INVESTIGAÇÃO DE ÍONS FERRO (III) NA RAPADURA: PROPOSTA DE UMA ABORDAGEM DE ENSINO POR RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

INVESTIGATION OF THE (III) IRON ION IN A CONCENTRATED SUGAR SAMPLE: PROPOSAL OF A TEACHING APPROACH FOR SOLVING PROBLEMS

CAMPOS, Angela Fernandes^{1*}

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Química, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n,
CEP 52171-900, Recife - PE, Brasil
(fone: +55 81 33206370; fax: +55 81 3320 6001)

* e-mail: afernandescampos@gmail.com

Received 09 June 2016; received in revised form 22 June 2016; accepted 15 July 2016

RESUMO

O ensino de química por resolução de problemas é bastante atual e tem sido recomendado em diferentes níveis de ensino por pesquisas da área, pois possibilita aos estudantes o desenvolvimento de conceitos, procedimentos (saber fazer) e atitudes (saber ser). Sob essa perspectiva e considerando a importância da temática cana-de-açúcar é proposto neste estudo um problema articulado a uma atividade experimental classificado como pequena pesquisa. As atividades possibilitam a exploração dos conceitos químicos a partir das reações obtidas na análise dos íons ferro (III) em uma amostra de rapadura. Os íons ferro (III) podem ser identificados em solução, devido ao surgimento de uma coloração específica, na presença de reagentes adequados. O experimento permite a exploração de conteúdos ligados à transformação química, vinculados a abordagens ambientais e sociais, em torno de uma cultura agrícola historicamente ligada ao Brasil, particularmente a região norte-nordeste.

Palavras-chave: *cana-de-açúcar, atividade experimental, íons ferro (III), problema.*

ABSTRACT

Teaching chemistry employing a problem-solving approach is widely used and studies recommend it for different teaching levels, since it allows students to develop concepts, procedures (know how to do) and attitudes (know how to be). From this standpoint and considering the importance of sugar cane, this study proposes a problem linked to an experimental activity classified as small research. The activities make it possible to explore chemical concepts from the reactions obtained in the analysis of iron (III) ions in a sample of "unrefined brown sugar. Iron (III) ions can be identified in solution, due to the emergence of a specific color, in the presence of adequate reagents. The experiment allows exploration of contents linked to chemical transformation, and related to environmental and social approaches, involving an agricultural culture historically connected to Brazil, particularly the North-Northeast region.

Keywords: *sugarcane, experimental activity, (III) iron ion, problem.*

INTRODUÇÃO

O ensino de química por resolução de problemas é bastante atual e tem sido recomendado em diferentes níveis de ensino por várias pesquisas (VERÍSSIMO, 2011, LACERDA, 2012, SIMÕES NETO, 2013, SILVA, 2014, FERNANDES, 2014, LUCENA, 2015) uma vez que tem possibilitado o desenvolvimento nos estudantes de conceitos, procedimentos (saber fazer) e atitudes (saber ser). Isso ocorre, pois, o professor ao trazer para o contexto escolar estratégias didáticas pautadas na resolução de problemas cria condições para que os estudantes elaborem hipóteses, desenvolva o pensamento crítico, participe ativamente das discussões em sala de aula. Por isso que se diz que a resolução de problemas a princípio oportuniza a vivência da cultura científica.

Segundo Pozo (1998) um problema é definido como uma situação que um indivíduo ou um grupo quer ou precisa resolver e para a qual não dispõe de um caminho rápido e direto que o leve à solução. De acordo com Perales Palácios (1993), o problema seria qualquer situação planejada que produz por um lado um grau de incerteza e por outro um comportamento que visa à busca de sua solução. Pelo exposto, pode-se afirmar que um problema deve;

- (i)- conter um obstáculo para sua realização, obstáculo este que, ao ser transposto, ajudará a construir uma aprendizagem efetiva;
- (ii)- propiciar a mobilização de recursos cognitivos (operações mentais) nos estudantes, tomada de decisão, saber agir no processo de resolução;
- (iii)- ser ajustado ao nível e às possibilidades dos estudantes.

