

## Kit Experimental para Análise de CO<sub>2</sub> Visando à Inclusão de Deficientes Visuais

**Rosângela da Silva, Marçal J. R. Pires, Carla M. N. Azevedo, Concetta S. Ferraro e Estrella Thomaz**

Neste estudo, foi desenvolvido um *kit* para a amostragem e quantificação gravimétrica de CO<sub>2</sub> no ar ambiente, utilizando materiais recicláveis e visando à inclusão de deficientes visuais. As adaptações, para a inclusão de alunos com necessidades especiais, compreenderam a elaboração de procedimentos, glossário, legendas e identificações no *kit* em sistema braille. Adicionalmente, houve a edição de um DVD (*Digital Versatile Disc*), traduzido também em linguagem libras para futura avaliação com deficientes auditivos. O *kit* acompanha um manual com orientações para o tutor ou professor. A primeira aplicação do *kit* foi na PUCRS, com um aluno deficiente visual, que possibilitou a verificação da exequibilidade do sistema desenvolvido para o experimento inclusivo. O *kit* também foi aplicado em uma turma de 1º ano de uma escola de ensino médio com a participação de um aluno deficiente visual. O resultado médio (380 ppmv de CO<sub>2</sub>) encontrado pelos três grupos da referida turma nas análises mostrou-se concordante quando comparado com os valores de literatura (368 ppmv).

► dióxido de carbono, quantificação gravimétrica, inclusão ◀

Recebido em 03/12/2013, aceito em 15/07/2014

4

A questão ambiental está cada vez mais presente no cotidiano da vida contemporânea e principalmente no desafio da preservação da qualidade de vida da população de nossas cidades. Nesse cenário, o processo educativo pode conduzir à formação de atores sociais, resultando em uma transição em direção à responsabilidade socioambiental. A educação ambiental desponta como um recurso para o reencantamento, abrindo possibilidades de novos conhecimentos, metodologias e habilidades numa perspectiva interdisciplinar de acordo com Jacobi (2001). Igualmente, Marques e colaboradores (2007) discutem o reflexo das questões ambientais e suas implicações pedagógicas no ensino de química.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), aproximadamente 24 % da população brasileira (45,6 milhões de pessoas) sofrem de algum tipo de deficiência física, mental ou sensorial. O interesse em trabalhar as questões ecológicas, incluindo o público com necessidades especiais, remete a uma reflexão sobre

sensibilização e o sentido mais íntimo de educação ambiental, ou seja, a deficiência visual não deve ser barreira para o contato com a natureza e há muitas iniciativas que estimulam a inclusão, mostrando que as belezas naturais, além de apreciadas com os olhos, podem ser também percebidas por outros sentidos (Jacobi, 2010).

Considerando a importância da educação ambiental e os novos desafios que se colocam à ciência e seu ensino, universidades, escolas técnicas e instituições de educação básica deverão oferecer meios efetivos para que cada aluno, incluindo o com algum tipo de deficiência, compreenda os fenômenos naturais, as ações humanas e suas consequências para o meio ambiente. Esse caminho pode ser trilhado incentivando o interesse dos alunos pelo desenvolvimento de tecnologias limpas, propondo atividades que contribuam para a sustentabilidade da biodiversidade e dos ecossistemas naturais, planejando e agindo de forma a minimizar a geração e emissão de poluentes, ao meio ambiente, por meio do tratamento e/ou o melhor aproveitamento dos materiais e seus resíduos.

Na literatura, são muito esporçosos os relatos de experimentos desenvolvidos para deficientes visuais ou auditivos. A química é uma disciplina de forte cunho experimental,

A seção "Química e sociedade" apresenta artigos que focalizam inter-relações entre Ciência e sociedade, analisando o potencial e as limitações da Ciência na tentativa de compreender e solucionar problemas sociais.

mas não se encontram práticas de laboratório construídas visando à aplicação em um público com qualquer deficiência. Entretanto, a política nacional educacional do Ministério da Educação (Brasil, 2007; 2008) estimula o aprendizado conjunto entre alunos com e sem deficiências, o que sem dúvida vem colaborando para a igualdade de condições dos deficientes. No entanto, nem os professores são suficientemente formados nem as estruturas educacionais têm a acessibilidade necessária para não isolar o deficiente. É necessário mudar a forma de conceber as práticas experimentais, não só incorporando os conceitos de sustentabilidade, mas também de acesso universal. Para Pereira e colaboradores (2007) e Gonçalves e colaboradores (2013), os experimentos devem ser elaborados para possibilitar a sua realização de forma integrada entre alunos cegos, surdos ou com dificuldades motoras e os demais alunos.

Diante do exposto, este estudo realizou adaptações no sistema alternativo para captura e quantificação de  $\text{CO}_2$  (denominado sistema alternativo A), desenvolvido anteriormente por Pires e colaboradores (2012), visando à produção de *kits* educacionais destinados à análise de  $\text{CO}_2$  presente no ar ambiente em aulas experimentais de química com a inclusão de indivíduos com necessidades visuais. A quantificação do  $\text{CO}_2$  foi realizada utilizando o método gravimétrico descrito por Boehnke e Delumyea (2000).

