

# Utilização de experimentos de custo reduzido no ensino de Química Analítica para Engenharia Química

## Use of low-cost experiments in the teaching Analytical Chemistry for Chemical Engineering

**Valeska Soares Aguiar**

Faculdade de Engenharia de Sorocaba – FACENS  
valeska.saguiar@gmail.com

**José de Alencar Simoni**

Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP  
caja@iqm.unicamp.br

### Resumo

O desenvolvimento de alternativas para o ensino de Química tem sido muito frequente na literatura atual. Dentro dessa perspectiva, o uso de atividades didáticas práticas ganha destaque, especialmente aquelas que necessitam de um laboratório equipado com reagentes químicos e equipamentos específicos. Por outro lado, também há sempre uma grande preocupação dos pesquisadores em desenvolver estratégias para esse tipo de atividade, que utilize reagentes e equipamentos de baixo custo, fácil aquisição e outros atributos como baixas periculosidade e insalubridade. Essas preocupações não são diferentes no ensino de química analítica, no nível superior. Por conta disso, propomos nesse trabalho utilizar atividades práticas experimentais com essas características, mas que, ao mesmo tempo, mostrem-se eficientes no desenvolvimento de habilidades e competências dos alunos, em relação ao tratamento estatístico de dados experimentais. Os experimentos também são importantes para a compreensão de equilíbrio químico, um assunto fundamental para o exercício da profissão de Engenheiro Químico.

**Palavras chave:** Ensino de Química, Química Analítica, atividades didáticas experimentais, Educação Química.

### Abstract

The development of alternatives to teach Chemistry is growing importance around the world. In fact, teaching Chemistry has always been related to the application of experimental activities which require a well-equipped laboratory with different types of chemical reagents and equipments. This way, the Analytical Chemistry teaching has not being different from General Chemistry. This work proposes the use of practical experiments which require low cost reagents and quite simple instrumentation. The activities are simpler but no way less rich in theoretical content. The experiments were developed in order to increase the student's knowledge related to the mathematical essential concepts, as precision and uncertainty, and key concepts in chemical equilibrium principle, a central issue to the Chemical Engineer.

**Key words:** practical activities, third grade, analytical chemistry, low cost.

## Introdução

Se a literatura voltada para o ensino experimental de química no nível superior não é escassa e insuficiente, com efeito, poucas são as fontes em que realmente se vê projetos e ideias inovadoras para ensino superior (Schnetzler, 2002; Francisco e Queiroz, 2008). A partir dos anos de 1960, o ensino experimental de Ciências, nele se inclui o ensino de química, vem sofrendo modificações. Essa mudança começa nos Estados Unidos da América, principalmente por conta da corrida espacial, que começa a ser ganha pela extinta União Soviética com o lançamento do Sputnik 1, o primeiro satélite artificial da Terra. Uma profunda mudança começa a ocorrer nos EUA, pois se acreditava que o melhor desempenho Soviético devia-se ao diferente ensino de Ciências. De lá prá cá, muito tem sido produzido na literatura científica para o ensino de química (Ciências), no entanto, pouco tem sido incorporado na literatura do ensino.

Atualmente, para o ensino superior de Ciências, as novas propostas passam por aspectos de laboratórios modernos (instrumentação e reagentes) e o uso de recursos eletrônicos e computacionais. Nesse último segmento destacam-se: o desenvolvimento de softwares, o uso de redes (internet) e laboratórios virtuais. Se a atividade presencial moderna exige grandes investimentos, o mesmo não se aplica aos recursos eletrônicos em sua totalidade, no entanto, esses últimos sempre exigem uma constante atualização dos dispositivos e dos usuários, sendo mais difícil a atualização do docente no processo. Outro aspecto a destacar, são as frequentes pressões dos órgãos de regulação no sentido de tornar as atividades experimentais menos perigosas e insalubres. Geralmente, a legislação dos órgãos externos e internos de controle das instituições de ensino superior (IES) coloca muita restrição no tipo de atividade a ser desenvolvida. Hoje, é muito mais caro promover o descarte adequado de rejeitos de uma atividade experimental no ensino de química, do que propriamente a compra dos reagentes.

