

**EXPERIMENTOS NOS LIVROS DIDÁTICOS: ASPECTOS RELACIONADOS A
SEGURANÇA E OS REJEITOS QUÍMICOS**
(Experiments in textbooks: issues related to security and chemical waste)

Márcia Cristiane Eloí Silva Ataíde [marciaeloiataide@yahoo.com.br]

Márcia Gorette Lima da Silva [marciaglsilva@yahoo.com.br]

Josivânia Marisa Dantas [josivaniamd@yahoo.com.br]

Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática - UFRN
Campus universitário, CCET, sala 10, Lagoa Nova, 5978-370 – Natal/RN

Resumo

Nos anos 90, na grande maioria das universidades e, em especial institutos e departamentos de química, a gestão dos rejeitos e resíduos gerados em atividades rotineiras era insipiente seja pela falta de um órgão fiscalizador ou por descarte inadequado. Atualmente é grande o avanço neste campo, mas ao olhar para os laboratórios escolares de química observamos um cenário diferente. É neste contexto que procuramos relatar uma das etapas do nosso estudo apresentando uma análise realizada nos livros didáticos de química para o ensino médio aprovados no PNLEM/2007 no que se refere aos aspectos relacionados a segurança na realização dos experimentos e os rejeitos químicos. Os resultados foram tabelados e categorizados a partir de elementos da análise de discurso emergindo 3 categorias.

Palavras-chave: livro didático de Química; rejeitos químicos; experimentos.

Abstract

In the 1990s, in the vast majority of universities especially institutes, and departments of chemistry the management of and waste generated from routine activities was ignored by the lack of a supervisory organism or by inadequate disposal. Nowadays there is a major advance in this field, but looking at the school chemistry laboratories a different scenario is observed. In this context we report an analysis of chemistry textbooks for high school approved PNLEM/2007 with regard to security aspects in the experiments and chemical waste. The results were tabulated and categorized based on elements of content analysis from which 3 categories emerged.

Keywords: chemistry textbook; chemical wastes; experiments

Introdução

No cenário da investigação em ensino de Ciências e, particularmente, da Química tem sinalizado uma preocupação com o uso de atividades experimentais¹ e o tratamento de rejeitos químicos gerados (Jardim, 1998; Carvalho, 1999; Cunha, 2001; Amaral et al, 2001; Alberguini, Silva e Rezende, 2003; Machado e Mol, 2008a, 2008b; Silva e Machado, 2008; Hirata e Filho, 2008 entre outros). Entre os estudos sobre o tema pode-se destacar que a geração de resíduos químicos em instituições de ensino e pesquisa no Brasil tem sido discutida nos últimos anos. Nos anos 90, a grande maioria das universidades e, em especial nos institutos e departamentos de química, a gestão dos rejeitos e resíduos gerados nas suas atividades rotineiras era insipiente devido à falta de um órgão fiscalizador ou ainda utilizavam um descarte inadequado (Jardim, 1998).

Por outro lado, ao olhar para os laboratórios escolares de química observamos uma ausência de trabalhos nesta direção. É neste contexto que emerge o interesse a partir da nossa

¹ A literatura apresenta uma diversidade de termos tais como práticas de laboratório, experiências, aulas práticas entre outras, mas assumiremos neste trabalho o termo atividades experimentais.

atuação como docente na educação básica na rede pública de ensino do Estado do RN e agora como professoras formadoras em uma universidade federal no Nordeste brasileiro em um curso de licenciatura em química. A pesquisa tem como objeto de estudo os experimentos – utilizáveis em escolas do ensino médio – que geram rejeitos químicos com metais pesados². Tal interesse destaca a importância da preocupação deste tema como parte da formação cidadã do estudante da educação básica relacionada às questões ambientais. Neste relato apresentaremos uma etapa deste estudo referente aos livros didáticos e os manuais do professor.

Rejeito ou resíduos? Há diferença?

Ao falar de produção de rejeitos e resíduos químicos, em geral, a representação que as pessoas têm sobre o *locus* da geração de rejeitos químicos é que um deles pode ser a indústria e outro o laboratório (este, por sua vez, pode ser de uma universidade, instituto ou centro de pesquisa entre outros). As instituições de ensino superior e de pesquisa contribuem para a discussão sobre a questão dos rejeitos químicos, não somente pelo fato de compor o grupo de produtores de rejeitos químicos, mas também pelo seu papel na formação de recursos humanos. Autores defendem que as universidades não podem e nem devem ignorar a sua posição como geradora de resíduos químicos mesmo que em pequena quantidade quando comparada as indústrias (Jardim, 1998; Lobo et al, 2007).

Em nosso estudo, um ponto importante foi tentar delimitar alguns termos tais como resíduo e rejeito químico, gerenciamento e armazenamento, já que estes são muito utilizados no cotidiano. Será que têm o mesmo sentido?

Machado e Mól (2008b) destacam que os materiais podem transformar-se em materiais danosos após a utilização em atividades experimentais e alertam que após seu uso, alguns materiais podem provocar danos ao meio ambiente devido suas características. Sinalizam que estes materiais não devem ser descartados diretamente no lixo comum ou rede de esgoto. “Por isso, os resíduos devem ser recuperados para reutilização e os rejeitos descartados de forma adequada” (Machado e Mól, 2008b, p. 38). Os autores defendem o planejamento das aulas com a redução da escala dos processos laboratoriais ‘minimização’ e a adoção de experimentos que produzem resíduos possíveis de ser reutilizados em outras práticas. A conscientização do descarte dos produtos químicos almeja os 5R: Reduzir, Reutilizar, Recuperar, Reaproveitar e Reprojetar. Estes autores recomendam a minimização da produção de rejeitos, para tanto deve-se:

- reduzir fontes geradoras de poluição, diminuindo volumes e concentrações de reagentes químicos;
- utilizar reagentes que causem menor impacto ambiental, incluindo a saúde dos indivíduos;
- reusar, recuperar e reciclar, sempre que possível, os resíduos químicos, preservando recursos naturais;
- planejar a aquisição de produtos químicos em pequenas quantidades, evitando deterioração e acúmulo destes no laboratório, visto que o acúmulo de materiais aumenta os riscos de derramamentos e incêndios;
- controlar o estoque de produtos químicos por meio de inventário, suas condições de armazenagem e a integridade de seus rótulos;
- evitar a obtenção e o uso de substâncias de elevada toxicidade como, por exemplo, benzeno, tolueno, clorofórmio, formaldeído, tetracloreto de carbono ou sais contendo íons de mercúrio, chumbo, cromo, cádmio, níquel, bário, arsênio, ósmio, cianetos etc.;
- não aceitar doações de produtos químicos que não estejam nos planos de utilização e que possam se transformar em resíduos;
- doar ou trocar com outras instituições produtos químicos excedentes ou que não estejam mais em uso no laboratório, antes que estes se tornem instáveis, reativos ou até explosivos;

² Parte do relato desta pesquisa foi aceita para publicação nos anais VII ENPEC.

alterar experimentos que não se enquadrem nessa proposta, substituindo reagentes químicos sem prejudicar a compreensão das relações conceituais exploradas (exemplos: em algumas reações de oxidação, usar o hipoclorito de sódio em vez do dicromato de sódio; utilizar vinagre e amônia em substituição a ácidos e bases convencionais; empregar hidróxido de sódio para precipitar metais no lugar de sulfetos; substituir termômetros de mercúrio pelos de álcool; substituir sais de metais tóxicos por sais que provoquem pouco ou nenhum impacto – por exemplo: substituir BaCl_2 por CaCl_2 , na identificação do íon sulfato, e substituir o PbI_2 por CaCO_3 como modelo de reação de precipitação). (Machado e Mol, 2008b, p. 39)

Para Amaral et al. (2001, p. 421) *resíduo* é “todo e qualquer material que pode ser reaproveitado, sem tratamento prévio, em algum outro experimento e *rejeito* seria todo e qualquer resíduo que não apresenta utilidade alguma, pelo menos até o momento, e que, portanto, precisa ser descartado” (Amaral et al. 2001, p. 421). Em nosso contexto, entendemos que tanto resíduos como rejeitos são materiais resultantes de algum processo de transformação química.