### Adaptações do sistema alternativo A para composição do *kit* Recycle $\text{CO}_2$

O sistema alternativo A, inicialmente desenvolvido e já aplicado em aulas de graduação da disciplina de Química Ambiental, na Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), para captura e quantificação de  $\text{CO}_2$  de forma sustentável (Pires et al., 2012), foi adaptado para a viabilização de sua utilização pelos indivíduos com necessidades educacionais especiais (cegos ou surdos).

As peças que compõem cada *kit* foram apropriadamente dimensionadas para serem acomodadas em uma embalagem confeccionada não somente para facilitar o transporte, mas também para permitir a identificação e o manuseio dos componentes principalmente pelos deficientes visuais.

Na Figura 1, que apresenta o *kit* Recycle  $\text{CO}_2$ , observa-se a embalagem (a) e a sua parte interna, mostrando a disposição dos materiais que compõem o *kit* (b). Essa disposição foi escolhida de acordo com a sequência do experimento para facilitar o reconhecimento tátil especialmente por parte dos indivíduos com deficiência visual. A estrutura para armazenar, com segurança, os componentes do *kit* foi feita com papelão reciclável rígido. A armação foi montada em uma superfície de papelão vazada para o perfeito encaixe dos materiais que receberam a identificação em números arábicos (com cores contrastantes) e em braille. Cabe salientar que o deficiente visual ou auditivo trabalhará inserido em uma equipe mista, sempre acompanhado de um professor ou tutor especialmente formado.

Na parte externa da embalagem, estão indicados nome do projeto e título do experimento, desenhos de fundo com

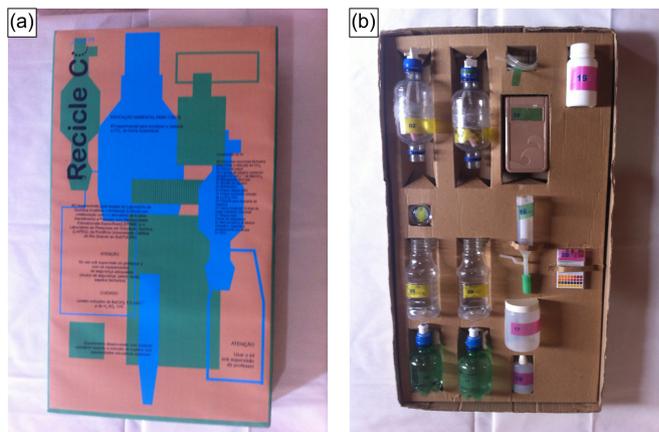


Figura 1: Embalagem do *kit* Recycle  $\text{CO}_2$  (a) e a sua parte interna, apresentando a disposição dos componentes (b).

silhueta do sistema de coleta e quantificação do  $\text{CO}_2$  do ar ambiente, logotipo, composição do *kit*, símbolo de reciclável, Código QR (sigla do inglês *Quick Response*), indicação da equipe responsável pelo desenvolvimento do trabalho, endereço e apoio recebido no estudo. Também é ressaltado na embalagem que o experimento deve ser feito sempre com o acompanhamento do professor ou tutor e com os equipamentos de segurança individuais (EPIs) necessários como óculos de proteção, jaleco, luvas, sapatos fechados e calças compridas. O *design* da embalagem bem como o logotipo do *kit* foram especialmente desenvolvidos por profissional da área.

O material também é composto por glossário, legenda dos itens componentes e procedimento de coleta e de análise  $\text{CO}_2$  (também em sistema braille), além de régua lupa como auxiliar de leitura para os alunos de baixa visão e de um DVD (*Digital Versatile Disc*) com vídeo demonstrativo do experimento, incluindo a tradução para linguagem libras (Figura 2). Todos os materiais que compõem o *kit* são identificados com números arábicos com cores contrastantes e também com os números em sistema braille. Ressalta-se que o trabalho em braille foi realizado considerando o documento oficial do Ministério da Educação *Grafia química braille para o uso no Brasil* (Brasil, 2011).

Para o professor, acompanha um manual, um estojo contendo uma folha de papel de filtro (A4), 02 tampas abre/fecha (extras), soluções de ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$  (100 mL) e  $\text{Ba}(\text{OH})_2$   $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  (300 mL). É importante esclarecer que, para que os alunos com deficiência visual ou auditiva obtenham um melhor aproveitamento do *kit*, faz-se necessário que eles estejam familiarizados com a linguagem braille ou libras, respectivamente.