Pozo (1998) e Pozo & Crespo (2009) classificam os problemas de três maneiras: científicos, cotidianos e escolares. Os problemas científicos estão relacionados com aquelas situações que ocorrem no âmbito da pesquisa científica e que contribuem para o progresso da ciência uma vez que a ciência cresce à medida que os problemas surgem, são solucionados e novos problemas tornam a aparecer. Sob essa perspectiva e trazendo para um contexto escolar, a tarefa de um estudante de resolver um problema se assimilaria, ainda que de forma simplificada, a atividade relacionada com o método científico ou da ciência, com formulação

de hipóteses, utilização de modelos teóricos, etc. Os problemas cotidianos são ditos espontâneos e não intencionais, do mundo real, que podem surgir a qualquer momento no dia-a-dia das pessoas e que requer uma solução. Os problemas escolares representam uma articulação entre os problemas científicos e cotidianos, buscam promover nos estudantes o desenvolvimento de conceitos, procedimentos e atitudes próprios da ciência que sirvam para compreender e responder melhor aos questionamentos que podem ser propostos a respeito do funcionamento cotidiano, da natureza e da tecnologia (POZO e CRESPO, 2009). O esquema a seguir ilustra a tipologia dos problemas escolares:

Figura 1. Esquema da tipologia dos problemas escolares (POZO e CRESPO, 2009).

Segundo Pozo e Crespo (2009) os problemas escolares podem ser qualitativos, quantitativos e pequenas pesquisas. Nos problemas qualitativos a resolução se dá mediante raciocínios teóricos, não há cálculos numéricos nem realização de atividades experimentais, também são conhecidos como problemas abertos (quadro 1).

Quadro 1. Exemplos de problemas escolares qualitativos em Química (BATINGA, 2011).

Como ocorre o processo de formação da ferrugem?

Explique quimicamente: por que quando colocamos um copo sobre uma vela que está acesa em um prato ela se apaga?

Segundo Pozo (1998) a abordagem de problemas abertos possibilita o conhecimento das ideias prévias dos estudantes e potencializa as interações entre os estudantes e o professor. Já os problemas quantitativos (quadro 2) envolvem operações matemáticas, comparação de dados, utilização de fórmulas, algoritmos e equações. Segundo os autores os problemas quantitativos são mais frequentemente utilizados nas aulas de ciências, especialmente na física e na química. Ainda, eles destacam o cuidado que o professor deve ter para que a abordagem de problemas quantitativos não se resuma a atividades realizadas pelos estudantes de substituição de valores numéricos numa expressão matemática e obtenção de um resultado. A ideia é que a solução seja articulada a uma discussão e entendimento do problema científico. Nesse sentido, destacam eles, é fundamental o papel do professor para auxiliar os estudantes a reconhecer os conceitos utilizados e a interpretar os resultados numéricos dentro do marco teórico.

Quadro 2. Exemplos de problemas escolares quantitativos em Química (POZO e CRESPO, 2009).

Na reação de combustão do pentano (C_5H_{12}), este composto reagiu com o oxigênio para produzir dióxido de carbono e água. Ajuste a reação e calcule a massa de água que se obtém a partir de 216 gramas de pentano.

Uma solução é preparada dissolvendo-se 5g de ácido clorídrico em 35g de água. Agita-se para que o ácido dissolva totalmente, e no final obtemos uma solução cuja densidade é $1,06g/cm^3$. Calcule sua concentração medida em Mol/L.

As pequenas pesquisas (quadro 3), segundo Pozo e Crespo (2009) são atividades em que o estudante deve obter respostas para um problema por meio de um trabalho prático, tanto no laboratório escolar ou fora dele. Segundo os autores as pequenas pesquisas potencializam diversos procedimentos de trabalho, estratégias de busca, análise de dados, dentre outros, e são úteis para estabelecer conexões entre os conceitos teóricos e aplicações práticas. Também possibilita a formulação de hipóteses, processo que se aproxima do trabalho científico.

