



Uso de materiais recicláveis na determinação gravimétrica de CO₂ no ar ambiente e tratamento dos resíduos de laboratório gerados

Marçal Pires¹, Rosângela da Silva², Fernanda Santos dos Santos³, Ariela Milbrath Cardoso⁴

¹PUCRS/ Faculdade de Química/ PUCRS (mpires@pucrs.br)

² PUCRS/ Faculdade de Química / PUCRS (rosangela.silva@pucrs.br)

³PUCRS/ Faculdade de Química/PUCRS (fernanda.santos.006@acad.pucrs.br)

⁴PUCRS/ Faculdade de Química/PUCRS (lelamc2611@hotmail.com)

Resumo

Um método alternativo, de fácil construção utilizando materiais recicláveis, foi testado para a determinação do CO₂ no ar ambiente. Os resultados obtidos mostraram que o método proposto apresenta precisão, acuracidade, robustez e eficiência de coleta concordantes com o método gravimétrico padrão. Os resíduos de laboratório são de fácil tratamento gerando um filtrado que podendo ser descartados no esgoto e sólidos que podem ser reutilizados. O método proposto é uma ferramenta, simples e de baixo custo, que abrange aspectos importantes da educação ambiental, que devem estar presentes na formação de alunos do ensino médio.

Palavras-chave: Dióxido de carbono. Ar atmosférico. Reciclável.

Área Temática: 11 – Educação Ambiental.

Abstract

A simple alternative method was tested for the determination of CO₂ in air using recyclable materials. The results indicate that the proposed method allows for reliable, accurate, robust and efficient collection in line with the standard gravimetric method. Laboratory wastes are easily treated using a filtrate that can be discharged into the sewer and solids that can be reused. The proposed method is a simple and low-cost tool that encompasses important aspects of environmental education, which should be part of the education of middle school students.

Key words: Carbon Dioxide. Air. Recyclable.

Theme Area: 11 - Environmental Education



1 Introdução

No século passado, a média da temperatura da Terra aumentou em torno de 0,3 a 0,6 °C. As principais substâncias responsáveis pela manutenção da temperatura da superfície da Terra são dióxido de carbono (CO_2) e água. Tanto as atividades antropogênicas como as de fonte natural tem colaborado para o aumento do nível de CO_2 no ar atmosférico (BOEHNKED e DELUMYEA, 2000). A atual concentração de CO_2 é de 381 ppm, a maior dos últimos 650 mil anos e provavelmente a maior dos últimos 20 milhões de anos.

A legislação de controle de emissões de poluentes para a atmosfera ainda não têm incluído o controle do dióxido de carbono, embora exista uma grande movimentação para a diminuição destas emissões. Por exemplo, os estudos com relação ao sequestro de carbono (FORBES, 2008) além de inúmeros trabalhos de conscientização (HASSAN, 2011), contudo, ainda há muito a ser feito.

Considerando a importância da educação ambiental e a visão integrada do mundo, no tempo e no espaço, a escola deverá oferecer meios efetivos para que cada aluno compreenda os fenômenos naturais, as ações humanas e sua consequência para o meio ambiente (MARQUES, 2007). Incentivando o interesse dos alunos no desenvolvimento de Tecnologias Mais 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, através do tratamento do melhor aproveitamento dos materiais e seus resíduos. Cabe destacar a relevância do ensino de química, para o desenvolvimento sustentável, nas escolas de nível médio e em muitas a falta de recursos para a criação ou mesmo para a manutenção de um laboratório de química (ALMEIDA, 2008).

Este trabalho tem como objetivo propor o desenvolvimento de um sistema prático e barato, para a quantificação de CO_2 no ar ambiente, no qual os próprios alunos poderão construí-lo a partir de materiais recicláveis e desta forma criar condições para avaliar as etapas envolvidas durante todo o processo de produção e operação do sistema.