### Manual do professor

O manual (Figura 2a) que acompanha o *kit* contém informações importantes para o professor ou tutor como os cuidados básicos e necessários ao serem utilizadas as soluções reagentes para o experimento, bem como as fichas de segurança dos produtos químicos empregados. Antes da manipulação dos reagentes, o professor deverá ler atentamente

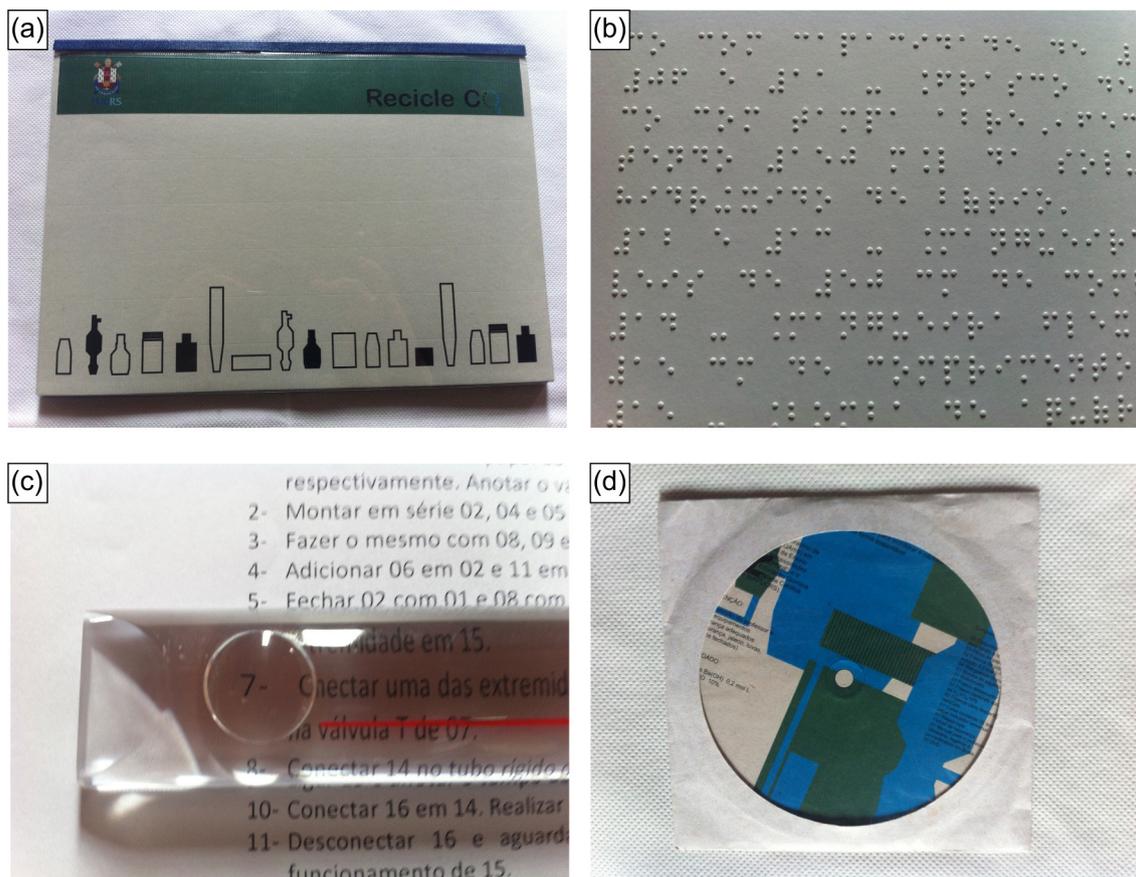


Figura 2: Visão geral do *kit* com demais componentes como o manual (a); procedimentos incluindo o sistema braille (b); régua lupa (c); e DVD incluindo linguagem libras (d).

as fichas de segurança e fazer os esclarecimentos necessários aos alunos. Deverá acompanhar o experimento, observando as medidas de proteção individual, manuseio e primeiros socorros em caso de necessidade.

### Montagem e operação do experimento para a determinação de $\text{CO}_2$ no ar ambiente

O procedimento com as operações de coleta e de análise de  $\text{CO}_2$  foi transcrito e impresso em sistema braille (Figura 2b) para os indivíduos cegos. O *kit* disponibiliza uma régua lupa para auxiliar a leitura de alunos com baixa visão (Figura 2c). Além disso, visando ao entendimento dos indivíduos com necessidades auditivas, foi traduzido para a linguagem libras e gravado em vídeo (Figura 2d).

O professor ou tutor deverá apresentar o material para os alunos para que todas as peças sejam identificadas e manipuladas por todos os indivíduos com ou sem deficiência. Recomenda-se que os alunos com deficiência visual façam o reconhecimento tátil de todas as partes do *kit*. Logo após, deverá ser apresentado o vídeo editado também na linguagem libras. O sistema é montado conforme a indicação do material que compõe o *kit* e a descrição feita no vídeo (Figura 3).

