



Tratamento de resíduos de cromo gerados nas aulas de química analítica

Tamara Mayer Leite¹
Marlei Veiga dos Santos²

Resumo: Nos últimos anos, as instituições federais de ensino do Brasil têm voltado sua atenção para os resíduos químicos gerados nas suas atividades de ensino e pesquisa. Nos cursos de química os resíduos são caracterizados por sua grande diversidade de composição e de quantidade, o que dificulta o tratamento. Este trabalho teve como objetivo propor técnicas de tratamentos de resíduos gerados nas aulas de química analítica do curso de química licenciatura da Universidade Federal da Fronteira Sul Campus Cerro Largo. O tratamento proposto fez uso de ácido sulfúrico, iodeto de potássio e hidróxido de sódio. Utilizou-se a técnica de espectrometria de absorção atômica para a determinação de cromo, nos resíduos pré e pós tratamento. Dos resultados concluiu se que o tratamento foi eficiente, pois houve a redução significativa de cromo nos resíduos.

Palavras-chave: Aulas experimentais; Resíduos; Tratamento de resíduos.

Treatment of chromium residues generated in analytical chemistry classes

Abstract: In the last years, brazilian federal institutions of education have payed attention to chemical residues generated in their activities of teaching and research. In chemical classes, this residues can be characterized by a huge diversity in composition or even quantity, what makes hard the process of treatment. The present work has as objective propose techinques of treatment of the residues generated in analytical chemical classes in chemistry degree of the Universidade Federal da Fronteira Sul at Cerro Largo. The proposed treatment have used sulfuric acide, potassium iodide and sodium hydroxide. To determine the chrome content, it was used the atomic absorption spectrometry thecnique, in pre and post treatment. Analysing the results it is possible to conclude that the treatment is efficient, due the significant reduction of chrome in the residues.

Keywords: Experimental classes; Waste; Waste treatment.

Tratamiento de residuos de cromo generados en las clases de química analítica

Resumen: En los últimos años, las instituciones federales de enseñanza de Brasil han vuelto su atención hacia los residuos químicos generados en sus actividades de enseñanza e investigación. En

¹Graduanda em Química Licenciatura. UFFS. E-mail: tamaraleite.95.t@gmail.com

²Doutora em Química Analítica. UFFS. E-mail: marlei.santos@uffs.edu.br

los cursos de química los residuos se caracterizan por su gran diversidad de composición y cantidad, lo que dificulta el tratamiento. Este trabajo tuvo como objetivo proponer técnicas de tratamiento de residuos generados en las clases de química analítica del curso de química licenciatura de la Universidad Federal de la Frontera Sur Campus Cerro Largo. El tratamiento propuesto hizo uso de ácido sulfúrico, yoduro de potasio e hidróxido de sodio. Se utilizó la técnica de espectrometría de absorción atómica para la determinación de cromo, en los residuos pre y post tratamiento. De los resultados concluyó que el tratamiento fue eficiente, pues hubo la reducción significativa de cromo en los residuos.

Palabras clave: Clases experimentales; Residuos; Tratamiento de residuos.

1. Introdução

Os laboratórios de Química das Instituições de Ensino Superior são responsáveis pela geração de uma grande variedade de resíduos, provenientes das atividades de ensino e pesquisa. Porém, percebe-se que a maioria dos usuários destes laboratórios, tanto professores e técnicos quanto estudantes, não tem informação suficiente sobre o assunto e acabam muitas vezes, descartando os resíduos de forma errada. Houve um tempo em que os resíduos eram jogados diretamente na pia dos laboratórios. Com o passar do tempo, diversas universidades brasileiras passaram a implementar o gerenciamento e o tratamento dos resíduos como forma de diminuir o impacto ambiental e formar profissionais conscientes da importância do descarte correto dos resíduos gerados nas aulas experimentais (AMARAL *et al.*, 2001; AFONSO *et al.*, 2002).

Contudo muitos desses resíduos possuem metais pesados. Estes são tóxicos podendo contaminar o solo, o ar, os recursos hídricos e prejudicar a saúde. Sendo assim, após uma atividade experimental deve-se tomar cuidado com o descarte dos mesmos. Deve-se procurar segregá-los de forma que possam ser reutilizados como matéria prima em outro experimento, ou buscar tratamento adequado para diminuir a toxicidade, como mudança no estado de oxidação, por exemplo (AMARAL, *et al.*, 2001; AGUIAR, NOVAES, 2002).

A Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) preocupou-se com essa problemática e propôs junto a Coordenação Adjunta dos Laboratórios o Plano de Gerenciamento de Resíduos. Este segue a Resolução 306 da ANVISA de 2004, a qual é constituída de um conjunto de procedimentos de gestão, planejados e implementados a partir de bases científicas, técnicas, normativas e legais com o objetivo de minimizar a geração de resíduos e destiná-los de forma correta e segura para não prejudicar a saúde pública, os recursos naturais e o meio ambiente (ANVISA, 2004).

A UFFS não tem seu próprio sistema para tratar os resíduos gerados, os mesmos são recolhidos por uma empresa externa, mediante contrato de prestação de serviços

especializados em tratamento e destinação final de resíduos. Esta empresa externa recolhe os resíduos divididos em categorias, tais como: A, B e E, sendo os resíduos químicos pertencentes à classe B e os resíduos biológicos às classes A e E. Para cada lote de resíduos coletado e tratado pela empresa prestadora de serviços, é emitido um laudo de tratamento e destinação correta, comprovando que os mesmos foram tratados adequadamente, ou seja, o tratamento dos resíduos gerados nos laboratórios acarreta um custo elevado à universidade (PAGNO *et al.*, 2017; JUSTI *et al.*, 2015).

Tendo em vista, a geração de resíduos químicos e do custo atribuído por quilo coletado pela empresa terceirizada, neste trabalho buscou-se fazer o levantamento dos resíduos gerados nas aulas experimentais de Química Analítica, na sequência pesquisou-se procedimentos para o tratamento dos mesmos na tentativa de diminuir o montante entregue a empresa de coleta.

Ao realizar o inventário dos resíduos gerados nos componentes Química Analítica Qualitativa e de Química Analítica Quantitativa percebeu-se, além da grande quantidade em volume, a grande diversidade de resíduos. Sendo assim, optou-se pela investigação de técnicas de tratamento de resíduos de cromo (VI) gerados por ambas disciplinas.

2. Contextualização teórica: resíduos de laboratório, regras gerais de gerenciamento, acondicionamento, coleta e transporte.

Os resíduos laboratoriais são classificados como ativo e passivo. O ativo compreende resíduos gerados na rotina de um laboratório e de certa forma conhecidos, enquanto o passivo compreende os resíduos não caracterizados, armazenados sem identificação e aguardando uma destinação correta (TOLEDO *et al.*, 2008; ABNT NBR 10004, 2004). O passivo inclui desde restos reacionais, passando por resíduos sólidos, até frascos de reagentes ainda lacrados, mas sem rótulos, a caracterização deles é muito importante e quando possível faz-se teste de identificação (JARDIM, 1997; AFONSO *et al.*, 2003). O ativo é aquele resíduo gerado rotineiramente nas atividades de ensino e de pesquisa, ou seja, o principal alvo de qualquer programa de gerenciamento. Neste caso, para a implementação de um programa de gerenciamento de resíduos é viável iniciar enfocando, primeiramente, os resíduos gerados nas atividades de ensino (aulas de laboratório), pois estes podem ser facilmente caracterizados, inventariados e gerenciados (JARDIM, 1998; ABREU & IAMAMOTO, 2003).

O gerenciamento de resíduos químicos vem sendo discutido por Instituições de Ensino Superior no Brasil desde 1990. Diversas universidades vêm buscando alternativas

para garantir a continuidade de suas atividades com foco na não degradação do meio ambiente (AMOUR, 1996; KAUFMAN, 1990; LUNN & SANZONE, 1994; NOLASCO *et al.*, 2006). Considera-se o papel da universidade de grande importância, tanto pela sua função de formação de profissionais, quanto pela tarefa de disseminar a mentalidade de desenvolvimento sustentável nos meios acadêmico e profissional (AFONSO *et al.*, 2003; ALBERGUINI *et al.*, 2003).

Um dos objetivos de cursos de química é instruir os estudantes a trabalharem com reagentes de maneira correta e responsável. No entanto, enquanto praticam-se sínteses, separações, purificações e análises, uma grande quantidade de resíduos é gerada. Desta forma as universidades, assim como muitas indústrias, têm problemas para lidarem com os seus resíduos. Porém, diferente das indústrias, nas universidades as quantidades de resíduos gerados são pequenas e constituídas de grande diversidade de substâncias, tóxicas ou não, incluindo novos compostos de toxicidade desconhecida. Além disso, sua composição muda com cada novo experimento ou projeto de pesquisa. Esta grande variedade de substâncias, geralmente, torna o gerenciamento de resíduos nas universidades mais complexo que nas indústrias, uma vez que indústrias geram grandes quantidades, mas de composição conhecida e sem tanta variação (MIRACONI, *et al.* 2002).