Outro ponto importante são as condições básicas para qualquer programa de gerenciamento que incluem: o apoio da instituição em que foi gerado; a priorização pela segurança e bem-estar do ser humano e do ambiente; a divulgação das metas previstas e a reavaliação contínua dos resultados. Além disso, ressalta que o responsável pelos rejeitos é quem o gerou. Sem dúvida que na escola estas condições precisam ser redimensionadas, mas alertam para uma preocupação do apoio, da segurança, a transparência das ações e a avaliação do que foi realizado.

Os produtos resultantes particularmente das atividades experimentais nas escolas podem ser em soluções (líquidos), sólidos ou gases. No caso dos gases recomenda-se o uso de capelas de exaustão, apesar deste equipamento ser de custo elevado. No caso dos sólidos e líquidos, a legislação brasileira (NBR, 2008), os classifica quanto ao risco à saúde pública e ao meio ambiente em dois grupos, a saber, perigosos e não perigosos. Os não perigosos subdividem-se em inerte e não inerte. Esta norma define os resíduos sólidos como aqueles que são gerados de atividades que tornem inviável o descarte na rede pública de esgoto ou corpos de água. Assim, incluem os subprodutos gerados em reações químicas como os metais pesados independente da quantidade, visto que estes podem trazer prejuízos aos mananciais aquíferos (lençóis freáticos) em função da tendência de serem absorvidos pelo meio ambiente concentrando-se nos organismos vivos podendo até ser letal. Se pensarmos em termos de produtos químicos gerados podemos dizer que há 2 classes de produtos químicos em que a diluição não funciona, a saber, metais pesados e seus compostos e produtos orgânicos sintéticos não-biodegradáveis.

Com esta breve delimitação, assumimos que no nosso contexto a perspectiva de nosso objeto de estudo é *rejeito químico* produzido em experimentos destinados a escola do nível médio apresentados nos livros didáticos. Tal delimitação se apoiou em estudos anteriores sinalizando que o produto das atividades experimentais realizadas em escolas em Natal eram despejados diretamente na pia ou em tanques, indo diretamente para a rede de água e esgotos (Dantas; Silva e Silva, 2007).

O gerenciamento nas escolas da educação básica: algumas indicações

A preocupação com a responsabilidade dos rejeitos leva-se a elencar ações tais como: prevenir a geração de qualquer tipo de rejeito seja ele perigoso ou não; diminuir a quantidade de rejeitos gerados que sejam perigosos; segregar e concentrar rejeitos de forma viável e economicamente possível; reusar ou reciclar os rejeitos; realizar tratamento ou manter o rejeito de modo que possa ser tratado.

Gimenez et al (2006, p.32) defendem a implementação nas escolas de uma política interna de gerenciamento de rejeitos como forma de “despertar no estudante a percepção da importância do seu envolvimento com o tema e promover um comportamento diferenciado e socialmente correto”.

Enfatizam ainda que o investimento em um gerenciamento adaptado a realidade das escolas, independentemente do tipo de resíduo produzido, é de grande “importância educacional para a formação do estudante como cidadão ativo na melhoria das condições de vida na sociedade” (Gimenez et al., 2006, p. 33).

Nessa direção um projeto desenvolvido por professores do Departamento de Química da Universidade Estadual de Londrina realizou, no município de Londrina entre 2001 a 2002, um diagnóstico dos rejeitos gerados nas atividades experimentais de escolas do ensino médio. Foram visitadas 12 escolas particulares e 32 da rede pública buscando informações sobre os reagentes armazenados nestas instituições, as condições dos laboratórios, a forma do descarte dos rejeitos produzidos nas atividades experimentais (quando houver), entre outros. Das escolas visitadas 39 possuíam laboratório, não havia técnico de laboratório, os reagentes mais utilizados eram o hidróxido de sódio, carbonato de cálcio, ácido nítrico e ácido clorídrico. Em quatro escolas os equipamentos perigosos estavam em locais adequados e os professores procuravam seguir normas básicas de segurança. Na maioria das escolas que realizavam atividades experimentais descartavam os rejeitos diretamente na pia e duas utilizavam fossa séptica³ para o descarte.

Outro trabalho na mesma direção foi realizado por Silva e Machado (2008) utilizando como elementos de pesquisa a análise de treze trabalhos de monografia de conclusão do curso de licenciatura em química da UnB no período de 2003 até 2006. Nessas monografias os estudantes coletaram informações de 26 escolas do ensino médio no Distrito Federal. O critério de escolha das escolas foi à proximidade da residência e trabalho dos estudantes e a existência de laboratório. Os aspectos analisados foram: as condições de segurança dos laboratórios, as instalações físicas do espaço, disponibilidade, funcionamento de equipamentos de proteção coletiva, condições de armazenagem e quantidade de produtos químicos do laboratório. Os autores relatam que todas as escolas analisadas possuem laboratório de química, mas inexistem equipamentos básicos de

- Solventes e rejeitos inflamáveis não devem ser estocados em bancadas, armários, prateleiras e sob as pias;
- Recipientes vazios de substâncias químicas devem sofrer lavagem antes de serem descartados ou estocados;
- Substâncias químicas não tóxicas podem ser despejadas se, antes, forem devidamente diluídas. A torneira deverá permanecer aberta por um longo tempo, de maneira a favorecer o processo de diluição;
- Soluções ácidas e alcalinas devem ser bastante diluídas e neutralizadas antes de serem despejadas no esgoto;
- Os solventes orgânicos podem ser estocados em recipientes próprios e em locais seguros e devidamente sinalizados, a fim de serem reaproveitados. Caso a recuperação seja impossível, devem ser enviados a alguma empresa que fará a destruição dos mesmos;
- Os recipientes coletores devem ser fechados de forma estanque⁴, identificados claramente de acordo com os seus conteúdos. Implica em se colocar símbolos de periculosidade;
- Devem ser de material estável e, em alguns casos, fabricados de material combustível;
- Os recipientes coletores devem ser resistentes a ponto de não sofrerem rachaduras. Quando do transporte, os recipientes devem ser envoltos em material absorvente. (Carvalho, 1999. p. 121)

Se retornarmos ao que observamos nos livros didáticos veremos que alguns produtos químicos são propostos em atividades experimentais como soluções ácidas e básicas, por exemplo. Sem dúvida que nem sempre na escola podemos realizar o tratamento de rejeitos produzidos, assim um aspecto importante seria o armazenamento destes para posterior tratamento e destino final. Com relação ao armazenamento alguns cuidados devem ser tomados como, por exemplo:

A estocagem dos recipientes coletores deve ser realizada em local afastado das dependências dos laboratórios, seguro, muito bem ventilado e, devidamente identificado por simbologia de periculosidade; Os recipientes precisam estar fechados de forma estanque; Atentar também para as questões relacionadas à incompatibilidade das substâncias; O depósito deve oferecer proteção total, contra chuva, aos materiais nele depositados; A utilização de água para a limpeza do depósito deve ser desprezada; O piso deverá ter caimento adequado, de preferência com ralos conectados a sistemas de contenção, a fim de impedir que, em caso de acidentes envolvendo a ruptura de frascos, que o material seja lançado diretamente no esgoto ou no ambiente. (Carvalho, 1999. p. 123)

Apesar de na escola as atividades experimentais, em geral, são utilizadas em menor quantidade, alguns destes cuidados podem ser adaptados a realidade escolar como, por exemplo, o cuidado com o armazenamento dos reagentes, frascos coletores para rejeitos, soluções para neutralizar os rejeitos entre outros.