### Realizando o experimento

O experimento é iniciado com a medida de massa das

duas tampas abre/fecha contendo o papel filtro. A precisão dessa medida é muito importante. Assim, para o registro



Figura 3: *kit* Recycle  $\text{CO}_2$  montado para a realização do experimento: 01 e 07 – tampas adaptadas com válvula T, borbulhador e um tubo rígido; 02 e 08 – corpo dos frascos lavadores; 03 – caixa contendo os filtros de papel cortado no diâmetro interno da tampa abre/fecha para a retenção dos precipitados formados durante a reação; 04 e 09 – tampas abre/fecha adaptadas em rolhas; 05 e 10 – frascos de plástico com capacidade de 150 mL; 06 e 11 – frascos de plástico com tampa abre/fecha contendo 150 mL da solução de hidróxido de bário –  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ; 12 e 13 – mangueiras flexíveis de 50 cm de comprimento; 14 – mangueiras flexíveis de 15 cm de comprimento; 15 – bomba de aquário; 16 – bolhômetro; 17 – frasco dessecador; 18 – frasco contendo ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 1% v/v; 19 – frasco de plástico.

das massas, deve ser utilizada balança analítica (0,1 mg) ou semianalítica (1-10 mg). Diante da ausência desses instrumentos nas escolas, para não inviabilizar a atividade, sugere-se uma porta de integração entre a universidade e a escola básica que pode ser estabelecida por meio da formação de tutores para a aplicação do *kit*, os quais ficariam responsáveis pelas medidas de massa na própria universidade.

Após verificar a correta montagem do sistema, as duas soluções de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$   $0,1 \text{ mol L}^{-1}$  são transferidas individualmente para os dois frascos lavadores. Cada frasco contém 150 mL de solução, que têm tampas abre/fecha para facilitar a operação pelo deficiente visual.

Os frascos lavadores são fechados com as tampas e conectados à bomba de aquário. Nessas tampas, estão adaptadas a válvula T e suas conexões (pedra-pomes e tubo de plástico rígido). A coleta de  $\text{CO}_2$  do ar ambiente é realizada durante no mínimo 60 minutos sob ação da bomba. Deve-se medir e anotar o fluxo, a temperatura do ar ambiente e o tempo de coleta para os posteriores cálculos da concentração do  $\text{CO}_2$  no ar.

Após esse período, o sistema é desligado e deixado em repouso por 10 minutos para a sedimentação do precipitado formado ( $\text{BaCO}_3$ ). A filtração por gravidade é realizada a seguir no próprio sistema, apenas puxando a tampa abre/fecha. Após o término da filtração, as tampas abre-fecha contendo o precipitado são retiradas e transferidas para um dessecador até a obtenção de massa constante (medir as massas, registrando as finais). O dessecador é feito de material reciclado, utilizando como agente dessecante a sílica aproveitada de outras embalagens de produtos eletrônicos, medicamentos etc.

### Tratamento de resíduos gerados no experimento

Os excessos das soluções de hidróxido de bário e do filtrado podem ser tratados com solução ácida diluída, que neutralizará a base e também formará um precipitado insolúvel. Para tanto, adicionam-se algumas gotas da solução de ácido sulfúrico diluído, promovendo a precipitação do sulfato de bário ( $\text{BaSO}_4$ ) nos frascos dos filtrados.

Verifica-se o pH dos filtrados (com a fita de papel indicador universal, presente no *kit*) após a precipitação e retirada do  $\text{BaSO}_4$ , que devem estar entre 6,0 e 9,0, para posterior descarte no esgoto, de acordo com as Resoluções 357/2005 e 397/2008 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (Brasil, 2005; 2008).

Os precipitados de sulfato de bário e de carbonato de bário podem ser estocados e utilizados em outros experimentos. O carbonato de bário é uma excelente fonte de bário para diversas reações químicas por ser suficientemente reativo e por ter manipulação menos perigosa do que os óxido e hidróxido de bário. Com ele, pode-se preparar vários outros sais de bário, inclusive o nitrato de bário, que é uma das substâncias mais úteis na pirotecnia, sendo fonte de luz verde usada nos fogos de artifício.

### Cálculos da concentração de $\text{CO}_2$

Os cálculos podem ser realizados conforme indicado por Pires e colaboradores (2012), contudo, para melhor esclarecimento, foram elaboradas as Tabelas de 1 a 3. Na Tabela 1, é apresentado um modelo de planilha para acompanhamento das medidas do experimento com indicação de massas, temperatura, pressão, tempo, data e local da coleta de ar amostrado.

As Tabelas 2 e 3 apresentam modelos de planilhas para os respectivos cálculos do volume de ar amostrado, da massa

Tabela 1: Modelo de planilha para registros de parâmetros de medidas durante o experimento de coleta e quantificação de  $\text{CO}_2$  deste estudo.

| Parâmetro                                | Início | Final |
|--|--------|-------|
| Data da coleta                           |        |       |
| Local da coleta                          |        |       |
| Massa da tampa abre/fecha + filtro (g)   |        |       |
| Massa da tampa abre/fecha + filtro (g)   |        |       |
| Temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ ) |        |       |
| Pressão atmosférica (atm)                |        |       |
| Tempo de reação                          |        |       |

Tabela 2: Modelo de planilha para cálculo do volume de ar amostrado durante o processo de coleta com a utilização do *kit* Recicle  $\text{CO}_2$  deste estudo.