A metodologia do sistema proposto baseia-se no fato de que o CO_2 reage rapidamente com bases para formar bicarbonato (HCO_3^-) e carbonato (CO_3^{2-}). Se os hidróxidos de sódio (NaOH) ou de potássio (KOH) forem usados, os respectivos carbonatos e bicarbonatos são formados e solubilizados em água. Como o hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) possui baixa solubilidade em água (SKOOG, 2005) inviabiliza o preparo de sua solução. Por outro lado, se o hidróxido de bário (Ba(OH)_2) é usado, resulta na precipitação do carbonato de bário (BaCO_3) que poderá ser determinado gravimetricamente (BOEHNKED e DELUMYEA, 2000). Recomenda-se o preparo de uma solução diluída de Ba(OH)_2 para a sua utilização nas reações de precipitação com o CO_2 , pois o bário é um elemento tóxico, não devendo estar presente em efluentes em concentrações superiores a 5 mg/L, de acordo com as especificações da legislação vigente (CONAMA Nº 357, 2005 e CONAMA Nº 397, 2008). Devido não só a este aspecto, mas também pelo fato desta técnica gerar também outros subprodutos, é que este trabalho tem como objetivo adicional avaliar os resíduos de laboratório gerados durante sua execução. Pela sua maior complexidade, a análise destes resíduos pode ser implementada nas aulas práticas de ensino superior onde os estudantes têm acesso e disponibilidade a equipamentos mais sofisticados. Neste trabalho, os resíduos líquidos foram analisados quanto à presença dos íons bário, amônio (NH_4^+), nitrato (NO_3^-) e o sulfato (SO_4^{2-}) realizada através da cromatografia iônica.

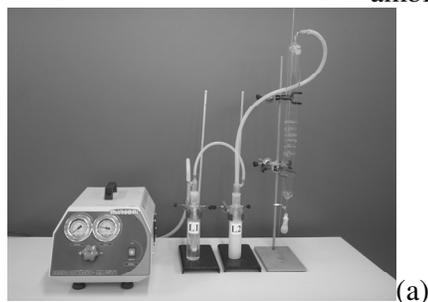
Paralelamente o sistema construído (chamado alternativo A e B) foi comparado com a metodologia padrão (BOEHNKED e DELUMYEA, 2000), cabendo destacar que esta metodologia já faz parte de uma das aulas experimentais, da disciplina de Química Analítica Ambiental do curso de Química da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS) a quatro anos e a dois semestres foi incluído o sistema alternativo.



2 Descrição da metodologia padrão gravimétrica

A técnica padrão ou tradicional gravimétrica utiliza materiais de vidro (dois frascos lavadores em série denominados L1 e L2), seu sistema de coleta é montado conforme Figura 1(a) e na Figura 1(b) o processo de filtração. Utiliza-se 150 mL da solução de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 0,195 M em cada um dos frascos lavadores. Os frascos lavadores possuem borbulhadores de vidro sinterizado para passagem do ar coletado, de um frasco para outro. O sistema de coleta é conectado à bomba a vácuo e a um bolhômetro para a determinação do fluxo inicial e final (que deve estar entre $0,5$ a $1,5 \text{ L min}^{-1}$). O ar ambiente externo é coletado durante 60 min onde se mede temperatura ambiente no início e no final da amostragem. Após este período desconectar-se a bomba a vácuo e deixar o sistema em repouso por 10 min para a sedimentação do precipitado formado (BaCO_3). As soluções dos dois frascos lavadores L1 e L2 são transferidas separadamente para cadinhos filtrantes de vidro sinterizado de porosidade média (previamente secos, pesados e identificados). Os frascos L1 e L2 são então lavados com pequenos volumes de uma solução de nitrato de bário $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 0,1 M, e o líquido é transferido para os respectivos cadinhos para prevenir que o precipitado se reverta em colóide ou ocorra a sua perda por solubilização. O filtrado obtido nessa etapa (F1) é separado e armazenado em um frasco específico. O precipitado (BaCO_3) é então lavado com pequenos volumes da solução de nitrato de amônio (NH_4NO_3) 0,1 M, para trocar o excesso de bário na superfície do precipitado pelo íon amônio que é posteriormente perdido na secagem. O filtrado obtido nessa segunda etapa (F2) é também armazenando em um frasco específico. Após os processos de filtração os cadinhos são secos em estufa (105° C) até peso constante (máximo 2 horas) e as massas de BaCO_3 (precipitado) são obtida por diferença (com as massas iniciais dos cadinhos).

