

Simulando a toxicidade de pilhas e baterias por meio de um bioensaio simples e de baixo custo

David Lucas Zegolan Marcondes¹, Danielle da Silva², Rafaelle Bonzanini Romero³, Adriano Lopes Romero⁴

¹Licenciando em Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

²Licencianda em Química pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

³Doutora em Ciências pela Universidade Estadual de Campinas.

Professora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR/Brasil).

⁴Mestre em Química pela Universidade Estadual de Campinas.

Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Simulating the toxicity of batteries through a simple and low cost bioassay

Informações do Artigo

Recebido: 10/05/2019

Aceito: 13/06/2019

Palavras chave:

ensino de ciências. educação ambiental. experimentação.

Key words:

science teaching. environmental education. experimentation.

E-mail:

davidlucasmarcondes@gmail.com

ABSTRACT

This paper presents a bioassay using yeast as a test organism to evaluate the toxicity of batteries. There fore a relatively simple apparatus is assembled, consisting of a fermentative reactor connected to a receptacle containing calcium hydroxide solution and pH indicator. For situations in which solutions containing toxic substances are added to the fermentative reactor, the carbon dioxide production is reduced, evidence that is related to a reduction in the test organism's cellular viability, and an increase in the time needed to neutralize the basic solution with pH indicator. The experimental activity allows a simple and quick simulation of the toxicity of batteries, being able to contribute to the awareness of the proper disposal of these materials, as well as to explore various conceptual and procedural chemical knowledge.

INTRODUÇÃO

O livro *Silent Spring*, publicado por Rachel Carson em 1962, despertou o interesse de acadêmicos e da população em geral para as consequências das ações humanas no meio ambiente (POTT & ESTRELA, 2017), principalmente pelo uso de pesticidas. Carson considera que "a menos que essas substâncias sofram um controle mais rígido, estaremos certamente indo rumo a um desastre" (EARTH DAY, 1970). Segundo essa autora "o equilíbrio da natureza é baseado numa série de inter-relações entre os seres vivos, e entre os seres vivos e seu ambiente" (EARTH DAY, 1970), desta forma, devemos agir sobre a natureza cientes das consequências desses atos. Podemos dizer que o trabalho de Carson contribuiu para a gênese da área que seria denominada de Educação Ambiental.

Na década seguinte, em 1975, durante o Workshop Internacional de Educação Ambiental, liderado pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) e Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, foram estabelecidas metas de Educação Ambiental, tais como formar uma população mundial consciente e preocupada com o meio ambiente e seus problemas associados, e que tenha conhecimentos, habilidades, atitudes, motivações e comprometimento para trabalhar individual e coletivamente para solucionar problemas atuais e prevenir novos problemas (MARCATTO, 2002).

No que diz respeito as metas acima indicadas, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, sigla do inglês *Food and Agriculture Organization of the United Nations*) têm disseminado, para a população, informações acerca do consumo de pesticidas em vários países do mundo. Os dados disponíveis para consulta no site da FAO permitem concluir, por exemplo, que o consumo mundial de pesticidas praticamente dobrou no período de 1990 a 2016, e que o Brasil é o terceiro país que mais consome pesticidas no mundo (FAO, *on line*).

Embora os problemas relacionados ao uso intensivo de pesticidas não tenham sido superados (RIGOTTO, VASCONCELOS & ROCHA, 2014), em alguns países o controle do uso dessas substâncias é bastante rigoroso, o que têm resultado na diminuição do uso dos mesmos (SCHULTE-OEHLMANN, OEHLMANN & KEIL, 2011).

Outras formas de contaminação do meio ambiente (NASCIMENTO & GONZALEZI, 2018; LIMA & MERÇON, 2011), que impactam também na saúde pública, surgiram com o consumo acelerado (e descarte inadequado) de pilhas, baterias e equipamentos eletroeletrônicos (SILVA FILHO et al., 2018; KEMERICH et al., 2012), que possuem em sua composição metais pesados como cádmio, chumbo, cobalto, cromo e manganês.

