

TRATAMENTO E RECUPERAÇÃO DE RESÍDUOS DE COBRE PROVENIENTES DE AULAS EXPERIMENTAIS

Mariane Dalpasquale; Cristiane Regina Budziak Fukamachi; Edílson da Silva Ferreira

Acadêmica do curso de Bacharelado em Química Industrial e Licenciatura em Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco; Doutora em Química. Coordenação do curso de Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco; Mestre em Química. Coordenação do curso de Química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Pato Branco.

Resumo -Este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia de tratamento e recuperação de resíduos de cobre provenientes de aulas práticas dos laboratórios de química da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, eficiente e de baixo custo, avaliando parâmetros como: custos, benefícios adquiridos, riscos e tempo de realização do procedimento. A partir desses dados foi possível quantificar e qualificar essa metodologia de tratamento, a qual foi aplicada aos resíduos de cobre para verificar o rendimento da aplicação dessa metodologia em resíduos. Os resultados obtidos mostraram que a metodologia proposta trabalhava com tratamento em pH 9,0 – 9,5, sem aquecimento quando presente apenas uma espécie química em solução, utilizando uma pequena quantidade de reagentes de uso comum em aulas práticas como NaOH e H₂SO₄ diluído. Essa metodologia gerou cristais azuis, sem impurezas aparentes, semelhantes ao sulfato de cobre pentahidratado produzido em escala industrial, sendo comprovada a sua eficiência na aplicação do tratamento em resíduos através da recuperação do metal cobre presente em solução. De uma forma geral, todo o material recuperado pode voltar a ser utilizado como reagente em aulas práticas, ou seja, é possível agregar valor ao resíduo recuperado.

Palavras-Chave: Cobre. Resíduos. Tratamento. Metodologia. Laboratórios.

Abstract-This word aims to present a methodology of waste treatment and recovery of copper from the practical lessons of chemistry labs Federal Technological University of Paraná - Campus Pato Branco efficient and low cost, evaluating parameters such as costs, benefits obtained, risks and time of the procedure. From these data it was possible to quantify and qualify this method of treatment, which was applied to residues of copper to verify the efficiency of application of this methodology waste. The results showed that the proposed methodology worked with treatment at pH 9,0 – 9,5 without heating when only one chemical species present in solution, using a small amount of reagents commonly used in practical lessons such as NaOH and dilute H₂SO₄. It was found that this method produced blue crystals, with no apparent impurities, similar to copper sulfate pentahydrate produced on an industrial scale, and proven its efficiency in implementing the treatment in waste through the recovery of the metal copper present in solution. In general, all the material recovered can be re-used as a reagent in practical classes, or you can add value to the product recovered.

KeyWord: Copper. Waste. Treatment. Methodology. Laboratories.

1. INTRODUÇÃO

A ampliação do setor industrial ocorrido nas últimas

décadas tem sido um dos principais culpados pela contaminação das águas, solos e subsolos, seja pelo descuido no seu tratamento antes de dar um

destino final ao resíduo gerado ou por falta de conhecimento e informações no assunto, ou por acidentes ambientais cada vez mais frequentes que propiciam o lançamento de vários poluentes no ambiente em geral.

Existe uma tendência em nossa sociedade de considerar como relevante ao meio ambiente atividades que dão origem a grandes proporções de resíduos. Então, esses grandes geradores como indústrias e as mineradoras, por exemplo, estão sempre sob fiscalização dos órgãos competentes. Já pequenos geradores como centros de pesquisa, universidades e instituições de ensino geralmente são consideradas pelos órgãos ambientais como atividades não influentes, e por isso a fiscalização existente é insuficiente no quesito descarte de seus rejeitos químicos (JARDIM, 1998).

Considerando que o número de pequenos geradores de resíduos que existem em nossa sociedade é elevado, e que os resíduos por eles gerados contêm metais pesados, compostos halogenados, a proposição de que as atividades desenvolvidas em particular pelas universidades são dispensáveis de um programa de gerenciamento de resíduos não é verdadeira, sem falar que as quantidades necessárias para haver uma contaminação nos solos e nas águas é muito pequena.

Os poluentes descartados mais comuns são os metais pesados os quais ocasionam graves problemas para a saúde humana e que podem ser classificados em uma classe de metais que possuem características bioacumulativas, ou seja, são resíduos que se acumulam nos tecidos vivos ao longo da cadeia alimentar, já que os seres vivos não são capazes de excretá-los de forma eficaz (TAVARES e CARVALHO, 1992).

