

# HÁLITO



# CULPADO

## O PRINCÍPIO QUÍMICO do BAFÔMETRO

Per Christian Braathen

**A seção “Química e Sociedade” apresenta artigos que focalizam aspectos importantes da interface ciência/sociedade, procurando sempre que possível analisar o potencial e as limitações da ciência na solução de problemas sociais.**

**Este artigo trata de uma aplicação de grande relevância e importância social: proteção da sociedade pela prevenção de acidentes de trânsito mediante detecção e controle de motoristas intoxicados pelo álcool. A presença de álcool no sangue é determinada pela medição do álcool no ar exalado pela pessoa, o que é feito pela observação visual ou instrumental de simples reações químicas de oxirredução.**

► álcool, etanol, ‘bafômetros’, intoxicação ◀

Iniciativas do poder público para prevenir o uso de bebidas alcoólicas por motoristas — causa de muitos acidentes nas estradas do país — trouxeram à ordem do dia, não sem suscitar polêmica, o instrumento popularmente conhecido como ‘bafômetro’. Esse instrumento de medição não vinha sendo muito utilizado, apesar de sua praticidade e eficiência.

### A ingestão de álcool e suas conseqüências

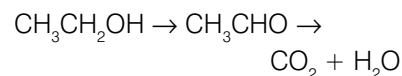
Quando uma pessoa ingere bebidas alcoólicas, o álcool passa rapidamente para a corrente sanguínea, pela qual é levado para todas as partes do corpo. Esse processo de passagem do álcool do estômago/intestino para o sangue leva aproximadamente 20 a 30 minutos, dependendo de uma série de fatores, como peso corporal, capacidade de absorção do sistema digestivo e gradação alcoólica da bebida. A conseqüência é a intoxicação, que varia de uma leve euforia (a pessoa fica alegre) até estados mais adianta-

dos de estupor alcoólico. Como resultado, a capacidade da pessoa para conduzir veículos é altamente comprometida, tendo em vista que a intoxicação afeta a coordenação motora e a rapidez dos reflexos. De acordo com a legislação brasileira em vigor, uma pessoa está incapacitada para dirigir com segurança se tiver uma concentração de álcool no sangue superior a 0,8 g/L. O que significa isso? Um homem de porte médio tem um volume sanguíneo de aproximadamente cinco litros. Então, esse teor de 0,8 g/L de sangue corresponde a cerca de 5 mL de álcool puro como limite máximo permitido. Isso corresponde a um copo pequeno de cerveja ou a uma terça parte de uma dose de uísque, considerando a primeira como tendo um teor alcoólico de 32 g/L e o último, 320 g/L. No entanto, pode-se beber um pouco mais do que isso e ainda estar dentro do limite legal, tendo em vista que vários mecanismos no sangue encarregam-se de eliminar do organismo a substância tóxica. Entre

os principais sistemas de que o organismo dispõe para purificar o sangue estão:

- (1) A eliminação, nos pulmões, pelo ar alveolar.
- (2) A eliminação pelo sistema urinário.
- (3) A metabolização de etanol, principalmente no fígado.

Os dois primeiros processos respondem por aproximadamente dez por cento do descarte do álcool do corpo humano. O último, por aproximadamente 90 por cento. A metabolização consiste na oxidação — relativamente lenta, por etapas sucessivas e catalisadas por enzimas específicas — do etanol, de acordo com a seguinte seqüência:



Devido a esses (e talvez outros) processos, estudos têm mostrado que uma pessoa de porte médio pode ingerir, num período de aproximadamente duas horas, 750 mL (pouco mais que uma garrafa grande) de cerveja ou uma dose de uísque para chegar a um teor de 0,5 g/L (ligeiramente abaixo do limite legal brasileiro).

