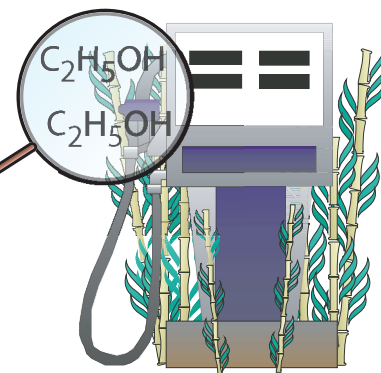


# Explorando a Química na Determinação do Teor de **Álcool** na **Gasolina**



**Melissa Dazzani, Paulo R.M. Correia, Pedro V. Oliveira e Maria Eunice R. Marcondes**

A identificação e a determinação do teor de álcool na gasolina foram utilizadas para explorar a Química Analítica durante o Ensino Médio. Propriedades físicas e conceitos químicos foram utilizados para que os alunos explicassem os fenômenos envolvidos, a partir da estrutura molecular. A determinação do teor de álcool foi realizada de duas maneiras diferentes: [1] verificando a variação de volume da fase aquosa e [2] comparando a densidade da fase aquosa com valores da literatura. A diferença entre os valores obtidos pelos dois métodos permitiu aos alunos verificarem que a imprecisão é inerente à atividade experimental.

► Ensino Médio, Química Analítica, gasolina ◀

Recebido em 28/6/02, aceito em 5/11/02

42

A utilização do petróleo como fonte de energia foi essencial para garantir o desenvolvimento industrial verificado durante o século XX. Através da sua destilação fracionada, pode-se obter vários produtos derivados de grande importância econômica, tais como o gás natural, o querosene, o diesel, os óleos lubrificantes, a parafina e o asfalto. Mas a fração do petróleo que apresenta maior valor comercial é a gasolina, tipicamente uma mistura de hidrocarbonetos saturados que contém de 5 a 8 átomos de carbono por molécula (Morrison e Boyd, 1996; Solomons, 1996).

Sempre que ocorre instabilidade no preço do petróleo, com sucessivos aumentos do preço de seus derivados, a gasolina ganha ainda mais evidência na mídia. A qualidade da gasolina comercializada no Brasil tem sido constante objeto de questionamento; assim, a determinação da sua composição é importante, devido a algumas formas de adulteração com solventes orgânicos que prejudicam os motores dos automóveis.

Um componente presente exclusivamente na gasolina brasileira que me-

rece destaque especial é o etanol. Seu principal papel é atuar como antide-tonante (Feltre, 2000; Peruzzo e Canto, 1999), em substituição ao chumbo tetraetila, que está sendo banido devido à sua elevada toxicidade. A quantidade de etanol presente na gasolina deve respeitar os limites estabelecidos pela Agência Nacional do Petróleo - ANP (teor entre 22% e 26% em volume).

A falta ou excesso de álcool em relação aos limites estabelecidos pela ANP compromete a qualidade do produto que chega aos consumidores brasileiros. Assim, avaliar a composição da gasolina, verificando se o teor de álcool está adequado, é uma atitude muito importante.

A determinação do teor de etanol na gasolina através da extração com água é conhecida e utilizada como experimento em escolas do Ensino Mé-

dio, com o objetivo de aplicar ou ilustrar conceitos relacionados com medidas quantitativas, como o teor expresso em porcentagem (Feltre, 2000; Lembo, 2000; Pitombo e Marcondes, 1995; Santa Maria *et al.*, 2002). A interpretação dos fenômenos que ocorrem durante o experimento, considerando a estrutura das moléculas envolvidas, também pode ser explorada para permitir ao aluno estabelecer relações entre as propriedades físicas e químicas dos materiais.

O objetivo do presente trabalho foi ampliar o potencial desse experimento no desenvolvimento de conceitos associados à análise qualitativa e quantitativa no Ensino Médio, de maneira que o aluno consiga estabelecer relações entre propriedades físicas, como solubilidade e densidade, e a sua utilização no processo de identificação e quantificação de substâncias.