Diariamente são introduzidos pelas indústrias uma quantidade de metais pesados no ambiente muito maior que a natural, entre os mais perigosos estão o mercúrio, cádmio, cromo, chumbo e o cobre. Os resíduos gerados pelas universidades são tóxicos como os gerados pelas indústrias, e quando ele é descartado de forma incorreta polui o ambiente, contaminando os seres vivos. Devido aos efeitos desses metais no organismo é necessário tratar os poluentes gerados nas universidades, independentemente do volume gerado (NOGUEIRA e PASQUALETTO, 2008).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA surgiu para efetivar uma política nacional ambiental, onde seu objetivo principal é regular o uso dos recursos naturais. Esse Conselho já criou inúmeras resoluções, entre elas existe a Resolução de número 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais, bem como estabelece as condições e também padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2006).

A Resolução de nº. 357 tem influência direta nas atividades rotineiras de laboratórios de química, pois ao utilizar um reagente qualquer e gerar algum tipo de resíduo, este efluente só poderá ser descartado, caso obedeça a padrões de segurança estabelecidos por esta Resolução. Para descartar efluentes de laboratório deve-se consultar a Tabela de Lançamento de Efluentes Padrão, que estabelece o limite máximo em mg/L para que uma determinada substância possa ser descartada sem prejudicar o meio ambiente (MACHADO e MÓL, 2008).

Para uma substância ser chamada de perigosa é necessário que constitua um risco para o ambiente e para os seres vivos. Desse modo, os resíduos perigosos são substâncias que foram descartadas como resíduo ou rejeito químico, e que representam um risco. (BAIRD, 2002).

Os Institutos e Departamentos de Química das Universidades, além de todas as unidades que utilizam produtos químicos em suas atividades rotineiras de trabalho, têm sido confrontados com o problema relacionado ao tratamento e à disposição final dos resíduos gerados em seus laboratórios de ensino e pesquisa. Esses resíduos são diferentes daqueles gerados em unidades industriais por apresentarem um menor volume, mas grande diversidade de composições, o que dificulta a tarefa de instituir um tratamento químico e/ou uma disposição final padrão que seja eficiente para todos (GERBASE et al, 2006).

O tratamento de resíduos químicos envolve grandes desafios. Abordar-se-ão três deles aqui: (1) como um Instituto de Química deve agir para que os resíduos químicos gerados não agridam o ambiente ou, melhor ainda, como recuperar resíduos químicos transformando-os em matéria-prima; (2) como desenvolver no aluno uma consciência ética com relação ao uso e descarte de produtos químicos e (3) como o professor deve proceder para tratar e recuperar os resíduos químicos gerados em seu laboratório? Em adição, resíduos químicos são gerados por vários laboratórios, cujos geradores não têm, necessariamente, conhecimentos de química, como por exemplo, laboratórios fotográficos, museus, centros esportivos, oficinas mecânicas etc. Como instruir tais usuários a manusear, tratar e recuperar resíduos químicos (ALBERGUINI, SILVA e REZENDE, 2003).

O tratamento de resíduos químicos possui características de cunho prático, que colocam o aluno em contato com situações ou problemas reais da área da química. Possibilitando ao aluno uma formação ética adequada com relação à hierarquia de resíduos desde o manejo dos produtos químicos por meio do conhecimento dos itens de segurança dos mesmos, utilizando sistema de rotulagem internacional. Muitas vezes torna-se necessário pesquisar e desenvolver várias formas de tratamento para os resíduos, já que muitas vezes os

mesmos contêm misturas, concentrações diferentes e traços únicos (ALBERGUINI et al., 2003).

O objetivo da recuperação de resíduos é restaurar frações ou algumas substâncias que possam ser aproveitadas no processo produtivo desde que em condições economicamente vantajosas e que representem um benefício à sociedade em geral, independentemente da rentabilidade. Um exemplo de bem sucedido de recuperação de substâncias a partir de seus resíduos são os metais (TOCCHETTO, 2003).

Existem vários aspectos positivos quando se fala em recuperação de resíduos: economia, quantidade de resíduos gerados, conscientização acadêmica, etc. Para reduzir ao máximo a geração de resíduos se torna necessário adotar métodos analíticos que utilizem o mínimo de amostras (PEREIRA et al., 2008).

Para iniciar a recuperação é preciso realizar alguns testes para a caracterização preliminar dos resíduos químicos não identificados como: reatividade com água, presença sulfetos e cianetos, pH, resíduo oxidante ou redutor, inflamabilidade, presença de halogênios e solubilidade em água (AFONSO et al., 2005, PEREIRA et al., 2008).