Figura 1 - Sistema completo padrão para determinação gravimétrica do CO_2 . (a) coleta ar ambiente e (b) filtração.



O resíduo do precipitado de BaCO_3 presentes nos cadinhos são denominados de R1 e R2 e são armazenados em frasco plástico identificado e encaminhado para destinação final. Os filtrados (F1 e F2) são tratados conforme o discutido item tratamento do resíduo de laboratório.

3 Construção do sistema alternativo de coleta proposto

3.1 Material utilizado

Os sistemas alternativos gravimétricos A e B diferenciam-se da técnica padrão por utilizarem em suas construções materiais recicláveis, a saber, quatro garrafas PETs de 500 mL com duas tampas comuns e duas com o sistema abre/fecha. Para a construção do sistema são necessárias também duas agulhas hipodérmicas de uso veterinário (comprimento em torno de 10 cm), uma bomba pequena de aquário, duas válvulas tipo T, duas pedras pome utilizadas em aquários, mangueiras flexíveis de 5 mm de diâmetro interno, cola silicone e tesoura ou estilete. Este material pode ser visualizado na Figura 2. O sistema alternativo B se diferencia



do A por trocar a bomba de aquário por uma bomba a vácuo. Para a determinação da pressão atmosférica deve-se utilizar um barômetro, porém para locais que se situam próximos ao nível do mar pode-se considerar para efeitos de simplificação dos cálculos a pressão atmosférica igual a 1 atm.

Figura 2 - a) Material necessário e preparo dos sistemas alternativos (A e B) e b) destaque para a tampa comum e abre/fecha.



(a)



(b)

3.2 Construção do sistema alternativo A e B

As garrafas PETs são cortadas transversalmente na altura de aproximadamente 6 cm a partir de sua base. A seguir as partes que possuem as aberturas referentes a tampas são unidas com silicone formando dois frascos lavadores abertos (L3 e L4, para sistema Alternativo A; L5 e L6 para sistema Alternativo B). Na extremidade superior é colocada a tampa comum e na inferior a tampa tipo abre/fecha, conforme Figura 3.

Figura 3 - Montagem dos frascos lavadores (a) corte e (b) colagem com silicone



(a)



(b)

No centro da tampa comum é adaptada à válvula tipo T e mais para a lateral, a agulha hipodérmica veterinária. Na base externa da agulha é conectada uma mangueira flexível com 50 cm de comprimento a qual permite a passagem do ar residual presente no 1º frasco lavador (L3, L5) para o 2º frasco lavador (L4, L6). Na válvula tipo T na parte inferior é adaptado 16 cm da mangueira contendo na extremidade oposta a pedra pome (responsável pelo borbulhamento do ar na solução reagente). Na tampa abre/fecha é colocado papel filtro (cortado no tamanho do diâmetro interno da tampa abre/fecha) para a retenção dos precipitados formados durante a reação e uma rolha de borracha para tampa abre/fecha no suporte de apoio do frasco lavador ou no funil de kitazato para a filtração.

A Figura 4 (a e b) apresenta uma vista geral das adaptações realizadas nas tampas e um frasco pronto fixado em uma das metades que sobraram durante os cortes das garrafas PETs, respectivamente.

O ar é coletado com o auxílio de uma bomba de aquário (sistema A) ou com uma bomba de vácuo (sistema B) ambos conectados na válvula T do frasco lavador L3 e L5. A Figura 5 apresenta o sistema alternativo A em funcionamento, onde em (a) é mostrado a coleta do ar e em (b) o processo de filtração em trompa d'água



Figura 4 – Vista geral: (a) das adaptações realizadas nas tampas e (b) do frasco pronto fixado em uma das metades que sobraram durante os cortes das garrafas PETs.