É importante considerar o gerenciamento dos produtos químicos na hora de organizar atividades práticas. Ao separar materiais e substâncias o professor deve analisar o risco que os produtos químicos possam causar aos estudantes e professores. Já com relação ao armazenamento de produtos químicos deve-se considerar a compatibilidades destes materiais e substâncias para minimizar os riscos de um acidente porque a proximidade de alguns reagentes pode ocasionar reações com liberação de gases tóxicos. Segundo Machado e Mól (2008a), os reagentes devem ser organizados em grupos: ácidos, bases, metais, sais e solventes. Ainda assim, é necessário o cuidado com o ácido acético e nítrico que são incompatíveis mesmo pertencendo a mesma classificação, já que o ácido acético potencializa o poder oxidante do ácido nítrico.

Livro didático: uma ferramenta para o trabalho do professor

Um dos meios que tanto professores como estudantes utilizam como fonte de informações sobre experimentos são livros didáticos e demais manuais, sejam estes impressos ou eletrônicos. Assim, entendemos que era necessário conhecer as atividades experimentais propostas nestes

⁴ Estanque: sem fenda ou abertura por onde entra ou saia líquido; tapado, vedado. (Aurélio eletrônico, 2004)

manuais focando a atenção no livro didático visto que, por vezes, é utilizado pelo professor tanto como fonte de conteúdos como ferramenta de trabalho (Medeiros, 2005).

Como afirma Wuo (2000, p. 36) apud Medeiros (2005), os livros didáticos não podem ser considerados como meros coadjuvantes, pois, “além de organizar os conteúdos do saber a serem ensinados sugerem ao professor e aos estudantes diversas atividades pedagógicas para trabalhar tais conteúdos”. Os professores reconhecem o livro didático como ferramenta importante na sua prática pedagógica, pois pode auxiliá-los, inclusive, na procura de outras fontes e experiências para complementar o trabalho em sala de aula. (Brasil, 2007a).

Essa preocupação com os livros didáticos reflete no recente trabalho do Programa Nacional do Livro Para o Ensino Médio – PNLEM – criado em 2004 com o objetivo de democratizar o acesso ao livro didático e promover a melhoria da qualidade do processo ensino-aprendizagem no ensino médio (Brasil, 2007b).

Segundo Echeverria, Mello e Gauche (2008) o programa foi financiado com recursos do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério – FUNDEF – que recebe, dentre outros, recursos do Banco Mundial. O PNLEM impõe ainda, segundo estes autores “um padrão mínimo de qualidade aos livros didáticos oferecidos no mercado editorial brasileiro” (Echeverria, Mello e Gauche, 2008, p.81).

Assim, considerando o livro didático como fonte de informações e sugestões de atividades a serem realizadas pelos professores, nesta etapa do trabalho procurou-se identificar experimentos que geram rejeitos com metais pesados e as sugestões para segurança relatados nos livros didáticos submetidos à avaliação do PNLEM/2007 e, recomendados pelo MEC. No quadro a seguir apresentamos os livros analisados:

Quadro 1: Livros didáticos de química analisados

Ano	Autor	Código	Título	Volume
2003a	Peruzzo, Canto	Tito e Canto	Química geral e inorgânica	1
2003b	Peruzzo, Canto	Tito e Canto	Físico-Química	2
2003c	Peruzzo, Canto	Tito e Canto	Química orgânica	3
2004a	Ricardo Feltre	Feltre	Química Geral	1
2004b	Ricardo Feltre	Feltre	Físico-Química	2
2004c	Ricardo Feltre	Feltre	Química Orgânica	3
2005	Bianchi, Albrech, Maia	Bianchi	Universo da Química	Único
2006	Santos, Mól et al	Wildson Santos	Química & Sociedade	Único
2007a	Mortimer, Machado	Mortimer	Química	Único
2007b	Nóbrega, Silva, Silva	Nóbrega	Química	Único

Para a análise dos livros foi elaborado um roteiro baseado em pontos, tais como: orientações para a realização dos experimentos, a segurança do professor e dos estudantes durante a realização dos experimentos, o impacto ambiental proveniente dos rejeitos químicos gerados nestas atividades, a viabilidade de execução e a proposição de materiais alternativos para a execução dos experimentos. O foco de nossa atenção era a segurança para realização de atividades experimentais e os experimentos que produzem os rejeitos químicos. No quadro, a seguir apresentamos os itens do roteiro e a relação com cada ponto abordado emergindo as categorias de análise:

Quadro 2: Roteiro de análise do livro didático

Itens do roteiro	Categoria de análise
Apresenta orientações claras para a realização dos experimentos/demonstrações propostos?	Viabilidade de uso na sala de aula
Apresenta materiais alternativos para a execução dos experimentos?	
Apresenta lista de equipamentos e materiais necessários para a realização dos experimentos?	

O livro do estudante e/ou professor propõe atividades que trazem riscos para os estudantes e professores	Questões de segurança
Mostram recomendações de cuidados e procedimentos de segurança para preveni-los?	
Apresenta informações sobre manipulação e destinação adequada dos rejeitos químicos e possíveis impactos ambientais?	Informações sobre rejeitos químicos
Apresenta informações sobre a existência de contaminantes?	

Utilizamos como referência para a elaboração do referido roteiro, o objeto de estudo da dissertação e a ficha de avaliação reproduzida no catálogo do PNLEM para o ensino médio. Esta ficha foi enviada às escolas públicas juntamente com o catálogo para a escolha do livro didático pelos professores. O catálogo traz comentários sobre as obras didáticas recomendadas pelo programa, a estrutura das obras, uma análise crítica dos aspectos conceituais, metodológicos e éticos, e algumas sugestões para a prática pedagógica (Brasil, 2007b).

Categorias da análise dos livros didáticos

Após a leitura de cada livro foram separados os pontos mais significativos e organizados em tabelas de acordo com o nome do autor, o número da página e as categorias de análise. Para a análise das informações registradas nos livros didáticos a partir do roteiro, utilizamos alguns elementos da análise de discurso.

Segundo Moraes e Galiuzzi (2006), uma das propostas de análise de dados em pesquisas desta natureza incluem a análise textual discursiva que transita entre a análise de conteúdo e a análise de discurso. Para os autores, a análise dos discursos dos sujeitos participantes pelo pesquisador,

tem no exercício da escrita seu fundamento enquanto ferramenta mediadora na produção de significados e por isso, em processos recursivos, a análise se desloca do empírico para a abstração teórica, que só pode ser alcançada se o pesquisador fizer um movimento intenso de interpretação e produção de argumentos. Este processo todo gera meta-textos analíticos que irão compor os textos interpretativos (Moraes e Galiuzzi, 2006, p. 117)

Os autores destacam que “existem inúmeras abordagens entre estes dois pólos, que se apóiam de um lado na interpretação do significado atribuído pelo autor e de outro nas condições de produção de um determinado texto” (Moraes e Galiuzzi, 2006, p. 118). Assumimos que o discurso, seja oral ou escrito, constitui em formas de expressar os sentidos e entendimentos dos sujeitos sobre temas, objeto de estudo (Galvão, 2005).

