

Colorimetria - Determinação de Fe^{3+} em Água

Denise Curi

Neste artigo apresenta-se um método simples de análise colorimétrica de íons Fe^{3+} em solução aquosa, utilizado como complemento nas aulas de tratamento de água. Nesta proposta o aluno trabalha como se fosse um químico analítico, tendo de efetuar todos os passos incluídos num processo de análise quali e semi-quantitativa.

► tratamento de água, colorimetria visual, determinação de Fe^{3+} , análise qualitativa, análise semi-quantitativa ◀

Recebido em 16/5/05, aceito em 27/7/06

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (MEC – Brasil, 1999), o ensino de Ciências e, no nosso caso particular, o de Química, deve permitir aos alunos a construção de conhecimento, competências e habilidades. Para isso, os conteúdos e práticas de ensino precisam recorrer a contextos com significados para os alunos, de modo que eles possam interpretar os diversos fenômenos químicos presentes no cotidiano e perceber as relações entre o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico (Santos e Schnetzler, 1997).

Mostrar aos alunos o que faz um químico, com o que ele trabalha e como, pode ser um ponto de partida interessante para a contextualização de alguns conceitos e/ou práticas experimentais.

Várias propostas sugerem o tema água como tema gerador do conhecimento químico, sendo a aula de tratamento de água um clássico entre as atividades experimentais.

Este trabalho utiliza o conceito de *colorimetria*, mais especificamente *colorimetria visual*, base de inúmeros métodos analíticos, instrumentais ou não, na determinação de íons Fe^{3+} em solução aquosa (ChemCom, 2001). A proposta é mostrar ao aluno a rotina

básica do trabalho de um químico analista, colocando como problemática questões do tipo:

1. Como saber se a água é ou não potável?
2. Como podemos determinar a presença de algum contaminante, como, por exemplo, íons Pb^{2+} ?

Esta proposta é usada com alunos do 1º ano do Ensino Médio do Colégio Bandeirantes desde 2002, como complemento da aula de Laboratório de Química de Tratamento de Água. Os alunos recebem um kit, com todo o material necessário, e as instruções de como reali-

zar o experimento em casa, assim como os conceitos importantes para a realização do trabalho, pela Internet, através da rede interna do Colégio. Os resultados das análises são enviados pela rede e posteriormente discutidos nas aulas de laboratório.

O principal objetivo deste experimento é introduzir as noções básicas da metodologia do trabalho de controle de qualidade, como: análise qualitativa e semi-quantitativa; rea-

ções específicas; testes padrão e branco; diluição e concentração limite; interferência.

O experimento consiste em determinar a concentração de íons Fe^{3+} em duas amostras através da reação com íons tiocianato. Para isso, os alunos preparam uma escala de cores,

obtida através da reação de tiocianato de potássio com soluções de cloreto de ferro(III), por sua vez obtidas pela diluição de uma solução estoque de FeCl_3 a 0,25% em massa (0,63%, 0,03%, 0,15%, 0,007% e 0,004%). O conceito de interferência é trabalhado utilizando-se

solução de oxalato de sódio. O teste em branco é feito apenas com água destilada e a solução de KSCN.

Material e reagentes

- 13 tubos de ensaio (ou copos descartáveis)
- 1 estante para tubos de ensaio (desnecessário se forem utilizados copos descartáveis)
- 1 proveta de 10 mL (ou medidor usado em cozinha)

Os conteúdos e práticas de ensino precisam recorrer a contextos com significados para os alunos, de modo que eles possam interpretar os diversos fenômenos químicos presentes no cotidiano e perceber as relações entre o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico

- 1 béquer pequeno (ou copo descartável)
- 1 pipeta de Pasteur (ou contagotas)
- Etiquetas ou caneta para escrever em vidro
- Água destilada
- Solução aquosa de cloreto de ferro (III) a 0,25% em massa recém-preparada¹ (pode-se utilizar perclorato de ferro, reagente encontrado em casas especializadas em produtos para circuito elétrico)²
- Solução aquosa de tiocianato de potássio 0,1 mol/L
- Solução aquosa de oxalato de sódio 0,1 mol/L (Tira Ferrugem Semorin®)

Procedimento

Preparação das soluções de cloreto de ferro(III)³

Etiquete (ou escreva com a caneta de escrever em vidro) 6 tubos da seguinte maneira:

- Solução 1 (correspondente à solução estoque de $\text{FeCl}_3 = 0,25\%$ em massa)
- Solução 2 ($\text{FeCl}_3 = 0,63\%$ em massa)
- Solução 3 ($\text{FeCl}_3 = 0,03\%$ em massa)
- Solução 4 ($\text{FeCl}_3 = 0,15\%$ em massa)
- Solução 5 ($\text{FeCl}_3 = 0,007\%$ em massa)
- Solução 6 ($\text{FeCl}_3 = 0,004\%$ em massa).