| Parâmetro                                | Observações                      | Resultado | Conversões   | Resultado |
|--|----------------------------------|-----------|--|-----------|
| Tempo de coleta (min)                    | -                                |           | -  |           |
| Volume de ar (L)                         | Tempo de coleta (60 min) *Vazão  |           | Vol. de ar/1000 ( $\text{m}^3$ )                                   |           |
| Tmédia ( $^{\circ}\text{C}$ )            | -                                |           | $^{\circ}\text{C} + 273,15$ (K)                                    |           |
| Tref ( $^{\circ}\text{C}$ ) <sup>1</sup> | -                                | 25        | $^{\circ}\text{C} + 273,15$ (K)                                    | 298,15    |
| Pref (atm)                               | -                                | 1         |  |           |
| Volume corrigido (L)                     | Vol. de ar*Tref em K/Tmédia em K |           | Vol. de ar em $\text{m}^3$ *Tref em K/Tmédia em K ( $\text{m}^3$ ) |           |
| Quantidade de matéria de ar (mol)        | $n = \text{PV}/\text{RT}$        |           | -  |           |
| massa de ar (g)                          | $m = n * \text{MMar}^3$          |           | -  |           |

<sup>1</sup> Tref = temperatura de referência; <sup>2</sup> Pref = pressão de referência; <sup>3</sup> MMar =  $28,84 \text{ g mol}^{-1}$

Tabela 3: Modelo de planilha de registros e cálculos da massa e quantidade de matéria para o BaCO<sub>3</sub> e CO<sub>2</sub> e da concentração (ppmv, µg m<sup>-3</sup>, mg m<sup>-3</sup> e %) de CO<sub>2</sub> obtidos durante o processo de coleta com a utilização do *kit* deste estudo.

| Parâmetro  | Observações  | Resultado |
|--|--|-----------|
| Massa inicial total do BaCO <sub>3</sub> e da tampa no sistema 1 (g) | Massa Tampa abre/fecha + filtro (início)   |           |
| Massa inicial total do BaCO <sub>3</sub> e da tampa no sistema 1 (g) | Massa Tampa abre/fecha + filtro (final)  |           |
| Massa de BaCO <sub>3</sub> no sistema 1 (g)                          | (Massa Tampa abre/fecha + filtro inicial)-<br>(Massa Tampa abre/fecha + filtro final)                      |           |
| Massa de CO <sub>2</sub> no sistema 1 (g)                            | Massa BaCO <sub>3</sub> * MMCO <sub>2</sub> <sup>2</sup> / MMBaCO <sub>3</sub> <sup>1</sup>                |           |
| Quantidade de matéria de CO <sub>2</sub> (mol)                       | Massa CO <sub>2</sub> /MMCO <sub>2</sub> <sup>2</sup>  |           |
| Massa da Tampa abre/fecha + filtro (início) no sistema 2 (g)         | -  |           |
| Massa da Tampa abre/fecha + filtro (final) no sistema 2 (g)          | -  |           |
| Recuperação no frasco 2 (%)  | Massa CO <sub>2</sub> Sistema 1/ (Massa CO <sub>2</sub> Sistema 1 +<br>Massa CO <sub>2</sub> Sistema) *100 |           |
| Recuperação no frasco 8 (%)  | Massa CO <sub>2</sub> Sistema 2/ (Massa CO <sub>2</sub> Sistema 1 +<br>Massa CO <sub>2</sub> Sistema) *100 |           |
| Massa de BaCO <sub>3</sub> no sistema 2 (g)                          | (Massa Tampa abre/fecha + filtro inicial)-<br>(Massa Tampa abre/fecha + filtro final)                      |           |
| Massa de CO <sub>2</sub> no sistema 2 (g)                            | Massa BaCO <sub>3</sub> (s)* MMCO <sub>2</sub> <sup>2</sup> / MMBaCO <sub>3</sub> <sup>1</sup>             |           |
| Quantidade de matéria de CO <sub>2</sub> (mol)                       | Massa CO <sub>2</sub> /MMCO <sub>2</sub> <sup>2</sup>  |           |
| Massa total de CO <sub>2</sub> (g)                                   | -  |           |
| Quantidade total de matéria de CO <sub>2</sub> (mol) em:<br>(ppmv)   | -<br>(Quantidade total de matéria de CO <sub>2</sub> / quantidade de ma-<br>téria de ar)*1000000           |           |
| (%)  | ((Quantidade total de matéria CO <sub>2</sub> / quantidade de<br>matéria de ar) *1000000)/10000            |           |
| (µg m <sup>-3</sup> )  | Massa total CO <sub>2</sub> *1000000/Volume corrigido em m <sup>3</sup>                                    |           |
| (mg m <sup>-3</sup> )  | (Massa total CO <sub>2</sub> *1000000/Volume corrigido em m <sup>3</sup> )/1000                            |           |

e da quantidade de matéria obtidos para o BaCO<sub>3</sub> e CO<sub>2</sub>, bem como da concentração de CO<sub>2</sub> acumulado durante o processo de coleta com o *kit* Recicle CO<sub>2</sub>. Embora as planilhas sejam autoexplicativas, por apresentarem as fórmulas necessárias para a obtenção dos resultados mencionados acima, o professor deverá orientar os alunos sobre o seu correto preenchimento.