Assim, após a transcrição e organização das respostas em tabelas procuramos uma unitarização em que os textos foram separados em unidades de significado e tratados como citações. Quer dizer, um mesmo participante pode fazer mais de uma citação, apresentando mais de uma opinião para a mesma pergunta. É o que assinalam Moraes e Galiuzzi (2006, p. 119), afirmando que estas unidades “podem gerar outros conjuntos de unidades oriundas da interlocução empírica, da interlocução teórica e das interpretações feitas pelo pesquisador”. Procura-se a seguir fazer a articulação entre as opiniões/significados semelhantes. O que os autores chamam de categorização ou categorias de análise (Bardin, 1979). As categorias semelhantes são reunidas, podendo gerar vários níveis de categorias ou sub-categorias. A partir da análise dos livros didáticos, emergiram três categorias, a saber: (a) a viabilidade de realização das atividades; (b) a segurança na realização dos experimentos; (c) os rejeitos químicos e seu tratamento.

Categoria (a): Viabilidade de realização das atividades

Com relação à viabilidade de realização das atividades, os tópicos referem-se a orientações na realização dos experimentos, os materiais alternativos e os equipamentos sugeridos. Apesar desta categoria não tratar exclusivamente dos metais pesados, entendemos que era interessante conhecer se os autores sinalizavam a substituição dos reagentes e demais materiais por estes gerarem rejeitos, por exemplo. Assim, observou-se que os livros analisados apresentam uma relação de equipamentos e materiais necessários para a execução dos experimentos assim como também orientações para a execução destas atividades.

Os quatro livros a seguir (Mortimer, Bianchi, Nóbrega, Wildson) são constituídos de um volume único para as 3 séries do ensino médio, enquanto que os livros de Feltre e Peruzzo possuem 3 livros separados para cada série. Todos os livros propõem experimentos com material alternativo e de fácil acesso. Por exemplo, no livro Mortimer a atividade proposta “Vitamina C como agente redutor – interação com iodo”, na página 280, sugere o uso de solução de iodo (encontrada em farmácias), comprimido de vitamina C não efervescente e limão. No livro do professor acompanha um capítulo adicional intitulado Assessoria Pedagógica que traz em cada capítulo uma seção de recursos alternativos com orientações.

O livro do professor do autor Bianchi apresenta um capítulo intitulado Manual do Professor. Um exemplo de experimento com materiais alternativos proposto é a “Corrosão do ferro”, na página 272, onde utilizam pregos de ferro, copos de vidro e óleo de cozinha. O experimento “A eletrólise da salmoura”, página 59 do Manual do Professor, é indicado pelos autores para ser realizado em caráter demonstrativo. Os autores sugerem ainda, que as disciplinas de Física e Biologia podem participar desta atividade.

O livro de Nóbrega possui também um capítulo intitulado manual. Os experimentos são propostos apenas no manual do professor. Por exemplo, na página 39 a atividade intitulada “Natureza elétrica da matéria” sugere o uso de bastão de plástico, pedaço de náilon (uma meia-calça feminina), pedaço de linha de costura e bolinha de isopor.

O livro Wildson Santos possui um livro como manual separado para o professor. Há experimentos sugeridos em todas as unidades do livro do estudante. Um exemplo de atividade com material alternativo é o caso do experimento da página 26 que propõe o uso de clara de ovo, palito de fósforos, comprimido efervescente, entre outros para verificar a ocorrência de uma reação.

Na coleção de Tito e Canto cada volume está organizado em capítulos incluindo apêndices com respostas aos exercícios, lista de siglas, bibliografia e um manual do professor como último capítulo. Nos capítulos são descritos experimentos com fotos ilustrativas para a explicação do conteúdo abordado, como é o caso da página 44 do volume 1, onde é descrita a “decomposição da água”. Algumas atividades são orientadas para que apenas o professor realize em caráter demonstrativo, como é o exemplo da página 16, volume 1 no manual do professor, em que para a atividade “teste da chama” é recomendado o uso de HCl (ácido clorídrico) concentrado.

Na coleção de Feltre as atividades experimentais são propostas em maior quantidade nos volumes 1 e 2, geralmente em caráter demonstrativo e recomendam o uso de materiais de fácil obtenção. A coleção para o professor acompanha um capítulo adicional intitulado de Suplemento para o Professor. Entre as atividades que utilizam materiais alternativos podemos citar a da página 64 do volume 1 que recomenda o uso de copos, palha de aço, papel alumínio, sal de cozinha, vinagre, fita adesiva e canetas de retroprojeto para a observação da ocorrência de reações químicas.

De maneira geral, os livros analisados nesta categoria apresentam orientações aos estudantes e professores na realização das atividades experimentais. Além disso, fornece a relação

de materiais necessários para cada experimento proposto sendo muitos destes, de caráter alternativo e de fácil obtenção.

(b) Categoria: Segurança na realização dos experimentos

Com relação à categoria segurança na realização dos experimentos, os pontos abordados referem-se aos riscos na realização dos experimentos e nas recomendações para evitá-los. Assim, procuramos identificar além destes pontos, indicações de links e outras referências aos cuidados para estudantes e professores.

No livro Mortimer a maioria das atividades experimentais propostas apresenta informações sobre segurança, alertas para os cuidados de manipulação de materiais. Entretanto, há algumas atividades experimentais que não trazem informações suficientes sobre os cuidados com a segurança ao preparar as soluções necessárias. Por exemplo, na página 102 os autores propõem o experimento intitulado “teste da chama” com o objetivo de identificação de cátions. Nesta proposta não apresenta informação sobre segurança, como o uso da lamparina ou a limpeza da alça para a não contaminação das soluções, sinalizando apenas na assessoria pedagógica de que este deve ser realizado pelo professor em caráter demonstrativo. Outro ponto é que neste experimento, apesar de uma quantidade ínfima, são utilizadas soluções de metais pesados. Estes autores também chamam a atenção para os cuidados com o contato com a pele ao serem manipuladas soluções ácidas e básicas, mas não comentam sobre a utilização de capela no preparo destas soluções pelos professores.

Assim, como o livro Mortimer, os demais livros analisados apresentam experimentos envolvendo a utilização de ácido forte concentrado e, nenhum deles orienta que deve ser manuseado em uma capela, exceto o volume 3 do Tito e Canto que relata que “quando um frasco de solução concentrada de HCl é aberto próximo a outro de solução concentrada de NH₃ (amônia), em poucos segundos é observada uma névoa branca sobre os vidros” (Peruzzo; Canto, 2003c, p. 151). Nesta atividade os autores alertam para que o estudante,

não tente fazer essa experiência sozinho, ela só deve ser realizada de modo demonstrativo pelo(a) professor(a) caso haja disponibilidade de reagentes e de um laboratório com “capela”, que é um compartimento isolado e dotado de sistema de exaustão, pois os vapores das substâncias envolvidas são extremamente tóxicos (Peruzzo e Canto, 2003c. p. 151).

Observamos no livro Bianchi algumas orientações para o uso de equipamentos de segurança, como é o caso da atividade experimental que propõe a obtenção de cobre metálico submetendo uma solução aquosa de sulfato de cobre II a passagem de corrente elétrica. Dessa forma, o íon cobre é reduzido a cobre metálico. Na descrição do procedimento para realização desta atividade pelos estudantes, os autores sinalizam para cuidados com a segurança tais como o uso de luvas de borracha e avental para proteger as roupas. Na primeira etapa desta atividade os autores apresentam literalmente para que “vista o avental e calce as luvas por medida de segurança” (Bianchi, Albrech e Maia, 2005, p.13). Esta atividade experimental tanto atende a categoria de Segurança como a de Gerenciamento de rejeitos já que utiliza como reagentes soluções que contém metal pesado. Ainda neste livro, os autores propõem outra atividade na página 162 intitulada “Fogos coloridos”. Este é o mesmo experimento sugerido no livro de Mortimer (ensaio da chama), só que alterando as soluções utilizadas. Nesta atividade, os autores não informam quais procedimentos de segurança são necessários e tampouco se é de caráter demonstrativo. Como já comentado tanto no livro de Mortimer como de Bianchi, este experimento apesar de pequenas quantidades visa a identificação de cátions de metais pesados em solução.