Quadro 3. Exemplos de problemas escolares do tipo pequenas pesquisas em Química e Física (Batinga, 2011, Pozo e Crespo, 2009).

Determinar se os sucos de melancia e laranja apresentam comportamento ácido ou básico. Qual destes sucos possui maior valor de pH?

Quando soltamos um corpo ele é atraído pela terra e cai livremente até o solo. Se deixamos cair dois corpos, um grande e outro pequeno, qual chegará antes ao chão? Desenhe um experimento que permita responder a essa pergunta e determine quais fatores influenciam na queda.

Pelo exposto, destaca-se a importância de um ensino que possibilite aos estudantes a compreensão de processos químicos articulados a construção de um conhecimento científico relacionado com aplicações tecnológicas, suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas. Também, a promoção de um ambiente de aprendizagem agradável, com abordagens mais flexíveis e interativas que se distanciam do ensino por transmissão-recepção são bem-vindas e recomendadas por pesquisas da didática das ciências (MEIRIEU, 1998, GARCÍA, 2000, CORONEL, 2008, DE JONG, 1998, GÓI, 2009, SOLAZ-PORTOLÉS, 2010). Sob essa perspectiva, este trabalho traz a proposição de um problema denominado pequenas pesquisas atrelado a um experimento com ênfase na análise qualitativa de íons ferro (III) em rapadura, um dos produtos da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*).

Alguns Aspectos da Rapadura e sua Produção

Historicamente relacionada ao desenvolvimento do Brasil, especialmente durante o período colonial, a cana-de-açúcar ainda é uma das nossas principais culturas agrícolas, garantindo a posição do nosso país como grande produtor mundial.

O Brasil é privilegiado na produção tanto de açúcar quanto de álcool anidro para fins combustíveis, por apresentar duas grandes regiões produtoras, com safras alternadas: São Paulo e a Região Nordeste, especialmente Alagoas e Pernambuco. Apesar disso, muitas outras áreas distribuídas por todo território

nacional são destinadas ao cultivo da cana, quer para fins industriais quanto para a produção artesanal.

A cana-de-açúcar é utilizada na fabricação industrial de vários produtos, dentre eles o açúcar (sacarose), etanol anidro e a aguardente. O bagaço ainda é aproveitado como matéria-prima energética e os resíduos do caldo como fertilizante natural.

O crescimento de usinas e destilarias reduziu a quantidade dos tradicionais engenhos. Porém, ainda são verificadas algumas unidades que se destinam à produção de cachaça, mel, açúcar mascavo e rapadura (figura 1).

A rapadura é um produto sólido, de sabor doce, obtida pela concentração à quente do caldo da cana-de-açúcar, sua principal matéria-prima. Possui grande teor energético e é rica em vitaminas, ferro e flúor, fatores que dependem da origem e processamento. Além disso, possui um baixo custo, sendo tradicionalmente consumida pela população nordestina.

Figura 2. Amostras de rapaduras.

A sequência simplificada de etapas da produção da rapadura a partir da cana-de-açúcar é apresentada no fluxograma mostrado na figura 3.

Analisando o fluxograma, observa-se que o processo de produção da rapadura se diferencia do processo de obtenção do mel de engenho e do açúcar mascavo apenas pelo tratamento do caldo após a sua concentração. Nesse caso, o caldo concentrado passa ainda por uma etapa que se destina à separação das impurezas menos grosseiras. Em seguida, ocorre o procedimento de evaporação e, finalmente,

busca-se atingir o “ponto” da rapadura. Antes de se solidificar, a pasta é colocada nas fôrmas, geralmente de madeiras, e, depois da secagem, a rapadura está pronta para ser embalada e comercializada.