Neste cenário, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) tem apresentado, desde 1999, várias resoluções que estabelecem os limites máximos dos diferentes metais em pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado. Segundo a Resolução CONAMA nº 401, de 4 de novembro de 2008, por exemplo, as pilhas e baterias de zinco-manganês e alcalino-manganês deverão atender aos seguintes teores máximos (BRASIL, 2008):

- I. conter até 0,0005% em peso de mercúrio quando for do tipo pilha ou acumulador portátil;
- II. conter até 0,002% em peso de cádmio quando for do tipo pilha ou acumulador portátil;
- III. conter até 2,0% em peso de mercúrio quando for do tipo pilha-botão, bateria de pilha botão ou pilha miniatura.
- IV. conter traços de até 0,1% em peso de chumbo.

Ainda nessa perspectiva, foi instituída no Brasil a lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos e dispõe sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, reconhecendo a responsabilidade compartilhada por meio de acordos setoriais entre o poder público e os geradores (CARVALHO, BARATA & ALVES, 2016; BRASIL, 2010). Essa lei instituiu a logística reversa como instrumento para o manejo dos seguintes resíduos sólidos: (i) agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; (ii) pilhas e baterias; (iii) pneus; (iv) óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; (v) lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; (vi) produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010).

Entre os resíduos sólidos indicados anteriormente, a literatura especializada (SILVA FILHO et al., 2018; KEMERICH et al., 2012) tem indicado que o descarte inadequado de lixo eletrônico é ainda muito comum, em vários casos a população não sabe, por exemplo, qual é a melhor maneira de se descartar materiais utilizados com frequência como as pilhas e baterias.

Neste sentido, o que tem sido observado pela literatura especializada (SILVA FILHO et al., 2018; KEMERICH et al., 2012) é que embora a atividade de logística reversa tenha embasamento na legislação brasileira, sua efetiva concretização só ocorrerá com a cooperação entre os consumidores, os particulares e o poder público. No que cabe aos consumidores para que essa atividade tenha sucesso é necessário que os consumidores encaminhem seus produtos a serem descartados às organizações - fabricantes, órgãos públicos, empresas especializadas - dotadas de fluxos reversos.

No contexto brasileiro, a lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, considera a Educação Ambiental como “[...] os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atividades e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida e sua sustentabilidade”. Os elementos característicos da Educação Ambiental podem ser construídos, por exemplo, no ambiente escolar, por diferentes disciplinas, ou em espaços não-formais de Educação (BRASIL, 1999).

Acreditamos que o contexto apresentado é uma rica oportunidade para se trabalhar Educação Ambiental, seja na educação formal ou na educação não-formal. Ao verificar as produções acadêmicas da área de Ensino de Ciências, observamos que a Educação Ambiental tem sido, desde o início deste século, um tema recorrente em pesquisas da área de Ensino de Ciências. Esse fato é justificado, em certa medida, por nossa legislação contemplar há apenas 20 anos essa temática e pela existência de lacunas de transposição didática de conhecimentos específicos da área ambiental para o contexto escolar. Uma das lacunas encontradas refere-se a falta de atividades experimentais que permitam contribuir para discussão de temas ambientais (PALÁCIO et al., 2013).

Diante desse cenário, na presente comunicação, apresentamos um bioensaio - simples e de baixo custo, que pode ser executado com materiais alternativos, e desenvolvido até mesmo em escolas que não possuem laboratório de Ciências - para avaliar a toxicidade de pilhas e baterias, contribuindo, desta forma, para a conscientização acerca do descarte inadequado desses materiais.

O BIOENSAIO

Concordamos com os vários autores da área de Ensino de Ciências - tais como Ferreira; Hartwig & Oliveira (2010); Galiazzi et al. (2001); Arruda & Laburú (1998) - que têm indicado a importância das atividades experimentais na formação de estudantes na educação básica. Apesar dessa constatação, a falta de laboratório, de suporte técnico, reagentes, o reduzido número de aulas, e a falta de propostas de atividades práticas com materiais alternativos são os principais motivos indicados pelos/as professores/as para o não uso de atividades experimentais nas disciplinas de Ciências.