A atividade de gerenciar os resíduos químicos nas aulas de laboratório de química é uma ação que reflete cuidado com o meio ambiente, reduzindo a poluição. Trata-se de uma excelente oportunidade de aprendizagem, treinamento e sensibilização para estudantes, professores e técnicos (AFONSO *et al.*, 2003; TOLEDO *et al.*, 2008; SILVA, SOARES, AFONSO 2009).

Ao ser implementado, um programa de gerenciamento de resíduos deve-se contemplar os dois tipos de resíduos: o ativo e o passivo. A caracterização do passivo nem sempre é possível, e o tempo e os esforços gastos com esta atividade inicial devem ser bem equacionados para que não haja desestímulo no início do programa. No caso do resíduo ativo, a experiência tem mostrado que o mais produtivo é se dividir a implementação do programa em duas partes: começar enfocando primeiramente os resíduos gerados nas atividades de ensino, pois estes podem ser mais facilmente caracterizados, inventariados e gerenciados. Tendo adquirido certa prática na gestão deste tipo de resíduo, a segunda etapa de implementação se expande para os laboratórios de pesquisa, onde a natureza e a quantidade de resíduos variam muito. Um programa de gerenciamento deve sempre adotar a regra da responsabilidade objetiva, ou seja, quem gerou o resíduo é responsável pelo mesmo (JARDIM, 1998).

Segundo Afonso e colaboradores (2003), deve-se tomar algumas considerações para facilitar e ajudar no gerenciamento dos resíduos como: (a) diminuir a geração dos mesmos, substituir por outros experimentos menos impactantes; (b) minimizar a proporção de resíduos perigosos, utilizando pequenos volumes; (c) segregar e concentrar resíduos, sendo que a segregação facilita muito no trabalho, independentemente se o destino final é a incineração, o reuso ou a reciclagem; (d) reciclar o componente material ou energético do resíduo, exemplo reutilizar solventes orgânicos após o tratamento e destilação dos mesmos; (e) tratar resíduos da forma mais adequada possível, estocando pelo menor tempo possível; (f) dispor o resíduo de maneira segura.

Desta maneira percebe-se que a implementação de um programa de gerenciamento de resíduos passa por uma tomada de consciência sobre a necessidade de adotar novos hábitos no sentido de não somente atender a legislação, mas principalmente a uma nova mentalidade que se preocupe não apenas com os experimentos realizados nas aulas e na pesquisa, mas também com a geração e o destino dos resíduos. Para garantir um mundo mais sustentável e a formação de profissionais com responsabilidade ambiental é necessário iniciar esta conscientização durante a sua formação universitária, buscando introduzir nas aulas experimentais noções de minimização e tratamento do resíduo gerado.

Uma das alternativas que contribui para planejar a gestão dos resíduos é o princípio dos 5R's: repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar (JUSTI *et al.*, 2015). Primeiro deve-se repensar, ou seja, ver a necessidade do uso do reagente e a forma de descarte do resíduo gerado, segundo recusar, não utilizando produtos que geram impactos ambientais, terceiro, reduzir evitando o desperdício, quarto, reutilizar sempre que possível e quinto reciclar, ou seja, transformar os materiais e utilizar como matéria-prima para outras técnicas no laboratório. Essa visão passa pela identificação, tratamento e encaminhamento dos resíduos, de forma a diminuir os possíveis impactos ao meio ambiente.

Para isso, algumas regras gerais para o acondicionamento, coleta, rotulagem e armazenagem são seguidos. Começando com o transporte dos resíduos, para evitar acidente deve-se acondicionar os resíduos de forma adequada, respeitando o limite de 80% do seu volume total de preenchimento do frasco de estocagem, para que não aconteçam vazamentos. Além disso, os resíduos devem ser armazenados em recipientes compatíveis (OLIVEIRA JÚNIOR, 2012).

