenciado e observado experiências envolvendo nosso texto e a proposta de sua utilização educacional. Durante um minicurso oferecido no Encontro Regional da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), que ocorreu na Universidade do Estado do Maranhão/UEMA, em São Luís, no ano de 2003, por exemplo, pretendíamos desenvolver o texto publicado com professores da educação básica, mas estes acabaram direcionando nossa abordagem para um aspecto mais relevante de suas vidas profissionais: discutir e encontrar caminhos para lidar com a questão do consumo de bebidas alcoólicas por estudantes, dentro e fora da escola, e o problema do alcoolismo nas famílias destes. Outras experiências envolvendo o texto ocorreram em disciplinas de Práticas de Ensino de cursos de Licenciatura, nas quais emergiram relatos tanto favoráveis como contrários ao ensino de bebidas alcoólicas nas aulas de química. Aqueles que se mostraram favoráveis, justificaram essa posição enfatizando a presença dessas bebidas entre os jovens e, no caso particular da cachaça, houve menção à sua identificação com a cultura e a história do povo brasileiro. Alguns licenciandos argumentaram sobre a possibilidade de estarmos induzindo, ainda que involuntariamente, o consumo dessas bebidas, enquanto outros consideraram ser fundamental abordar o problema do alcoolismo concomitantemente. Compartilhando dessa última posição, apresentamos o presente texto como complementação da abordagem realizada anteriormente.

O álcool na mitologia

O vinho e a cerveja foram provavelmente as bebidas alcoólicas mais conhecidas na Antiguidade. As pessoas não sabiam explicar a produção dessas bebidas a partir da uva e da cevada, mas no caso do vinho, em particular, associaram esse mistério e os seus efeitos no organismo humano a uma divindade mitológica específica: o deus Dioniso ou Baco. Os cultos a Dioniso tiveram origem em sociedades primitivas, pertencendo a um estrato cultural anterior, inclusive, ao advento da religião dos deuses do Olimpo na Grécia antiga, iniciada na idade do ferro. O mito que trata de sua origem conta que ele foi criado em sua infância por ninfas, seres do imaginário popular camponês, no interior de uma sociedade essencialmente agrária e matriarcal, que foi desestabilizada posteriormente por invasores de origem indo-europeia, cuja dominação e organização social eram marcadas pelo patriarcado guerreiro. Ao longo dos cem últimos anos, arqueólogos encontraram uma quantidade notável de evidências da existência dos festivais dionisíacos em toda a Grécia, grande parte deles realizados por mulheres, conforme retratado na tragédia intitulada *As bacantes*, de Eurípedes. O propósito dessas mulheres era conjurar o espírito dionisíaco e se libertarem, ao menos temporariamente, das repressões vivenciadas em suas vidas normais. Acredita-se também que os rituais dedicados ao deus tinham ligação com a fertilidade (Krausz, 2003).

Dioniso era um deus exultante que proporcionava prazer aos homens por meio da bebida, mas era também um deus de contrastes trágicos. Os cultos a este eram meios

de alcançar comunhão com sua potência e, se tinham o efeito de libertar dos limites e dos constrangimentos impostos pela razão e pelos costumes sociais, revelavam uma nova e estranha vitalidade, atribuída à presença do deus em seu interior (forma como viam os efeitos do álcool no organismo). Ele também despertava oposição e resistência nas pessoas, pois o deus do vinho privava a todos de qualquer sentido de decência e moralidade. Sua presença era espantosa, violenta e inquietante. De diferentes maneiras, os mitos dionisíacos enfatizavam a loucura, a violência, o horror e a tragédia. É por isso que a classe dominante na época recusava-se a aceitar seus cultos, pelo fato de personificarem a liberdade, a desobediência à ordem e à medida. Foi justamente por esse papel que o deus conseguiu impor-se às populações dominadas, já que lhes permitia extravasar sua revolta contra os dominantes (Mitologia, 1973).

Em *A origem da tragédia*, Nietzsche, que muito se interessou pelos mitos associados a Dioniso, apontou a polaridade existente entre Dioniso e Apolo como dois aspectos complementares da cultura grega. O aspecto dionisíaco foi considerado por ele como sendo uma espécie de contrapolo, um movimento contrário a uma cultura e sociedade em que predominava os valores do equilíbrio, da proporção e da sobriedade. A associação entre Dioniso e o vinho no âmbito da cultura grega evidencia as relações entre a sociedade da época e o consumo do vinho em um contexto político e sociocultural definido, marcado por conflitos com a ordem vigente, pela opressão, busca de alegria, libertação e esquecimento das mazelas humanas, mas também pela violência, loucura, sofrimento e tragédia. Nosso carnaval talvez seja o paralelo mais próximo dos rituais dionisíacos antigos. O deus do vinho tornou-se bastante popularizado por meio da pintura em cerâmica desde o século VI a.C., mas surgiram também representações esculturais em mármore em período posterior. Durante o Renascimento, o deus foi representado em inúmeras pinturas, com destaque para o quadro intitulado *Bacco*, de Michelangelo de Caravaggio (Figura 1).

O início da compreensão química das bebidas alcoólicas, Lavoisier e Gay Lussac

O vinho e a cerveja eram obtidos exclusivamente pelo processo de fermentação alcoólica, mas apresentam teor alcoólico relativamente baixo. Com o processo de destilação, introduzido na Europa pelos árabes na Idade Média, surgiram bebidas alcoólicas com teores mais altos. Entre o século X e XII, os alquimistas europeus classificaram o produto da destilação como *aqua ardens*, literalmente água que pega fogo, e atribuíram a ela propriedades

A associação entre Dioniso e o vinho no âmbito da cultura grega evidencia as relações entre a sociedade da época e o consumo do vinho em um contexto político e sociocultural definido, marcado por conflitos com a ordem vigente, pela opressão, busca de alegria, libertação e esquecimento das mazelas humanas, mas também pela violência, loucura, sofrimento e tragédia.



Figura 1: *Bacco*, de Michelangelo Merisi da Caravaggio, 1593-1594, óleo sobre tela, 95x85 cm, Galleria degli Uffizi, Florença, Itália.

místico-medicinais. Os médicos da época utilizavam-na como remédio e a receitavam como elixir da longevidade (Cultura Gastronômica, 2011).