Para alguns temas de química, tais como química verde ou química ambiental, os conteúdos têm sido abordados de forma teórica, sem contextualização, e baseados, muitas vezes, apenas em livros didáticos (PALÁCIO et al., 2013). Acreditamos que, para esses dois temas, muitos ensaios experimentais utilizados em contextos de pesquisas em áreas específicas possam sofrer transposição didática e serem utilizados no contexto escolar. Exemplificamos, na presente comunicação, que os bioensaios utilizados para avaliação da toxicidade de substâncias químicas ou matrizes complexas, geralmente provenientes de ambientes aquáticos ou terrestres, podem ser utilizados para promover discussões relacionados à Educação Ambiental.

Vários bioensaios que possuem a característica de avaliar, em condições padronizadas, a resposta biológica de determinada substância química ou poluente frente a organismos vivos têm sido reportados na literatura. Como exemplos de bioensaios podemos citar aqueles que avaliam o efeito de substâncias químicas: (i) na germinação de sementes (WILLIAMSON & RICHARDSON, 1988); (ii) na viabilidade de microcrustáceos, tal como a *Artemia salina* (MEYER et al., 1982); (iii) na viabilidade celular de leveduras do tipo *Saccharomyces cerevisiae* (HRENOVIC, STILINOVIC & DVORACEK, 2005) e (iv) no ciclo celular de *Allium cepa*, avaliando os efeitos citotóxico e genotóxico (BARBÉRIO, VOLTOLINI & MELLO, 2011). Alguns desses bioensaios foram adaptados para o contexto escolar, tal como os trabalhos realizados por Santos et al. (2017); Sousa & Simões (2016); Souza et al. (2014) e Palácio et al. (2013).

O bioensaio ora apresentado foi inspirado nos trabalhos de Hrenovic; Stilinovic & Dvoracek (2005), que avaliaram a toxicidade de águas residuais de fontes farmacêuticas, e

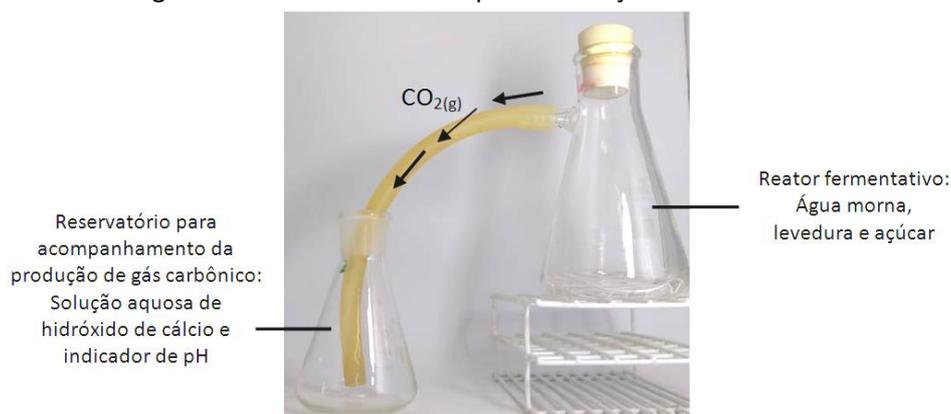
Souza et al. (2014), que simularam a toxicidade de pilhas e baterias no contexto do ensino de Química.

Um dos principais objetivos do bioensaio ora apresentado é demonstrar, visualmente, a interferência de substâncias químicas (tais como os metais pesados presentes em pilhas e baterias) na viabilidade celular da levedura *S. cerevisiae*. Quando viável, e em condições adequadas, a *S. cerevisiae* metaboliza sacarose e produz gás carbônico (CO₂), que pode ser facilmente observado a partir do borbulhamento no meio fermentativo. A identidade do gás carbônico - um óxido ácido que produz ácido carbônico (H₂CO₃) ao se dissolver em água (Eq. 1) - pode ser verificada a partir de uma reação ácido-base. Para isso, o gás carbônico produzido pela levedura é canalizado até um recipiente contendo solução aquosa de hidróxido de cálcio {Ca(OH)₂}, e um indicador de pH (Figura 1). O gás carbônico produzido pela levedura neutraliza a solução básica (Eq. 2), na sequência a concentração de ácido carbônico no meio reacional aumenta (Eq. 1) alterando a cor do indicador usado.