Ao acondicionar resíduos químicos, deve-se tomar alguns cuidados, pois estes podem ser incompatíveis com outras substâncias ou até mesmo com o recipiente em que será armazenado. Por exemplo, substâncias com caráter básico, dependendo da sua

concentração podem corroer frascos de vidros, portanto, deve-se evitar este tipo de frasco para essas substâncias. Os frascos para estocagem de resíduos líquidos são geralmente provenientes de reutilização de frascos de produtos de limpeza, de água ou até mesmo de reagentes (OLIVEIRA JÚNIOR, 2012, FORTI; ALCAIDE, 2011).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária ANVISA, RDC nº 306/2004 os resíduos químicos devem ser acondicionados em sacos ou recipientes resistentes que evitem vazamentos e resistam a rupturas, além disso, os recipientes devem ser quimicamente compatíveis com os resíduos. Em caso de embalagens de plástico o polietileno de alta densidade (PEAD) são preferíveis, exceto quando houver incompatibilidade com o resíduo com este tipo de material, na falta dos mesmos, frascos vazios de reagentes ou solventes, podem ser utilizados após lavagem em triplicata com água ou algum solvente apropriado (FORTI; ALCAIDE, 2011; SILVA; SANTIAGO; SANTOS, 2013).

No caso de resíduos de solventes orgânicos, como ácidos e bases diluídas, aldeídos, álcoois, cetonas e hidrocarbonetos, são acondicionados no seu laboratório de origem em galões plásticos, geralmente de 5 litros, enquanto, resíduos de ácidos concentrados, solventes halogenados, éter, ciclohexano e tolueno devem ser acondicionados dentro de recipientes de vidro (SILVA; SANTIAGO; SANTOS, 2013; FERREIRA, 2012).

Segundo a Comissão de Resíduos Químicos e Biológicos (CRQB), da Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), os resíduos inorgânicos não perigosos, os quais incluem soluções aquosas de sais inorgânicos de metais alcalinos e alcalinos terrosos, como cloreto de sódio (NaCl), cloreto de potássio (KCl), cloreto de cálcio (CaCl₂), cloreto de magnésio (MgCl₂) entre outros, não contaminados com outros produtos, podem ser descartados diretamente na rede de esgoto, sempre respeitando os limites estabelecidos nos descartes estaduais. Já para resíduos químicos perigosos, devem ser acondicionados em frascos ou bombonas resistentes com tampa de rosca e vedante. As soluções ácidas e básicas devem ser diluídas e neutralizadas podendo ser desprezadas na rede de esgoto, sais de metais de transição podem ser misturados em recipientes identificados respeitando suas incompatibilidades (CRQB, 2010).

Todos os frascos contendo resíduos deverão necessariamente apresentar um rótulo com o nome da substância e símbolos de riscos, conforme a Norma Brasileira da Associação Brasileira de Normas Técnicas 7500 (ABNT), além disso, deve-se incluir a data em que o resíduo foi envasado, local que o resíduo foi gerado e nome do docente/pesquisador responsável pelo laboratório gerador. Assim, todos os frascos

acondicionados devem ser identificados, mesmo os que ficarão aguardando tratamento (UNESP, 2017; ABNT NBR 7500, 2004).

Após identificação e acondicionamento os resíduos devem ser armazenados em locais onde não haja incidência de luz, calor e umidade, caso houver frascos com capacidade de 1 litro, ou menores como os de vidros, os mesmos devem ser organizados em caixas de papelão, sempre tomando cuidado com a incompatibilidade e resistência das caixas. A coleta dos resíduos deve ser programada, para organização dos mesmos na área externa do setor e devem ficar protegidos de sol, chuva e dispostos de forma agrupada, para que os responsáveis pela coleta possam executar com facilidade (UNESP, 2017).

3. Metodologia proposta: a importância do tratamento de resíduos de cromo

Os metais pesados podem ser definidos de duas formas, do ponto de vista químico e do biológico. Do ponto de vista químico trata-se de conceitos sobre a forma como estão dispostos na tabela periódica, uma vez que esta denominação “pesado” é atribuída a propriedades como densidade absoluta, ponto de fusão, volume e raio atômico. Enquanto do ponto de vista biológico, o termo “pesado” faz referência a aspectos relacionados à toxicidade ao meio ambiente e a saúde humana. O cromo em sua forma trivalente (III) e em baixa quantidade é considerada um nutriente essencial, ele atua potencializando a ação da insulina. Por outro lado, a forma hexavalente (VI) do cromo é altamente tóxica, podendo causar ulcerações nasal, dermatites entre outras complicações (GROMBONI *et al.*, 2006, TOLEDO; LEO, 2008). Portanto, o cromo é considerado um metal pesado devido a sua toxicidade, na forma hexavalente, sendo conhecido como carcinogênico humano e poluente do meio ambiente (VITOR, *et al.*, 2008; TOLEDO; LEO, 2008).