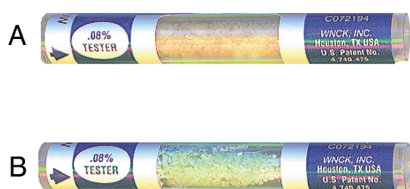
No que se refere ao tema deste artigo, o primeiro processo tem fundamental importância. Como o sangue circulante passa pelos pulmões, onde ocorre troca de gases, parte do álcool passa para os pulmões. Desta forma, o ar exalado por uma pessoa que tenha ingerido bebida alcoólica terá uma concentração de álcool proporcional à concentração do mesmo na corrente sanguínea (hálito ou ‘bafo’ de bêbado).

Embora a existência de álcool no sangue possa ser detectada por uma análise direta do mesmo, é muito mais conveniente detectar o mesmo no ar expirado. Os instrumentos usados para esta finalidade são popularmente chamados de 'bafômetros', e seu funcionamento baseia-se em reações de oxidação e redução.

## A química dos bafômetros

Os bafômetros mais simples são descartáveis e consistem em pequenos tubos contendo uma mistura sólida de solução aquosa de dicromato de potássio e sílica, umedecida com ácido sulfúrico. A detecção da embriaguez por esse instrumento é visual, pois a reação que ocorre é a oxidação de álcool a aldeído e a redução do dicromato a cromo (III), ou mesmo a cromo (II). A coloração inicial é amarelo-alaranjada, devido ao dicromato, e a final é verde-azulada, visto ser o cromo (III) verde e o cromo (II) azul. Estes bafômetros portáteis são preparados e calibrados apenas para indicar se a pessoa está abaixo ou acima do limite legal. As equações que representam a reação química do bafômetro portátil estão no quadro abaixo.

A Fig. 1 ilustra o funcionamento destes 'bafômetros' descartáveis.

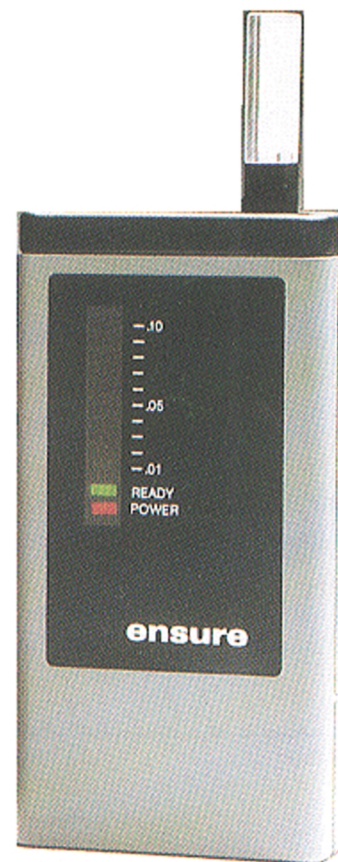


**Figura 1:** A foto A mostra o tubo após o teste de uma pessoa que não ingeriu álcool. A foto B mostra o tubo após o teste de uma pessoa intoxicada e, conseqüentemente, sem condições para conduzir um veículo. Os 'bafômetros' descartáveis ilustrados pela foto são fabricados pela companhia americana WACK, Inc., mas outras empresas fabricam dispositivos similares.

Veja como fabricar um bafômetro semelhante a este na seção "Experimentação no Ensino de Química", neste número.

Os instrumentos normalmente usados pelas polícias rodoviárias, do Brasil e de outros países, são instrumentos bem mais sofisticados. Do ponto de vista de detecção/medição, existem basicamente dois tipos. Em ambos, os 'suspeitos' sopram para dentro do aparelho através de um tubo (descartável) onde ocorre oxidação do etanol a etanal. No primeiro tipo, o sistema detetor/medidor é eletroquímico, baseado no princípio da pilha de combustível (como as usadas nos ônibus espaciais da NASA para produzir energia elétrica a partir da reação entre os gases hidrogênio e oxigênio): o etanol é oxidado em meio ácido sobre um disco plástico poroso coberto com pó de platina (catalisador) e umedecido com ácido sulfúrico, sendo um eletrodo conectado a cada lado desse disco poroso. A corrente elétrica produzida, proporcional à concentração de álcool no ar expirado dos pulmões da pessoa testada, é lida numa escala que é proporcional ao teor de álcool no sangue. O funcionamento e a química desse detetor de etanol pode ser visto no Quadro 1.

