

Antocianinas e gelo seco para visualizar equilíbrios ácido/base numa abordagem contextualizada

Antocianines i gel sec per visualitzar equilíbri acid/base en un enfocament contextualitzat

Anthocyanins and dry ice to visualize acid/base equilibrium in a contextualized approach

Adriana Vitorino Rossi e Gustavo Giraldo Shimamoto / Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Química (Brasil)



resumo

Propomos um experimento versátil e acessível com gelo seco e extratos de antocianinas de frutas para demonstrar e discutir conceitos como *acidez*, *basicidade*, *indicadores de pH* e *equilíbrio químico*. As antocianinas são corantes naturais, facilmente obtidos a partir de espécies vegetais e têm propriedades indicadoras de pH. O experimento é simples, lúdico e dispensa infraestrutura sofisticada, já que o material de laboratório utilizado pode ser substituído por material de uso doméstico. O experimento permite abordar esses conceitos de forma contextualizada e interdisciplinar, o que favorece o desenvolvimento de habilidades e competências, com enfoque CTS.

palavras chave

Antocianinas, extrato de frutas, indicador de pH, equilíbrio ácido/base, contextualização.

resum

Proposem un experiment versàtil i accessible que utilitza gel sec i extractes d'antocianines de fruites per demostrar i discutir conceptes com *acidesa*, *basicitat*, *indicadors de pH* i *equilibrí químic*. Les antocianines són colorants naturals fàcilment obtinguts a partir d'espècies vegetals i tenen propietats indicadores de pH. L'experiment és simple, lúdic i no necessita cap infraestructura complicada, ja que el material de laboratori utilitzat pot ser substituït per material d'ús domèstic. L'experiment permet estudiar aquests conceptes en un enfocament contextualitzat i interdisciplinari, la qual cosa afavoreix el desenvolupament d'habilitats i competències, amb un enfocament CTS.

paraules clau

Antocianines, extracte de fruita, indicador de pH, equilibri àcid/base, contextualització.

abstract

We propose a versatile and accessible experiment that uses dry ice and fruit anthocyanin extracts to demonstrate and discuss concepts such as *acidity*, *basicity*, *pH indicators* and *chemical equilibrium*. It is possible because anthocyanins are natural colorants that have the pH indicator properties and are present in several vegetal species. The experiment introduces these concepts in a contextualized and interdisciplinary approach, which favors the development of skills and competencies, with STS focus.

keywords

Anthocyanins, fruit extract, pH indicator, acid/base equilibrium, contextualization.

Introdução

Antocianinas (ACYS) são compostos orgânicos que dão cores a folhas, flores, frutas e até raízes de várias espécies vegetais (figura 1), podendo variar entre laranja, rosa, vermelha, violeta e azul. Uma das principais funções de ACYS nas flores e frutas é atrair agentes polinizadores e dispersores de sementes (Harbone, 1994). Nas folhas, ACYS atuam como fotoprotetores da radiação ultravioleta e antioxidantes (Oren-Shamir, 2009). A cor da solução de extratos de ACYS varia com o pH do meio e por isso podem ser usados como indicadores naturais de pH (Terci e Rossi, 2002; Dias, Guimarães e Merçon, 2003).

Indicadores de pH são ácidos ou bases orgânicos fracos, nos quais remover ou adicionar um próton (H^+) modifica a estrutura molecular em solução, o que altera a cor da solução em função do pH. ACYS pertencem ao grupo de pigmentos naturais visíveis ao olho humano e suas transformações estruturais, causadas por variações de pH, são acompanhadas da mudança de coloração das soluções devido ao equilíbrio ácido/base das diversas espécies, representadas na figura 2. Em pH entre 1-2, soluções de ACYS têm cor vermelha, típica do cátion flavílico e ficam incolores em pH ~ 6, devido à estrutura carbinol. Com o aumento do pH, anidrobases são formadas e a cor tende a vio-

leta (pH entre 6,5 e 8) e azul (pH entre 9 e 12). Em meio fortemente alcalino, pH 13 a 14, há ruptura do anel heterocíclico e formam-se chalconas, que dão cor amarela à solução e podem precipitar, tornando o processo irreversível (Terci e Rossi, 2002).

Usar extratos naturais de ACYS em experimentos didáticos representa um recurso motivacional versátil de impacto visual devido à mudança de coloração da solução em função da alteração de pH. Isto representa ferramenta potencial para ensinar Química, inclusive na educação não formal e em propostas de divulgação científica.