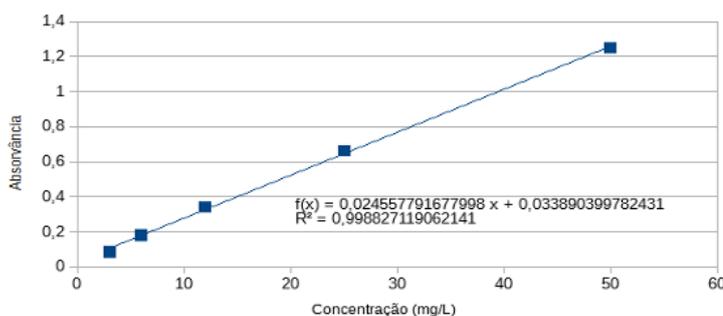
Ao realizar o inventário dos resíduos gerados nos componentes curriculares de Química Analítica Qualitativa e de Química Analítica Quantitativa percebeu-se, além da grande quantidade em volume, a grande diversidade de resíduos. Assim, optou-se pela investigação de técnicas de tratamento de resíduos de cromo (VI) gerados por ambas disciplinas. Através da pesquisa bibliográfica realizada destacou-se alguns procedimentos para o tratamento de resíduos de cromo. Uma das técnicas consiste em usar excesso de hidrogenosulfito de sódio (NaHSO_3) para reduzir o Cr (VI) à Cr (III), elevar o pH acima de 7,0 com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) para precipitar o Cr (III) como hidróxido de cromo III ($\text{Cr}(\text{OH})_3$). Outro procedimento visando à redução do estado de oxidação do cromo é adicionar ácido sulfúrico (H_2SO_4) ao resíduo e em seguida tiossulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ou iodeto de potássio (KI), deixar a solução em repouso por alguns

minutos. Para precipitar o Cr (III) adiciona-se uma base forte e deixa-se decantar por um dia, depois filtra-se e o sólido precipitado e destina-se o mesmo ao abrigo de resíduos, enquanto o líquido é neutralizado e descartado no esgoto comum (SOARES, *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2014).

No presente trabalho para o tratamento dos resíduos de cromo, utilizou-se ácido sulfúrico (H₂SO₄), iodeto de potássio (KI) e hidróxido de sódio (NaOH). Primeiramente acidificou-se o resíduo, monitorando o pH com papel tornassol, após adicionou-se o KI para a reduzir o cromo ao estado de oxidação III, ao fazê-lo observou-se que a solução adquiriu a coloração âmbar esverdeado ou vermelho, em seguida foi adicionado hidróxido de sódio (NaOH) até formar precipitado, então, deixou-se a solução repousar pelo período da noite. Na sequência retirou-se uma alíquota do sobrenadante de cada resíduo tratado e realizou-se o teste com hidróxido de sódio para verificar se a precipitação cessou. Então procedeu-se a filtragem, os precipitados retidos no papel de filtro foram secos em capela e destinados ao abrigo de resíduos da UFFS para a coleta futura por parte da empresa contratada, enquanto a fração líquida foi neutralizada e descartada na pia do laboratório.

Para verificar a eficiência do procedimento empregado no tratamento de resíduos de cromo e também para certificar a possibilidade de descarte da fração líquida na pia do laboratório, utilizou-se a técnica de espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS) para a determinação do teor de cromo, em alíquotas coletadas pré e pós-tratamento. Na determinação de cromo utilizou-se uma lâmpada de cátodo oco deste elemento e selecionou-se o comprimento de onda 357,90 nm, a largura da fenda de 0,20 nm, a altura do queimador foi de 10,00 mm e chama formada pela mistura de ar/acetileno nas vazões 10,00 L/min e 2,00 L/min respectivamente. O padrão estoque de cromo na concentração de 1000 mg/L (Sigma-Aldrich) foi utilizado para a construção da curva de calibração na faixa de 3 a 50 mg/L (Figura 1).

Figura 1: Curva de calibração para o cromo, faixa de trabalho de 3,00 – 50,00 mg/L.



Fonte: Leite, 2017.

Os resíduos utilizados no tratamento e nas medidas espectrométricas estavam em frascos que foram identificados com as siglas R-01, R-02, R-03, R-04 e R-05 (Figura 2). Todos estavam no abrigo de resíduos aguardando a coleta por parte da empresa contratada pela UFFS. Os mesmos totalizavam aproximadamente 30 litros e foram levados ao laboratório para tratamento.