O início da era dos destilados causou uma verdadeira revolução na história das bebidas alcoólicas, já que dissipavam as preocupações mais rapidamente do que o vinho e a cerveja, assim como produziam alívio mais eficiente da dor. A euforia era também mais prolongada. Não é de estranhar que virtudes mágicas fossem atribuídas aos destilados (*spirits* = espírito da bebida), que foram chamados de *acqua vitae* ou *eau de vie* (Masur, 1988, p. 12-13).

“Por muitos séculos, foi a fonte de água menos contaminada possível para se beber” (Laranjeira e Pinsky, 1998, p. 10). A partir da Revolução Industrial, registrou-se grande aumento na oferta de destilados e um maior consumo por toda parte. Com as bebidas destiladas, o consumo tornou-se mais perigoso e os comportamentos desajustados decorrentes do consumo dessas bebidas passaram a ser considerados conduta pecadora e fraca, associada a desvio de caráter e imoralidade (Ribeiro, 2004; LOPEZ et al., 2008 *apud* Machado, 2010).

Lavoisier, em seu *Traité élémentaire de chimie*, sugeriu a substituição do termo espírito do vinho pelo nome geral

álcool, para caracterizar o “licor que poderia ser obtido pela fermentação de qualquer material açucarado”. Esse novo tratamento vem indicar o esmorecimento das “virtudes celestiais” das bebidas alcoólicas (Beltran, 2000). A fermentação é também chamada de reação de Gay-Lussac, pesquisador responsável pela formulação de sua estequiometria no início do século XIX. A marca desse famoso químico francês é encontrada nas garrafas de bebidas. Para a indicação do teor alcoólico, usa-se a escala GL (Gay-Lussac), ou grau GL, que representa o percentual de etanol (álcool etílico anidro), em volume, em uma mistura álcool/água. Assim, um litro de uísque com 40°GL tem 40% de etanol, ou seja, 400 mL (IPEM-SP, 2011). Os teores alcoólicos de algumas das bebidas mais conhecidas são: cachaça – 38-54 °GL; uísque – 43-55 °GL; conhaque – 40-45 °GL; vodca – 40-50 °GL; vinho – 12 °GL; cerveja – 3-5 °GL. As quatro primeiras são obtidas por destilação, e as duas últimas, por fermentação (Souza Neto e Consenza, 1994).

A quantidade de álcool que o corpo pode eliminar é da ordem 0,2 gramas por quilo de massa corporal por hora. Quando uma pessoa faz uma ingestão acima dessa quantidade (para uma pessoa de 70 kg, cerca de 15 mL/hora, algo em torno de 40 mL de cachaça ou 120 mL de vinho), o álcool acumula-se na corrente sanguínea e ocorre a embriaguez.

O álcool no organismo humano

Logo que chega ao estômago, cerca de 20% do etanol passam diretamente para a corrente sanguínea através das paredes estomacais. Os 80% restantes vão para o intestino delgado, onde também serão absorvidos pela corrente sanguínea. A quantidade de álcool que o corpo pode eliminar é da ordem 0,2 gramas por quilo de massa corporal por hora. Quando uma pessoa faz uma ingestão acima dessa quantidade (para uma pessoa de 70 kg, cerca de 15 mL/hora, algo em torno de 40 mL de cachaça ou 120 mL de vinho), o álcool acumula-se na corrente sanguínea e ocorre a embriaguez.

Vários fatores afetam a taxa do aumento da concentração de etanol no sangue e, conseqüentemente, as alterações comportamentais. Pessoas mais magras e também mulheres e jovens, cuja massa corporal frequentemente é menor que de homens adultos, embriagam-se com maior facilidade. O estômago vazio faz a taxa de elevação da concentração ser maior, uma vez que outros alimentos ajudariam a diluir e reter temporariamente o álcool, diminuindo seu ritmo de absorção pelo sangue. O tipo de mistura também afeta a absorção: água e sucos de fruta tornam o processo mais lento, ao passo que o dióxido de carbono, CO₂, presente no champanhe e em misturas com refrigerantes, acelera-o. Supõe-se que a liberação do CO₂ presente na bebida amplie a abertura da válvula entre o estômago e intestino delgado, onde a absorção de etanol é maior (Masur, 1988; Milam e Ketcham, 1991).

Uma vez na corrente sanguínea, o etanol, com sua estrutura pequena e simples, é rapidamente distribuído por todo o organismo. Depois de muitos drinques, a visão pode ficar borrada e emoções, pensamentos e julgamentos

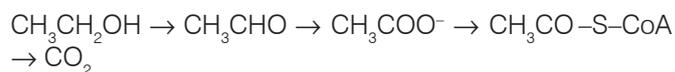
podem tornar-se desordenados. Quando a concentração de álcool no sangue atinge níveis muito altos, o controle encefálico sobre o sistema respiratório pode ficar paralisado. Um nível de álcool no sangue igual a 0,30% é o mínimo suficiente para que ocorra a morte; a 0,40%, o bebedor pode entrar em coma; a 0,50%, as funções respiratórias e o batimento cardíaco diminuem drasticamente; e a 0,60%, a maioria dos bebedores morre (seria algo acima de 280 mL de etanol puro no organismo) (Milam e Ketcham, 1991).

Pequenas quantidades de etanol são eliminadas na urina, na transpiração e na respiração, mas o principal local de eliminação é o fígado (95%) (Barros, Galperim e Grüber, 1997). Esse órgão é responsável por numerosos processos vitais, incluindo o controle e a eliminação de produtos químicos tóxicos e a conversão de várias substâncias nutritivas em materiais que serão usados no reparo e na criação de novas células (Milam e Ketcham, 1991). No fígado, o etanol é transformado em CO₂ com produção de energia para o organismo. No máximo de sua eficiência, o fígado converte o álcool a uma taxa de 15 mL/h. Grandes quantidades de álcool no organismo e por longos períodos de tempo resultam na negligência do fígado em relação às outras tarefas, assim, acumulam-se toxinas e as funções de nutrição são perturbadas, bem como a saúde e a vitalidade de células, tecidos e órgãos do corpo.

Álcool é alimento?

Tal como ocorre em um motor de automóvel, a oxidação do etanol em nosso organismo, produzindo CO₂, gera energia. Em nosso caso, com complexidade muito ampliada, tal energia produzida é biologicamente disponível na forma de ATP. Sendo assim, o etanol pode ser considerado alimento. Quando oxidado, o etanol produz aproximadamente 29,7 kJ/g, valor intermediário ao liberado com o metabolismo de carboidratos e de lipídeos, principais fontes de energia para nosso corpo.