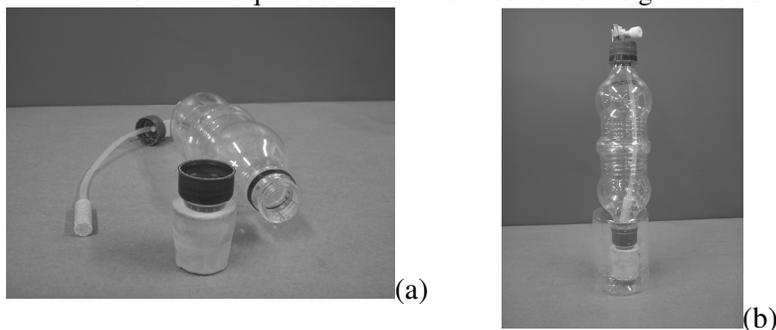
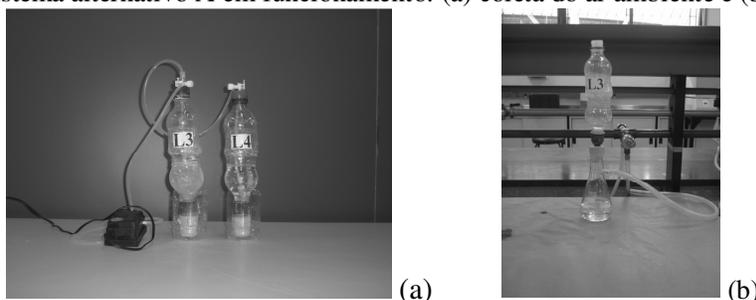


Figura 5 - Sistema alternativo A em funcionamento: (a) coleta do ar ambiente e (b) filtração.



3.3 Procedimento de amostragem do ar

Inicialmente pesam-se as tampas abre/fecha com o filtro (balança analítica, 0,1 mg) previamente secas a 70 °C por 12 horas. Nos dois frascos lavadores (L3 e L4; L5 e L6), já com as tampas pesadas e fechadas, adiciona-se 150 mL da solução de $\text{Ba}(\text{OH})_2$ 0,195 M em cada um. Imediatamente fecham-se os dois frascos na parte superior com as tampas comuns adaptadas conectando-se L3 a L4 e L5 a L6, em série, com as mangueiras flexíveis. Sendo uma delas conectada a bomba de aquário ou a vácuo e a outra a válvula T. Os dois sistemas alternativos A e B são deixado por 60 min em reação, devendo-se verificar o fluxo (com auxílio de um bolhometro) e a temperatura do ar ambiente no início e no final da mesma. Transcorrido o tempo de reação o sistema deve permanecer em repouso por 10 min para sedimentação do precipitado. Depois proceder a filtração por pressão reduzida com auxílio de um kitazato, em seguida lavar os precipitados com solução de $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 0,1 M para dentro de uma garrafa PET 600 mL (F3, F5) e reservar. A seguir lavar os precipitados com pequenos volumes da solução de NH_4NO_3 0,1 M para dentro de outra garrafa PET de 600 mL (F4, F6) e reservar. Os filtrados F3, F4, F5 e F6 são tratados semelhantemente aos filtrados F1 e F2.

As tampas com os precipitados devem ser colocados em estufa a 70-80 °C por 12 h. Após este tempo transferir para um dessecador e levar a peso constante obtendo a massa BaCO_3 por diferença. A massa de BaCO_3 assim obtida é denominada de resíduo sólido R3,R4, R5 e R6 referentes aos valores de precipitados dos frascos lavadores L3, L4, L5 e L6, respectivamente. Esses resíduos são misturados ao frasco plástico contendo os resíduos sólidos R1 e R2 e tratados semelhantemente.