METODOLOGIA

Tendo como referencial teórico-metodológico os autores Pozo e Crespo (2009) foi proposto nesse estudo um problema do tipo pequenas pesquisas. A atividade experimental foi elaborada de tal maneira que o seu desenvolvimento propiciasse a mobilização de recursos cognitivos, procedimentos e atitudes. O produto para análise, a rapadura, foi escolhida tendo em vista que faz parte do contexto de vida de muitas pessoas especialmente aquelas da região nordeste do Brasil. A realização do experimento é motivada pelo seguinte problema proposto:

"Sabe-se que uma alimentação rica de nutrientes, balanceada e sem altos teores de gordura é recomendável. Sob essa perspectiva ingerir alimentos que têm a presença de ferro é importante principalmente porque combate a anemia. Nesse sentido um produto alimentício rico nesse mineral é a rapadura. Que procedimentos químicos devem ser realizados para se determinar o teor de ferro sob a forma Fe(III) na rapadura?"

MATERIAIS E REAGENTES

- Béquer de 50 mL ou copos de vidro ou de plástico (transparente);
- Balão volumétrico de 250 mL;
- Vidro de relógio;
- Ácido clorídrico 6,0 mol/L (HCl);
- Solução 0,5 mol/L de hexacianoferrato (II) de potássio ($K_4[Fe(CN)_6]$);
- Solução 0,5 mol/L de tiocianato de amônio; NH_4SCN ;
- Amônia concentrada (NH_3);
- Solução 0,5 mol/L de hidróxido de sódio (NaOH).

PROCEDIMENTOS

A caracterização de íons ferro (III) na rapadura consistiu das seguintes etapas: (i) -

preparo de uma solução a 5% a partir de uma amostra de rapadura (m/m); (ii) - retirada de alíquotas de 25 mL da solução preparada e transferência para cinco béqueres de 50 mL (1, 2, 3, 4 e 5); (iii) - acidificação de cada uma das soluções com uso de 5mL de ácido clorídrico; (iv) - às soluções de rapadura 1, 2, 3 e 4, respectivamente, houve adição gota a gota (cerca de 10mL) às soluções de: hexacianoferrato (II) de potássio, tiocianato de amônio, hidróxido de sódio e amônia concentrada, NH_3 ; o béquer 5 constitui a solução padrão de comparação; (v)- comparar as colorações verificadas nos béqueres 1, 2, 3 e 4 (figura 3) com a solução do béquer 5.

Figura 4. Soluções de rapadura (béqueres 1-4, da esquerda para direita), após a adição dos reagentes.

Nota: todos os reagentes são encontrados em lojas de produtos químicos. O ácido clorídrico e o hidróxido de sódio são comercialmente conhecidos como soda cáustica e ácido muriático respectivamente, sendo a venda controlada pela Polícia Federal (Gonçalves et al., 2001). Além disso, são substâncias tóxicas e corrosivas, devendo o professor e alunos terem cuidado no manuseio das mesmas. É importante utilizar **CAPELA**.

Devida as especificidades da atividade em relação ao manuseio com soluções corrosivas o experimento é mais adequado para os cursos tecnológicos de Química.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Identificação de íons ferro (III): discussão de aspectos químicos

Os reagentes $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, NH_4SCN , NaOH , e NH_3 formam com íons ferro (III), presentes na solução de rapadura, compostos com colorações azul intenso (azul da Prússia), vermelho, marrom-escuro e marrom-claro, respectivamente, bem características. A fim de se perceber com mais clareza a formação do precipitado, hexacianoferrato (II) de ferro (III), $(\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3)$, recomenda-se que na primeira reação seja realizada uma filtração, pois, a coloração levemente amarela da solução da rapadura com a coloração azulada devido à formação de $(\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3)$, confere à solução resultante uma cor esverdeada (Figura 4). As equações 1, 2, 3 e 4 (Lee, 1999, Vogel, 1981) representam os fenômenos observados após a adição dos reagentes às soluções de rapadura (béqueres 1-4):

Figura 5. Precipitado de hexacianoferrato(II) de ferro(III), $(\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3)$ retido no papel de filtro.