### Aplicação do *kit*

A primeira aplicação do *kit* foi realizada com um aluno deficiente visual do ensino superior da PUCRS, gerando o envio de um vídeo para a participação do concurso elaborado pela Sociedade Brasileira de Química – SBQ 2012 – intitulado *O legado da Rio+20: que futuro queremos*. O aluno deficiente visual tinha conhecimentos em braille e não encontrou dificuldades na leitura dos procedimentos e na execução do experimento pela facilidade da disposição das peças no *kit*. Entretanto, sempre foi acompanhado pela equipe responsável. A segunda aplicação foi com uma turma de 20 alunos do 1º ano do ensino médio, sendo um deles deficiente visual, em uma escola da cidade de Porto Alegre (RS).

Inicialmente foram realizadas oficinas, na PUCRS, ministradas pela equipe do projeto, para a formação de três alunos e do professor da turma. Estes foram os duplicadores, juntamente com a equipe da PUCRS, na divulgação e orientação do trabalho. Essa atividade teve uma duração de

seis semanas com encontros semanais de 3 horas.

Na sequência, foram conduzidas, na escola, aulas expositivo-dialogadas. Foi realizada exposição oral pelo professor sobre questões abordando os Gases Efeito Estufa (GEE), em especial o CO<sub>2</sub>, e sua importância para o ambiente. Foram elaborados questionamentos motivando os alunos a explicar oralmente suas opiniões e conclusões sobre o tema exposto. Após, os alunos acompanharam a apresentação do DVD Recicle CO<sub>2</sub>. Cabe salientar a importância de, num segundo momento, acrescentar no DVD a autodescrição do experimento apresentado no vídeo, possibilitando a melhor integração de sujeitos cegos. No laboratório da escola, os alunos participaram da manipulação dos materiais, da montagem dos *kits*, da realização do experimento e dos cálculos para a determinação do CO<sub>2</sub> bem como do tratamento de resíduos gerados.

Para a realização do experimento, a turma foi dividida em três grupos, sendo que em um deles estava inserido um aluno deficiente visual com conhecimento na linguagem braille. O aluno cego, utilizando os procedimentos transcritos em braille, acompanhou a montagem do experimento, sempre auxiliado pelos demais integrantes do grupo e pelo tutor. Foi notória a preocupação dos participantes desse grupo em envolver o deficiente visual nas atividades propostas. Foi grande o interesse, por parte dos demais estudantes, em entender a linguagem braille apresentada no *kit*. Os grupos obtiveram resultados médios de 380 ppmv de CO<sub>2</sub>

nas análises realizadas, valor concordante com o sistema gravimétrico padrão (368 ppmv) e com o sistema alternativo A (403 ppmv).

Os alunos demonstraram grande interesse com a atividade experimental e foi permitido que registrassem por escrito, conforme pode ser visto nas transcrições abaixo, a título de exemplo, às opiniões de cinco alunos (A) identificados como A1, A2, A3, A4 e A5.

A1: *Achei legal as aulas de experimentos e realmente interessante. Achei as aulas práticas melhores que uma simples explicação....*

A2: *Eu gostei muito das aulas... e eu teria muita vontade de ver um pouco mais e aprender mais sobre...*

A3: *Mesmo assistindo poucas aulas, achei muito interessante... gostei demais do experimento e gostaria de ter assistido desde o começo...*

A4: *... sempre é bom conhecer mais... e aprender para cuidar do nosso planeta...*

A5: *..eu não sabia o quanto o CO<sub>2</sub> faz parte do nosso dia a dia...*

O aluno cego registrou sua opinião transcrita em braille, conforme pode ser visto na Figura 4.

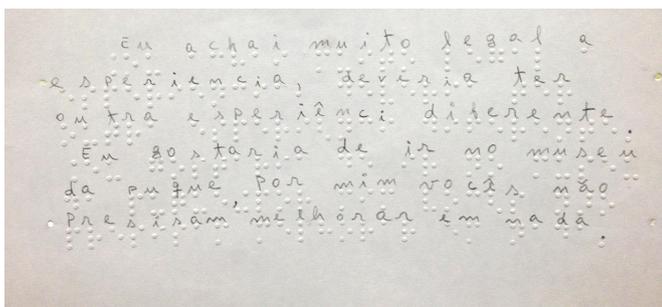


Figura 4: Opinião do aluno cego sobre o experimento utilizando o kit.

A partir dos comentários feitos pelos alunos, foi possível identificar a importância da realização de experimentos contextualizados envolvendo questões ambientais. Outro aspecto relevante é a integração do aluno cego, o que é claramente observado por meio de sua fala.