O etanol é oxidado a acetaldeído no citossol das células do fígado. O acetaldeído é oxidado a acetato por uma enzima mitocondrial. O acetato é ativado enzimaticamente e transformado em acetil-CoA, o qual é finalmente oxidado a CO₂, nas mitocôndrias, no ciclo de Krebs (Lehninger, 1990, p. 543-544). Resumindo, temos:



O álcool é frequentemente mencionado como contendo calorias vazias. Esse termo é confuso, pois pode parecer que as calorias do álcool não são aproveitadas pelo organismo. No entanto, o que pretende indicar é que a cachaça, o vinho, a cerveja e a maior parte das bebidas alcoólicas

contêm quantidades insignificantes de vitaminas e sais minerais. O álcool interfere na capacidade de as células absorverem e usarem nutrientes de outros alimentos. Ele também atrapalha a absorção de vitaminas e aminoácidos no trato gastrointestinal e aumenta a perda de vitaminas (como tiamina, piridoxina e ácido pantotênico) na urina. Ainda que o alcoólatra coma bem, o álcool lhe retira o pleno benefício nutritivo do que ele come. Dessa forma, os alcoólicos sempre desenvolvem desnutrição. O consumo agudo de etanol também pode levar à hipoglicemia, pois inibe a formação de carboidratos a partir do lactato e dos aminoácidos (Milam e Ketcham, 1991).

Os perigos do álcool (não só) no trânsito

Costuma-se relacionar de modo imediato os perigos da ingestão do álcool aos inúmeros acidentes de trânsito. No entanto, a bebida alcoólica é responsável por vários outros tipos de morte com os quais, às vezes, não se faz uma associação direta. Vejamos alguns números indicando a relação entre mortes violentas na Grande São Paulo em 1996 com dosagens alcoólicas elevadas: afogamentos, 64%; atropelamentos, 53%; homicídios, 52%; acidentes de carro, 51%; quedas fatais, 36%; suicídios, 36% (Dieguez, 1998). O Quadro 1 apresenta alguns números importantes sobre o alcoolismo.

Quadro 1: Estatísticas sobre o alcoolismo.

O alcoolismo acomete de 10% a 12% da população mundial e 11,2% dos brasileiros que vivem nas 107 maiores cidades do país.
A incidência de alcoolismo é maior entre os homens do que entre as mulheres.
A incidência do alcoolismo é maior entre os mais jovens, especialmente na faixa etária dos 18 aos 29 anos, reduzindo com a idade.
O álcool é responsável por cerca de 60% dos acidentes de trânsito e aparece em 70% dos laudos cadavéricos das mortes violentas.
De acordo com pesquisa realizada pelo Centro Brasileiro de Informações sobre Drogas Psicotrópicas (CEBRID), entre estudantes do ensino fundamental e médio de 10 capitais brasileiras, as bebidas alcoólicas são consumidas por mais de 65% dos entrevistados, estando bem à frente do tabaco. Dentre estes, 50% iniciaram o uso entre os 10 e 12 anos de idade.

Fonte: Associação Médica Brasileira e Conselho Federal de Medicina. Associação Brasileira de Psiquiatria, 2002.

Chamamos de droga qualquer substância que possa atuar sobre um ou mais sistemas do organismo (que não seja produzido por ele) e que provoque alterações sobre o seu funcionamento. Dessa forma, quaisquer substâncias

que possam atuar sobre o cérebro, gerando modificações no sistema nervoso central, são chamadas de drogas psicotrópicas ou substâncias psicoativas. O álcool é considerado uma das mais antigas drogas psicotrópicas e, no século XX, a mais letal delas (Carlini et al., 2001). O consumo de álcool é um dos principais responsáveis por mortes ocorridas no mundo inteiro, seja por doenças secundárias oportunistas ou pelos acidentes que provoca. O alcoolismo também supera todas as internações por dependência de drogas. O problema é ocasionado quando a pessoa acha que conhece seu limite de ingestão

alcoólica e logo passa para o consumo abusivo.

Dentre as várias formas que procuram demarcar a fronteira entre o beber normal e o alcoolismo está aquela que destaca a quantidade e a frequência de álcool ingerido. Um critério mais abrangente é o que considera ocorrer alcoolismo quando existe a perda da liberdade sobre o ato de beber. O alcoólatra perde a capacidade de decisão, vai beber independentemente das eventuais complicações para si e para os outros (Masur, 1988). De acordo com Vespucci e Vespucci (2000), de 12 a 15% da população mundial são fisicamente predispostos à dependência química do álcool (ou alcoolismo).

O humor do usuário e o ambiente onde a droga é utilizada influenciam o seu efeito de modo significativo. Por exemplo, um indivíduo que se sente triste antes de ingerir bebida alcoólica pode ficar mais triste ainda quando esta fizer efeito. O mesmo indivíduo poderia ficar animado ao beber com amigos que ficam alegres com o efeito do álcool. Para um mesmo indivíduo, nem sempre é possível se prever com exatidão o efeito de uma droga cada vez que ela for utilizada. Como a dependência de drogas ocorre é um tema complexo e obscuro. O processo é influenciado pelas propriedades químicas da droga, por seus efeitos, pela personalidade do usuário e por outras condições predisponentes (p.ex., hereditariedade e pressões sociais). Em particular, a progressão da experimentação ao uso ocasional e, portanto, da tolerância à dependência é pouco conhecida. Os indivíduos de alto risco de adição, baseando-se em sua história familiar, não demonstraram diferenças biológicas ou psicológicas na forma de responder às drogas, apesar de alguns estudos indicarem que os alcoolistas podem ter uma resposta geneticamente diminuída aos efeitos do álcool. Tem sido dada muita atenção à chamada personalidade aditiva. (Merck, S/D)

Considera-se que a indução da ingestão de grandes quantidades de álcool a partir da ingestão de pequenas quantidades pode ser resultado de alterações do

O consumo de álcool é um dos principais responsáveis por mortes ocorridas no mundo inteiro, seja por doenças secundárias oportunistas ou pelos acidentes que provoca. O alcoolismo também supera todas as internações por dependência de drogas.

metabolismo celular, tais como a inibição de centros cerebrais de controle e a ativação de circuitos neuronais específicos localizados no hipotálamo. Dentro desse enfoque, um dos aspectos mais estudados refere-se ao acúmulo de acetaldéido, após a ingestão de álcool, por ação deficiente da enzima acetaldéido desidrogenase. Níveis altos de acetaldéido estão relacionados a rubor facial, hipotensão, taquicardia e náuseas. Por outro lado, níveis baixos de acetaldéido estão relacionados ao efeito euforizante do álcool (Masur, 1988).

