Uso de calculadoras gráficas no ensino da Química Experimental:

medição de valores de pH em misturas ácido-base

ANA P. CARVALHO¹, ABEL J. DUARTE^{2,3}, JOÃO M. ROCHA¹,
ELISETE BEIRÃO³, M. JOÃO RAMALHOSA^{2,3}, M. EDUARDA CARONA⁴,
LUÍS REIS⁴ E CRISTINA DELERUE-MATOS^{1,2,3*}

Introdução

As calculadoras gráficas estão essencialmente associadas a actividades matemáticas tais como a manipulação de expressões algébricas, cálculo de derivadas, integração, curvas de regressão e tratamento estatístico.

A partir do ano lectivo 1996/97 o Ministério da Educação aconselhou o uso destas calculadoras na disciplina de Matemática do ensino secundário. No ano seguinte, passaram a ser obrigatórias para o 10.º ano de escolaridade, podendo os exames nacionais, a partir de 2000, incluir questões específicas cuja resolução envolva este tipo de ferramentas. Com a revisão dos programas do ensino secundário, em vigor a partir de 2004/05, na disciplina de Físico-Química “advoga-se o uso de calculadoras gráficas” e afirma-se que “...muitas das experiências podem ser realizadas com equipamento alternativo, nomeadamente sensores e interfaces ligados a computadores ou a calculadoras gráficas”[1]. No entanto, apesar de nos últimos anos estas calculadoras se terem tornado material obrigatório a qualquer aluno que frequente um curso do domínio das Ciências, a maior parte desses alunos ignoram ou subestimam as suas enormes potencialidades, usando-as apenas para fazer pequenas operações

algébricas e aritméticas. As calculadoras gráficas são poderosos computadores de palmo e meio, que ligados a diferentes sensores, através de interfaces, transformam-se em equipamentos de medida. O aluno possuidor de uma calculadora gráfica, pode assim contribuir para a montagem do laboratório de ensino ao ser portador do seu próprio equipamento.

Neste trabalho apresentam-se os resultados obtidos com a utilização de calculadoras TI-83 Plus (Texas Instruments™) ligadas a sensores de pH através de uma interface CBL2 (Calculator-Based Laboratory), na determinação experimental de valores de pH de soluções [2, 3]. Os ensaios foram realizados em aulas laboratoriais de Química Geral, com alunos do 1.º ano dos Cursos de Engenharia Química (Instituto Superior de Engenharia do Porto) e Engenharia Alimentar, Engenharia do Ambiente, Microbiologia e Bioinformática (Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa).

Actividade na sala de aula: medição do valor de pH em misturas aquosas de um ácido fraco com uma base forte usando um sensor de pH

Objectivos

- Usar calculadoras gráficas acopladas a sensores de pH como equipamento de medida do valor de pH de soluções aquosas
- Determinar a variação do valor de pH ao longo da adição de uma base forte a um ácido fraco

Procedimento experimental

Material:

- copo de 100 mL
- matraz de 200 mL
- pipeta volumétrica de 40,00 mL
- bureta de 25,00 mL
- esguicho com água desionizada

Reagentes:

- Soluções tampão de pH=4,0 e pH=7,0
- Solução padronizada de ácido acético 0,010 mol/L
- Solução padronizada de hidróxido de sódio 0,020 mol/L

Equipamento:

- Calculadora TI-83 Plus (ou versão superior) com a aplicação DataMate; este programa pode ser obtido por transferência do CBL2
- Interface de recolha de dados CBL2
- Cabo de ligação do CBL2 à calculadora
- Sensor de pH (Vernier™)

Ficha de identificação de riscos, medidas preventivas e correctivas:

Analisar as indicações dos rótulos das embalagens dos reagentes: símbolos, frases indicadoras de risco, recomendações de prudência e eliminação dos resíduos. Consultar a ficha de segurança dos reagentes utilizados existente noutras fontes [4]

A partir da informação recolhida proceder ao preenchimento da ficha (ver caixa)

¹ Escola Superior de Biotecnologia, Universidade Católica Portuguesa, Porto, Portugal

² REQUIMTE, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal

³ Instituto Superior de Engenharia do Porto, Instituto Politécnico do Porto, Portugal

⁴ Grupo de Trabalho T3 da Associação de Professores de Matemática

*Autor para contacto: cmm@isep.ipp.pt

Ao entrar no laboratório deverá usar bata, óculos de protecção e luvas

Montagem do equipamento (Figura 1):