Quando a levedura é exposta à um xenobiótico - substância química estranha a um organismo vivo - pode-se observar a morte celular da mesma, que pode ser parcial ou total dependendo do nível de toxicidade do xenobiótico. A inviabilidade celular da levedura é observada, em condições adequadas, pela diminuição da produção de gás carbônico. Desta forma, a presença de metais pesados presentes na composição de pilhas e baterias pode ser facilmente observada por meio do bioensaio com *S. cerevisiae*.

Figura 1: Sistema A utilizado para realização do bioensaio.



Fonte: Autoria própria.

APORTES METODOLÓGICOS

O bioensaio ora apresentado foi aplicado, no ano de 2018, em duas situações distintas: (i) em oficinas temáticas desenvolvidas com crianças e adolescentes, de 6 a 14 anos, assistidas pelos Centros de Convivência de Campo Mourão/PR; (ii) em um minicurso ofertado, para licenciandos em Química, durante o evento VI Encontro Regional de Química, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - campus Campo Mourão. Nos dois casos, o objetivo da realização do bioensaio foi trazer evidências da toxicidade de metais pesados para refletir acerca dos impactos do descarte inadequado de pilhas e baterias ao meio ambiente.

Dois sistemas são apresentados a seguir, um utilizando vidrarias comumente disponíveis em laboratórios de Ciências (sistema A) e outro utilizando materiais alternativos (sistema B).

O sistema A (Figura 1) foi montado utilizando as seguintes vidrarias e acessórios: kitassato de 250 mL, erlenmeyer de 125 mL, mangueira de látex, e rolha de silicone.

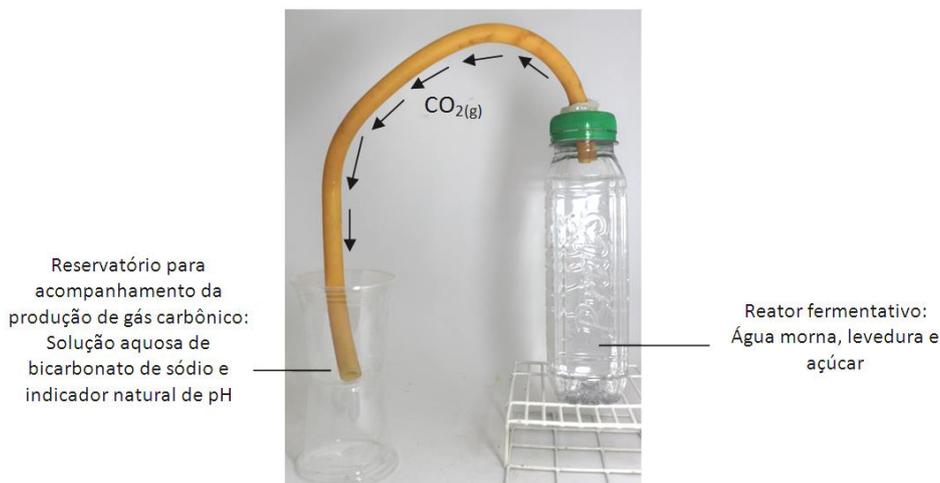
Ensaio controle (sem a presença substância tóxica): Em um kitassato adicionou-se cinco gramas de fermento biológico seco instantâneo (existem várias marcas disponíveis em supermercados), 14 g de açúcar cristal, 100 mL de água (não há necessidade de uso de água destilada), que foi previamente aquecida a 40 °C. Em erlenmeyer adicionou-se 100 mL de água, 8 gotas de solução aquosa saturada de hidróxido de cálcio, e 8 gotas de solução indicadora de pH. O kitassato foi tampado com uma rolha de silicone e a saída lateral foi acoplada, utilizando uma mangueira de látex, ao conteúdo do erlenmeyer, para que o gás carbônico produzido pela levedura, no processo fermentativo, alterasse o pH da solução aquosa contida no erlenmeyer.