Outro experimento proposto pelos autores, intitulado “O equilíbrio e os sistemas fechados”, página 55 do Manual do Professor, é sugerido para ser realizado em caráter demonstrativo com a participação das disciplinas Física e Biologia. Esta atividade faz menção a *vapores perigosos* devido ao uso de ácido muriático e da solução amoniaca. No procedimento deste experimento os autores trazem os seguintes alertas: “Cuidado: os vapores do ácido são irritantes e

prejudiciais à saúde!” e “Cuidado: não inale os vapores do amoníaco!” (Bianchi, Albrech e Maia, 2005, p.55). Cabe destacar que este mesmo experimento também é proposto em outros livros. Por exemplo, no livro Tito e Canto (2003c), a abordagem do conteúdo químico é diferente. Nesse caso o experimento é apresentado no volume 3 ao apresentar o conteúdo de funções orgânicas utilizando-o para ilustrar a reação química entre ácidos e aminas. Já no livro de Nóbrega sugere a mistura em um tubo de ensaio de soluções aquosas de ácido clorídrico e hidróxido de amônio e que o estudante ‘cheire cuidadosamente os vapores produzidos a partir da reação química realizada’.

É importante destacar os efeitos produzidos a partir da mistura destes reagentes. Segundo Hirata e Filho (2008) os gases e vapores como no caso dos que são originados a partir do ácido clorídrico e do hidróxido de amônio, podem apresentar efeitos irritantes e/ou asfixiantes. Os efeitos irritantes são classificados como de impacto fraco pois incluem a utilização de solventes orgânicos, ou de impacto forte no caso de ácidos, álcalis e oxidantes fortes, mesmo que em pequenas concentrações. Entre os efeitos provocados a partir do contato inclui lesão direta aos tecidos da pele, especialmente nas mucosas, o que desencadeia um processo inflamatório. Em pequenas concentrações provocam desconforto e ardor ocular, rinite, rinorréia (eliminação de líquido pelo nariz), traqueíte, e bronquite com tosse, dispnéia (dificuldade na respiração) e sensação de opressão torácica. Se o contato for em altas concentrações, pode levar a morte por edema agudo de pulmão. Por outro lado, o cloro contido no ácido clorídrico (comercialmente conhecido como ácido muriático) “é um gás extremamente irritante da pele, olhos, nariz, faringe e dos tubos aéreos. Em grandes concentrações causa edema pulmonar” (Carvalho, 1999, p. 77). Segundo esse autor a amônia, que é utilizada na solução amoniacal, pode provocar irritação aos olhos (lesão da córnea) e queimaduras na pele úmida. Dependendo da quantidade e extensão do contato pode vir a produzir edema pulmonar.

O Manual do Professor no livro Nóbrega apresenta informações gerais sobre segurança no laboratório e no início de cada atividade experimental recomenda-se ao professor que as mesmas sejam supervisionadas. Entretanto, há algumas atividades que podem oferecer risco a saúde dos estudantes como é o caso da atividade “Reações em soluções aquosas”, página 62 a 64 a qual propõe reações de precipitação e neutralização com a formação de ácidos fracos e formação de bases fracas. No experimento com a formação de ácidos fracos os autores orientam misturar em um tubo de ensaio solução de sulfeto de sódio e ácido clorídrico e, em seguida recomendam que o estudante “agite e sinta cuidadosamente o cheiro da solução aproximando do nariz os vapores com a mão” com auxílio do professor caso não saiba a técnica adequada para cheirar uma substância no laboratório. Na formação de bases fracas os autores recomendam misturar hidróxido de sódio e cloreto de amônio em um tubo de ensaio, aquecer e cheirar cuidadosamente os vapores produzidos no tubo de ensaio aproximando do nariz com a mão. Com relação aos efeitos das substâncias utilizadas nestes experimentos podemos sinalizar que o sulfeto de sódio é um reagente tóxico e inflamável, o ácido clorídrico é corrosivo, o hidróxido de sódio é corrosivo e tóxico e o cloreto de amônio é irritante.

Para o tratamento dos rejeitos que contem o hidróxido de sódio, o cloreto de amônio e o ácido clorídrico embora eles não sejam metais pesados é necessário que após o uso de cada uma dessas substâncias seja dissolvida em grande excesso de água para evitar aquecimento e desprendimento de vapores (Morita e Assumpção, 2007).

O livro Wildson Santos traz na última sessão o item “Segurança no laboratório” contendo normas básicas de segurança para qualquer atividade experimental. Todas as atividades propostas remetem que consulte as normas de segurança no laboratório na última página. Além disso, no capítulo 2 do Manual do Professor traz um tópico de normas de segurança com orientações ao professor em cada atividade. Por exemplo, a atividade intitulada “Que material é mais solúvel?”, atividade sugerida para verificar a solubilidade de alguns materiais quando colocados em água ou em outros líquidos, página 42. Neste experimento os autores apresentam uma série de substâncias

que são solúveis em determinados solventes, entre esses produtos estão o sulfato de cobre e uma solução a base de solvente orgânico (removedor de esmalte de unha). Esta atividade apresenta ainda o ícone de segurança que indica “evite contato direto com o material” ao lado do sulfato de cobre penta hidratado e o símbolo de material inflamável ao lado de solvente para remover esmalte. Chamamos a atenção para o cuidado que os professores devem ter ao realizar substituições e/ou adaptações nos experimentos. Por exemplo, se for utilizar no lugar do removedor o solvente acetona com pureza absoluta (P.A.) deve considerar os critérios de segurança como o uso de capela e equipamentos de proteção individual, pois se trata de um produto inflamável, apesar da solução de remover esmalte (acetona comercial) estar dentro de parâmetros que não são prejudiciais. Outro aspecto observado nesta atividade é que tanto o sulfato de cobre como o solvente orgânico podem gerar rejeitos contaminantes. Este aspecto também nos leva a considerar como relevante visto que observamos nesta análise que os solventes orgânicos são muito utilizados em atividades experimentais propostas nos diferentes livros como, por exemplo, Wildson Santos, Tito e Canto, Mortimer, Ricardo Feltre e Nóbrega. Quando estes são utilizados sem considerar as normas de segurança podem provocar fortes irritações na pele. “O fato de serem empregados na indústria e laboratórios como solventes, significa que podem dissolver óleos e gorduras da pele, de modo que a exposição prolongada pode levar a uma dermatite seca, escamosa e dolorosa” (Carvalho, 1999, p. 79). Mas, a principal via de absorção é a respiratória, pois, “pela via pulmonar, os solventes orgânicos atingem o alvéolo, atravessam a barreira alvéolo-capilar por difusão simples e atingem o sangue, onde são transportados a todos os tecidos” (Hirata e Filho, 2008. p. 194). Entendemos que deve-se dar certa atenção na orientação tanto de professores como de estudantes sobre o uso e

diluídos e em pequena quantidade, são corrosivos, causam queimaduras e irritam a pele e os olhos. Alguns deles desprendem vapores irritantes e tóxicos. Nenhum dos reagentes deve ter contato com pele, boca e olhos, nem deve ser aproximado do nariz. Óculos de segurança, luvas e aventais protetores são recomendados (Peruzzo e Canto, 2003a, p.166).