Sem descartar a importância de outros fatores, Milam e Ketcham (1991) e Vespucci e Vespucci (2000) enfatizam o biológico e apresentam o alcoolismo como doença (em conformidade com a Organização Mundial de Saúde, OMS), o que, é importante frisar, não tem nada a ver com a moralidade ou o caráter. Para Masur (1988), o fator biológico cria as possibilidades de desenvolvimento do alcoolismo, mas não o determina. Todos os que bebem têm potencialmente possibilidade de se tornarem alcoólicos e a maior ou menor probabilidade depende da interação entre diferentes fatores de vulnerabilidade biológicos, psicológicos e socioculturais. O tratamento do alcoolismo pode ser realizado por meio de psicoterapia, participação nos Alcoólicos Anônimos (AAs), internação em hospitais ou clínicas especializadas e uso de medicamentos antiálcool (Masur, 1988; Griffith, 1995; Ramos e Bertolote, 1997; Vespucci e Vespucci, 2000). A recomendação que se faz é considerar as particularidades da situação de cada pessoa na busca de soluções para o alcoolismo.

Dentre os riscos do consumo crônico intenso de bebidas alcoólicas, figuram sequelas físicas, tais como gastrite (um dos distúrbios mais precoces), aumento da pressão arterial, pancreatite, miocardite, hepatite e cirrose alcoólica, neurológicas – tais como neuropatias e perda de memória e de coordenação motora – e aspectos psicológicos – como irritabilidade, depressão e ansiedade (Edwards, 1995; Barros; Galperim e Grüber, 1997; Tunis, 1999; Vespucci e Vespucci, 2000). A incapacitação social é outra consequência grave do uso indiscriminado de bebidas alcoólicas. A embriaguez constante torna difícil o exercício de qualquer atividade profissional e leva à deterioração das relações pessoais, especialmente na família e no ambiente de trabalho (Masur, 1988; Edwards, 1995).

Benefícios do consumo moderado

De acordo com Laranjeira e Pinsky (1998), alguns estudos evidenciam que, em baixas doses, o álcool pode fazer bem. Souza Neto e Consenza (1994) fizeram uma ampla revisão sobre os efeitos benéficos das bebidas alcoólicas, com ênfase no vinho, na prevenção da Doença Cardíaca Isquêmica (DCI) por meio da ação do álcool sobre componentes gordurosos do plasma e nos mecanismos de coagulação sanguínea.

[...] alguns estudos evidenciam que, em baixas doses, o álcool pode fazer bem. Souza Neto e Consenza (1994) fizeram uma ampla revisão sobre os efeitos benéficos das bebidas alcoólicas, com ênfase no vinho, na prevenção da Doença Cardíaca Isquêmica (DCI) por meio da ação do álcool sobre componentes gordurosos do plasma e nos mecanismos de coagulação sanguínea.

nos mecanismos de coagulação sanguínea. No caso do vinho, também estão presentes os oligoelementos cromo, silício, sódio e potássio, polifenóis e resveratrol (3,5,4'-trihidroxido-trans-estilbeno), substância pertencente ao grupo dos estilbenos, substâncias quimiopreventivas de câncer (Figura 2).

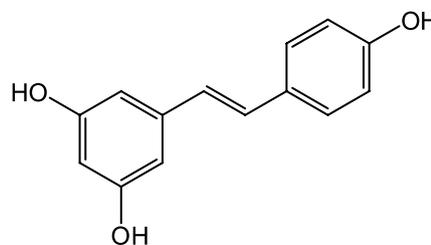


Figura 2: Fórmula estrutural do resveratrol.

O consumo moderado do vinho também foi associado a relaxamento, alívio de estresse e prazer sensorial, indicando que a menor incidência de DCI também pode se relacionar com um estilo de vida mais descontraído.

Para Michel de Certeau et al. (1994), as bebidas alcoólicas têm uma função filosófica na gastronomia da família, sendo vista como antitristeza simbólica ou a face festiva da refeição. O pão ou alimento, por outro lado, é a sua face laboriosa e a água o seu lado penitencial: “a pão e água!”, como diz o adágio popular. A bebida alcoólica representa simbolicamente uma arma contra a tristeza e o tédio, afogando todas as preocupações no esquecimento: “o vinho é o sangue dos trabalhadores, o que lhes dá a força e a coragem de realizar suas obrigações, é a compensação da sua vida miserável, a festa à qual têm direito” (CERTEAU, 1994, p. 139). As bebidas alcoólicas assumem também um papel preponderante em toda celebração, seja para honrar alguém ou alguma

coisa. No entanto, esses autores também chamam atenção para o que denominam ambivalência indisfarçável no discurso sobre a bebida: “o prazer de bem beber tende sempre para o limite do beber em demasia”, enfatizando que as bebidas alcoólicas contêm a possibilidade de um desvio, de se tornar a origem de uma viagem sem retorno, pois seu consumo em demasia pode

levar a enfermidades severas e até a morte. Segundo esses autores, a bebida alcoólica age também como um separador social, isolando quem bebe de quem não bebe: “o vinho traça uma fronteira social, porque indica onde começa a *tristeza* social, ou seja, a incapacidade de alegrar-se” (p. 131-149).

Substâncias anti-tetanol

O tratamento do alcoolismo pode ser realizado por meio de participação nos AA, psicoterapia, internação em hospitais ou clínicas especializadas e uso de medicamentos

antiálcool (Masur, 1988; Griffith, 1995; Ramos e Bertolote, 1997; Vespucci e Vespucci, 2000). A recomendação que se faz é considerar as particularidades da situação de cada pessoa na busca de soluções para o alcoolismo.

As substâncias químicas ou drogas antiálcool foram introduzidas no tratamento do alcoolismo nos anos 40 do século passado. Algumas são eméticas, ou seja, produzem náuseas e vômitos, sendo utilizadas para condicionamento aversivo. Um exemplo é a substância conhecida como dissulfiram, que atua inibindo a ação da aldeído-desidrogenase, enzima responsável pela decomposição do acetaldeído. O aumento da concentração de acetaldeído no organismo, conforme mencionado anteriormente, provoca rubor facial, palpitações, inquietação, queda da pressão arterial, aumento da frequência cardíaca, dor de cabeça, tonturas e vômitos. O alcoólatra que tomar o dissulfiram não beberá para evitar tais reações desagradáveis.