Ligar o cabo do sistema CBL2 à calculadora e o sensor de pH ao canal 1 (CH1) do CBL2

Premir a tecla **APPS** da calculadora

Seleccionar a opção **DataMate** e premir **Enter** (ou a tecla correspondente à opção). No monitor da calculadora poder-se-á verificar o reconhecimento do sensor de pH e o respectivo canal (CH1) ao qual este se encontra ligado

Premir 1: **Setup** para aceder ao ecrã de configuração

Calibração do sensor de pH:

Premir 2: **Calibrate**

Seleccionar a opção **Calibrate Now** do ecrã **Calibration**, premindo novamente a tecla 2. Nesta altura pode já ser visualizado no ecrã o valor da diferença de potencial

Retirar a cápsula com a solução de acondicionamento do eléctrodo de pH, lavar com água desionizada e secar com papel absorvente macio

Introduzir o eléctrodo na solução tampão de pH=4,0, deixar estabilizar o valor da diferença de potencial e premir Enter. A calculadora pedirá o valor do pH ao qual correspondeu a diferença de potencial medida, pelo que se deverá registar o valor "4"

Retirar o eléctrodo da solução tampão pH=4,0, lavar abundantemente com água desionizada e secar com papel absorvente

Introduzir o eléctrodo na solução tampão de pH=7,0 e repetir o processo, registando o valor "7"

Premir 1: **OK** no ecrã **Calibration**

Antes de iniciar as leituras de pH, mantenha o eléctrodo mergulhado num copo com água desionizada. É importante evitar que o eléctrodo de pH esteja em contacto com o ar durante muito tempo

Medição do valor de pH das soluções:

Mover o cursor para a opção **Mode** e premir **Enter**

Premir 2: **Time graph**. Esta opção faz a recolha de pontos num período de tempo pré-seleccionado, sendo uma opção aconselhável para um primeiro contacto dos alunos com este sistema

Nota: Opcionalmente, poder-se-ia escolher, no mesmo ecrã, a opção Events with entry, seguida de OK e seleccionando Start para a recolha de dados. Neste caso, após a estabilização do valor do pH com o sensor mergulhado na solução, iniciar-se-ia o primeiro registo, premindo Enter e introduzir-se-ia o valor 0, correspondente ao volume de solução de hidróxido de sódio inicial. Este procedimento seria repetido para cada um dos restantes valores de volume de solução adicionados. No final premir-se-ia a tecla Sto

Premir 1: **OK**

Medir, com pipeta volumétrica, 40,00 mL da solução aquosa de ácido para o matraz

Encher a bureta com a solução aquosa de hidróxido de sódio

Retirar o eléctrodo de pH do copo com água desionizada, secá-lo cuidadosamente com papel absorven-

te macio e colocá-lo no matraz que contém a solução de ácido acético

Premir 2: **Start**

O pH da mistura vai ser determinado em 5 pontos, correspondentes à adição dos seguintes volumes finais de solução aquosa de hidróxido de sódio: 0 mL, 3 mL, 10 mL, 20 mL e 30 mL. Deste modo, após a adição de cada um dos volumes de solução aquosa de hidróxido de sódio acima definidos, deve-se agitar o matraz e registar manualmente o valor do pH obtido após estabilização do seu valor

Lavar e secar o eléctrodo de pH, recolocando-o na solução de acondicionamento

Recolher os resíduos e colocá-los nos respectivos recipientes de recolha

Relatório

- Traçar um gráfico da variação do valor de pH da solução em função do volume de solução de hidróxido de sódio adicionado
- Calcular teoricamente o valor de pH da mistura para a adição de cada um dos volumes de solução aquosa de hidróxido de sódio indicados

Figura 1
Montagem do equipamento

Figura 2 Variação nos valores de pH (teóricos e experimentais) das misturas resultantes da adição de soluções aquosas de hidróxido de sódio com ácido acético

- Comparar os valores de pH obtidos experimentalmente com os previstos teoricamente, sugerindo explicações para as possíveis diferenças observadas

Análise da actividade

Na actividade proposta estiveram envolvidos 230 alunos, organizados maioritariamente em pares, o que permitiu obter

cerca de 100 relatórios. O tratamento dos resultados está sintetizado na Figura 2. As cinco representações designadas por a, b, c, d e e identificam os valores de pH obtidos pelos vários grupos de alunos, para cada um dos 5 pontos acima mencionados: o gráfico a corresponde aos valores de pH da solução aquosa de ácido acético, e os gráficos b, c, d e e aos valores de pH da mistura de solução aquosa de ácido acético com 3,00, 10,00, 20,00 e 30,00 mL de solução aquosa de hidróxido de sódio, respectivamente. O valor médio de pH e o intervalo de ± 2 desvios padrão estão indicados pelas linhas horizontais.