Figura 2: Frascos de resíduos de cromo identificados de R-01 a R-05.



Fonte: Leite, 2017.

Na capela do laboratório cada frasco foi transferido para dentro de baldes e agitados para a completa homogeneização. Como havia bastante material particulado (precipitado) alíquotas de 100 mL de cada um dos resíduos foram filtradas e transferidas para frascos cônicos (tipo falcon) para posterior análise em FAAS, com o objetivo de verificar a concentração de cromo antes do tratamento. Estas alíquotas foram denominadas RF-01, RF-02, RF-03, RF-04 e RF-05, representando os resíduos antes do tratamento.

Após procedeu-se o tratamento dos resíduos, primeiramente acidificou-se o resíduo, monitorando o pH com papel tornassol, após adicionou-se o KI para a reduzir o cromo ao estado de oxidação III, ao fazê-lo observou-se que a solução adquiriu a coloração âmbar esverdeado ou vermelho (Figura 3 a), em seguida foi adicionado hidróxido de sódio (NaOH) até formar precipitado (Figura 3 b), então, deixou-se a solução repousar pelo período da noite. Na sequência retirou-se uma alíquota do sobrenadante de cada resíduo tratado (RT-01, RT-02, RT-03, RT-04 e RT-05) e realizou-se o teste com hidróxido de sódio para verificar se a precipitação cessou. Então procedeu-se a filtragem, os precipitados retidos no papel de filtro foram secos em capela e destinados ao abrigo de resíduos da UFFS para a coleta futura por parte da empresa contratada, enquanto a fração líquida foi neutralizada e descartada na pia do laboratório.

O tratamento utilizado para o resíduo de cromo é uma alternativa de fácil realização, pois os reagentes são de fácil acesso, a soda cáustica comercial (NaOH) e o ácido muriático (HCl) facilmente encontrados em mercado ou lojas de produtos para limpeza de pedras de piscina.

Figura 3: (a) Resíduo de cromo VI, quando atingiu a cor vermelho devido à mudança o estado de oxidação. (b) Resíduo, depois de adicionado NaOH.



Fonte: Leite, 2017.

Na figura 4 podem ser observadas todas as etapas que foram realizadas para o tratamento do resíduo de cromo VI. No béquer (a) observa-se o resíduo contendo cromo VI e III, no (b) o filtrado do resíduo bruto, no (c) a solução em que foi realizada a redução do cromo VI ao cromo III e o (d) o resíduo tratado, pronto para ser neutralizado.

Figura 4: Etapas do tratamento do resíduo contendo cromo VI.



Fonte: Leite, 2017.

Para verificar a eficiência do procedimento empregado no tratamento de resíduos de cromo e também para certificar a possibilidade de descarte da fração líquida no esgoto comum, utilizou-se a técnica de espectrometria de absorção atômica com chama (FAAS) para a determinação do teor de cromo, em alíquotas coletadas pré e pós-tratamento. A tabela 1 ilustra os resultados das análises.

Tabela 1: Concentração de cromo pré (RF) e pós (RT) o tratamento de resíduo.

Amostras	Concentração (mg/L)	RSD (%)
RF-01	1,07	6,44
RT-01	Nd	-
RF-02	64,03	1,60
RT-02	2,90	3,24
RF-03	0,88	4,05
RT-03	Nd	-
RF-04	65,33	1,60
RT-04	1,52	0,02
RF-05	18,20	2,14
RT-05	4,39	0,57

n.d.= não determinado; RSD= desvio padrão relativo

Fonte: Leite, 2017

De acordo com os resultados obtidos (Tabela 1), percebe-se que a concentração de cromo dos resíduos diminuiu consideravelmente após o tratamento. Isso indica que o tratamento foi eficiente. Porém, os resíduos de códigos R- 02, R-04 e R- 05, apesar de terem redução significativa, ficaram com concentrações acima do permitido pelo CONAMA (2011) que estabelece como teor máximo 1,0 mg/L de Cr (III) para lançamento de efluentes, não podendo serem descartados na pia. Porém destaca-se que a análise por FAAS foi realizada antes da neutralização dos resíduos, o que sugere que dependendo da quantidade de ácido adicionado para a completa neutralização, considerando a elevação de volume (diluição) poderá conduzir a concentração dos resíduos (R-02, R-04 e R-05) ao teor permitido de 1,0 mg/L. Segundo Bento e Paim (2014), resíduos de chumbo e cromo podem ser descartados na pia, mesmo que ultrapassem um pouco os teores de concentração estabelecidos pelo CONAMA, porém precisarão passar por diluição prévia ao descarte.