Outro medicamento anti-tietanol lançado no Brasil em 1999 é o Revia®, cujo princípio ativo, o cloridrato de naltrexona, interfere na ação de certos neurotransmissores, inibindo o prazer proporcionado pelo álcool. Mesmo que se beba, o prazer da sensação de estar embriagado é suprimido. Ela foi a primeira substância a atingir a essência do alcoolismo: o desejo pelo consumo de álcool. Para muitos, o esforço é enorme, causando grande percentagem de fracasso. Outras vezes, o esforço é pequeno, permitindo grande adesão ao tratamento. A naltrexona é também uma espécie de antídoto para a intoxicação de drogas como heroína, morfina e similares. Seus principais efeitos colaterais são o enjôo e o vômito, que não são intensos o suficiente para impedir o seu uso. Estudos mostram que a recaída do alcoolismo é menor entre as pessoas que fazem uso de naltrexona em relação a outros medicamentos. O baixo índice de efeitos colaterais desse medicamento permite

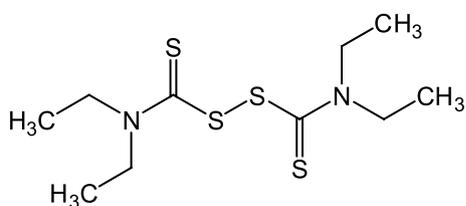
que os pacientes não se preocupem com um tratamento prolongado. No entanto, nem todos se beneficiam da naltrexona, ou seja, há uma parcela da população que mesmo em uso desta mantém o prazer da bebida e, para estes, o tratamento é ineficaz (Jama, 2000).

A Ondansetrona também é utilizada no tratamento do alcoolismo e seu efeito é semelhante ao da naltrexona, ou seja, atua inibindo o reforço positivo do prazer que o álcool dá nas fases iniciais do alcoolismo. Ela também é utilizada na prevenção e inibição de vômitos, principalmente nos pacientes que fazem uso de medicações que provocam fortes enjoos, e no tratamento da bulimia nervosa, para conter os vômitos induzidos por esses pacientes. Por enquanto, há poucos estudos sobre a eficácia da Ondansetrona no alcoolismo. O que se sabe é que há maior eficácia nas fases iniciais. Alcoólatras de longa data e doses altas não apresentaram resultados satisfatórios no uso dessa substância (Jama, 2000).

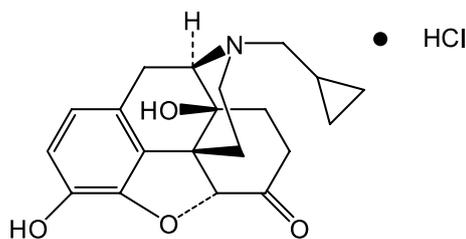
Uma substância antiálcool relativamente nova e amplamente utilizada é o acamprosato. Ela atua inibindo o desejo pelo álcool na fase em que o alcoólatra bebe para não sofrer os efeitos da abstinência alcoólica e apresenta os seguintes efeitos colaterais: confusão mental leve, dificuldade de concentração, alterações das sensações nos membros inferiores, dores musculares e vertigens.

Associações para superação do alcoolismo

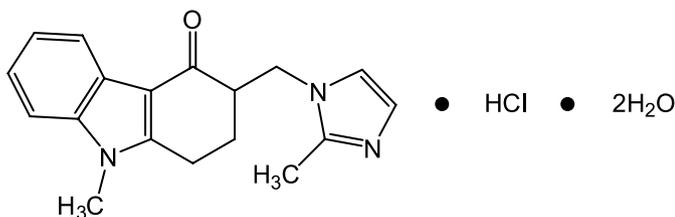
Os AA são uma associação mundial de voluntários que se reúnem para alcançar e manter a sobriedade. O objetivo é a abstinência total do álcool, um dia de cada vez. Essa associação tem alcançado resultados excelentes e se tornou uma esperança na vida de muitas pessoas em todo o mundo – são mais de dois milhões de associados em cerca de 150 países. No Brasil, são 4.754 grupos com um total de 120.000 membros (AAWS, 1987; Griffith, 1995).



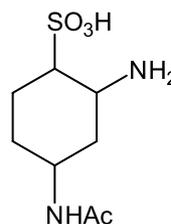
Dissulfiram ou dissulfeto de tetra-etil-tiuram



Naltrexona ou 17-(ciclopropilmetil)-4,5 α -epoxi-3,14-dihidroximorfina-6-ona ou, simplesmente, cloridrato de naltrexona



Ondansetrona ou Cloridrato de ondansetrona



Acamprosato ou 3-acetamidopropano-1-acido sulfônico

Figura 3: Fórmulas estruturais de diferentes medicamentos anti-tietanol.

Paralelamente, duas outras associações, o AL-ANON e o AL-ATEEN, atendem respectivamente familiares (e amigos) e filhos de alcoólatras (Gambarini, 1997).

Há também outras organizações voltadas para a compreensão da dependência química, a recuperação e a reintegração social, como é o caso da *Unidade de Pesquisa em Álcool e Drogas* (UNIAD), em São Paulo (SP), e da *Associação de Parentes e Amigos dos Dependentes Químicos* (APADEQ), de São João del-Rei (MG). A UNIAD desenvolve programas de prevenção e tratamento, ensino e pesquisa, em parceria com o Centro de Estudos do Departamento de Psiquiatria da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). A APADEQ mantém um Centro para Tratamento de Dependência Química (Vila Esperança), que segue o modelo dos 12 passos do AA e inclui técnicas de psicologia cognitiva comportamental e medicamentos para casos crônicos e pacientes que não respondem ao tratamento baseado no autocontrole.

Sugestões para a sala de aula

As bebidas alcoólicas e o alcoolismo sugerem um tratamento interdisciplinar na escola com envolvimento da comunidade. Várias atividades podem ser desenvolvidas em sala de aula como, por exemplo, identificar e caracterizar as bebidas alcoólicas produzidas em diferentes regiões do país e do mundo, investigar os tipos de garrafas, denominações e rótulos, em termos de sua arte e informações, analisar a composição e ação dessas bebidas no organismo e avaliar a relação entre consumo de álcool, faixa etária, gênero e nível socioeconômico. Nessa direção, Rodrigues et al. (2000) descrevem uma abordagem baseada na problemática social do alcoolismo como tema gerador com uma turma de 3º ano do ensino médio. Já Braathen (1997) correlaciona um estudo sobre a química dos bafômetros com efeitos do álcool no organismo humano.