Como fonte de ACYS, a princípio, há inúmeras opções principalmente de frutas de acordo com a disponibilidade da região e da época do ano. A coloração de vermelho intenso a violeta é indicativo da presença de ACYS. Alguns testes simples devem ser feitos para evitar a confusão com outros corantes naturais dessa tonalidade que não servem como indicadores de pH, embora possam até mudar de cor em diferentes valores de pH mas sem reversibilidade, como as betalaínas, comuns em beterrabas (Kanner, Harel e Granit, 2001). Uma boa opção é tratar o extrato obtido com a fruta de interesse adicionando-se alternadamente pequenas quantidades de solução ácida (sugestão HCl 0,10 mol/L ou vinagre) e de solução alcalina

(sugestão NaOH 0,10 mol/L ou limpador multiuso), observando-se a cor resultante. Espera-se que com ácido o extrato fique avermelhado e com solução alcalina assuma coloração azul ou esverdeada, tendendo a amarelo. A confirmação da presença de ACYS se dá pela reversão de cor do extrato com a adição de diversas alíquotas de ácido e álcali. Outros corantes vermelhos ou roxos dificilmente mudam de cor de forma reversível nessas condições de variação de pH.

Elaboramos um experimento didático que emprega extratos de ACYS para ilustrar conceitos químicos de forma simples e lúdica, buscando contextualizar e fortalecer a articulação da teoria com a prática. Essas e outras vantagens, como a possibilidade do experimento ser inserido na apresentação teórica sem romper a continuidade dos conceitos trabalhados, aliadas à motivação e ao interesse que despertam nos estudantes, dispendo-os para a aprendizagem, potencializam o aproveitamento didático da demonstração experimental (Gaspar e Monteiro, 2005). Numa perspectiva Vygotskyana, a presente proposta prática oferece opções de contextualização para preencher lacunas cognitivas próprias de conceitos científicos, enriquecendo e fortalecendo conceitos espontâneos envolvidos com a atividade (Gaspar e Monteiro, 2005).

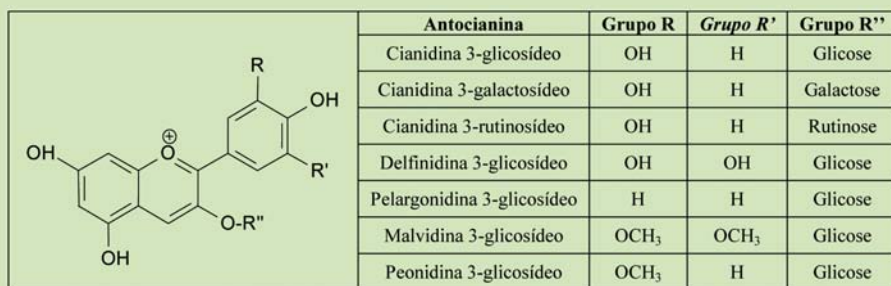


Figura 1. Estrutura genérica de algumas antocianinas.

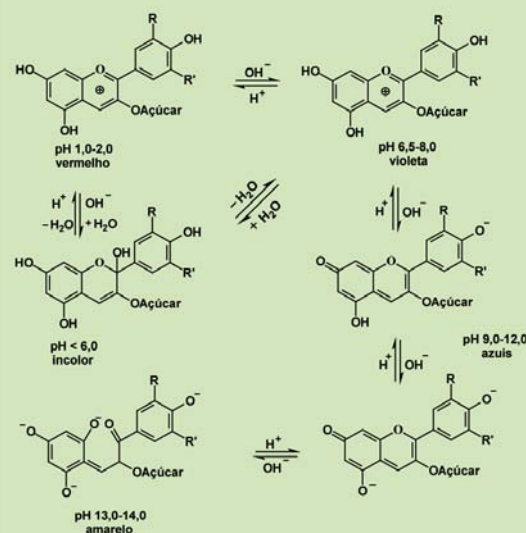


Figura 2. Transformações estruturais de antocianinas com mudanças no pH do meio.