Adicione aproximadamente 8 mL da solução estoque no tubo com etiqueta "Solução 1".

Para preparar a segunda solução, adicione 2,5 mL da Solução 1 no tubo com a etiqueta "Solução 2" e complete com 7,5 mL de água destilada.

Para preparar a terceira solução, adicione 5 mL da Solução 2 no tubo com a etiqueta "Solução 3" e complete com 5 mL de água destilada.

A partir da Solução 3, as demais soluções são obtidas diluindo-se a solução anterior pela metade, ou seja:

- Solução 4 = 5 mL da Solução 3 mais 5 mL de água destilada.
- Solução 5 = 5 mL da Solução 4 mais 5 mL de água destilada.

Solução 6 = 5 mL da Solução 5 mais 5 mL de água destilada.

Discuta com os alunos o conceito de concentração expressa em porcentagem ou os cálculos envolvidos na diluição.

Preparação da escala de cores

Pegue mais 6 tubos de ensaio e etiquete-os como: T1, T2, T3, T4, T5 e T6. Em cada tubo, adicione 20 gotas (ou 1 mL) da solução de FeCl_3 correspondente (T1 = Solução 1; T2 = Solução 2; assim por diante).

Adicione 3 gotas da solução aquosa de tiocianato de potássio em cada um dos tubos. Você irá obter uma escala de cores de acordo com a Figura 1.

Discuta com os alunos a necessidade de se usar sempre o mesmo volume dos reagentes.

Teste em branco

Pegue um tubo de ensaio limpo, adicione 20 gotas de água destilada e 3 gotas de KSCN 0,1 mol/L. Compare o resultado com a escala de cores.

Discuta com os alunos o significado do teste em branco, empregado para se ter certeza de que a água usada para preparar as soluções não

continha nenhum contaminante que pudesse atrapalhar a análise, como, por exemplo, traços de íons Fe^{3+} ou qualquer outra substância que poderia reagir com o tiocianato produzindo alguma substância de cor parecida com a do complexo $\text{Fe}(\text{SCN})_3$.

Interferência

Para mostrar aos alunos o que é uma interferência, faça a reação de 20 gotas da Solução 1 com 5 gotas de oxalato de sódio. Adicione no mesmo tubo 3 gotas de tiocianato de potássio (Figura 2) e compare com a escala de cores.

Discuta o significado deste teste com os alunos.

Análise das amostras

Distribua para cada grupo uma amostra de FeCl_3 de concentração desconhecida (qualquer uma das concentrações utilizadas na preparação da escala de cores).

Lave o tubo de ensaio usado no teste da interferência. Adicione 20 gotas (1 mL) da solução de concentração desconhecida. Adicione 3 gotas da solução de KSCN 0,1 mol/L (Figura 3) e compare o resultado com a escala de cores para determinar a concentração de Fe^{3+} da sua amostra.

Considerações

Vários pontos importantes que devem ser discutidos durante o experimento estão detalhados a seguir.

Teste padrão e escala de cores

O teste padrão é feito usando-se uma amostra que contém o íon a ser analisado, neste caso Fe^{3+} , para se comparar o resultado da análise da amostra problema com o padrão. Se a análise parar neste ponto, trata-se apenas de uma análise qualitativa,



Figura 1: Escala de cores – $\text{Fe}(\text{SCN})_3$

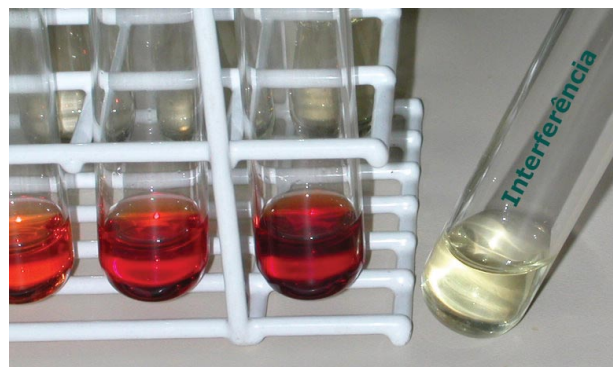


Figura 2: Interferência do oxalato de sódio na detecção de íons Fe^{3+}

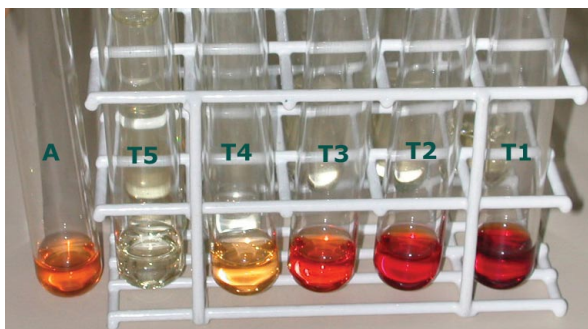


Figura 3: Análise da amostra de FeCl_3 de concentração desconhecida.

empregada apenas para determinar a presença ou não da substância em questão.