Ensaio com substância tóxica: Em um kitassato de 250 mL adicionou-se 8 mL de extrato aquoso de pilha ou bateria e cinco gramas de fermento biológico seco instantâneo, essa mistura ficou em contato por 15 minutos (tempo mínimo necessário para a morte de uma quantidade significativa de leveduras). Na sequência adicionou-se 14 g de açúcar cristal e 100 mL de água, que foi previamente aquecida a 40 °C. Assim como no ensaio controle o kitassato foi tampado com uma rolha de silicone e a saída lateral foi acoplada, utilizando uma mangueira de látex, ao conteúdo do erlenmeyer.

O sistema B (Figura 2) foi montado utilizando garrafa plástica (com tampa) de 250 mL, copinhos plásticos transparente de 110 mL e mangueira de látex. Fez-se um furo na tampa das garrafas e transpassou a mangueira pelo furo, que posteriormente foi vedado com cola quente. O procedimento experimental é o mesmo descrito anteriormente, com exceção para a solução aquosa básica e indicador de pH. Para este sistema, nos copinhos

plásticos adicionaram-se 80 mL de indicador natural de pH (extrato aquoso de repolho roxo) e 8 gotas de solução aquosa saturada de bicarbonato de sódio.

Figura 2: Sistema B utilizado para realização do bioensaio alternativo.



Fonte: Autoria própria.

Preparação do extrato aquoso de pilha ou bateria: Violou-se cinco pilhas (ou baterias) e o conteúdo das mesmas foi misturado com 250 mL de água, a mistura foi mantida em contato por um dia para extração dos metais pesados. A mistura foi filtrada e a solução obtida foi utilizada nos bioensaios. Sugerimos o uso de diferentes marcas de pilhas e/ou baterias - pois as mesmas possuem proporções diferentes de substâncias químicas - para serem avaliadas nos bioensaios.

Preparação do indicador natural de pH: Em um liquidificador bateu-se uma folha de repolho roxo com 1 litro de água, a mistura resultante foi filtrada e a solução obtida foi utilizada como indicador natural de pH.

DISCUSSÃO

A interferência dos metais pesados, presentes nos extratos aquosos de pilhas e baterias, na viabilidade celular da levedura *S. cerevisiae* foi facilmente observado em todos os testes realizados. Ao avaliar cinco dos indicadores de pH comumente disponíveis em laboratório observou-se que para quatro deles o tempo de viragem foi em torno de 8 min. (Tabela 1). Para o vermelho de metila o tempo de viragem foi de ~ 11 min., resultado esperado, uma vez que esse indicador possui o menor pH de viragem, sendo necessário um

maior tempo para produção de ácido carbônico e conseqüentemente diminuição do pH do meio reacional.

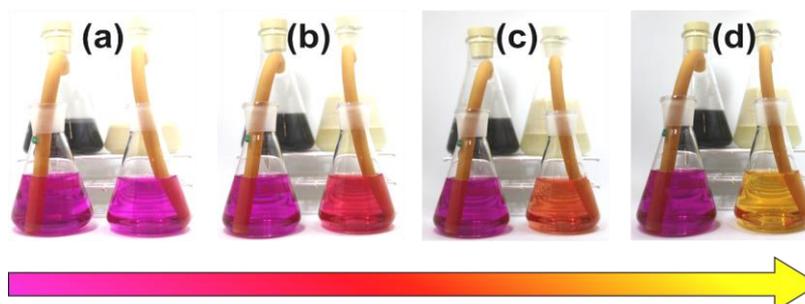
Tabela 1: Indicadores de pH e observações feitas durante o ensaio controle.

Indicador	Faixa de viragem	Cores observadas	Tempo de viragem
Azul de bromotimol	6,0 - 7,6	Azul → amarelo	7min40s
Timolftaleína	9,4 - 10,6	Azul → incolor	8min
Vermelho de fenol	6,6 - 8,0	Rosa → amarelo	8min18s
Fenolftaleína	8,2 - 10,0	Rosa → incolor	8min12s
Vermelho de metila	4,4 - 6,2	Amarelo → vermelho	11min37s

Fonte: Autoria própria.