No Brasil, há que se destacar que nos anos mais recentes houve uma grande expansão das IES, tanto estatais como privadas. Na sua quase totalidade, as novas instituições privadas de ensino estão, ainda, adquirindo uma infraestrutura laboratorial adequada e suficiente comparada aos padrões de universidades públicas ou privadas mais antigas. Nesse sentido, devido ao fato de o curso de Engenharia Química em que se insere esse projeto, ter sido implementado há pouco tempo, fevereiro de 2012, até então, os dois laboratórios de Química existentes na instituição estavam adequados à realização de experimentos de Química Geral Experimental, disciplina obrigatória nos cursos de Engenharia, na maioria das vezes, constituindo-se de experimentos que necessitavam de reagentes químicos baratos e com geração de resíduos sem necessidade de tratamento muito complexo para o devido descarte. Na sequência, o curso de Engenharia Química exige um laboratório mais equipado, tanto em reagentes, como em equipamentos e vidraria. Com isso, há duas novas necessidades: a primeira se refere ao fato de que os alunos devem realizar experimentos de Química Analítica, pois há uma ementa a ser seguida e, há, também, uma preocupação com a geração de resíduos. Em relação a esse último aspecto, duas questões fundamentais surgem: *questão ambiental* – cada vez mais buscam-se experimentos que minimizem a geração de resíduos químicos devido à dificuldade prática e ao custo que deve ser dispensado para o tratamento dos possíveis resíduos gerados (Rossi e Terra, 2008; Salomão *et al.*, 2010; de Freitas Filho *et al.*, 2012); *questão estrutural dos cursos oferecidos pela instituição de ensino* – a instituição de ensino em que se insere esse trabalho apresenta sete cursos de engenharia (civil, elétrica, computação, mecânica, mecatrônica, produção e química), sendo que apenas um deles

necessita de disciplinas experimentais de química, diferentes de química geral. Dessa forma, questiona-se: o curso já se encontra em andamento, quanto tempo seria necessário para que modificações pudessem ser feitas, novos laboratórios construídos, equipamentos específicos a cada disciplina adquiridos? Até que ponto se justificaria a aquisição de reagentes químicos e equipamentos laboratoriais de alto custo, e a geração de resíduos de tratamento dispendioso? Outra pergunta que surge, na sequência é: é possível desenvolver as habilidades e competências utilizando-se experimentos mais simples e baratos, sem perder a função didático-pedagógica? Acreditamos que sim. Só para efeito de maior clareza, suponhamos que se queira discutir a precisão e a exatidão de alguns aparelhos volumétricos como provetas, buretas e pipetas, determinando-se a densidade de um líquido. Por que se usaria o ácido sulfúrico, por exemplo, ao invés de água? Do ponto de vista didático, seria muito mais simples e fácil utilizar a água, além disso não haveria geração de qualquer resíduo.

### **Os experimentos escolhidos na disciplina de Química Analítica**

Tendo em vista os aspectos expostos inicialmente, desenvolvemos experimentos para a disciplina de Química Analítica, levando em conta o fato de que a disciplina é composta por 2 créditos de teoria e 2 créditos de atividades práticas, por semana, sendo o semestre constituído por 18 semanas. Assim, as atividades práticas têm duração de, no máximo, 1 hora e 40 minutos.

Dois experimentos foram escolhidos para se ensinar técnicas de pesagem e análise gravimétrica. O experimento referente a técnicas de pesagem foi realizado em primeiro lugar, pois envolvia o aprendizado da técnica de pesagem, uma necessidade básica de laboratório, utilizando a balança analítica. Os alunos cursam inicialmente a disciplina de química geral, mas muito pouco é exigido deles nesse quesito. Os experimentos, quase sempre, não têm propósitos quantitativos e, por isso mesmo, não se exige grande habilidade técnica desses alunos, nesse estágio. Os alunos de engenharia química e outros cursos que estão atrelados à área química, como engenharia de alimentos, necessitam compreender como escolher apropriadamente uma balança, de baixa ou de alta precisão, e saber operar adequadamente essa balança analítica (Baccan *et al.*, 2011). O segundo experimento é de análise gravimétrica, um método analítico clássico que não necessita de processos de calibração ou comparação com padrões, sendo esta sua maior vantagem. Num experimento desse tipo, através da determinação da massa de um produto formado, obtém-se o parâmetro analítico desejado, podendo ser a quantidade de uma espécie em uma amostra, ou a solubilidade dessa espécie num meio.

Apesar de toda tecnologia disponível atualmente, é essencial conhecer formas de determinação quantitativa em análises químicas que necessitem de instrumentos de medida tão simples quanto uma balança. A balança analítica é um instrumento essencial para as análises químicas, é de baixo custo e útil na validação de outros métodos analíticos.

Nos seguintes tópicos, há uma descrição de cada procedimento experimental para que haja um melhor entendimento e esclarecimento das condições do laboratório em que cada um dos experimentos foi aplicado.