Entre os materiais marcados com asterisco estão soluções ácidas como os ácidos clorídrico, sulfúrico, nítrico e fosfórico. O volume 1 traz ainda o tópico “Materiais de laboratório e segurança”, com informações sobre o uso de óculos de segurança, luvas e avental que são os EPIs (Equipamentos de Proteção Individual), orientam para manter presos os cabelos longos, nunca trabalhar sozinho no laboratório, não beber nem comer dentro do laboratório, consultar as referências adequadas antes de usar reagentes, procurar informações sobre o manuseio, descarte e os perigos ao manipular, ingerir ou inalar reagentes e soluções, não retornar aos frascos originais os reagentes que não foram utilizados, só utilizar um equipamento depois de ser autorizado, evitar armazenar os reagentes em lugares de difícil acesso, ao manipular materiais quentes utilizar luvas de isolamento térmico, nunca colocar diretamente no nariz o produto químico para testar o seu odor. Há também nesta coleção exercícios alertando sobre a manipulação dos materiais como, por exemplo, na página 9 do volume 2 traz uma nota sobre o líquido contido no interior das baterias informando que “o líquido das baterias de automóvel contém H_2SO_4 (ácido sulfúrico) que é extremamente corrosivo. O contato com a pele, olhos e mucosas causa graves lesões. Sua manipulação é perigosa e só deve ser feita por profissional treinado” (Peruzzo e Canto, 2003b, p. 9).

Na mesma direção desta coleção, mas não com o mesmo destaque, outros livros apresentam recomendações de segurança para cada atividade proposta e, em algumas adverte para a supervisão de um adulto como, por exemplo, a coleção de Feltre. Nela, o volume 1 traz o tópico “A segurança nos laboratórios de química” contendo regras básicas de segurança tais como: usar aparelhagem limpa e que não esteja quebrada, conhecer as propriedades das substâncias que serão utilizadas, não cheirar, provar ou pegar diretamente com as mãos produtos químicos, usar sempre óculos e luvas de proteção, não deixar frascos abertos, ter sempre perto um extintor de incêndio .

Antes de passarmos para a próxima categoria, é interessante sinalizar que nos livros analisados observou-se a abordagem de aspectos relacionados a segurança dos estudantes ao realizar atividades experimentais, mas há ainda a ausência de informações aos professores sobre os cuidados com o preparo das soluções propostas nos experimentos.

Categoria (c): Rejeitos químicos

Com relação a última categoria foram analisados aspectos sobre os rejeitos químicos e seu tratamento, identificando experimentos que geravam contaminantes e as informações apresentadas no texto sobre seu tratamento. Assim, nossa atenção ficou direcionada apenas para experimentos que geram rejeitos químicos com metais pesados por ser o objeto desta pesquisa.

No livro Mortimer não traz no livro do estudante um tópico específico sobre o tratamento dos rejeitos químicos gerados para cada uma das atividades experimentais propostas, mas indica na assessoria pedagógica para o professor alguns *links* sobre o descarte de rejeitos químicos no tópico intitulado “Sobre atividades experimentais de manipulação e descarte de substâncias químicas”. Este tópico traz a seguinte informação ao professor:

- Os locais de armazenamento das substâncias químicas devem ser adequadamente ventilados. Todas as substâncias devem ser rotuladas, inclusive os resíduos segregados, para descarte apropriado.
- As atividades propostas neste livro são, em sua maioria, muito simples. Mas, muitas geram resíduos. É importante que você, professor(a), esteja atento(a) à questão de descarte desses resíduos.
- Não lance diretamente na pia ou no ralo substâncias químicas ou produtos de reações químicas. Procure guardar esses produtos até encontrar uma forma de descarte segura. Muitas universidades já dispõem de formas de tratamento de resíduos. Outra possibilidade é a queima em fornos de indústrias, por exemplo, em indústrias de cimento.

- Se você leciona numa cidade pequena que não dispõe de nenhum desses recursos, entre em contato com as autoridades locais. Nossa sugestão é que sempre que possível as situações de descarte sejam abordadas claramente com os alunos. É importante que você se informe sobre as condições que podem estar ao seu alcance e que promova sempre a inclusão de boas práticas de descarte (Mortimer e Machado, 2007, p. 19-20)

Estas informações sinalizam para a importância do gerenciamento e tratamento dos rejeitos e que o professor deve possuir ferramentas e/ou conhecimentos sobre estas questões. Neste livro os autores apresentam experimentos que geram rejeitos com metais pesados como, por exemplo, na página 153 sugere ao estudante estabelecer a relação estequiométrica durante uma reação de precipitação entre os reagentes nitrato de chumbo II e iodeto de potássio para a formação de iodeto de chumbo II (precipitado amarelo). Não há informação específica sobre o descarte adequado do iodeto de chumbo (II). Este mesmo produto (precipitado amarelo) também é apresentado em uma fotografia no livro de Feltre como exemplo de uma transformação química. Já no livro de Wildson Santos a mesma ilustração é utilizada no balanceamento de uma equação química. No livro de Nóbrega a figura é utilizada como exemplo de uma reação que ocorre em sistemas abertos a pressão constante. Apesar da reação química presente neste experimento ser utilizado com conteúdos químicos diferentes, em todos os livros citados os autores apresentam apenas fotografias do produto final (precipitado amarelo) da reação química sem a proposição para o professor de realizá-lo, apenas o livro de Mortimer sugere a sua realização. Entretanto, é importante chamar a atenção que nenhum dos autores analisados alerta os perigos relacionados ao metal pesado (chumbo).

Este metal quando em contato com os seres humanos, dependendo do tempo, forma e extensão do contato podem levar a diversas manifestações clínicas oriundas da intoxicação pelo chumbo em vários órgãos e sistemas, indo desde alterações, gastrintestinais, renais, hematológicas até as neurológicas, por exemplo:

O quadro clínico é chamado de saturnismo e divide-se em dois tipos: subagudo e crônico. No caso mais extremo e comum, os principais sintomas são irritabilidade, fraqueza, dores abdominais em cólica, constipação, impotência sexual, palidez cutânea, anemia. Aparece uma linha azul-escura entre a gengiva e os dentes (sinal de Burton), constituída de sulfeto de chumbo – reação entre o chumbo proveniente dos capilares e do sulfeto oriundo do metabolismo dos microorganismos da boca – e alterações da função renal (vasoconstrição arteriolar), levando a insuficiência renal, paralisia motora (punho caído) (Hirata e Filho, 2008, p. 197).

Outro experimento que aparece com frequência em alguns livros é a reação que utiliza como reagentes o ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado com o dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$), um reagente que contém metal pesado (cromo). O emprego desta reação aparece em conteúdos químicos diferentes. Por exemplo, no livro de Mortimer (p. 173) os autores sugerem a montagem de uma pilha com estas soluções e dois eletrodos como uma atividade demonstrativa. No volume 3 do Feltre ao abordar a função álcool, o autor sugere o uso destes reagentes em solução aquosa. No Tito e Canto há uma questão que mostra uma fotografia com dois copos de béquer, o primeiro contendo uma solução aquosa de dicromato de potássio e o segundo contendo também uma solução aquosa de dicromato de potássio onde é adicionado um pouco de solução aquosa de ácido clorídrico. Para esta questão os autores alertam que:

[...] o experimento é apenas comentado com a finalidade de exercitar o equilíbrio químico. Não tente realizá-lo por conta própria. Sua eventual realização requer autorização e supervisão do(a) professor(a). O ácido clorídrico, mesmo diluído, é corrosivo e desprende vapores irritantes, corrosivos e tóxicos. E a solução de cromato e/ou dicromato é muito oxidante (Peruzzo e Canto, 2003b, p. 242)

Apesar de sinalizar para os cuidados de segurança, os autores não informam sobre o descarte dos rejeitos gerados nesta atividade.