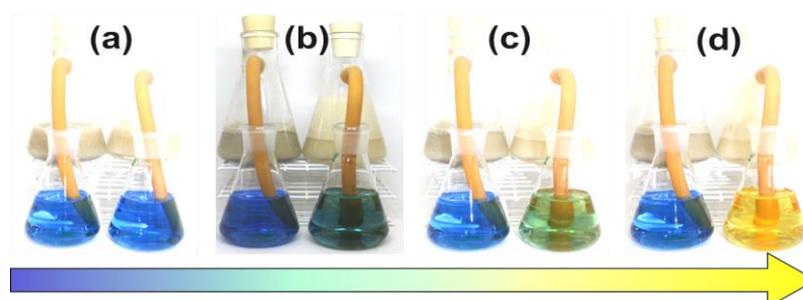
Os aspectos visuais observados quando se usou dois dos indicadores avaliados são apresentados nas figuras 3 e 4. Em cada figura pode ser observado, em diferentes momentos, o aspecto visual do teste controle (direita) e o teste com extrato aquoso de pilha ou bateria (esquerda). As mudanças de pH são facilmente relacionadas a variação de cor observada ao longo do desenvolvimento do experimento, o que torna os indicadores fenolftaleína (cuja transição de cor vai da rosa para o incolor) e timolftaleína (cuja transição de cor vai do azul para o incolor) menos atraente para ser utilizado neste experimento. Os indicadores vermelhos de fenol, azul de bromotimol e vermelho de metila foram os que apresentaram os aspectos visuais mais destacados. No entanto, para o indicador vermelho de metila o tempo de viragem é maior do que para os outros dois, o que pode ser um limitante para aulas de Ciências isoladas.

Figura 3: Aspectos visuais - inicial (a), intermediário (b) e (c), e final (d) - observados no bioensaio utilizando vermelho fenol.



Fonte: Autoria própria.

Figura 4: Aspectos visuais - inicial (a), intermediário (b) e (c), e final (d) - observados no bioensaio utilizando azul de bromotimol.



Fonte: Autoria própria.

Outro aspecto visual - a produção de gás carbônico no teste em que substâncias tóxicas estão presentes - pode ser facilmente relacionado à viabilidade celular da levedura. Ainda que o borbulhamento de gás possa ser facilmente observado, essa evidência não parece ser adequada, nas condições avaliadas, para diferenciar os níveis de toxicidade de diferentes amostras. Neste aspecto, o bioensaio ora apresentado se distancia dos trabalhos de Hrenovic; Stilinovic & Dvoracek (2005) e Souza et al. (2014), que compartilham a ideia de avaliação da viabilidade celular a partir da mensuração do volume de gás carbônico produzido pela levedura exposta a diferentes xenobióticos. No entanto, o procedimento utilizado por esses autores, por fazer uso de seringas e agulhas, apresenta um certo risco à segurança dos agentes que conduzirão a atividade experimental.

No bioensaio ora apresentado o critério para diferenciar níveis de toxicidade é o tempo necessário para observar a viragem do indicador, substâncias mais tóxicas inviabilizam um número maior de células de levedura, o que resulta em uma produção menor de gás carbônico e um maior tempo para neutralização da base e acidificação do meio reacional. Desta forma, é possível, por exemplo, estabelecer uma relação de toxicidade entre pilhas e baterias de várias marcas disponíveis para comercialização. Essa relação de toxicidade pode ser avaliada, no contexto da sala de aula, por diferentes grupos de estudantes, no qual cada grupo avalia uma marca de pilha ou de bateria. Ao final desse processo, os estudantes poderão comparar os resultados e construir uma escala de toxicidade das pilhas e baterias disponíveis para comercialização.