### **Experimento 1 – Técnicas de pesagem**

Este experimento apresenta como objetivo a familiarização dos alunos com os instrumentos de medida: balança semianalítica e analítica e, além disso, a exploração em termos práticos do tema medidas físicas, conceito este fundamental para a manipulação de instrumentos de medidas de grande variedade de tipos e funções os quais serão certamente usufruídos pelo futuro profissional da Engenharia Química. Por meio de medidas realizadas nos dois tipos de

balanças, os alunos puderam determinar qual delas apresenta maior precisão. Além disso, os alunos efetuaram medidas físicas, com as quais puderam determinar seus parâmetros matemáticos, por meio do cálculo de médias e incertezas associadas, parâmetros estes geralmente vistos apenas na parte teórica de disciplinas de Física e Química, iniciais em cursos de engenharia.

Os alunos foram divididos em grupos e, para cada um, foram distribuídas cinco rolas de cortiça de tamanhos e formatos diferentes. As rolas foram pesadas individualmente e em conjunto nos dois tipos de balanças. Os dados coletados foram organizados em uma tabela, em que havia uma coluna destinada para o cálculo da incerteza associada às medidas de todos os conjuntos de rolas, já que as medidas das massas foram obtidas em triplicata. Um gráfico de valores de massa das rolas em balança analítica *versus* diferença entre as médias de massas obtidas em cada balança foi construído, a fim de que os alunos tirassem suas conclusões sobre a tendência da curva desenhada e, assim, elaborassem suas conclusões.

Na segunda parte do experimento, a rola de maior massa foi submetida ao processo de pesagem por cinco vezes (cinco replicatas), nas duas balanças. Por meio do cálculo dos desvios da média para cada medida de massa (dados também organizados em tabela), os alunos puderam comparar a precisão das duas balanças em questão e comprovar, matematicamente, a maior precisão da balança analítica em relação à balança semianalítica.

A Figura 1 mostra a balança semianalítica da marca Shimadzu e a Figura 2 mostra a balança analítica da marca Quimis, usadas pelos alunos durante o experimento.



Figura 1: Balança semianalítica, marca Shimadzu.



Figura 2: Balança analítica, marca Quimis.

## Experimento 2 – Determinação de solubilidade por análise gravimétrica de cloreto de chumbo II (Brown *et al.*, 2005)

Este procedimento experimental visa à determinação da solubilidade do cloreto de chumbo II por meio da gravimetria. A parte da experimentação consiste na determinação de massa de cloreto de chumbo II antes e após a sua secagem em estufa a 115 °C.

Inicialmente, pesou-se uma massa de sólido e colocou-se em um volume pré-determinado de água destilada, medido em pipeta volumétrica. Agitou-se bem a solução, deixando-se em repouso por 15 minutos. O sobrenadante foi removido com o auxílio de uma pipeta Pasteur.

O mesmo procedimento experimental foi repetido, trocando-se a água por solução de cloreto de sódio 0,100 mol L<sup>-1</sup>.

Após a remoção do sobrenadante, os sólidos restantes foram colocados por 30 minutos na estufa a 115 °C. Após esse período, os sólidos foram pesados em balança analítica.

O líquido sobrenadante foi pesado, e depois colocado sobre chapa de aquecimento, sendo eliminada a água e uma posterior pesagem do sólido restante. Os dados obtidos permitiram determinar a concentração de cloreto de chumbo II na solução e a determinação da solubilidade do composto em água. Essa segunda parte do procedimento, também permitiu observar o processo de reprecipitação do sólido e a sua total recuperação ao término do processo.

A Figura 3 mostra o cloreto de chumbo II sólido recuperado e a Figura 4 mostra o líquido sobrenadante acima do sólido depositado no fundo do recipiente, após a precipitação, ou seja, é a representação do equilíbrio químico que ocorre entre o sólido cloreto de chumbo II e íons chumbo (II) e cloreto.



Figura 3: Cloreto de chumbo II sólido, recuperado.



Figura 4: Equilíbrio de solubilidade do cloreto de chumbo II em meio aquoso.

## Considerações finais

Considerando a experiência didático-pedagógica vivenciada por esta turma do terceiro semestre de Engenharia Química, podemos afirmar que o primeiro experimento forneceu uma ampla e satisfatória ideia sobre como deve ser feita a pesagem de materiais em uma balança analítica.