O experimento, realizado durante uma aula de laboratório com duração de 100 minutos, foi dividido em três partes:

**Através da destilação fracionada do petróleo, pode-se obter vários produtos derivados de grande importância econômica, como o gás natural, o querosene, o diesel, os óleos lubrificantes, a parafina e o asfalto. Mas a fração do petróleo que apresenta maior valor comercial é a gasolina**

A seção "Experimentação no ensino de Química" descreve experimentos cuja implementação e interpretação contribuem para a construção de conceitos científicos por parte dos alunos. Os materiais e reagentes usados são facilmente encontráveis, permitindo a realização dos experimentos em qualquer escola. Neste número a seção apresenta dois artigos.

1) Identificação das fases no sistema água-etanol-gasolina.

2) Quantificação do etanol na gasolina através de uma análise absoluta.

3) Quantificação do etanol na gasolina através de uma análise comparativa.

A discussão dos resultados foi realizada posteriormente, durante uma aula de 50 minutos.

### Materiais e reagentes

Para a realização desse experimento, são necessários os seguintes materiais e reagentes:

- 9 tubos de ensaio
- 1 proveta de 50 mL
- 1 bastão de vidro
- 1 seringa descartável de 5 mL
- 1 balança de pratos
- 50 mL de etanol
- 50 mL de gasolina
- 50 mL de água
- permanganato de potássio ou sulfato de cobre pentaidratado
- iodo sólido ressublimado

### Procedimento

#### Parte 1: Identificação das fases no sistema água-etanol-gasolina

Essa identificação pode ser realizada visualmente por meio da interface no sistema heterogêneo água-gasolina, já que a gasolina comercial possui uma coloração. Entretanto, é interessante, nessa etapa, explorar os conceitos de solubilidade, para utilizar na parte 2 do experimento.

Alguns testes foram realizados para verificar a solubilidade da gasolina e do etanol na água, utilizando permanganato de potássio,  $\text{KMnO}_4$  (composto

Tabela 1: Seqüência de adição de reagentes nos tubos de ensaio para identificação das fases com os indicadores de polaridade.

Teste	Tubo 1	Tubo 2	Tubo 3
1	água	água + $\text{I}_2$	água + $\text{KMnO}_4$
2	gasolina	gasolina + $\text{I}_2$	gasolina + $\text{KMnO}_4$
3	água + gasolina	água + gasolina + $\text{I}_2$	água + gasolina + $\text{KMnO}_4$

iônico) e iodo,  $\text{I}_2$  (substância covalente apolar) como indicadores de polaridade<sup>1</sup>. Os tipos de ligações químicas dessas substâncias podem ser explorados para realizar a identificação das fases: aquosa (polar) e orgânica (apolar).

Execute os testes 1, 2 e 3 na seqüência indicada na Tabela 1, utilizando 3 mL das substâncias líquidas e uma pequena quantidade (uma pontinha de espátula) dos sólidos. Verifique-se que o  $\text{KMnO}_4$  se dissolve na fase aquosa e que o  $\text{I}_2$  se dissolve na fase orgânica (Figura 1), permitindo identificar as fases.

#### Parte 2: Quantificação do etanol na gasolina através de uma análise absoluta

A identificação das fases no sistema água-etanol-gasolina permite explorar a extração do etanol em fase aquosa como estratégia para realizar testes quantitativos.

Adicione cerca de 20 mL de gasolina à proveta; registre o volume final obtido. Em seguida, adicione cerca de 20 mL de água; registre o volume final obtido. Agite a mistura heterogênea formada com bastão de vidro durante 1 minuto. Após a nítida separação entre as fases, registre o volume da fase aquosa.

O volume da fase aquosa, inicial-

mente cerca de 20 mL, sofre um aumento após a mistura com a fase orgânica. A porcentagem de etanol presente na gasolina pode ser calculada a partir desse aumento do volume da fase aquosa.