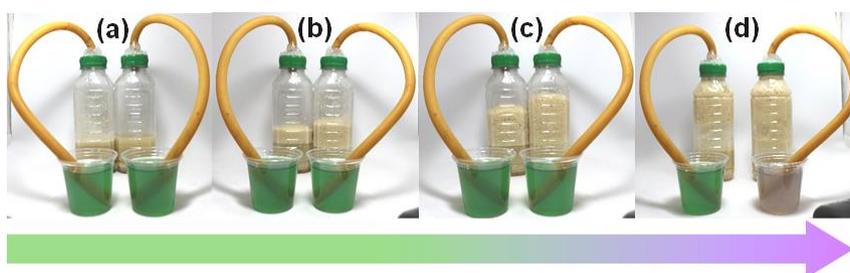
Nas situações em que esse bioensaio foi desenvolvido exploramos a comparação do nível de toxicidade entre as diferentes marcas de pilhas e baterias. Um fator que dificulta essa análise é a ausência de informações acerca da composição química das pilhas e baterias disponíveis para comercialização no Brasil. Para subsidiar essa discussão, sugerimos o uso dos trabalhos de Bocchi; Ferracin & Biaggio (2000) e Silva et al. (2011), assim como as

informações ao consumidor produzido pelo Inmetro acerca de pilhas alcalinas de zinco - manganês (INMETRO, *on line*).

Algumas informações contidas no site do Inmetro podem ser utilizadas para promover a motivação para realização do bioensaio apresentado. Uma dessas informações diz respeito ao consumo de pilhas produzidas em outros países, tais como os asiáticos, que costumam ser fabricadas com teores de metais pesados - cádmio, chumbo e mercúrio - até sete vezes superiores aos permitidos pelo CONAMA, e vazam com facilidade (INMETRO, *on line*).

Em relação ao sistema B observou-se que o uso de materiais alternativos não prejudicou a avaliação da toxicidade dos extratos aquosos de pilhas ou baterias. No entanto, a variação de cor (de verde para roxo), observado ao longo do desenvolvimento do experimento, é menos atraente do que quando utilizou-se os indicadores de pH relacionados na Tabela 1. Apesar dessa constatação, consideramos que, para fins didáticos, o uso do indicador natural de pH continua sendo uma opção interessante para esse bioensaio. Além disso, vários outros indicadores naturais de pH, não avaliados na presente comunicação, são reportados na literatura (CUCHINSKI, CAETANO & DRAGUNSKI, 2010; DIAS, GUIMARÃES & MERÇON, 2003; TERCÍ & ROSSI, 2002), o que permite uma flexibilidade de adaptação do bioensaio apresentado.

Figura 5: Aspectos visuais - inicial (a), intermediário (b) e (c), e final (d) - observados no bioensaio utilizando materiais alternativos.



Fonte: próprio autor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O bioensaio apresentado permite avaliar - de forma simples, relativamente rápida, utilizando materiais alternativos e de baixo custo, e com um forte apelo visual - o efeito tóxico de substâncias presentes em pilhas e baterias. O desenvolvimento de tal atividade experimental, seja de forma demonstrativa ou inserida no contexto de uma experimentação investigativa, e sua adequada utilização pelo/a professor/a, traz elementos para a discussão acerca: (i) do descarte adequado de resíduos sólidos, assim como preconiza nossa legislação;

(ii) das consequências, para o meio ambiente e para a saúde pública, do descarte inadequado de certos resíduos sólidos, tais como as pilhas e baterias, que possuem vários metais pesados.

REFERÊNCIAS

ARRUDA, S. M.; LABURÚ, C. E. Considerações sobre a função da experimentação no ensino de ciências. In: Nardj, R. (Org.). **Educação em Ciências: da pesquisa à prática docente**. São Paulo: Escrituras Editora, p. 53-60, 1998.

BARBÉRIO, A.; VOLTOLINI, J. C.; MELLO, M. L. S. Standardization of bulb and root sample sizes for the *Allium cepa* test. **Ecotoxicology**, v. 20, n. 4, p. 927-935, 2011.

BOCCHI, N.; FERRACIN, L. C.; BIAGGIO, S. R. Pilhas e baterias: funcionamento e impacto ambiental. **Química Nova na Escola**, n. 11, p. 3-9, 2000.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9795.htm. Acesso em: 01 ago. 2018.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 01 ago. 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 401, de 4 de novembro de 2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589>. Acesso em: 01 ago. 2018.