Foi possível estabelecer o contato entre todos os alunos com a balança analítica, sem necessitar de reagentes químicos que exigissem seu descarte após o uso. À primeira vista, pode parecer um experimento consideravelmente simples, mas, em vista das grandes dificuldades encontradas por professores de IES privadas em lecionar para alunos que apresentam pouca ou nenhuma base de experimentação, considera-se uma experiência prática bastante adequada à disciplina de Química Analítica voltada para Engenharia Química.

O experimento da pesagem de rolhas permitiu uma visão crítica sobre parâmetros estatísticos fundamentais em medidas físicas, como precisão e exatidão. Com o experimento, os estudantes puderam operar algarismos significativos, um tópico básico. Outro aspecto importante, foi observar que a balança analítica não só é mais sensível como também é mais precisa, levando-se em conta o desvio calculado para cada conjunto de rolhas, mostrando que esse valor foi menor que o obtido por meio da balança semianalítica. A construção de gráficos também é uma habilidade importante para o futuro engenheiro, sem a qual será difícil a realização e a concretização de projetos variados. Dessa forma, é importante iniciar a construção de gráficos, no início da graduação, resolvendo problemas simples e de vasto fundo teórico.

O segundo experimento, determinação da solubilidade do cloreto de chumbo, permitiu obter parâmetros de solubilidade e equilíbrio, de uma forma muito simples e objetiva. Como se trata de um conteúdo relativo à disciplina de analítica, não foi preciso o controle de variáveis como a temperatura e também não houve preocupação em se determinar uma constante do produto de solubilidade, o que demandaria controle de variáveis adicionais como a força iônica. (Skoog *et al.*, 2006; Harris, 2005).

Esse experimento permitiu que tivessem contato com grandezas como concentração de equilíbrio iônico, água de solvatação e com o conceito de solução saturada. Do ponto de vista fenomenológico foi possível verificar a importância do íon comum na solubilidade. Entretanto, a formação de íons complexos entre os íons chumbo II e íons cloreto, que ocorre nesse caso, não foi enfatizada, uma vez que esse efeito foi sobrepujado pelo efeito do íon comum, já que experimentalmente foi observada uma redução no valor da solubilidade do cloreto de chumbo II na presença de cloreto de sódio. Um aspecto relevante é que o experimento não gerou resíduo químico, sendo que o sólido recuperado ao final pode ser usado sem maiores problemas em outros experimentos.

Os dois experimentos foram desenvolvidos de forma adequada no período de uma hora e quarenta minutos, sem a necessidade de filtração a vácuo, sem a necessidade de vidraria cara e delicada como o cadinho de vidro ou de porcelana com placa porosa, geralmente utilizadas em análises gravimétricas convencionais.

Esses resultados permitem afirmar que é possível desenvolver atividades experimentais com material simples e barato e sem geração de resíduos de difícil recuperação sem prejudicar o conteúdo pedagógico. Embora não tenha sido o foco desse trabalho, também é possível utilizar esse tipo de estratégia, desenvolvendo-se a partir dos alunos, de modo a desenvolver outras habilidades e competências, como por exemplo, a capacidade de resolver problemas por outras vias, quando não se têm aquelas mais comumente indicadas.

## Referências

- BACCAN, N.; ANDRADE, J. C.; GODINHO, O. E. S. **Química Analítica Quantitativa Elementar**, 3.ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2001.
- BROWN, T.L.; LEMAY, H.E.; BURSTEN, B.E.; BURDGE, J.R. **Química – A Ciência Central**, 9.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- de FREITAS FILHO, J. R.; de FREITAS, J. J. R.; SILVA, L. P. Investigando cinza da casca do arroz como fase estacionária em cromatografia: uma proposta de aula experimental nos cursos de graduação. **Química Nova**, v.35, n.2, 2012, p.416-419.
- FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. A produção do conhecimento sobre o ensino de química nas Reuniões Anuais da Sociedade Brasileira de Química. **Química Nova**, v.31, n.8, 2008, p.2100-2110.
- HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2005.
- ROSSI, A. V.; TERRA, J. Aspectos analíticos e econômicos da redução de escala de volumetria para experimentos didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Química**, v.2, n.2, 2008, p.33-43.
- SALOMÃO, A. A.; ALVES, A. S.; SHIMAMOTO, G. G.; FAVARO, M. M. A.; COELHO, T. B.; ROSSI, A. V. **A Química Perto de Você**: experimentos de baixo custo para a sala de aula do ensino fundamental e médio. 1.ed. São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, 2010.
- SCHNETZLER, R. P. A pesquisa em ensino de química no Brasil: conquistas e perspectivas. **Química Nova**, v.25, n.1, 2002, p.14-24.
- SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. 8.ed. São Paulo: Thomson Learning, 2006.