A importância da contextualização na experimentação

É comum associar-se o sabor de alguns alimentos com a presença de ácidos ou bases: limão e laranja contêm ácido cítrico, enquanto a banana verde tem sabor adstringente, característico de substâncias alcalinas. Mas não se deve levar à boca qualquer substância para testar sua acidez ou basicidade, para isso servem os indicadores de pH. Obter esses indicadores a partir de fontes naturais facilita realizar experimentos contextualizados simples e acessíveis, aproveitando os aspectos favoráveis da ludicidade como estratégia de motivação para fomentar atitudes que contribuam para aprendizagem em espaço de educação formal ou não formal.

A utilização de frutas nativas, como é proposto neste experimento, que podem ser adquiridas no comércio local ou colhidas pelos estudantes, permite introduzir discussões sobre biodiversidade e ecologia, história, dentre outras. Isto contribui para articular estratégias contextualizadas, que favorecem o desenvolvimento de habilidades e competências importantes para a formação do cidadão, com enfoque CTS (Ciência/Tecnologia/Sociedade) (Santos, 2007). A partir desta abordagem, a conceituação de ácidos, bases e pH é favorecida, podendo ser associada a vários sistemas reais e conhecidos. Como exemplos a serem desenvolvidos, citamos o sangue cujo controle de pH é indispensável para a saúde do organismo; as faixas de pH adequadas de solos para crescimento das plantas, com desdobramentos sociais e econômicos; a acidez ou basicidade de diversos produtos de limpeza e materiais de uso doméstico, além do efeito destacado do pH em fenômenos de impacto ambiental, como a chuva ácida

Parte experimental

Materiais e reagentes

- Água
- Gelo seco (CO_2 (s))
- Erlenmeyer de 125 mL (ou copo transparente)
- Fruta ou outro vegetal que contenha ACYS (amora, jabuticaba, uva, jambolão, jussara, morango, mirtilo (blueberry ou arándano), framboesa, repolho roxo)
- Papel filtro (coador de café)
- Soda cáustica ou pastilhas de NaOH
- Placa de agitação e barra magnética

Procedimento

- 1) Prepare o extrato de ACYS por imersão das frutas em água corrente morna, na proporção aproximada de 1:3 m/v, por 30 minutos. Em seguida filtre a solução em papel filtro convencional (coador de café).
- 2) Para iniciar a visualização, adicione 5 mL do extrato de ACYS e 20 mL de água em um Erlenmeyer de 125 mL. Acrescente uma barra magnética para agitação e coloque o sistema sobre uma placa de agitação, como ilustrado na figura 3, observando com atenção a cor da solução.
- 3) Adicione uma pastilha de NaOH e agite manualmente até que a coloração do extrato de ACYS passe para a coloração azul, o que indica meio alcalino. Posicione o erlenmeyer sobre o centro da placa de agitação.
- 4) Sem agitar, junte um pequeno fragmento de gelo seco e observe por alguns segundos até a coloração da solução passar a vermelho. Isto indica meio ácido.
- 5) Reinicie a agitação para favorecer a dissolução da pastilha de NaOH e observe que a solução retornará para a coloração azul.
- 6) Interrompa a agitação. Com gelo seco sobrando, a dissolução do CO_2 na solução vai reduzindo o pH no sistema até tornar o meio ácido, o que é indicado pela coloração avermelhada que é observada. A figura 4 ilustra a sequência de mudanças na coloração da solução, sendo que A representa a dissolução do gelo seco e B representa a dissolução da pastilha de NaOH.

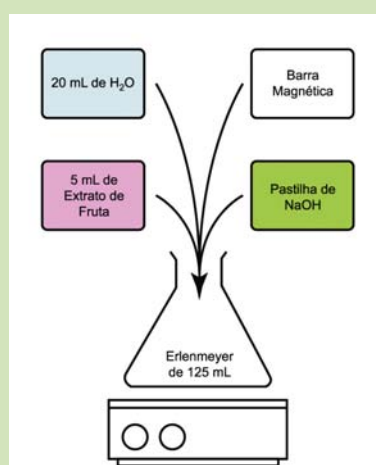


Figura 3. Procedimentos iniciais para execução do experimento.

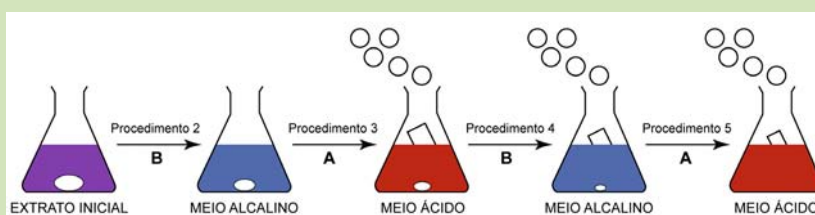


Figura 4. Ilustração da dinâmica do experimento.