#### Parte 3: Quantificação do etanol na gasolina através de uma análise comparativa

Uma outra maneira de determinar o teor de etanol na gasolina é através da avaliação da densidade da fase aquosa. O valor da densidade da mistura água-etanol depende das quantidades relativas dessas duas substâncias. A partir de valores de densidade obtidos da literatura (Weast, 1972) para diferentes misturas água-etanol (Tabela 2), foi possível obter um gráfico que relaciona a densidade em função do teor de etanol (Figura 2). Esse gráfico pode ser construído pelos alunos em papel milimetrado a partir dos dados fornecidos (Tabela 2), para ser empregado na determinação do teor de etanol na gasolina, através de interpolação a partir do valor da densidade da fase aquosa medido experimentalmente.

Para medir a densidade da fase aquosa, pode-se utilizar um densímetro, ou coletar amostras contendo cerca de 5 mL de solução água-etanol de cada grupo de alunos, a fim de se obter um volume total mínimo de 30 mL.

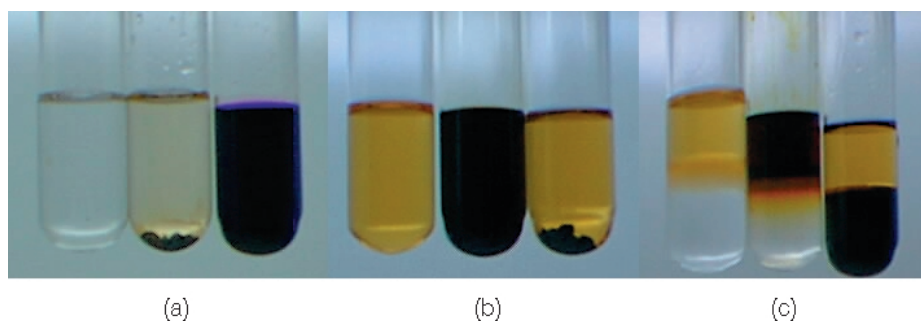


Figura 1: Alterações da coloração provocadas pela adição dos indicadores de polaridade, durante os testes de identificação das fases: (a) água, água +  $\text{I}_2$ , água +  $\text{KMnO}_4$ ; (b) gasolina, gasolina +  $\text{I}_2$ , gasolina +  $\text{KMnO}_4$ ; (c) gasolina + água, gasolina + água +  $\text{I}_2$ , gasolina + água +  $\text{KMnO}_4$ .

Tabela 2: Valores da densidade ( $d$ ) da solução etanol-água em função do teor ( $\phi$ ) de etanol (Weast, 1972).

$\phi$ / % (v/v)	0,789	3,945	7,890	11,83	15,78	23,67	31,56	39,45	47,34
$d$ / (g/mL)	0,996	0,989	0,982	0,975	0,969	0,954	0,935	0,914	0,891

Determine a massa utilizando uma balança de pratos e o volume utilizando uma proveta<sup>2</sup>. Calcule o valor da densidade a partir desses dados experimentais e interpole no gráfico construído (Figura 2). Assim, o teor de etanol na gasolina é obtido graficamente, através da comparação com valores de referência obtidos.

Para não prejudicar a exatidão do resultado obtido, é necessário utilizar um grande volume da mistura etanol-água (30 mL ou mais), para minimizar o erro associado à medição da massa e do volume. Observa-se pelo gráfico (Figura 2) que uma pequena variação no valor da densidade obtida experimentalmente acarreta uma grande variação no valor do teor de etanol.

44

### Discussão do experimento

A identificação do etanol na gasolina (Parte 1) e o estudo da interação entre as moléculas de água, etanol e os hidrocarbonetos presentes na gasolina permitem abordar os conceitos de solubilidade e densidade, explorando as características das moléculas envol-

vidas para explicar os fenômenos observados. A geometria molecular, a polaridade da ligação covalente e das moléculas e as forças intermoleculares podem ser apresentadas aos alunos de maneira mais significativa, para justificar os fenômenos macroscópicos observados.