Adicionalmente, o kit também foi aplicado em aulas da disciplina de Química Ambiental do curso de graduação de

Química da PUCRS pelo período de dois semestres do ano de 2013, mostrando-se igualmente adequado (valores médios de 375 ppmv) em comparação ao método gravimétrico padrão, porém não houve a participação de alunos deficientes visuais ou auditivos.

### Considerações finais

As atividades propostas utilizando o kit Recicle CO<sub>2</sub>, tanto no que se refere à amostragem e quantificação gravimétrica do CO<sub>2</sub> quanto nas adaptações realizadas para sua utilização por alunos cegos, foram atingidas.

Das experiências vivenciadas com os alunos, pode-se verificar a importância não só da expansão dos conhecimentos, mas também da necessidade da construção ou da adaptação de experimentos com materiais que sejam de fácil aquisição, atendendo à diversidade em sala de aula.

Em uma etapa posterior, pretende-se dar continuidade a este trabalho, inserindo no DVD a autodescrição do experimento, importante para o entendimento do cego, bem como complementar a aplicação do kit fazendo uso do DVD na linguagem libras para alunos surdos.

### Agradecimentos

À Pró-Reitoria de Pesquisa, Inovação e Desenvolvimento (PROPESQ/PUCRS) pela concessão de horas em apoio à atuação de professores horistas em atividades de pesquisa; à FAMECOS pela gravação do vídeo; ao Laboratório de Ensino Atendimento a Pessoas com Necessidades Educacionais Específicas (LEPNEE) pelas traduções em braille e em libras; ao Laboratório de Pesquisas em Educação Química (LAPEQ) da PUCRS; e à designer Marilaine da Silva pelo desenvolvimento gráfico da embalagem e manual.

**Rosângela da Silva** (rosangela.silva@pucrs.br), Laboratório de Química Analítica e Ambiental – LQAmb, Faculdade de Química, PUCRS. Porto Alegre, RS – BR. **Marçal Pires** (mpires@pucrs.br), LQAmb, Faculdade de Química, PUCRS. Porto Alegre, RS – BR. **Carla Maria Nunes Azevedo** (cazevedo@pucrs.br), LQAmb, Faculdade de Química, PUCRS. Porto Alegre, RS – BR. **Concetta S. Ferraro** (cferraro@pucrs.br), LAPEQ, Faculdade de Química, PUCRS. Porto Alegre, RS – BR. **Estrella Thomaz** (estrellathomaz@gmail.com), aluna de graduação da Faculdade de Química, PUCRS. Porto Alegre, RS – BR.

### Referências

BOEHNKE, D.N.; DELUMYEA, R.D. *Laboratory experiments in environmental chemistry*. New Jersey: Prentice-Hall, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. *Plano de desenvolvimento da educação: razões, princípios e programas*. Brasília: MEC, 2007.

\_\_\_\_\_. *Política Nacional de educação especial na perspectiva da educação especial*. Brasília: MEC, 2008.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. *Grafia química braille para uso no Brasil*. 2. ed. Elaboração: MÓL, G.S.; MOTA, M.G.B.; PERNAMBUCO,

M.P.; RAPOSO, P.N. Brasília: SECADI, 2011. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/>. Acessado abr. 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Resoluções CONAMA. *Resolução n. 357*, de 17 março de 2005.

\_\_\_\_\_. *Resolução n. 397*, de 3 de abril de 2008.

GONÇALVES, F.P.; REGIANI, A.M.; AURAS, S.R.; SILVEIRA, T.S.; COELHO, J.C.; HOBMEIR, A.K.T. A educação inclusiva na formação de professores e no ensino de química: a deficiência visual em debate. *Química Nova na Escola*, n. 1, p. 1-8, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Demográfico 2010*. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>. Acessado em nov. 2013.

JACOBI, P.R. Diálogo, sustentabilidade e utopia. In: SEGURA, D.S.B. *Educação ambiental na escola pública: da curiosidade ingênua à consciência crítica*. São Paulo: Annablume; Fapesp, 2001.

\_\_\_\_\_. Meio ambiente urbano e sustentabilidade: alguns elementos para a reflexão. In: MACIEL, J.L.; WACHHOLZ, C.B.; ALMINHANA, C.O.; BITAR, P.G.; MUHLE, R.P. *Metodologias de uma educação ambiental inclusiva*. Revista EGP, Secretaria Municipal de Porto Alegre, 2010.

MARQUES, C.A.; GONÇALVES, F.P.; ZAMPIRON, E.; COELHO, J.C.; MELLO, L.C.; OLIVEIRA, P.R.S.; INDE-

MANN, R.H. Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média. *Química Nova*, v. 30, p. 2043-2052, 2007.

PEREIRA, L.L.S.; BENITE, C.R.M.; BENITE, A.M.C. Aula de química e surdez: sobre interações pedagógicas mediadas pela visão. *Química Nova na Escola*, n. 1, p. 47-56, 2011.