- 6) A alternância de cores na solução pode ser observada várias vezes, adicionando-se mais NaOH ou gelo seco para ajustar as concentrações das espécies.

Resultados e discussão

A mudança de cor da solução está relacionada com os conceitos químicos de acidez e basicidade. O extrato de ACYS é um indicador natural de pH, que assume cor vermelha em meio ácido e azul em meio alcalino, na ausência de cátions metálicos como Fe^{3+} . As pastilhas de NaOH e o gelo seco alteram o pH do extrato, como resultado de sua interação em solução.

Destacamos alguns aspectos favoráveis da utilização de extratos naturais de ACYS e a acessibilidade do experimento que não envolve reagentes especiais. Usar extrato natural traz perspectivas de interdisciplinaridade, pois a escolha da fonte de ACYS remete a discussões e valorização de regionalidades, geografia, ecologia e educação ambiental, dentre outros aspectos.

Neste trabalho, destacamos o uso de frutos de jussara como fonte de ACYS como opção regional que também permite problematizar outros aspectos interdisciplinares principalmente relacionados com ecologia e educação ambiental.

Apresentamos algumas informações sobre a fonte de ACYS escolhida para ilustrar os desdobramentos de perspectivas de abordagem. A jussara (*Euterpe edulis Mart*) é uma palmeira nativa da Floresta Ombrófila Densa, comumente encontrada na costa litorânea brasileira, desde o Rio Grande do Sul, até Rio Grande do Norte, que também pode ser encontrada em algumas regiões da Argentina e Paraguai (Henderson, 2000). Esta espécie que está ilustrada na figura 5 está ameaçada de extinção devido à extração predatória do seu palmito e de outros atrativos como sua madeira leve, resistente e durável, que serve para ser usada como ripas nos telhados das casas no interior do Brasil. Ainda



Figura 5. Jussara: palmeira (5 a 10 m de altura) e frutos (diâmetro da ordem de 15 mm).

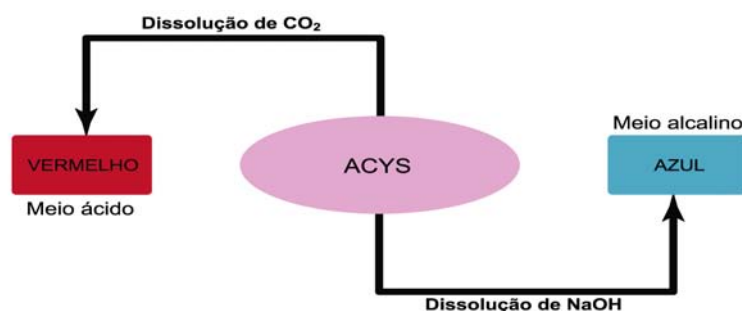


Figura 6. Processos responsáveis pela alteração do pH do meio.

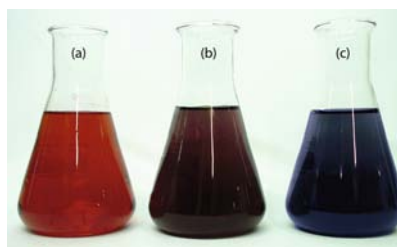


Figura 7. Extrato de antocianinas de jussara: a) em meio ácido, b) extrato bruto (sem alteração de pH) e c) em meio alcalino.

assim, seu maior retorno econômico vem do fruto, do qual se extrai um suco muito semelhante ao popular açaí. A proposta de uso desse fruto neste experimento representa uma forma de incentivo à conservação da espécie, já que a coleta dos frutos não causa qualquer dano à palmeira, ao contrário de outras formas de exploração.