Para se determinar a quantidade de íons Fe^{3+} na amostra-problema, deve-se preparar uma escala de cores usando uma série de soluções contendo o íon Fe^{3+} em diferentes concentrações. Normalmente isso é feito a partir de uma solução estoque de concentração elevada, seguida de diversas diluições. Preparada a escala de cores, faz-se a reação da amostra a ser analisada com a mesma solução de tiocianato de potássio usada na preparação da escala de cores, usando as mesmas quantidades, e compara-se o resultado obtido com a escala de cores. Desse modo pode-se determinar a concentração de íons Fe^{3+} na amostra-problema, o que corresponde a uma análise semi-quantitativa.

É importante discutir com os alunos que este método, como qualquer outro método de análise, tem limites de detecção, tanto superior como inferior. O professor pode demonstrar essa questão preparando soluções mais concentradas que 0,25%; os alunos irão perceber que existe um limite para o nosso olho detectar diferenças no vermelho quando a concentração de íons Fe^{3+} é muito maior que 0,5%. O limite inferior pode ser determinado fazendo-se diluições intermediárias entre as duas últimas propostas neste artigo, ou até mesmo mais diluída que a última, por exemplo 0,0002%.

Teste em branco

O branco consiste simplesmente de uma análise feita com todos os

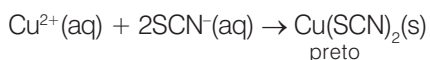
reagentes menos aquele que se quer determinar, para ver se existe alguma interferência. No caso de se observar alguma interferência, ela pode então ser descontada do resultado.

Quando a análise é feita com aparelhos, normalmente se faz o branco e o instrumento “salva-guarda na memória” esse

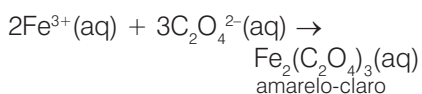
resultado para automaticamente subtrair do resultado da análise desejada.

Interferências

Uma interferência pode ser uma substância que reaja com o mesmo reagente usado na determinação. Por exemplo, se na amostra problema existirem íons Cu^{2+} , não será possível observar a cor vermelho-sangue, pois o tiocianato reagirá com o cobre formando um produto preto:



Uma outra possibilidade de interferência é quando na amostra existe uma substância que reage com a substância que se quer determinar e, então, ao se colocar o reagente específico a substância não estará livre para reagir. Por exemplo, no caso analisado neste artigo, os íons de Fe^{3+} reagem com o íon tiocianato (SCN^{-}), formando um produto vermelho-sangue característico. Mas se a amostra a ser analisada contiver íons oxalato ($\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$), não será possível observar a cor vermelha porque o Fe^{3+} reagirá com o oxalato formando um produto muito estável, amarelo claro e solúvel em água; portanto, não haverá íons Fe^{3+} disponíveis para reagir com o tiocianato.



Se o experimento aqui proposto for utilizado como complemento da aula de tratamento de água, também é importante que se discuta com os

alunos os critérios de potabilidade utilizados pela empresa responsável pela estação de tratamento de água de sua cidade (em São Paulo, a CETESB).

Conclusões

Os resultados obtidos com este experimento, na forma de kit, mostram que este tipo de atividade parece ser uma estratégia adequada para aumentar o interesse dos alunos nas aulas de Química, como pode ser visto por alguns comentários espontâneos dos alunos:

O kit é realmente muito interessante e faz com que o aluno tenha noções sobre um processo químico muito importante para o dia-a-dia.

...Espero que continuem a nos fornecer este tipo de atividades que só aumenta o nosso interesse em aula...

Embora kits não sejam viáveis para a grande maioria das escolas, este artigo mostra que esta atividade pode ser facilmente adaptada para sala de aula ou laboratório, tendo um custo baixo e sendo de fácil execução.

Notas

1. Se a solução estoque for preparada com muita antecedência, pode haver precipitação de hidróxido ou sais básicos de ferro devido à hidrólise dos íons Fe^{3+} . Para evitar que haja hidrólise da solução estoque de cloreto de ferro(III), esta deverá ser acidulada de modo a manter o pH igual ou abaixo de 2. Neste caso, recomenda-se que todos os resíduos sejam tratados com cal (hidróxido de cálcio), carbonato de sódio ou hidróxido de sódio, de modo a neutralizar o meio, precipitar o Fe^{3+} e evitar que o tiocianato seja lentamente decomposto provocando a liberação de HCN.

2. Se a solução estoque for preparada a partir do perclorato de ferro encontrado em casas de material para circuito elétrico, a dissolução deste em água deve ser lenta e cuidadosa, pois este é um processo muito exotérmico.