Na parte inferior da Figura 2, pode-se observar a variação dos valores de pH teóricos em função do volume de solução aquosa de hidróxido de sódio. Ao longo da linha teórica estão assinaladas os valores médios de pH, nos 5 pontos experimentais testados e os intervalos de variação correspondentes a ± 2 desvios padrão. A utilização destes intervalos não foi indicada com o propósito de delimitar um intervalo de precisão, uma vez que a esse intervalo, não está asso-

Figura 3 Aspecto de uma aula laboratorial

ciado nenhum grau de confiança; esta representação gráfica apenas permite visualizar melhor a dispersão ocorrida em cada um dos pontos seleccionados e comparar os resultados obtidos.

Os valores médios de pH são muito próximos dos valores teóricos (obtendo-se, respectivamente, de a para e, 0,9, 2,6, 2,1, 0,9 e 1,4% de desvio absoluto relativamente ao valor teórico). Da análise dos resultados obtidos pelos alunos, verifica-se que a menor dispersão (desvio padrão de 0,09) ocorre na medição de pH na solução aquosa de ácido acético, gráfico a, dispersão essa que reflecte essencialmente erros na preparação da solução (vários alunos e escolas diferentes).

A partir da adição de uma segunda solução (gráficos b, c, d e e) a dispersão aumenta devido à existência de erros não só na preparação dessa segunda solução, como também na medição dos diferentes volumes de base requeridos. Este efeito acentua-se com o aumento das sucessivas adições de solução aquosa de hidróxido de sódio: obteve-se um desvio padrão de 0,25, 0,24 e 0,55 respectivamente nas situações b, c e e.

A adição de 20,00 mL de solução aquosa de hidróxido de sódio corresponde ao ponto de neutralização da reacção ácido-base. Neste caso (gráfico d), o desvio padrão é de 2,14. Este incremento no desvio pode ser justificado pelo facto de, nesta situação particular, pequenas variações na medição dos volumes adicionados conduzirem a valores significativamente diferentes de pH, para além de continuar a reflectir-se o acumular de erros anteriormente descritos.

Considerações finais

A experiência desenvolvida comprova a capacidade do uso de calculadoras gráficas acopladas a sensores de pH em laboratórios de Química como equipamento de medição, aquisição e tratamento de dados. Um inquérito permitiu verificar que 71% dos alunos envolvidos nesta experiência não conheciam esta extensão das calculadoras gráficas; no entanto, após a realização experimental, 87% classificaram a utilização das calculadoras para este objectivo como sendo fácil.

A metodologia adoptada utilizou uma abordagem interdisciplinar, contribuindo

para a consolidação de conteúdos científicos apreendidos anteriormente de uma forma compartimentada e permitindo uma percepção da investigação de uma forma menos explorada em currículos de cursos superiores da área de ciências e engenharia, mas mais realista.

Agradecimentos

À TEXAS INSTRUMENTS, pelo empréstimo de todo o equipamento utilizado (<http://education.ti.com/portugal>). Aos técnicos envolvidos na preparação e apoio às aulas, Eng.ª Maria Rosa Silva e Eng.º Amadeu Ricardo.

Bibliografia

- 1 Programa de Física e Química A, 10.º ou 11.º anos: http://www.iie.min-edu.pt/programs/prog_hom/fisica_quimica_a_10_homol_nova_ver.pdf
- 2 Donald L. Volz, Sandy Sapatka, Physical Science With CBLTM, Vernier Software, Portland, Oregon, 1997.
- 3 Materiais do Grupo de Trabalho T3 – APM
- 4 <http://www.pt.vwr.com/app/GenericPage? page?=/search/msds.jsp>

Ficha de identificação de riscos, medidas preventivas e correctivas

Actividade	Risco	Medida preventiva	Medida correctiva