3.4 Cálculos da concentração de CO_2

A partir da massa total de BaCO_3 obtida na reação gravimétrica padrão (somatório da massas obtidas 1º e 2º frasco lavador), calcula-se por estequiometria o número de mols do CO_2 coletados. Para obter-se o número de mols de ar ambiente que passou pelo sistema de coleta utiliza-se a equação dos gases ideais rearranjada, $n = RT / PV$: onde n é o número de



mols de ar, P a pressão (em atm); T a temperatura (em K); R a constante universal dos gases (0,08205 atm L /mol K), e V o volume de ar coletado (em L), conforme ATKINS, 1999. Para os cálculos deve-se considerar a temperatura e pressão médias durante o experimento, se a pressão atmosférica não for medida pode-se como sendo 1 atm. Para encontrar o volume deve-se utilizar o fluxo de ar e o tempo de amostragem. A concentração de CO₂ em ppm (partes por milhão, molar ou volumétrico) pode ser calculada pela expressão, dada pela Equação: $[CO_2] = \frac{n^\circ mol CO_2}{n^\circ molar} \times 10^6$.

A concentração de CO₂ também pode ser expressa em µg/m³ e ppm mássico, quando se utiliza as devidas correlações.

Para verificar a eficiência do sistema da coleta calculam-se os percentuais das massas dos precipitados gerados no 1º e 2º frascos lavadores em série, em relação à massa total de BaCO₃ obtida no teste. Se o percentual recuperado for < 80% a eficiência de coleta do CO₂ no primeiro frasco lavador é inadequada, não havendo garantia que o 2º frasco lavador reterá o restante do CO₂ com a eficiência desejada (~100%). Nesse caso modificações devem ser feitas para evitar a perda de CO₂ contido no ar ambiente, com a consequente subestimação da sua concentração. Igual procedimento para o cálculo de CO₂ é utilizados para os métodos alternativos A e B.

3.5 Tratamento do resíduo de laboratório

O filtrado 1 (F1, F3 e F5) contendo os excessos da solução de Ba(OH)₂ e Ba(NO₃)₂ e o filtrado 2 (F2, F4 e F6) podendo conter ainda resíduo da lavagem com o Ba(NO₃)₂ são tratados com 0,1 M H₂SO₄ diluído, que irá neutralizar a base e também formar um precipitado insolúvel de sulfato de bário (BaSO₄). Após decantação e da certificação de que a precipitação foi completa (adição de excesso de H₂SO₄) os efluentes tratados são filtrados (papel filtro comum) gerando os filtrados finais (FF1 e FF2 e material sólido (BaSO₄). O BaSO₄ é transferido para um vidro de relógio e seco em estufa (105°C, 2h). Os filtrados dessa etapa (FF1 e FF2) são analisados por cromatografia iônica por detecção de condutividade elétrica e supressão eletroquímica e, enquadrando-se dentro das especificações ambientais regulamentares são descartada e os de forma segura no esgoto doméstico.

4 Resultados

A Tabela 1 apresenta os resultados da concentração de CO₂ obtidas pelos sistemas padrão (P) e alternativos (A e B). Conforme podem ser observados os valores médios encontrados estão dentro dos limites descritos na literatura (cerca de 400 ppmv), de acordo com HARRISON, em ambientes internos ventilados. De acordo com o teste t aplicado aos três métodos avaliados verifica-se que os mesmos não são discordantes entre si, pois não apresentam diferenças significativas. Cabe destacar que o histórico de cinco semestres de resultados obtidos com o método padrão, em aulas práticas indica valores coerentes com os obtidos nesse estudo.

Comparando-se os métodos alternativos com o padrão gravimétrico constata-se que o método A (bomba de aquário), apresenta menor desvio padrão (44 ppmv) enquanto os métodos B e Padrão, que utilizam bombas de vácuo, os desvios são maiores e próximos (79 e 88 ppmv, respectivamente). A menor variação encontrada para o sistema A, pode ser atribuído ao fluxo da bomba de aquário estar menos sujeito a oscilações durante a reação. Isso foi verificado experimentalmente por meio da medição dos fluxos e avaliação visual, durante a coleta. Em geral o fluxo da bomba de aquário se manteve praticamente constante (0,5±0,1 L min⁻¹) enquanto que a bomba de vácuo apresenta maior variação (1,0±0,5 L min⁻¹) com fluxos menores ao final do experimento (0,8±0,5 L min⁻¹).