Segundo Hirata e Filho (2008), o cromo neste estado de oxidação é cancerígeno para os brônquios, causa lesões na pele e mucosas e pode causar perfuração de septo nasal. Estes autores sinalizam ainda que, os metais pesados quando na forma iônica (sais e óxidos) manuseados industrialmente, geram grande quantidade de poeira no ambiente. Esta pode ser absorvida pelas vias respiratórias ou ainda pelo trato digestivo. A absorção por via respiratória é mais intensa de acordo com a solubilidade em água do composto iônico. Os metais pesados são absorvidos lentamente pelo organismo, mas tem efeito cumulativo aumentando a concentração do metal nos tecidos. O mecanismo dos efeitos produzidos no organismo é destacado pelos autores a seguir:

Em geral, os metais na forma de radicais livres ligam-se a moléculas dos tecidos como os grupos sulfidrilas (S-H) das proteínas. Alguns têm afinidade específica por algum tecido, como o chumbo inorgânico pelo tecido ósseo e o cádmio pelo córtex renal. O acúmulo no organismo é derivado da lenta eliminação dos metais pesados que, portanto, possuem alta meia-vida biológica: o chumbo no osso tem meia-vida de 20 anos, enquanto a do cádmio no rim é de 15 anos. A via de eliminação principal é a renal, podendo também ser eliminados nas fezes, no suor, pela descamação cutânea ou, ainda, com o crescimento de fâneros (Hirata e Filho, 2008, p. 196).

Como nos demais livros, os autores sinalizam em alguns experimentos ou no manual do professor sobre o descarte de rejeitos como, por exemplo, nos livros de Bianchi, Tito e Canto e no de Nóbrega. Nos dois primeiros chama-se a atenção para os riscos da inalação dos vapores e a preocupação com o descarte de rejeitos em alguns experimentos, especialmente quando o produto está em meio ácido ou básico, como se pode ver na citação a seguir:

Neutralizar o sobrenadante básico e descartá-lo na pia...[...] Sempre que possível, procure despertar no estudante a preocupação com o descarte de resíduos, tanto no laboratório quanto em seu dia-a-dia, pois esses resíduos irão, inevitavelmente, poluir o meio ambiente. Assim, antes de descartar uma solução ácida ou alcalina, essa deverá ser neutralizada (Bianchi, Albrecht e Daltamir, 2005, p. 56-57)

Apesar deste experimento não conter metal pesado, ele sinaliza para a questão da neutralização das soluções geradas. Já no manual do livro de Nóbrega, são apresentadas orientações gerais sobre o descarte de rejeitos químicos como se observa no trecho descrito a seguir:

- A escola deve contar com um programa de descarte e coleta de resíduos de laboratório por empresas especializadas, de modo a minimizar o impacto ambiental, orientando os alunos sobre a importância desses procedimentos;
- Os resíduos de solventes de reações devem ser colocados em frascos apropriados para descarte, devidamente rotulados com identificação e componentes percentuais aproximados, evitando-se misturar diferentes solventes (separar, por exemplo: solventes clorados, hidrocarbonetos, alcoóis e cetonas, éteres e ésteres, acetatos e aldeídos);
- O professor deve verificar se é viável recuperar alguns dos resíduos no laboratório;
- Os resíduos aquosos ácidos ou básicos devem ser neutralizados na pia antes do descarte, e só então descartados;
- O descarte de metais pesados, metais alcalinos e outros resíduos deve ser feito segundo orientação bibliográfica adequada. (Nóbrega, Silva e Silva. 2007, p. 9)

No livro de Tito e Canto os autores ilustram alguns cuidados de armazenamento de metais alcalinos informando que estes “são muito reativos e devem ser guardados mergulhados em querosene, para evitar contato com oxigênio e água, com os quais reagem imediatamente” (Peruzzo e Canto, 2003a, p. 236). Em outro experimento (página 62, volume 2) os autores ilustram a presença de metais em materiais do cotidiano sugerindo a observação do efeito da luz sobre o papel fotográfico preto-e-branco, mesmo sem que ele seja submetido à revelação. O papel fotográfico contém um sal de prata, que é um metal pesado, os autores recomendam que os estudantes “não coloque as mãos na boca durante o experimento, e, ao final, descarte o papel fotográfico em lixo ao qual crianças não tenham acesso e lave bem as mãos”. Apesar de orientarem esse tipo de procedimento de descarte de rejeito, no manual do professor, os autores destacam os efeitos nocivos que os metais pesados podem causar quando são absorvidos pela pele e enfatiza a “necessidade do

correto descarte das soluções e dos precipitados, a fim de não contaminar as águas” (Peruzzo e Canto, 2003a, p. 36). Sugerem ainda, que os professores “entrem em contato com universidades, colégios técnicos ou indústrias da localidade, a fim de verificar como pode proceder para enviar os precipitados de metais pesados para descarte adequado”.

Outro experimento proposto que utiliza metal pesado é visto no livro de Feltre. O reagente, o sulfato de cobre (CuSO_4) é muito usado em vários experimentos, não apenas neste, mas em boa parte dos livros analisados como, por exemplo, no livro de Wildson Santos para observar a solubilidade dos sais. Particularmente no livro de Feltre um dos usos do sulfato de cobre é em uma reação de eletrólise. Neste experimento não há informações sobre o gerenciamento dos rejeitos químicos gerados.

Outra forma de discutir os efeitos do descarte dos metais pesados pode ser por meio da abordagem dos impactos ambientais ou dentro do tema meio ambiente. Por este motivo optamos em incluir este aspecto na análise dos livros. Nesse sentido, alguns autores trazem preocupação com as questões ambientais como, por exemplo, o livro de Feltre traz o texto “o perigoso descarte das pilhas e baterias” (página 320 do volume 2) contendo um breve comentário sobre a composição das pilhas e baterias e sua relação contaminante e sugere algumas soluções de descarte. E no volume 3 o autor apresenta o tópico intitulado “Os doze princípios da Química verde” (página 270 e 400) cujo tema é o lixo em que aborda os aterros sanitários, reciclagem, produtos biodegradáveis, entre outros. No Bianchi os autores apresentam um texto sobre a reciclagem do alumínio, página 280 e outro sobre reciclagem do vidro na página 285. Podemos observar que, em alguma medida, os livros relacionam a preocupação com o meio ambiente com o descarte de materiais que contêm metais pesados. O manual do professor do Wildson Santos apresenta o tópico “Química Verde” sinalizando alguns cuidados com o ambiente como podemos observar no trecho a seguir:

No livro, tivemos uma preocupação ambiental, selecionando materiais que não são potencialmente tóxicos, ou seja, não agridem o ambiente de forma intensiva. Portanto, as substâncias utilizadas possuem pequeno efeito sobre o ambiente ou podem oferecer um pequeno risco com a produção de grandes quantidades de resíduos. Nesse caso, destacamos com um ícone ao lado do procedimento: Não desperdice. Peça que os alunos façam o uso parcimonioso do material para evitar acúmulo ou descarte maciço de produtos químicos na rede de esgoto pública. Lembre-se de advertir o aluno nesse sentido.