Em sentido mais estrito, o conteúdo deste artigo abre espaço para abordagem de temas centrais da química: o conceito de álcool; a comparação da estrutura molecular e das propriedades físicas e químicas do etanol, outros alcoóis e moléculas semelhantes com outros grupos funcionais (tais como etanal e ácido etanoico); a realização de cálculos estequiométricos, concentração de soluções, conversões de unidades etc. (envolvendo estequiometria da fermentação; conceito de grau Gay-Lussac; teor alcoólico de diferentes bebidas; a relação entre consumo, massa corporal e taxa de absorção do etanol). Ferreira e Montes (1999) e Ferreira et al. (1997) propõem experimentos para produção de bebidas alcoólicas e detecção de etanol com bafômetro, respectivamente.

Dentre várias possibilidades de exploração do tema alcoolismo, é relevante a apresentação e discussão de filmes. *O valor da vida* (*My name is Bill W.*, EUA, 1989, 102 minutos), por exemplo, aborda a fundação dos AA nos Estados Unidos em 1935. Na página da *Unidade de Pesquisa em Álcool e Drogas* (UNIAD), existe um blog intitulado *Dependência química*, que, além da recomendação de vários filmes, indica dois livros: *Dependência química e o cinema* (Pedalino e Cordeiro, 2011) e

conhecendo os transtornos mentais através dos filmes (Landeira-Fernandez e Cheniaux, 2010). Diversos vídeos, com qualidade conceitual e orientações ideológicas diversas, são encontrados no *Youtube*.

A legislação que faz referência ao álcool, sua comercialização e consumo também constitui material com potencial para uso em aulas de química. O Decreto 6.117, de 22 de maio de 2007, “aprova a Política Nacional sobre o Álcool, dispõe sobre as medidas para redução do uso indevido de álcool e sua associação com a violência e criminalidade, e dá outras providências”. A Política Nacional sobre o Álcool visa “a redução dos danos sociais, à saúde e à vida causados pelo consumo desta substância, bem como as situações de violência e criminalidade associadas ao uso prejudicial de bebidas alcoólicas na população brasileira”. O Decreto apresenta o seguinte conceito de bebida alcoólica:

Para os efeitos desta Política, é considerada bebida alcoólica aquela que contiver 0,5 grau Gay-Lussac ou mais de concentração, incluindo-se aí bebidas destiladas, fermentadas e outras preparações, como a mistura de refrigerantes e destilados, além de preparações farmacêuticas que contenham teor alcoólico igual ou acima de 0,5 grau Gay-Lussac. (BRASIL, 2007)

Uma das 20 diretrizes apresentadas no Decreto é: “promover ações de comunicação, educação e informação relativas às consequências do uso do álcool”. Em 19 de junho de 2008, foi aprovada a lei 11.705, modificando o Código de Trânsito Brasileiro, depois de 11 anos de vigência. Esta veio intensificar a repressão ao consumo de bebidas alcoólicas no trânsito. Com ela, entrou em cena o uso de bafômetro. Apelidada de lei seca, a 11.705 considera crime conduzir veículos com 0,2 gramas de álcool por litro de sangue (medida que corresponde a 0,1 mg de álcool por litro de ar expelido no bafômetro). Para alcançar o valor limite, basta beber uma única lata de cerveja ou uma taça de vinho. Antes, eram punidos somente motoristas cuja dosagem de álcool superava 0,6 gramas por litro de sangue (equivalente ao consumo de duas latas de cerveja). O estudo da química do funcionamento do bafômetro (Braathen, 1997; Ferreira et al., 1997) e a realização de cálculos a partir de medidas de concentração são duas possibilidades imediatas.

Nas atividades em sala de aula, os alunos podem ser chamados inicialmente a expressarem suas opiniões sobre o alcoolismo e o consumo de bebidas alcoólicas entre os jovens. Eles podem também acessar um vídeo exibido no programa Profissão Repórter da Rede Globo do dia 19/04/2011, no qual foi revelado que os universitários bebem mais do que a população em geral (60% contra 38% ao mês). Podem ainda ler trechos desse artigo com a formulação de perguntas exploratórias pelo professor como, por exemplo: Por que foram atribuídas “virtudes mágicas” às primeiras bebidas destiladas produzidas? Quais os efeitos do álcool no organismo? Existem benefícios

decorrentes da ingestão de bebidas alcoólicas? Por que as pessoas gostam de beber? Por que algumas exageram? Em sua opinião, qual é o risco mais grave do consumo indiscriminado de bebidas alcoólicas? Você é a favor da “lei seca”? Como a polícia identifica se um condutor de veículo ingeriu álcool? Que testes são utilizados? As respostas para essas e outras perguntas não precisam ser necessariamente encontradas aqui. Algumas delas podem envolver pesquisas dos alunos usando a *internet*, por exemplo, enquanto outras podem ser apresentadas para debate na classe ou envolverem entrevistas na comunidade, nas Associações de Alcoólicos Anônimos e em Associações de Pais. Nas interações com a comunidade, os alunos podem ainda realizar entrevistas com registro em áudio ou vídeo para posterior apresentação e debates com colegas e professores. Especialistas, dependentes e outros cidadãos podem ser convidados a visitarem a escola. A feitura deste artigo envolveu conversas com profissionais e dependentes químicos, contato com membros do AA em São João del-Rei e com a APADEQ. Os alunos podem também ser convidados a expressar relatos de situações envolvendo o consumo de álcool: suas primeiras experiências, experiências de amigos e de familiares. Trabalhar com modelos tridimensionais (físicos ou simulações computacionais) das substâncias químicas envolvidas no metabolismo do etanol e no tratamento antiálcool também é opção importante.