Tabela 1- Valores da Concentração de CO₂ (ppm Volumétrico) determinado através dos diferentes métodos de quantificação testados.

| Dados | Alternativo A | Alternativo B | Padrão |
|--------------------|---------------|---------------|------------|
| Replicata 1 | 451 | 261 | 392 |
| Replicata 2 | 366 | 408 | 441 |
| Replicata 3 | 391 | 383 | 501 |
| Média | 403 | 351 | 445 |
| Desvio Padrão | 44 | 79 | 55 |
| Variação (%) | 11 | 23 | 12 |
| Teste t | | | |
| t experimental | 1,04 | 1,70 | |
| t teorico (p<0,05) | 2,78 | 2,78 | |

Após lavagem e secagem o sistema de coleta proposto, foi reutilizado em diversos experimentos em aulas práticas. Os resultados obtidos foram satisfatórios indicando que os materiais reciclados e o processo de montagem utilizado, são robustos e eficientes para o uso continuado.

Na Tabela 2 são apresentados os resultados dos percentuais de eficiência de coleta do CO₂ em cada frasco lavador para os três métodos avaliados. Verificou-se que os métodos Padrão e Alternativo A apresentam eficiências de coleta superior a 80% no primeiro frasco (L1 e L3). Esse valor é considerado adequado para a coleta com dois frascos lavadores. Por outro o método alternativo B apresentou a menor eficiência de coleta (63%) provavelmente devido à deformação do primeiro frasco de coleta (L5) pela ação do vácuo. Esse artefato provocou a passagem de maior quantidade de CO₂ para o segundo frasco lavador (L6 37%) que pode acarretar perdas do analito, caso o CO₂ não seja totalmente retido nesse frasco lavador. Esse comportamento pode explicar as menores massas de BaCO₃ medidas no teste utilizando o método Alternativo B.

Tabela 2 - Alguns valores de massas do BaCO₃ precipitado juntamente com os percentuais de recuperados obtidos, após a reação, em cada um dos frascos lavadores para comparação dos métodos Padrão, Alternativo A e B.

| Frascos Lavadores | Padrão | | Alternativo A | | Alternativo B | |
|---------------------------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | Massa (g) | Recup. (%) | Massa (g) | Recup. (%) | Massa (g) | Recup. (%) |
| 1º | 0,115 | 84 | 0,0901 | 97 | 0,0528 | 63 |
| 2º | 0,0221 | 16 | 0,003 | 3 | 0,0314 | 37 |
| Total | 0,1371 | | 0,0931 | | 0,0842 | |
| Fluxo ar (L min ⁻¹) | 0,56 | | 0,54 | | 0,43 | |

Em função dos resultados obtidos recomenda-se a utilização do método Alternativo A para a determinação de CO₂ no ar ambiente em aulas de educação ambiental para estudantes do ensino médio.

Os resíduos de laboratório (FF1, FF2) tratados com ácido sulfúrico foram analisados por cromatografia iônica, não tendo sido verificado a presença de íons Ba²⁺ (Limite de Detecção, LD = 0,005 mg/L). Esse resultado indica que o tratamento é eficiente para a remoção dos íons bário o qual tem padrão de emissão de 5 mg/L.

Por outro lado verificou-se no filtrado FF1 a presença de 0,38 mg/L de NO₃⁻ não sendo detectado os íons NH₄⁺ e SO₄²⁻. Para o filtrado FF2 foi encontrado 7,65; 8,38 e 11,97 mg/L de NO₃⁻, NH₄⁺ e SO₄²⁻, respectivamente. A maior concentração de NO₃⁻ e SO₄²⁻ para o filtrado FF2 deve-se ao fato da lavagem ter sido com maior volume de NH₄NO₃ e pela adição de



H₂SO₄ diluído que favorece a reação de sulfato de amônio (NH₄)₂SO₄, cujos íons permanecem em solução aquosa devido a sua elevada solubilidade (1.877 g·L⁻¹ a 20 °C), de acordo com SKOOG, 2005. Cabe salientar que as concentrações medidas estão abaixo do limite de emissão para nitrogênio amoniacal total (25,70 mg/L NH₄⁺), o sulfato e o nitrato não apresenta padrões de emissão de efluente na legislação federal (CONAMA N° 357, 2005 e CONAMA N° 397, 2008). Esses resultados comprovam que o tratamento de resíduos é eficiente e que, após ajuste do O pH do efluente tratado para a faixa de 5 a 9, o mesmo pode ser descartado no esgoto doméstico.