Desta maneira concluiu-se que os resíduos devem, preferencialmente, serem tratados pelo laboratório que os gerou, sendo eles considerados ou não perigosos, de forma a reduzir seu volume e peso. Realizar o tratamento da maneira apropriada e ao término

descartar o mesmo, certificando-se que o resíduo enviado ao descarte atenda aos limites estabelecidos pela legislação e não sejam tóxicos ao meio ambiente.

O tratamento dos resíduos de cromo gerados nas disciplinas de Química Analítica Qualitativa e Quantitativa se mostrou eficiente, além de ser um procedimento prático, os materiais e reagentes utilizados para este tratamento são de fácil obtenção, o que facilita o mesmo.

Referências

AGUIAR, Mônica Regina Marques Palermo de ; NOVAES, Amanda Cardoso . **Remoção de metais pesados de efluentes por aluminossilicatos**. Química Nova, Vol. 25, Nº 6B, 1145-1154, 2002.

AMOUR, M. A. **Hazardous laboratory chemicals disposal guide**. Boca Raton: Lewis, 546 . 1996

AMARAL, Suzana T.; MACHADO, Patrícia. F.L.; PERALBA, Maria do Carmo R.; CAMARA, Maria Regina; SANTOS, Tatiana; BERLEZE, Ana Lúcia; FALCÃO, Humberto Luciano; MARTINELLI, Márcia; GONÇALVES, Reinaldo S.; OLIVEIRA, Eduardo R. de.; BRASIL, Jorge L.; ARAÚJO, Marco Aurélio de; BORGES, Antônio Cesar A. **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, Vol. 24, No. 3, 419-423, 2001.

AFONSO, Júlio Carlos; NORONHA, Leandro Anido; FELIPE, Renata Pinheiro; FREIDINGER, Nicolas. **Gerenciamento de resíduos laboratoriais : recuperação de elementos e preparo para descarte final**. Química Nova, Vol. 26, No. 4, 602-611, 2003.

ABREU, D.G. ; IAMAMOTO, Y. **Relato de uma experiência pedagógica no ensino de química: formação profissional com responsabilidade ambiental**. Química Nova, Vol. 26, No.4, p. 582-584, 2003

ALBERGUINI, Leny Borghesan A.; SILVA, Luis Carlos; REZENDE, Maria Olímpia Oliveira. **Laboratório de Resíduos Químicos do Campus USP-São Carlos – Resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos em um campo universitário**. Química Nova, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 291-295, fev. 2003.

ANVISA. **Agência nacional de vigilância sanitária**. Resolução da diretoria colegiada – RDC nº 306, de 7 de dezembro de 2004. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/res0306_07_12_2004.pdf/95eac678-d441-4033-a5ab-f0276d56aaa6 Acesso em: 03/09/2018.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004 Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, p. 3, 2004.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA. **Diário Oficial (da) República Federativa do Brasil**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF, p.89, 16 maio 2011.

BENTO, Waleska de Araújo Siqueira; PAIM, Ana Paula Silveira. **Tratamento dos resíduos de cobre, prata, chumbo, cromo e permanganato de potássio gerados em laboratório de ensino de Química da UFPE.** *Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais* V. II N.1 Jan/Abr. 2015.

CRQB – Comissão de Resíduos Químicos e Biológico. UNIFESP – Diadema, 2010. Disponível em: <http://comissaounifespdiadema.webnode.com> Acesso em 12/09/2018.

FORTI, M. C.; ALCAIDE, R. L. M. **Normas de procedimentos para separação, identificação, acondicionamento e tratamento de resíduos químicos do laboratório de aerossóis, soluções aquosas e tecnologias** – LAQUATEC. São José dos Campos: INPE, 2011. Disponível em: <http://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2013/10/IMPE.pdf> Acesso em 12/09/2018.

FERREIRA, Elisabeth Fernandes. **Plano de gerenciamento de resíduos (PGR) do Instituto de Química.** Disponível em: <http://www.iqm.unicamp.br/sites/default/files/Plano%20de%20Gerenciamento%20de%20Res%20C3%ADduos.pdf> Acesso em: 12/09/2018.