O outro tipo de dispositivo de teste é o modelo Taguchi desenvolvido no Japão e que consiste em um sensor semicondutor, seletivo para etanol, constituído basicamente de óxido de estanho com várias impurezas (principalmente terras raras). O sensor é aquecido a aproximadamente 400 °C, condições nas quais o mesmo se torna 'ativo'. Quando o etanol entra em contato com esse sensor, é imediatamente oxidado, ocorrendo por conseguinte uma mudança característica na resistência/conduatância<sup>1</sup> do sensor. Esta é medida como voltagem, nova-



**Figura 2:** Modelo de bafômetro tipo Taguchi.

mente proporcional à concentração de álcool no ar expirado, que por sua vez é proporcional à concentração de álcool no sangue.

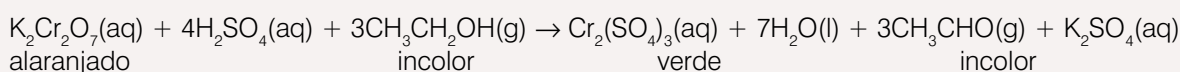
A Fig. 2 mostra um modelo do tipo de bafômetro usado pelas polícias rodoviárias do mundo inteiro.

Em alguns países existem 'bafômetros públicos', que operam pela inserção de uma moeda, normalmente localizados perto de telefones públicos.

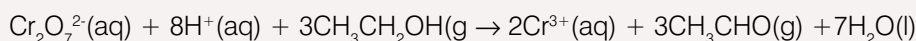
Também é interessante ressaltar que recentemente foram desenvolvidos 'bafômetros' acoplados ao sistema de ignição de veículos, especialmente desenvolvidos para caminhões e ônibus. O sistema obriga o motorista a soprar para dentro do instrumento, e caso exceda o limite legal, o veículo simplesmente não funciona. Uma

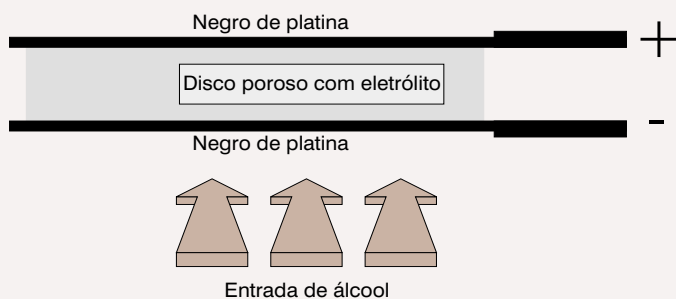
### Equações da reação química do bafômetro portátil

Equação completa:

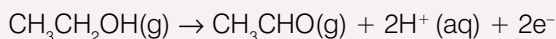


Equação na forma iônica:

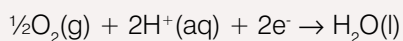




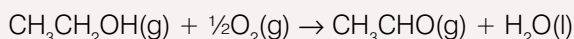
No eletrodo negativo (ânodo) ocorre a oxidação (catalisada pela platina), conforme a semi-reação:



No eletrodo positivo (cátodo), ocorre a redução do oxigênio (contido no ar), conforme a semi-reação:



A equação completa da pilha, será portanto:



Quimicamente, isso representa uma combustão incompleta do etanol, daí o nome pilha de combustível.

**Quadro 1:** Funcionamento de bafômetro baseado no princípio da pilha de combustível.

interface computadorizada obriga o motorista a repetir o teste a intervalos irregulares. O instrumento foi desenvolvido pela companhia alemã Dräger International e chama-se Interlock.