Dada a riqueza de detalhes e a relevância do tema, muito material, entre textos, *sites* especializados e audiovisuais, pode ser encontrado na internet, conforme já mencionamos. Muitos materiais adicionais podem ser fontes de estudo, de reflexão e debate em sala de aula e na escola. Um exemplo é o plano de aula *Discuta com os estudantes os perigos do álcool inalado*, apresentado na página da Revista Nova Escola. Outro exemplo é a matéria *Manual do bom bebedor*, publicada na *Revista Galileu* de divulgação científica, Edição 187, de fevereiro de 2007, organizada na forma de perguntas e respostas, em um estilo jovial e recheada de dados quantitativos (<http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ESD1138-1707,00.html>). Finalmente, mencionamos a matéria *Projeto restringe horário de propaganda de cerveja* (<http://www.senado.gov.br/noticias/jornal/noticia.asp?codNoticia=113849&dataEdicaoVer=20120124&dataEdicaoAtual=20120124&codEditoria=2310&>), publicada no portal do Senado Federal, edição de 24 de janeiro de 2012. A Lei 9.294, de 1996, fixa restrições sobre propaganda em rádio e televisão de bebidas com teor alcoólico acima de 13 graus Gay-Lussac. O projeto de lei PLS 307/11, apresentado pelo senador Wellington Dias, propõe fixar em 0,5 graus Gay-Lussac o

teor alcoólico mínimo para a restrição, fazendo com que também cervejas, bebidas *ice* e boa parte dos vinhos só possam ter propagandas em rádio e televisão no horário das 21h às 6h.

Considerações finais

O consumo de bebidas alcoólicas faz parte do dia a dia de muitos jovens. Muitos pais, mães e avós têm, por exemplo, o hábito de beber uma dose de cachaça ou vinho antes das refeições ou tomar cerveja enquanto comem. Nesse cenário, as bebidas alcoólicas integram a vida social e cultural de muitos adolescentes que, em suas experiências iniciais de vida, são impulsionados a adquirirem o hábito de beber. Nesse sentido, é importante conhecer e aprender a respeitar o álcool, já que cada indivíduo tem seus limites próprios de tolerância, susceptibilidade ao consumo abusivo e tendência ao alcoolismo. Os pais têm uma parcela importante de responsabilidade nesse sentido, cabendo-lhes problematizar com os filhos se devem consumir ou como consumirão bebidas alcoólicas. Acreditamos que os professores de química podem dar uma contribuição, mas como o alcoolismo é um problema social grave, ele demanda uma ação conjunta com a participação de família, psicoterapeutas, agentes de segurança, outros profissionais da área de saúde e pessoas da comunidade. Aliado à multiplicidade de sentidos e significados que as bebidas alcoólicas envolvem – abrigando química, bioquímica, saúde-medicina, história cultural, família, vida social, transtornos psiquiátricos, contemporaneidade (trânsito e bebida, drogas legais e ilegais etc.), dentre outros –, o modo como o abordamos traz a complicação adicional de, em um extremo, soar permissivo e apologético e, em outro, soar dogmático e moralista. Por tudo isso, sugerimos que sua abordagem se constitua a partir de reflexão, planejamento e ação coletiva de dois ou mais professores, preferencialmente em um movimento interdisciplinar, envolvendo unidades curriculares diferentes – a princípio, parece-nos que todas as disciplinas escolares teriam interesse e contribuição para dar nesse debate.

Referências

AMB. Associação Médica Brasileira e Conselho Federal de Medicina. Associação Brasileira de Psiquiatria. *Projeto Diretrizes: abuso e dependência do álcool*. 2002. Disponível em: www.projetodiretrizes.org.br/projeto_diretrizes/002.pdf. Acessado em 12 dez. 2010.

Murilo Cruz Leal (mcleal@ufsj.edu.br), licenciado em Química pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), mestrado em Agroquímica pela Universidade Federal de Viçosa, doutorado em Educação pela Universidade Federal de Minas Gerais, é professor adjunto da Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ). São Joao Del Rei, MG – Brasil. **Denilson A. de Araújo** (daaraujo@ufsj.edu.br), licenciado em Química pela FUNREI, professor de química no ensino médio, é técnico do Laboratório de Química da UFSJ. São Joao Del Rei, MG – Brasil. **Paulo César Pinheiro** (pcpin@ufsj.edu.br), licenciado e bacharel em Química pela UFJF, mestre em Química Analítica e doutorado em Educação pela USP, é professor adjunto III da Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ). São Joao Del Rei, MG – Brasil.

AAWS. Alcoholics Anonymous World Service. *AA num relance (AA at a glance)*. São Paulo: JUNAAB, 1982. 2 p.

BARROS, S.G.S.; GALPERIM, B. e GRÜBER, A.C. Problemas clínicos comuns do alcoolista. In: RAMOS, S.P. e BERTOLOTE, J.M. (Orgs.). *Alcoolismo hoje*. 3 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

BELTRAN, M.H.R. *Imagens de magia e de ciência: entre*

o simbolismo e os diagramas da razão. São Paulo: EDUC; FAPESP, 2000.

BRAATHEN, P.C. Hálito. Culpado. O princípio químico do bafômetro. *Química Nova na Escola*, n. 5, p. 3-5, 1997.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. *Decreto 6.117*, de 22 de maio de 2007. Aprova a Política Nacional sobre o Alcool, dispõe sobre as medidas para redução do uso indevido de álcool e sua associação com a violência e criminalidade, e dá outras providências. Brasília, 2007.

CARLINI, E.A.; NAPPO, S.A.; GALDURÓZ, J.C.F. e NOTO, A.R. Drogas psicotrópicas - o que são e como agem) São Paulo. Revista *IMESC*, n. 3, 2001, p. 9-35. Disponível em: [www.imesc.sp.gov.br/pdf/artigo_1 - DROGAS PSIOTRÓPICAS O QUE SÃO E COMO AGEM.pdf](http://www.imesc.sp.gov.br/pdf/artigo_1-DROGAS_PSIOTRÓPICAS_O_QUE_SÃO_E_COMO_AGEM.pdf). Acessado em: 12 dez 2010.

CERTEAU, M.; GIARD, L. e MAYOL, P. *A invenção do cotidiano*: 2. Morar, cozinhar. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1998.

CULTURA GASTRONÔMICA 2011. Disponível em: correio-gourmand.com.br/info_cultura_gastronomica_07.htm; correio-gourmand.com.br/info_01_cultura_gastronomica_01_46.htm. Acessados em: 20 dez 2011.

DIEGUEZ, C. Tragédias inflamáveis. *Revista Veja*, ano 31, n. 49, p. 100, 1998.