É importante que o professor procure usar as aulas de laboratório para desenvolver nos alunos atitudes ambientalmente favoráveis. Assim, é preciso que o aluno procure usar todas as substâncias dos experimentos, sempre em quantidades comedidas, dando uma atenção mais especial ainda para aquelas seguidas do ícone “não desperdice”. (Santos et al. 2006, p.17)

Os autores enfatizam que procuraram desenvolver atividades e experimentos que não gerem rejeitos. E sinalizam que:

outro desafio é transformar o que se tratava como rejeito em matéria-prima. Soluções de sulfato de cobre, comumente utilizadas em demonstrações no ensino de química no nível médio, podem ser aproveitadas para obtenção de cristais do sal. Posteriormente, esses cristais podem ser dissolvidos em água, produzindo novas soluções. (Santos et al. 2006, p.18).

O livro tem um enfoque de abordagem mais direcionada ao enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Apresenta no capítulo 2, um texto ilustrando uma indústria de reprocessamento e destinação final de rejeitos industriais, pilhas e baterias alcalinas para a produção de óxidos e sais metálicos. Paralelamente, os autores informam sobre os materiais domésticos cujo descarte é potencialmente perigoso. No capítulo 3 abordam um tópico intitulado “Discutindo possíveis soluções para o problema do lixo” com informações gerais sobre os materiais que podem ser reciclados, inclusive os metais com sugestões para a implantação de programas de coleta seletiva em escolas.

Observamos por meio desta análise que os autores mostram a preocupação com a viabilidade de execução dos experimentos propostos, com a segurança dos estudantes e professores, embora nem sempre orientem adequadamente sobre como o professor deve proceder durante o preparo das soluções necessárias para as atividades experimentais. E com relação ao descarte das soluções após os experimentos os autores analisados não orientam como deve ser feito mesmo quando sinalizam sobre a preocupação com as soluções contendo metais pesados devendo o professor procurar fontes que orientem para este descarte. Outro ponto é que os livros não diferenciam entre rejeito e resíduo talvez em virtude da reutilização dos mesmos ser considerada pelo professor que organiza as atividades experimentais.

Considerações finais

A análise dos livros didáticos sinaliza como um dos aspectos formativos a serem considerados nas universidades e centros de formação docente. Considerando que a temática e a preocupação sobre o gerenciamento de rejeitos químicos nos institutos de pesquisa é relativamente recente (pouco mais de uma década) e, nem sempre os professores em exercício estão preparados para trabalhar estas questões, recomendamos que os grupos de pesquisa e programas de pós-graduação, especialmente os mestrados profissionalizantes, cuja característica é atender a professores em exercício, insiram este tema nos cursos de extensão e/ou na formação inicial de futuros professores. Um exemplo de continuidade deste trabalho é a proposta de substituição destes experimentos por outros que não gerem metais pesados, o que estamos desenvolvendo atualmente no mestrado profissionalizante da UFRN.

Referencias

Alberguini, L.B.; Silva, L.C. & Rezende, M.O. (2003). Laboratório de resíduos químicos do Campus USP- São Carlos – Resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em campus universitários. *Revista Química Nova*. 26(2), 291-295.

Amaral, S. T. (2001). Relato de uma experiência: recuperação e cadastramento de resíduos dos laboratórios de graduação do Instituto de Química da universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Química Nova*. 24(3), 419-423.

NBR 10.004/2004. (2008) *Resíduos sólidos*. Disponível em: <<http://abnt.org.br/serviços.htm>> Acesso em: fevereiro 2008.

Dantas, J.M.; Silva, M.C.E.A.; Silva, M.G.L. (2007). Descarte de Rejeitos Químicos: O que pensam professores e licenciandos em Química de escolas em Natal. In: Mortimer, et al. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 6º, Florianópolis, Anais..., VI ENPEC.

Bardin, L. (1979). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.

Bianchi, J. C. A. et al. (2005). *Universo da química*. São Paulo: FTD.

Brasil (2006) Orientações curriculares para o ensino médio. Brasília: MEC, 2006. Disponível em: <<http://www.portal.mec.gov.br>>. Acesso em 20 fev. 2007a.

_____. (2007). Programa Nacional do Livro Para o Ensino Médio, FNDE, Brasília.

Canto, E. L.; Peruzzo, F. M. (2003a). *Química na abordagem do cotidiano: Química geral e inorgânica*. São Paulo: Moderna.

- _____. (2003b). *Química na abordagem do cotidiano: Físico-química*. São Paulo: Moderna.
- _____. (2003c). *Química na abordagem do cotidiano: química orgânica*. São Paulo: Moderna.
- Carvalho, P. R. (1999). *Boas práticas químicas em biossegurança*. Rio de Janeiro: Interciência.
- Cunha, C.J. (2001) O programa de gerenciamento dos resíduos laboratoriais do depto de química da UFPR. *Química Nova*, 24(1), 424-427.
- Echeverria, A.; Mello, I.C.; Gauche, R. (2008) O Programa Nacional do Livro Didático de química no contexto da educação brasileira. In: Rosa, M.; Rossi, A. (orgs.). *Educação Química no Brasil*, pp.63-84, São Paulo Ed. Átomo.
- Feltre, R. (2004a). *Química Geral*. 6. ed. São Paulo: Moderna.
- _____. (2004b). *Físico-química*. 6. ed. São Paulo: Moderna.
- _____. (2004c) *Química Orgânica*. 6. ed. São Paulo: Moderna.
- Ferro, E. S.; Longhinotti, E.; Borges, S. S. S. (2007). *Reaproveitamento de soluções utilizadas em laboratórios de Química Analítica*. In: Moura, F.V et al. Congresso Brasileiro de Química - RN, Natal: 2007. Anais... Natal: Departamento de Química, CD-ROM
- Galvão, C. (2005) Narrativas na educação. *Ciência & Educação*, 11(2), 327-345.
- Gimenez, S. M. N. et al. (2006). Diagnóstico das condições de laboratórios, execução de atividades práticas e resíduos químicos produzidos nas escolas de ensino médio de Londrina. *Química Nova na Escola*, 23 (2), 32-36.
- Hirata, M. H. & Filho, J. M. (2008). *Manual de biossegurança*. São Paulo: Manole.
- Jardim, W. F. (1998). Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. *Revista Química Nova*, 21(5), 671-673.
- Lobo, V. S. et al. (2007) *Implantação do gerenciamento de resíduos laboratoriais da UTFPR/Campus Medianeira*. In: Moura, F.V et al. Congresso Brasileiro de Química - RN, Natal: 2007. Anais... Natal: Departamento de Química, CD-ROM.
- Machado, P. F. L. & Mol, G. S. (2008a). Experimentando com segurança. *Química Nova na Escola*, 27(1), 57- 60.
- _____. (2008b) Resíduos e Rejeitos de Aulas Experimentais: O Que Fazer? *Química Nova na Escola*. 29(2), 38- 41.
- Medeiros, G. C. M. (2005) *Reflexões e contribuições para o ensino de gravitação clássica no nível médio*. Dissertação (Mestrado em Ensino de ciências Naturais e Matemática) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Moraes, R. & Galiuzzi, M. C. (2006) Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação*, 12 (1), 117-128.
- Morita, T. & Assumpção, R.M.V. *Manual de soluções, reagentes e solventes*. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.
- Mortimer, E. F. & Machado, A. H. (2007). *Química*. São Paulo: Scipione.
- Nóbrega, O. S.; Silva, E. R. & Silva, R. H. (2007). *Química*. São Paulo: Ática.

Santos, W. L. P. et al. (2006a). *Química e sociedade*. São Paulo: Nova Geração.

_____ (2006b). *Química e sociedade manual do professor*. São Paulo: Nova Geração.

Recebido em: 01/10/09

Aceito em: 30/11/09