Com relação às transformações químicas envolvidas no experi-

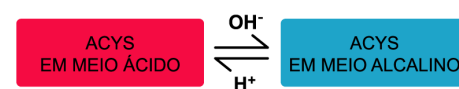
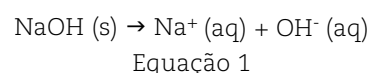


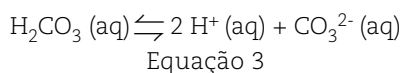
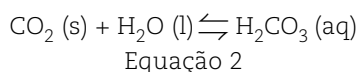
Figura 8. Representação simplificada do equilíbrio associado à mudança de cor da solução que envolve antocianinas.

mento proposto, vamos detalhar cada etapa relacionada com a variação de cor no extrato de ACYS, conforme apresentado na figura 6.

Quando se adiciona soda cáustica ou a pastilha de NaOH, ocorre a dissolução do hidróxido, representada na Equação 1, que contribui para aumentar o pH do meio.



Gelo seco em água contribui para reduzir o pH do meio devido às transformações descritas nas Equações 2 e 3.



O esquema da figura 6 ilustra essas interações e seus efeitos observados a partir da coloração da solução que contém o extrato de ACYS.

A figura 7 mostra as colorações obtidas para o extrato de ACYS de jussara: a) em meio ácido pela dissolução do CO_2 , b) extrato inicial e c) em meio alcalino pela dissolução da pastilha de NaOH.

A alteração do pH do meio modifica a estrutura das ACYS que funcionam como indicadores naturais de pH e mudam a cor da solução. O equilíbrio associado à mudança de cor da solução que envolve ACYS está representado simplificada na figura 8, uma vez que ACYS são compostos orgânicos com vários grupos que podem ser protonados/desprotonados em diversos valores de pH, o que origina diversas cores diferentes em solução. As transformações estruturais de ACYS em função do pH, que estão diretamente relacionadas com as mudanças de coloração da solução foram discutidas na introdução e estão apresentadas na figura 2.

A agitação do sistema promove a dissolução de NaOH e CO_2 no extrato de ACYS. A variação das concentrações de H^+ e OH^- alteram as condições do sistema e promovem a alternância da coloração da solução, devida à reversibilidade das reações de protonação/desprotonação e alternância da forma de ACYS predominante em relação às outras. Ocorre variação da razão entre as con-

centrações de reagentes e produtos.

As reações químicas não levam à completa conversão de reagentes em produtos, ocorre uma busca por um estado de maior estabilidade denominado equilíbrio químico (Sabadini e Bianchi, 2007). No estado de equilíbrio, reagentes e produtos coexistem em concentrações cuja razão é constante (Skoog *et al.*, 2007). Em soluções de ACYS, há coexistência de formas protonadas e desprotonadas que se autoconvertem de acordo com a concentração de H^+ e OH^- no sistema, o que, no caso do experimento, varia de acordo com a dissolução de NaOH e CO_2 . Quando o estado de equilíbrio é estabelecido, a solução assume a coloração da espécie cuja concentração é predominante. Como ACYS em solução apresentam várias estruturas diferentes (cátion flavílico, carbinol, anidrobases e chalconas) em valores de pH intermediários, a solução assume coloração característica da espécie predominante do referido pH, predominando a cor vermelha em meio ácido que muda para azul com o aumento do pH, podendo ficar amarelo em meio fortemente alcalino, num processo irreversível de formação de chalconas (figura 9).

Há vários detalhes do experimento que favorecem desdobramentos interessantes para a abordagem de diversos outros conceitos. Por exemplo, a «fumaça» criada pela sublimação do gelo seco gera um efeito atraente para despertar interesse e curiosidade, oportunizando discussões sobre mudanças de estados físicos, dissolução de gases em líquidos, dentre outros temas.

O experimento é muito acessível, pois aceita adaptações para facilitar sua execução, além disso não são usados reagentes tóxicos nem são gerados resíduos que precisem ser tratados (tudo pode ser descartado em pia, após a devida neutralização, sem custos operacionais nem riscos de contaminação). Toda a vidraria pode ser substituída por material de uso doméstico, com um copo transparente no lugar do erlenmeyer (o extrato pode ser facilmente obtido de forma análoga à preparação de chás) e agitação manual substituído o agitador magnético. Assim o experimento dispensa infraestrutura laboratorial. A possibilidade de usar qualquer fruta que contenha ACYS para produção do extrato, além de expandir a discussão para questões interdisciplinares, aumenta a facilidade de execução do experimento, podendo ser apro-



Figura 9. Estudantes realizando o experimento e observando a coloração do extrato de ACYS em meio ácido.

veitadas frutas e vegetais da estação, tomando-se o cuidado de confirmar a presença de ACYS e verificar a variação de cores correspondentes, já que ligeiras diferenças nas colorações podem ocorrer.