3. As concentrações sugeridas foram as que deram o melhor resultado visual, ou seja, permitiram uma boa diferenciação visual das soluções após a adição do tiocianato de potássio.

Denise Curi (denicuri@colband.com.br), licenciada e bacharel em Química e doutora em Ciências (Química Orgânica) pela USP, realizou estágios de pós-doutoramento na Univ. de Harvard (EUA), na UNICAMP e na USP. É professora do Ensino Médio no Colégio Bandeirantes, em São Paulo - SP.

Referências bibliográficas

CHEMCOM - *Chemistry in the Community*. 4ª ed. Nova Iorque: W.H. Freeman, 2001.

MEC - BRASIL. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ciências Matemáticas e da Natureza e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. v. 3.

SANTOS, W.L.P. e SCHNETZLER, R.P. *Educação em Química: Compromisso com a cidadania*. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 1997.

Para saber mais

VOGEL, A.I. *Análise Inorgânica Quantitativa*. 4ª ed. Trad. A. Espinola. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1981.

VOGEL, A.I. *Química Analítica Qualitativa*. Trad. A. Gimeno. São Paulo: Mestre Jou, 1981.

Na Internet (acesso em 27/2/2006)

Sobre tratamento de água: <http://www.sabesp.com.br>

Abstract: *Colorimetry – Determination of Fe³⁺ in Water* – In this paper a simple method of colorimetric analysis of Fe³⁺ ions in aqueous solutions, used as a complement in classes about water treatment, is presented. In this proposal the student works as an analytical chemist, having to carry out all the steps included in the quali and semi-quantitative analysis process.

Keywords: water treatment, visual colorimetry, Fe³⁺ determination, qualitative analysis, semi-quantitative analysis

Resenha

Novo volume da série Transformações e Interações

Conceitos de Química Ambiental têm sido abordados de maneira fragmentada por diversos meios, dentre os quais se destacam os livros didáticos. Com muita facilidade os alunos têm acesso hoje a informações que se restringem a abordagem dos *problemas ambientais*, como por exemplo os diretamente ligados à hidrosfera. No entanto, poucos são os textos encontrados que tratam com abrangência e o cuidado necessários as questões relacionadas ao tema água.

O módulo *Hidrosfera: Fonte de Materiais*, da série *Interações e Transformações* aborda o tema de forma abrangente, interessante e acessível aos alunos. O GEPEQ – Grupo de Pesquisa em Educação Química, do Instituto de Química da USP, mais uma vez oferece ao professor uma alternativa sobre como trabalhar com temas importantes da Química, respeitando a correção conceitual e oferecendo ao aluno a oportunidade que somente os seres humanos têm de “ver” o mundo de uma maneira diferente. Compreender como a água surgiu em nosso planeta e como evoluíram as idéias e conceitos sobre suas propriedades possibilita o desenvolvimento de aulas mais motivadoras para o aluno. Em todos os tópicos são tomados cuidados com a neces-

sidade de iniciar a abordagem a partir dos conhecimentos advindos da visão macroscópica para chegar à microscópica.

De maneira simples e criteriosa são apresentados gráficos, diagramas e tabelas que contribuem para a compreensão dos fenômenos em discussão e da importância que tem a elaboração de registros em linguagem científica. Frequentemente alunos têm dificuldades de ultrapassar a barreira da compreensão dos fenômenos científicos, por meio do senso comum, para uma forma de interpretação mais complexa de fenômenos, cuja compreensão exige níveis de abstração só alcançados quando se

está habituado a experimentar e refletir sobre o experimento.

No Guia do Professor são propostas diversas atividades experimentais e/ou demonstrações interessantes e de baixo custo que possibilitam ao aluno o exercício da elaboração de registros, assim como foi feito nos livros anteriores da série. Ainda no Guia são propostas dez atraentes sugestões de atividades extra-classe para serem conduzidas pelos estudantes e que poderão ser trabalhadas como situações problema. O professor encontrará, além dessas atividades, textos que abordam o histórico das águas minerais, mapa conceitual, considerações sobre a experimentação no ensino de Química, sugestões de exercícios e informações adicionais que poderão ser consideradas no planejamento das aulas. Deste modo, o Guia do Professor cumpre o papel de complementar o Livro do Aluno e de oferecer alternativas de trabalho para o professor, não se limitando a dar respostas aos exercícios propostos, como é comum em livros didáticos.

(Luiz Henrique Ferreira – UFSCar)

Química e a sobrevivência. Hidrosfera – Fonte de materiais. Luiz Roberto de Moraes Pitombo e Maria Eunice Ribeiro Marcondes (Coords.). São Paulo: EdUSP, 2005. Livro do aluno, 195 p. ISBN 85-314-0704-4; Guia do professor, 136 p. ISBN 85-314-0705-2.