Alguns resíduos são neutralizados e em seguida descartados como ácidos e bases, outros contendo metais, por exemplo, são tratados e recuperados seguindo metodologias já descritas (PEREIRA et al., 2008).

Devido à ausência de um órgão fiscalizador o descarte inadequado de resíduos levou várias instituições de ensino a poluírem o meio ambiente, desperdiçarem reagentes por ter um mau gerenciamento de resíduos ou pela falta do mesmo. Existe uma necessidade de se implantar nas universidades um programa de gerenciamento de resíduos para diminuir o impacto ambiental e criar um hábito nos alunos, professores e funcionários de se preocuparem com os rejeitos que eles geram. (AFONSO et al., 2003).

O programa de gerenciamento nos laboratórios de química deve contemplar dois tipos básicos de resíduos: o ativo (gerado continuamente nas atividades semanais na unidade geradora), e o passivo que corresponde a todo o resíduo estocado, o qual muitas vezes não está caracterizado (frasco sem rótulo). Sendo necessário realizar alguns testes de identificação para se chegar à substância, onde nem sempre é possível se chegar à caracterização desse passivo (AFONSO et al., 2003).

O simples armazenamento dos resíduos por classes e devidamente identificados constitui uma atividade simples e rápida e ao mesmo tempo importante no auxílio do tratamento de resíduos, que pode servir para finalidades didáticas (VIEIRA et al., 2008).

Segundo Afonso et al. (2003) alguns aspectos devem ser levados em consideração quando se trata de gerenciamento de resíduos:

- Prevenir a geração de resíduos através da substituição ou modificação do experimento a ser aplicado por outro de menor impacto ambiental;
- Minimizar a proporção de resíduos perigosos pela utilização de pequenos volumes. - Assim a quantidade de resíduo gerada é menor, e diminuí-se o custo com reagentes;
- Segregar e agrupar os resíduos para tornar possível economicamente e viável a atividade gerenciadora.
- Tratar o resíduo da maneira mais adequada, estocando o mesmo pelo menor tempo possível;
- Dispor o resíduo de maneira segura.

Os resíduos recuperados podem ser reutilizados no mesmo processo em que foram gerados e podem se transformar em matéria - prima para outros processos (ALECRIM et al., 2007).

Por sim, o Plano de Gerenciamento de Resíduos deve atender as diretrizes legais ou as normas pertinentes à gestão ambiental, como por exemplo, a ISO 14000 e a ISO 14001. A primeira diz respeito ao manejo ambiental para minimizar os efeitos nocivos causados por determinada atividade. Já a segunda apresenta critérios para a implementação de um sistema de gerenciamento ambiental (GIL et al., 2007).

Assim considerando, a proposta deste trabalho é apresentar a melhor metodologia de tratamento e recuperação de resíduos de cobre, comparando parâmetros como, eficiência do procedimento e custos/benefícios adquiridos no tratamento, recuperação e destino final dos resíduos de cobre, provenientes de atividades experimentais desenvolvidas na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco.

PARTE EXPERIMENTAL

Descrição da área de estudo

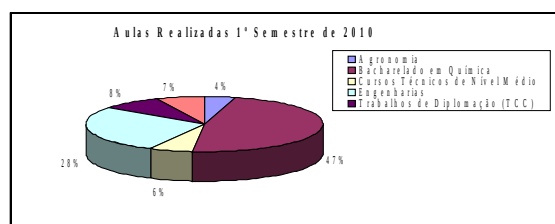


Figura 1 - Aulas Práticas Primeiro Semestre de 2010

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Pato Branco realiza aproximadamente 399 aulas no decorrer de um semestre (março a julho), divididas entre os cursos de Bacharelado em Química Industrial, Licenciatura em Química, Engenharias Civil, da Computação, Elétrica e Mecânica, Agronomia, cursos de nível médio de Agrimensura, atendendo também a aulas referentes aos trabalhos de diplomação (TCC) e a aulas de projetos de pesquisa, como mostra a Figura 1.

Destas 399 aulas montadas dentro dos laboratórios de química aproximadamente 63 aulas (16%) geram resíduos de metais pesados, entre os mais comuns estão os resíduos contendo os metais cobre, cromo e prata.

METODOLOGIAS DE TRATAMENTO

A partir de alíquotas de 100mL da solução padrão de sulfato de cobre descrita por Morita (1972), foram realizados testes gravimétricos em triplicata com a metodologia proposta para quantificar e qualificar a melhor metodologia para trabalhar com resíduos de cobre gerados no decorrer do ano letivo na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco.