PIRES, M.; SILVA, R.; SANTOS, F.S. Uso de materiais recicláveis na determinação gravimétrica de CO<sub>2</sub> no ar ambiente e tratamento de resíduos de laboratório gerados. *Química Nova*, v. 35, p. 2067-2071, 2012.

**Abstract:** *Experimental kit for the analysis of CO<sub>2</sub> for use by visually students. A kit was developed for sampling and gravimetric quantification of CO<sub>2</sub> in ambient air using recyclable materials, for use by visually impaired students. Adaptations for the inclusion of students with special needs included the development of procedures, glossary, captions and identifications in the kit for Braille users, as well as the production of a DVD (Digital Versatile Disc) translated into LIBRAS (Brazilian sign language). The kit includes a manual with guidelines for tutors and teachers. The first application of the kit was at PUC, to a visually impaired student, which allowed the determination of the feasibility of the developed system for inclusive experiment. The kit was also applied to a first year high school class, with the participation of a visually impaired student. The average result (380 ppmv CO<sub>2</sub>) found for the three groups of that class in the analyses proved consistent when compared with literature values (368 ppmv).*

**Keywords:** carbon dioxide; gravimetric quantification; inclusion.

## Resenha

### Introdução à Química Experimental

O livro *Introdução à Química Experimental*, em sua primeira edição, ajudou e vem ajudando professores e alunos de disciplinas introdutórias de química, principalmente em cursos universitários como, por exemplo, nas disciplinas de laboratório que utilizam técnicas básicas de química.

Agora em sua segunda edição, o livro *Introdução à Química Experimental* está ainda mais

completo, trazendo, em cada um dos seus capítulos, equipamentos básicos de laboratório, além de uma série de imagens das vidrarias e equipamentos mais utilizados em laboratórios. Traz ainda um capítulo sobre segurança em laboratório, no qual se apresentam diversos métodos e procedimentos a serem utilizados no caso de acidentes e possíveis ferimentos com as mais diversas substâncias.

O livro também apresenta importantes tópicos sobre o descarte de produtos químicos, o que o diferencia de obras correlatas. Há uma profícua discussão sobre a diferença entre resíduo e rejeito químico, a forma correta de dispor de tais rejeitos e também, como controlar a produção destes sem prejudicar a realização dos experimentos. O livro procura apresentar os experimentos utilizando, sempre que possível, quantidades pequenas de reagentes, bem como reagentes de baixa toxicidade.

Os experimentos apresentados buscam abordar as mais variadas técnicas presentes em um laboratório de química, como, por exemplo, identificação de compostos, preparação e padronização de soluções, separação de componentes, síntese, purificação, extração, tratamento de resíduos, entre outras técnicas que auxiliam a formação dos discentes, tornando-os profissionais mais capacitados tecnicamente.

O que mais chama a atenção neste livro é sua perspectiva diferente da maioria das obras existentes sobre o mesmo tema. Todos os capítulos apresentam, além do objetivo da experiência – ou seja, o que será realizado, e qual a técnica envolvida no experimento – o objetivo de ensino, isto é, o conceito que se pretende trabalhar,

os cálculos envolvidos, entre outros aspectos que facilitam o entendimento tanto do professor quanto do discente, em relação ao assunto ou conceito abordado, auxiliando o direcionamento da própria prática.

Além dos objetivos, os capítulos possuem um tópico sobre conceitos fundamentais envolvidos no experimento, instruções específicas para a realização da experiência, nas quais se comenta sobre os cálculos envolvidos, a vidraria utilizada e alguns cuidados no manuseio de produtos químicos, em discussão que antecede o procedimento experimental.

Todos os capítulos também apresentam um tópico sobre a adequada destinação para os resíduos gerados, bem como para as sobras de reagentes utilizados. Há, ainda, instruções para a elaboração de relatórios, entendendo que cada experiência evidencia uma técnica diferente, e exige habilidades e competências diferentes dos estudantes.

Por fim, o livro traz, em cada capítulo, fontes de informação adicionais: livros, artigos, capítulos de livros, e um tópico chamado de “*Na internet*”, que instrui o leitor a buscar mais informações sobre o conceito, a técnica, o reagente, o equipamento etc. utilizando palavras-chaves, inclusive em inglês, o que facilita ao estudante a busca por informações mais completas para construir seu relatório ou mesmo para seu aprendizado pessoal.

Materiais como este são de extrema importância para uma ciência experimental como a Química e, conseqüentemente, para o Ensino de Química. Os leitores interessados em compreender um pouco mais sobre a execução e os conteúdos envolvidos nos experimentos didáticos poderão se beneficiar desta segunda edição de *Introdução à Química Experimental*.

Prof. Dr. Eduardo Luiz Dias Cavalcanti  
Divisão de Ensino de Química  
Universidade de Brasília

Roberto Ribeiro da Silva, Nerilso Bocchi, Romeu C. Rocha-Filho, Patrícia Fernandes L. Machado. *Introdução à Química Experimental*, 2ª edição. Editora EdUFSCar, 409 páginas, publicado em 2014.