GROMBONI, Caio F.; MATOS, Wladiana O.; DONATI, George L.; NEVES, Eduardo A.; NOGEIRA, Ana Rita A.; NÓBREGA, Joaquim A. **Avaliação de alternativas para tratamento de resíduo contendo cromo hexavalente.** 29ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química – SBQ , 2006.

JUSTI, Rudinei; DUGATTO, Jonas Simon; MEA, Adriana Riguer Della ; ROSSINI, Neusa. **Plano de Gerenciamento de Resíduos dos Laboratórios da UFFS Campus Cerro Largo.** 2015.

JARDIM, W.F., **Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa.** Química Nova, 1998.

KAUFMAN, Jason. A. **Developing a chemical management system.** In: KAUFMAN, J. A. (Ed.) *Waste disposal in academic institutions.* Michigan: Lewis, p. 93-100. 1990.

LUNN, George.; SANSONE, Eric B. **Destruction of hazardous chemicals in the laboratory.** 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 501 p. 1994.

MICARONI, Regina Clecia da Costa Mesquita; BUENO Maria Isabel Maretti Silveira; JARDIM, Wilson Figueiredo. **Gestão de resíduos em laboratórios do Instituto de Química da Unicamp.** Tese – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Química, 2002. Disponível em: <http://biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/vtIs000448350.pdf>. Acesso em: 13/09/2018.

NOLASCO, Felipe Rufine; TAVARES, Glauco Arnold; BENDASSOLLI, José Albertino. **Implantação de Programas de Gerenciamento de Resíduos Químicos Laboratoriais em Universidades: Análise crítica e recomendações.** Programa de gerenciamento de resíduos químicos laboratoriais, Vol.11 – N° - abr/jun 2006, 118-124.

OLIVEIRA JÚNIOR, Francisco de Assis. **Implementação do programa de gerenciamento de resíduos químicos: caso da Universidade Federal de Lavras**. Lavras – MG, 2012.

PAGNO, Vanessa; SALAPATA, André; SCHMITZ, Edinéia Paula Sartori ; CABRERA, Liziara da Costa. **Levantamento de resíduos de laboratórios, propostas de atividades experimentais e ações com foco em Química Verde** . ACTIO, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 80-96, jul./set. 2017

SILVA, Elviscley de Oliveira; SANTIAGO, Mariângela Fontes; SANTOS, Bruna Carneiro dos. **Manejo de resíduos químicos UFG**. Disponível em: https://residuos.farmacia.ufg.br/up/705/o/Manejo_de_res%C3%ADduos_qu%C3%ADmicos.PDF Acesso em: 12/09/2018.

SOARES, R. dos Santos. ; OLIVEIRA, A.C. Costa de.; SANTOS, S. Souza.; SANTOS, W. M.; VASCONCELOS, N. S. L. S. **Gerenciamento e tratamento de resíduos de cromo (Cr)**. 53º Congresso Brasileiro de Química, Rio de Janeiro / RJ, de 14 a 18 de 2013.

SOUZA, T. M.; SACZK, A. A.; MAGRIOTIS, Z. M.; PEREIRA, R. A.; PINTO, F. M.; FERREIRA, A. F. F.; ANDRADE, T. C. **Recuperação e Aplicação do Dicromato de Potássio Proveniente do Resíduo de Sulfocromica**. Rev. Virtual Quim., 6 (2), 453-466, 2014.

SILVA, Alexander Fidelis; SOARES, Tamires Rúbia dos Santos; AFONSO, Júlio Carlos; **Gestão de resíduos de laboratório: uma abordagem para o ensino médio**. Química Nova na Escola, Vol. 32, Nº 1, fevereiro 2010.

TOLEDO, Antonio César Teixeira de.; LEO, Viviane Maria Moraes. **Gerenciamento de resíduos químicos: uma experiência de aprendizagem em aulas de laboratório em ensino superior**. XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) , UFPR, 21 a 24 de julho de 2008. Curitiba.

Universidade Estadual Paulista – UNESP. **Instruções para Armazenamento e rotulagem de resíduos químicos gerados da FCAV**. Julho de 2017, Jaboticabal – SP.

VITOR, A.A., FREIRE, G.R., AMARAL, L. C. S. **Tratamento de resíduos contendo íons cromo (III) em solução**. 48º Congresso Brasileiro de Química, Rio de Janeiro, 2008.

Submetido em: 23-09-2018.

Publicado em: 15-04-2019.