5 Conclusões

Os métodos alternativos propostos, para a determinação do CO₂ no ar ambiente, mostraram-se de fácil construção e de baixo custo devido à utilização materiais recicláveis. Os valores de concentração de CO₂ obtidos com os métodos alternativos A e B (403 e 351 ppm) foram concordantes com o método gravimétrico padrão (368 ppm). Entretanto, o método A apresentou melhor precisão, acuracidade, robustez e eficiência de coleta, quando comparado ao método B. Os resíduos de laboratório são de fácil tratamento, com solução diluída de ácido sulfúrico, gerando um filtrado com teores dos íons de interesse (Ba²⁺ e NH₄⁺) abaixo dos padrões de emissão de efluente na legislação federal (CONAMA N° 357, 2005 e CONAMA N° 397, 2008). Após ajuste de pH (entre 5 a 9) o mesmo pode ser descartado no esgoto doméstico. Os resíduos sólidos gerados devem ser armazenados adequadamente podendo ser reutilizados em outros experimentos. Finalmente cabe destacar que o método proposto é uma ferramenta, simples e de baixo custo, que abrange aspectos importantes da educação ambiental, que devem estar presentes na formação de alunos do ensino médio.

Agradecimentos

A PUCRS, a Rede Carvão Mineral/CNPq e a FAPERGS pelo apoio recebido.

Referencias

- AZEVEDO BRASILINO. Centro de Ciências Exatas e da Natureza/Departamento de Química/PROBEX; UFPB-PRAC X Encontro de Extensão, 2008.
- BOEHNKE, D. N.; DELUMYEA, R. D. Em *Laboratory Experiments in Environmental Chemistry*; Prentice-Hall, Inc, New Jersey, 2000, experiment 22.
- FORBES, S. M.; VERMA, P.; FRIEDMANN, S, J.; CURRY, T. E.; WADE, S. M; VENEZIA, J. “WRI CCS guidelines and emerging geologic sequestration regulations: a comparative assessment” *Energy Procedia*, 1, 2009, pg. 1759-1766.
- HASSAN, A.; ISMAIL, M. Z. “The infusion of Environmental Education (EE) in chemistry teaching and students’ awareness and attitudes towards environment in Malaysia”. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 15, 2011, pg. 3404.
- MARQUES, C. A.; GONÇALVES, F. P.; ZAMPIRON, E.; COELHO, J. C.; MELLO, L. C.; OLIVEIRA, P. S.; LINDEMANN, R. H. “Visões de meio ambiente e suas implicações pedagógicas no ensino de química na escola média.” *Química Nova*, 30, 2007, pg. 2043-2052.
- ALMEIDA, E. C. S.; SILVA, M. F. C.; LIMA, J. P.; SILVA, M. L.; CLAUDIA DE F.; BRAGA, M. G. Centro de Ciências Exatas e da Natureza/Departamento de Química/ PROBEX; UFPB-PRAC X Encontro de Extensão, 2008.
- SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOOLLER, F. J. *Fundamentos de Química Analítica*, 8th ed, Thompson: São Paulo, 2005.
- Resolução CONAMA N° 357, de 17 março de 2005.
- Resolução CONAMA N° 397, de 3 de abril de 2008.
- ATKINS, P. *Físico-Química*, 6th ed., LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A: Rio de Janeiro, 1999.
- HADDAD A.; SESSOS A.; ATTLAS M.; FARINA M.; NAZARETH M. M.; SILVEIRA M.; HARRISON, R. M. *Pollution. Causes, effects e control*, 2th ed., The Royal Society of Chemistry: Cambridge, 1992.