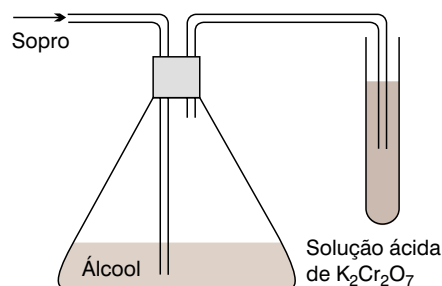
É importante mencionar que embora os 'bafômetros' portáteis mencionados acima sejam bastante confiáveis, os laboratórios de medicina legal usam métodos e aparelhos ainda mais sofisticados (e muito mais caros), principalmente baseados em espectroscopia no infravermelho (cada molécula, inclusive o etanol, tem seu espectro de infravermelho característico) e em cromatografia gasosa (em que as moléculas são separadas de acordo com a massa molecular, e assim detectadas).

### Simulando um 'bafômetro'

Até a década de 50, a oxidação do etanol pelo dicromato de potássio em meio ácido (ou mesmo permanganato de potássio em meio ácido) era o método padrão de análise para a determinação de álcool em ar expirado pelos pulmões (ou mesmo em plasma sanguíneo). É ainda usado nos 'bafômetros' descartáveis mencionados neste artigo.

Para efeito de ensino de química, é interessante simular o conjunto 'ébrio—bafômetro' baseado na reação química, uma vez que ilustra vários aspectos de química inorgânica, físico-química (oxirredução, por exemplo) e química orgânica de interesse para alunos do ensino médio e superior. Para montar esse conjunto, são necessários um erlenmeyer com rolha de dois furos, um tubo de ensaio (ou vidrinho transparente, tipo para remédio), tubos de vidro, tubo látex, álcool comum (96 GL), solução de dicromato de potássio 0,1 mol/L misturado com igual volume de ácido sulfúrico a 20 mL/L (ou seja, dicromato de potássio 0,05 mol/L em meio fortemente ácido). O simulador 'ébrio—bafômetro' segue o esquema apresentado na figura abaixo.

Soprando-se para dentro do álcool,



o ar arrasta vapores de álcool que, borbulhando na solução ácida de dicromato de potássio provoca uma mudança de coloração como segue (caso não observe mudança de cor, aumente a acidez da solução de dicromato):

ALARANJADO → MARROM →  
VERDE → AZUL

A equação química é a mesma apresentada para os 'bafômetros' descartáveis mencionados, ilustrada no quadro abaixo da Fig. 1, exceto que, quando aparece a cor azul, em vez de verde, é porque o cromo foi reduzido a cromo (II).

### Agradecimentos

O autor agradece a colaboração do sr. Gibraim Souza Couri, superintendente da Polícia Rodoviária Federal, agência de Belo Horizonte - MG; Glenn Forrester, da Intoximeters Inc., EUA; Felix J.F. Comeau, da Alcohol Countermeasure Systems, EUA, e Carl King, da WNCK Inc., EUA.

**Per Christian Braathen**, licenciado em química pela UERJ, mestre em química analítica pela PUC/RJ e doutor em educação científica pela Universidade de Wisconsin, EUA, é docente do Departamento de Química da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

### Nota

1. Resistência é a medida da capacidade que um material tem de se opor à passagem da corrente elétrica. A condutância é a medida da capacidade que um material tem de permitir a passagem da corrente elétrica.

### Para saber mais

1. ENCICLOPÉDIA BRITÂNICA, v. 9, p. 976, Ed. 1972.
2. O GLOBO, 04 set., 1996. Caderno Carro Etc.
3. Alcohol Countermeasure Systems. Internet: <http://www.acs-corp.com/>
4. Intoximeters Inc. Internet: [http://www.intox.com/products/fuell\\_cell\\_wp.html](http://www.intox.com/products/fuell_cell_wp.html)
5. WNCK Inc., 600 Kenrick, ste.A2, Houston, 77060, Texas, EUA.

**Obs:** 3, 4 e 5 são fabricantes de 'bafômetros'.

**Fontes:** Manual do bafômetro usado pela Polícia Rodoviária Federal e *Enciclopédia Britânica*.