A quantificação do teor de etanol na gasolina pode ser executada através de uma análise absoluta, que não exige a comparação com valores de referência. Os fenômenos observados na Parte 1 podem ser utilizados para identificar as fases e, então, realizar medidas quantitativas, permitindo calcular o teor de etanol na gasolina. Dessa forma, verifica-se a possibilidade de realizar uma análise química explorando propriedades físicas e químicas das substâncias envolvidas.

Na parte 3, a comparação da densidade da fase aquosa medida experimentalmente com valores de referência é empregada para mostrar uma outra maneira de se realizar análises químicas: a análise comparativa. Nesse caso, é indispensável a utilização de infor-

mação para a construção de um gráfico, denominado curva analítica de calibração. Através da interpolação do valor experimental através da curva analítica de calibração (Figura 2), é possível obter o teor de etanol na gasolina.

A obtenção da curva analítica de calibração pode ser transformada em uma atividade interdisciplinar, a ser explorada juntamente com o professor de Matemática. Os dados da Tabela 2 apresentam um comportamento aproximadamente proporcional, isto é, há uma reta que liga bastante bem os pontos do gráfico obtido (Figura 2). Esse procedimento pode ser feito visualmente pelo aluno, que traça a reta que melhor passa pelos pontos do gráfico. Outra possibilidade é o ajuste matemático desses valores através de regressão linear, que permite obter a equação da reta que melhor descreve os pontos do gráfico. A partir dos valores fornecidos e da regressão linear, pode-se obter a seguinte equação de reta ( $y = a + bx$ , sendo  $a$  o coeficiente angular e  $b$  o coeficiente linear):  $d = 1,000 - 0,00219 \times T$ , sendo  $d$  a densidade em g/mL e  $T$  o teor de álcool (% em volume). Dessa forma, se o valor da densidade for conhecido, basta substituí-lo na equação da reta para obter o teor de etanol.

A comparação do teor de etanol obtido pelos procedimentos de análise absoluta (Parte 2) e de análise comparativa<sup>3</sup> (Parte 3) permite que os alunos verifiquem a diferença entre os valores obtidos por cada grupo e avaliem os possíveis fatores que podem interferir no resultado. Nesse momento, o professor pode ressaltar que qualquer medida experimental possui um erro, gerando resultados imprecisos<sup>4</sup>.

### Conclusões

As possibilidades do experimento envolvendo a extração de etanol em fase aquosa foram expandidas, permitindo ao aluno relacionar propriedades físicas e químicas com a identificação e quantificação de substâncias. Na aplicação em sala de aula, verificou-se um aprimoramento dos conceitos de densidade, solubilidade e teor, que foram abordados a partir da estrutura das moléculas envolvidas. A diferença entre os resultados obtidos para o teor