EDWARDS, G. *O tratamento do alcoolismo*. 2 ed. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

FERREIRA, G.A.L.; MÓL, G.S. e SILVA, R.R. Bafômetro. Um modelo demonstrativo. *Química Nova na Escola*, n. 5, p. 32-33, 1997.

FERREIRA, E.C. e MONTES, R. A química da produção de bebidas alcoólicas. *Química Nova na Escola*, n. 10, p. 50-51, 1999.

GAMBARINI, M.A. Alcoólicos Anônimos. In: RAMOS, S.P. e BERTOLOTE, J.M. (Orgs.). *Alcoolismo hoje*. 3 ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

GRIFFITH, E. *O tratamento do alcoolismo*. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

IPEM-SP. Instituto de Pesos e Medidas do Estado de São Paulo. *Como posso converter graus GL em grau INPM?*. 2011. Disponível em: www.formspring.me/ipemsp/q/207557680137536214. Acessado em: 01 mar. 2012.

JAMA. *Tratamento do alcoolismo*. 2000. Disponível em <http://www.psicosite.com.br/tex/drg/alc009.htm>. Acessado em 20 fev. 2011.

KRAUSZ, L. (Org.). *História viva: Dioniso*. São Paulo: Duetto, 2003.

LANDEIRA-FERNANDEZ, J. e CHENIAUX, E. *Cinema e loucura*. Conhecendo os transtornos mentais através dos filmes. Porto Alegre: ARTMED, 2010.

LARANJEIRA, R. e PINSKY, I. *O Alcoolismo*. 5. ed. São Paulo: Contexto, 1998.

LEHNINGER, A. L. *Princípios de bioquímica*. São Paulo: Sarvier, 1990. p. 543-544.

LOPEZ, M.A.; PEREZ HOZ, G. e GARCIA HERNANDEZ, I. Previniendo el alcoholismo. *Revista Cubana de Salud Pública*, Ciudad de La Habana, v. 34, n. 3, 2008.

MACHADO, R.M. *Transtornos psiquiátricos – uma abordagem epidemiológica do alcoolismo na região Centro Oeste de Minas Gerais*. 2010. Tese (Doutorado) - Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2010.

MASUR, J. *O que é alcoolismo*. São Paulo: Brasiliense, 1988. (Coleção Primeiros Passos, n. 205).

MERK. *Manual Merck de Informação Médica – Saúde para a*

Família. Capítulo 92 - Drogas: Adição e Dependência. Disponível em: http://mmspf.msdonline.com.br/pacientes/manual_merck/secao_07/cap_092.html. Acessado em: 02 mar. 2012.

MILAM, J.R. e KETCHAM, K. *Alcoolismo*. Os mitos e a realidade. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1991.

MITOLOGIA. São Paulo: Abril Cultural, 1973.

PEDALINO, M.C. e CORDEIRO, D.C. Dependência química e o cinema. In: DIEHL, A.; CORDEIRO, D.C. e LARANJEIRA, R. (Orgs.). *Dependência química: prevenção, tratamento e políticas públicas*. CD-Rom. Porto Alegre: ARTMED, 2011.

PENÁ-ALFARO A.A. *Alcoolismo: os seguidores do Baco*. São Paulo: Mercuryo, 1993.

PINHEIRO, P.C.; LEAL, M.C. e ARAÚJO, D.A. Origem, produção e composição química da cachaça. *Química Nova na Escola*, n. 18, p. 3-8, nov. 2003.

RAMOS, S.P. e BERTOLOTE, J.M. (Orgs.) *Alcoolismo hoje*. 3. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

REVISTA ESCOLA. *Plano de aula: discuta com os estudantes os perigos do álcool inalado*. São Paulo: Abril, 2011. Disponível em: <http://revistaescola.abril.com.br/ensino-medio/discuta-estudantes-perigos-alcool-inalado-431787.shtml>. Acessado em: 11 mar. 2011.

REVISTA GALILEU. *Manual do bom bebedor*. Rio de Janeiro: Globo, 2007. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/Galileu/0,6993,ESD1138-1707,00.html>. Acessado em: 11 mar. 2011.

RIBEIRO, M. Organização de serviços para o tratamento da dependência do álcool. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, São Paulo, v. 6, n. supl. 1, p. 59-62, 2004.

RODRIGUES, J.R.; AGUIAR, M.R.M.P.; SANTA MARIA, L.C. e SANTOS, Z.A.M. Uma abordagem alternativa para o ensino da função álcool. *Química Nova na Escola*, v. 12, n. 5, p. 20-23, 2000.

SOUZA, L.A. *Bebidas destiladas e fermentadas*. Portal Mundo Educação. Disponível em: <http://www.mundoeducacao.com.br/curiosidades/bebidas-destiladas-fermentadas.htm>. Acessado em: 02 mar. 2012.

SOUZA NETO, J.A. e COSENZA, R.M. Efeitos do vinho no sistema cardiovascular. *Revista Médica de Minas Gerais*, v. 4, n. 3, p. 27-32, 1994.

TUNIS, S. Uma indústria química: as múltiplas funções do fígado. *Galileu*, Ano 8, n. 90, p. 53-57, 1999.

VENTURINI FILHO, W.G. (Coord.). *Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia*. I. São Paulo: Blucher, 2010.

VESPUCCI, E.F. e VESPUCCI, R. *Alcoolismo: o livro das respostas – esclarecendo 129 dúvidas fundamentais*. São Paulo: Casa Amarela, 2000.

Para saber mais

Sobre *As Bacantes*, ler artigo da série *Cultura e pensamento, história por Voltaire Schilling*, disponível em <http://educaterra.terra.com.br/voltaire/cultura/bacantes.htm>.

Para conhecer a peça de teatro, acesse: www.filosofia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/classicos_da_filosofia/as_bacantes.pdf

O livro *Imagens de magia e de ciência: entre o simbolismo e os diagramas da razão*, de Maria Helena Roxo Beltran (EDUC/FAPESP, São Paulo, 2000), apresenta um painel muito importante da mutação de significados de *destilação* e de *bebidas alcoólicas* ocorrida nos séculos XVI e XVII.

Abstract: *Alcoholism and chemical education*. The theme of alcoholism is discussed considering historical, sociocultural, scientific and philosophical aspects of the consumption of alcoholic beverages and its effects over human body, danger and benefits associated to alcohol ingestion, legislation and cure, with suggestion of school activities for the chemistry classroom.

Key Words: ethanol, alcoholism, chemistry education.