CONCLUSÕES

Atividades experimentais voltadas às perspectivas problematizadoras e investigativas podem ganhar motivação e interesse adicionais quando vinculadas a temas regionais. A investigação de íons ferro (III) em rapadura pode

atuar como uma *doce ideia* para a discussão de conceitos científicos e permitir a inter-relação com aspectos históricos e sociais, além de contribuir para o desenvolvimento de habilidades nos estudantes, como manuseio de vidrarias, preparo de soluções, procedimentos de filtração.

REFERÊNCIAS

1. Batinga, V. T. S. A abordagem de resolução de problemas articulada a atividades experimental no ensino de química. Texto didático. Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco: Caruaru, **2011**.
2. Coronel, M.V. e Curotto, M. M. La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 7, 2, 463-479. **2008**.
3. De Jong, O. Los experimentos que plantean problemas em las aulas de química: dilemas y soluciones. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 16, 2, 305-314. **1998**.
4. Fernandes, L. dos S.; Campos, A. F. Enseñanza del Enlace Químico desde una Perspectiva Situación-Problema. Formación Universitaria, v. 7, p. 45-52, **2014**.
5. García, J. J. G. Enseñanza de las Ciencias, 18, 1, **2000**, 113-129.
6. Góti, M. E. J., Santos, F. M. T. Química Nova na Escola, **2009**, 31, 3, 203-209.
7. Gonçalves, J. M, Antunes, K. C. L. e Antunes, A. Química Nova na Escola, **2001**, 4, 43-45.
8. Lacerda, C. C.; Campos, A. F.; Marcelino JR., C. A. C. Química Nova na Escola, **2012**, 34, 2, 75-82.
9. Lee, J. D. Química Inorgânica não tão Concisa. 5ª ed. Edgard Blucher, **1997**.
10. Lucena R. M, Campos, A. F.; Souza, S. R. Atividades Experimentais de Química numa Perspectiva de Ensino por Situação-problema para Alunos Iniciantes do Curso de Medicina Veterinária. Revista de Educação, Ciências e Matemática, v. 5, p. 66-76, **2015**.
11. Meirieu, P. *Aprender sim, mas como?* Porto Alegre: Editora Artmed. **1998**.
12. Perales Palacios, F.J. Enseñanza de las Ciencias, **1993**, 11, 2, 170-178.
13. Pozo, J. I. (org.). A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: Artmed. **1998**.
14. Pozo, J. I.; Crespo, G. A aprendizagem e o ensino de ciências. Porto Alegre: Artmed. **2009**.
15. Simões Neto, J. E.; Campos, A. F.; Marcelino JR., C. A. C. Investigações em Ensino de Ciências, **2013**, 18, 327-346.
16. Shreve, R. N.; Brink-Jr, J. A. Indústria de Processos Químicos. 4ª ed. Editora LTC, **1997**.
17. Silva, M. J.; Fernandes, L. dos S.; Campos, A. F. Situação-Problema como Estratégia didática na Abordagem do Tema Lixo. Educação Ambiental em Ação, v. 46, p. 1, 2014.
18. Solaz-portolés, J. J. Variables cognitivas y metacognitivas en la resolución de problemas de química: propuesta de estrategias didácticas, Química Nova, v. 33, n. 6, p. 1403-1407, **2010**.
19. [Veríssimo, V. B.; Campos, A. F.;](#) Abordagem das Propriedades Coligativas das Soluções numa Perspectiva de Ensino por Situação-problema. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 4, p. 101-118, **2011**.
20. Vogel, A. Química Analítica Qualitativa. 5ª ed. Editora Mestre Jou, **1981**.

Figura 3. Fluxograma simplificado do processo de obtenção da rapadura (SHREVE, 1997)