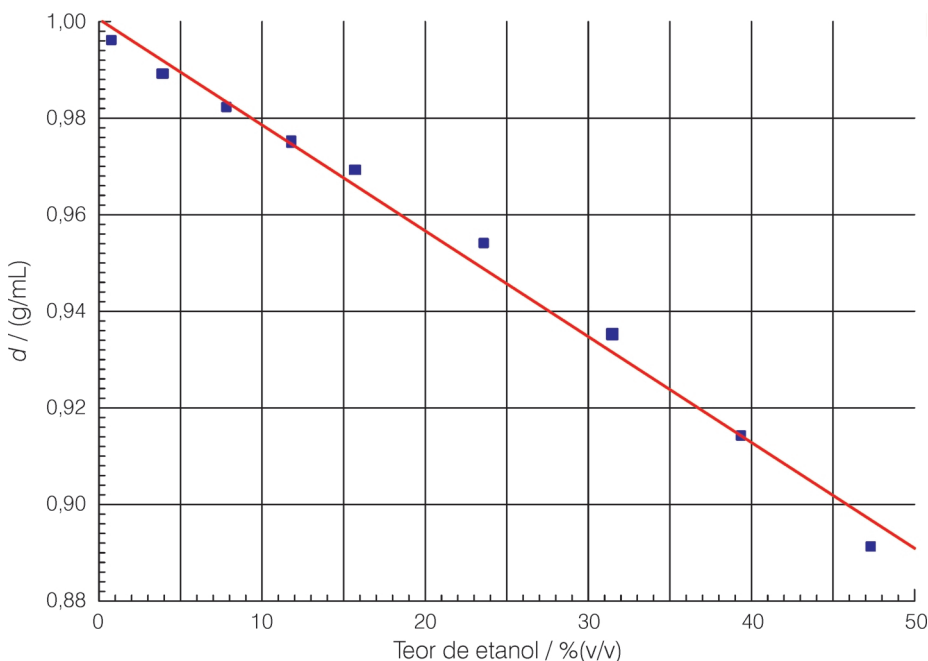


Figura 2: Densidade da solução etanol-água em função do teor de etanol.



de álcool, utilizando os diferentes procedimentos de quantificação, evidencia que a imprecisão é inerente à atividade experimental; porém, deve-se tomar alguns cuidados no planejamento, para que a mesma seja minimizada. A comparação do teor de álcool obtido com aqueles expressos na legislação vigente mostrou aos alunos a importância de realizar análises para controlar a qualidade dos produtos. Através da identificação e quantificação do álcool na gasolina, alguns aspectos importantes da Química Analítica foram expostos aos alunos do Ensino Médio.

### Questões para discussão

As questões a seguir podem ser utilizadas pelo professor para que os conceitos abordados durante o experimento sejam discutidos com os alunos.

1) Manchas de gorduras são mais facilmente removidas quando lavadas “a seco” com solventes especiais, geralmente hidrocarbonetos. Explique.

2) Observe a tabela abaixo, que apresenta dados referentes à quantidade de álcool presente em 3 diferentes amostras de gasolina:

	Gas. 1	Gas. 2	Gas. 3
Vol. etanol/mL	20,0	25,0	30,0
Massa de etanol/g	19,0	23,4	28,8

Analisando esses dados, verifique se essas gasolinas apresentam teor de etanol de acordo com as normas estabelecidas pela ANP.

3) Hoje em dia, é muito comum ouvirmos falar sobre gasolina adulterada. Essa adulteração é geralmente feita por solventes orgânicos. Analise se o processo por extração com água, usado no experimento, também é adequado para se verificar a presença desses solventes na gasolina e quantificá-los.

### Notas

1. O permanganato de potássio tem sido controlado pela Polícia Federal e é, portanto, difícil de se comercializar. Sendo assim, pode ser substituído por sulfato de cobre II pentaidratado, que é de fácil acesso e também é solúvel apenas na fase aquosa.

2. A precisão da proveta para medir volumes é menor do que a precisão de uma pipeta. Se a escola possuir uma pipeta, é aconselhável que os alunos a utilizem para a realização deste experimento, pois os resultados obtidos serão mais precisos.

3. Na execução deste experimento, foram encontrados os seguintes valores:

Parte 2 – Porcentagem de etanol na gasolina de 24%, indicando que a gasolina analisada está de acordo com as normas da ANP.

Parte 3 – Densidade de 0,95 g/mL. Ao se analisar o gráfico, verifica-se que o teor de etanol que corresponde a esta densidade é de aproximadamente 23%, indicando que a

gasolina utilizada está de acordo com as normas da ANP.

4. O professor também pode discutir se o uso de uma reta no gráfico da Figura 2 introduz ou não erros na interpolação para obtenção do teor de etanol na gasolina.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao Colégio Objetivo (Unidade Suzano) por permitir a aplicação do experimento aos seus alunos. P.R.M. Correia agradece à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pela bolsa concedida (Processo 01/02590-2).