CARVALHO, D. F.; BARATA, A. J. S. S.; ALVES, R. R. Logística reversa de lixo eletrônico nas organizações públicas. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 862 - 872, mai. - ago. 2016.

CUCHINSKI, A. S.; CAETANO, J.; DRAGUNSKI, D. C. Extração do corante da beterraba (*Beta vulgaris*) para utilização como indicador ácido-base. **Eclética Química**, v. 35, n. 4, p. 17-23, 2010.

DIAS, M. V.; GUIMARÃES, P. I. C.; MERÇON, F. Corantes naturais: Extração e emprego como indicadores de pH. **Química Nova na Escola**, n. 17, p. 27-31, maio 2003.

EARTH DAY. Direção de Robert Stone. Estados Unidos: American Experience Films, 1970. (Esse documentário, legendado e dividido em 12 partes, pode ser acessado no YouTube: <https://www.youtube.com/watch?v=NtZWMHjDX78>).

FERREIRA, L. H.; HARTWIG; D. R.; OLIVEIRA, R. C. Ensino experimental de Química: Uma abordagem investigativa contextualizada. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 101 - 106, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Pesticides Use**. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP/visualize>. Acesso em: 01 ago. 2018.

GALIAZZI, M. C. et al. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

HRENOVIC, J.; STILINOVIC, B.; DVORACEK, L. Use of prokaryotic and eukaryotic biotests to assess toxicity of wastewater from pharmaceutical sources. **Acta Chimica Slovenica**, v. 52, p. 119-125, dez. 2005.

KEMERICH, P. D. C. et al. Descarte indevido de pilhas e baterias: a percepção do problema no município de Frederico Westphalen - RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 8, n. 8, p. 1680-1688, set.-dez., 2012.

LIMA, V. F.; MERÇON, F. Metais pesados no ensino de Química. **Química Nova na Escola**, v. 33, n. 4, p. 199-205, nov. 2011.

MARCATTO, C. **Educação ambiental: conceitos e princípios**. Belo Horizonte: FEAM, 2002.

MEYER, B. N. et al. Brine Shrimp: a convenient general bioassay for active plant constituents. **Planta Medica**, v. 45, n. 5, p. 31-34, 1982.

RESUMO

A presente comunicação apresenta um bioensaio, que utiliza fermento biológico seco instantâneo como organismo teste, para avaliar a toxicidade de pilhas e baterias. Para isso, montou-se um aparato, relativamente simples, que consiste de um reator fermentativo acoplado a um recipiente contendo solução de hidróxido de cálcio e indicador de pH. Para as situações em que é adicionado soluções contendo substâncias tóxicas ao reator fermentativo, observa-se diminuição da produção de gás carbônico, evidência que está associada a diminuição da viabilidade celular do organismo teste, e aumento do tempo necessário para neutralizar a solução básica com indicador. A atividade experimental permite simular, de forma simples e rápida, a toxicidade de pilhas e baterias, podendo contribuir para a conscientização do descarte adequado desses materiais, assim como explorar vários conhecimentos químicos de cunho conceitual e procedimental.

Palavras chave: Ensino de Ciências. Educação Ambiental. Experimentação.

RESUMEN

La presente comunicación presenta un bioensayo que utiliza la levadura de pan como organismo de prueba para evaluar la toxicidad de las pilas y las baterías. Para ello, se montó un aparato, relativamente simple, que consiste en un reactor fermentativo acoplado a un recipiente que contenía una solución de hidróxido de calcio e indicador de pH. Para las situaciones en que se añade soluciones que contienen sustancias tóxicas al reactor fermentativo, se observa una disminución de la producción de gas carbónico, evidencia que está asociada a la disminución de la viabilidad celular del organismo test, y el aumento del tiempo necesario para neutralizar la solución básica con indicador. La actividad experimental permite simular, de forma simple y rápida, la toxicidad de pilas y baterías, pudiendo contribuir a la concientización del descarte adecuado de esos materiales, así como explorar varios conocimientos químicos de cunho conceptual y procedimental.