Finalizamos apontando que o experimento proposto é acessível e versátil, permitindo introduzir diversos conceitos químicos: acidez, basicidade, indicadores naturais de pH, sublimação, dissolução de gases em líquidos, equilíbrio químico, além de propiciar a abordagem de questões interdisciplinares. É possível aprofundar e questionar esses temas, estimulando o levantamento e a verificação de hipóteses para a explicação dos fenômenos observados. Com abordagem lúdica e instigante, há aspectos motivacionais com potencial para envolver crianças e jovens numa atividade de aprendizado, dispensando a necessidade de infraestrutura laboratorial, sem envolver materiais tóxicos, com a perspectiva de usar vegetais típicos da região ou da estação como fontes de ACYS e permitindo abordagem interdisciplinar. A possibilidade de aplicação do experimento é ampla e não se limita ao espaço escolar.

Questões para discussão

- Quais frutas ou vegetais servem como fontes de ACYS?
- Por que as antocianinas podem atuar como indicadores naturais de pH?
- Como o dióxido de carbono (CO_2) pode alterar o pH de uma solução aquosa?
- O que é sublimação?
- Por que a agitação pode acelerar reações químicas? Discuta outros fatores que também proporcionam maiores velocidades às reações.

Num espaço escolar, posteriormente, podem ser formados grupos para discutir questões interdisciplinares destacadas pelo professor, para articulação com outras temáticas. Outra opção é um debate mediado entre grupos,

num contexto CTS e com a participação de outros professores da turma. Isto deve expandir o impacto da atividade, cujo conteúdo pode ser aproveitado em outras aulas, numa interessante ação interdisciplinar.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pelo apoio financeiro e a toda equipe do GPQUAE – Grupo de Pesquisas em Química Analítica e Educação que contribuiu na realização do trabalho.

Referências

- DIAS, M. V.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. (2003). «Corantes naturais: Extração e emprego como indicadores de pH». *Química Nova na Escola*, 17: 27-31.
- GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. C. (2005). «Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: Uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky». *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(2): 227-254.
- HARBONE, J. B. (1994). *The flavonoids: Advanced in research since 1986*. Nova Iorque: Chapman and Hall.
- HENDERSON, A. (2000). «The genus Euterpe in Brazil». Em: REIS, M. S.; REIS, A. [ed.]. *Euterpe edulis Martius (Palmito): Biologia, conservação e manejo*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues.
- KANNER, J.; HAREL, S.; GRANIT, R. (2001). «Betalains: A new class of dietary cationized antioxidants». *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11): 5178-5185.
- OREN-SHAMIR, M. (2009). «Does anthocyanin degradation play a significant role in determining pigment concentration in plants?». *Plant Science*, 177: 310-316.
- SABADINI, E.; BIANCHI, J. C. A. (2007). «Ensino do conceito de equilíbrio químico: Uma breve reflexão». *Química Nova na Escola*, 25: 10-13.
- SANTOS, W. L. P. (2007). «Contextualização do Ensino de Ciências por

meio de temas CTS em uma perspectiva crítica». *Ciência & Ensino*, número especial (1). <http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/149/120> [Acesso: 20 Outubro 2010].

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. (2007). *Fundamentos de química analítica*. São Paulo: Thomson.

TERCI, D. B. L.; ROSSI, A. V. (2002). «Indicadores naturais de pH: Usar papel ou solução?». *Química Nova*, 4(25): 684-688.



Adriana Vitorino Rossi

é docente do Instituto de Química e diretora educacional do Museu Exploratório de Ciências, UNICAMP (Campinas, Brasil). Bacharel tecnológica e licenciada em Química, mestre e doutora em Química Analítica. Atua em química analítica e ensino de química e coordena o Grupo de Pesquisas em Química Analítica e Educação (<http://gpquae.iqm.unicamp.br>). E-mail: adriana@iqm.unicamp.br



Gustavo Giraldi Shimamoto

é graduando do Instituto de Química nas modalidades bacharelado e licenciatura em Química da UNICAMP (Campinas, Brasil). Desenvolve projeto de pesquisa «Iniciação Científica na área de Química Analítica e Ensino de Química», financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo. E-mail: g071092@iqm.unicamp.br