**Melissa Dazzani**, licenciada/bacharel em Química pela Universidade de São Paulo (USP) e mestranda na área de Ensino de Ciências na USP é professora de Química no Colégio Integrado Objetivo. **Paulo R.M. Correia**, licenciado/bacharel em Química e mestre em Química Analítica pela USP, é doutorando na área de Química Analítica na USP. **Pedro V. Oliveira** (pvolivei@quim.iq.usp.br), bacharel em Química e doutor em Química Analítica pela Universidade Federal de São Carlos, é docente do Departamento de Química Fundamental do Instituto de Química da USP (IQ-USP). **Maria Eunice R. Marcondes** (mermarco@quim.iq.usp.br), licenciada/bacharel em Química e doutora em Química Orgânica pela USP, é docente do Departamento de Química Fundamental do IQ-USP.

### Referências bibliográficas

FELTRE, R. *Química*. 5ª ed. São Paulo: Moderna, 2000. v. 3, p. 109-124.

LEMBO. *Química: realidade e contexto*. São Paulo: Ática, 2000. p. 150-151.

MORRISON, R.; BOYD, R. *Química Orgânica*. 13ª ed. Trad. M.A. da Silva. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996. p. 110-115 e 294-304.

PERUZZO, F.M. e CANTO, E.L. *Química na abordagem do cotidiano*. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 1999. v. 3, p. 60-64 e 530-536.

PITOMBO, L.R.M. e MARCONDES, M.E.R. (Coords.). *Interações e transformações II: Química para o 2º grau*. São Paulo: Edusp, 1995. p. 92-96.

SANTA MARIA, L.C. de; AMORIM, M.C.V.; AGUIAR, M.R.M.P. de; SANTOS, Z.A.M.; CASTRO, P.S.C.B.G. de e BALHAZAR, R.G. Petróleo: um tema para o ensino de Química. *Química Nova na Escola*, n. 15, p. 19-23, 2002.

SOLOMONS, T.W.G. *Química Orgânica*. 6ª ed. Trad. W. Oh Lin. Rio de Janeiro: LTC Livros Técnicos e Científicos, 1996. v. 1, p. 76-85 e 127-131.

WEAST, R.C. (Ed.). *The CRC handbook of chemistry and physics*. 53ª ed. Cleveland: The Chemical Rubber Co., 1972. p. D-189.

### Para saber mais

SELINGER, B. *Chemistry in the marketplace*. 5ª ed. Sidney: Harcourt Brace, 1998. p. 400-414.

SNYDER, C. H. *The extraordinary chemistry of ordinary things*. 2ª ed. Nova Iorque. John Wiley & Sons, 1995. p. 213-221.

HARRIS, D.C. *Análise química quantitativa*. 5ª ed. Trad. C.A.S. Riel e E.A.W.S. Guarino. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2001. p. 1-23, 47-59 e 81-92.

### Na internet

Para obter informações sobre a legislação vigente que controla a qualidade dos combustíveis, consulte o sítio <http://www.anp.gov.br>.

A comparação do teor de álcool obtido com aqueles expressos na legislação vigente mostrou aos alunos a importância de realizar análises para controlar a qualidade dos produtos

**Abstract:** Exploring Chemistry in the Determination of the Ethanol Content in Gasoline – The identification and the determination of the ethanol content in gasoline were used to explore analytical-chemistry aspects in high-school teaching. Physical properties and chemical concepts were used so the students explained the involved phenomena, from a molecular point of view. The determination of the ethanol content was carried out in two different ways: [1] by verifying the variation of the volume of the aqueous phase; [2] by comparing the density of the aqueous phase with reference values from the literature. The difference between the values obtained by the two methods allowed the students to apprehend that inaccuracy is inherent to experimental activity.

**Keywords:** high school, analytical chemistry, gasoline