Metodologia de tratamento aplicada

A Figura 2 apresenta um fluxograma explicativo da metodologia de tratamento proposta para a realização do tratamento de resíduos de cobre. Inicialmente foram realizados testes com uma solução padrão de cobre, para avaliar alguns parâmetros envolvidos no tratamento para em seguida aplicar a mesma metodologia com os resíduos laboratoriais.



Figura 1 - Fluxograma da Metodologia de Tratamento Aplicada em Resíduos

Os resultados obtidos com esse tratamento encontram-se dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Dados obtidos com o Tratamento com Solução Padrão

Solução	A	B	C	D	E	F
1	1,230	9,00	Não	0,124g	0,342g	88
2	1,230	9,00	Não	0,122g	0,330g	88
3	1,230	9,19	Não	0,120g	0,334g	89
Média				±0,122	±0,338	±88,3

A = valor do pH inicial; B = valor do pH com adição de NaOH; C = valor do pH corrigido com H₂SO₄; D = massa de CuO obtido por calcinação; E = massa em gramas de CuSO₄.5H₂O recuperado com o procedimento; F = Rendimento percentual (%)

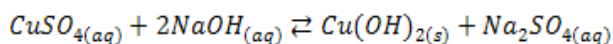
A aplicação dessa metodologia utilizando uma solução padrão foi eficiente e gerou porcentagens consideráveis com relação à eficiência do tratamento. Esse processo tem perdas de cobre assim como todos os outros procedimentos, devido às filtrações, transferências de recipiente, pesagens etc.

As perdas desse procedimento são menores quando comparadas aos tratamentos em que é necessário utilizar o aquecimento para formar o óxido de cobre, pois ao transformar o produto em hidróxido de cobre, não sendo necessário o aquecimento, esse precipitado formado não adere ao papel filtro, sendo possível removê-lo de forma quantitativa ao fazer as pesagens necessárias. Essas pesagens antes da calcinação são necessárias para verificar o quanto de massa a calcinação removeu.

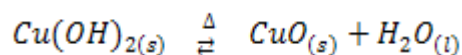
Nenhuma das três soluções teve o pH corrigido com ácido sulfúrico, todas ficaram com o mesmo aspecto e com a mesma cor após a adição de NaOH.

A solução 3 foi armazenada na forma de hidróxido de cobre por dois dias para verificar se ocorreria alguma modificação na coloração ou algum outro fator já que a forma hidróxido é instável, esse fato foi confirmado pois decorridos dois dias a solução que era azul se transformou em óxido de cobre, sem aquecimento, sem adição de reagentes, apenas ficando em repouso.

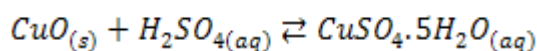
Em relação aos cristais de sulfato de cobre pentahidratado formados, esse processo nos forneceu cristais azuis sem impurezas aparentes.



Equação 1 - Reação de formação do hidróxido de cobre



Equação 2 - Reação de formação do óxido de cobre



Equação 3 - Reação de formação dos cristais de sulfato de cobre pentahidratado

Tabela 2 - Estimativas: Metodologia de Tratamento com Solução Padrão

Benefícios Adquiridos	
Custos: reagentes - hidróxido de sódio, ácido sulfúrico, álcool etílico comercial, outros: energia elétrica, papel filtro.	
Eficiência do Procedimento: 88,3% de formação de sulfato de cobre pentahidratado	
Facilidade do Procedimento: alta (X) média () baixa ()	
Riscos ao realizar esse procedimento: alto () médio () baixo (X)	
Tempo de Realização do Procedimento: 2 dias	
Destino Final do Produto: Aulas Experimentais de Química	

Através da aplicação dessa metodologia foi possível fazer estimativas quanto ao procedimento. Os dados referentes às estimativas realizadas se encontram na Tabela 2.

As Figuras 2, 3 e 4, detalham o procedimento exposto acima:



Figura 3 – À Esquerda: solução padrão de cobre. À Direita: solução após a adição de hidróxido de sódio. Fonte: DALPASQUALE, M.



Figura 4 – Formação do óxido de cobre, à esquerda no início da formação e a direita com o término da reação. Fonte: DALPASQUALE, M.



Figura 5 – Formação do sulfato de cobre pentahidratado. Fonte: DALPASQUALE, M.

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CÔBRE UTILIZADOS

Tabela 3 - Características dos Resíduos de Cobre

A	B	C	D	E
1	Azul claro	Não	0,73	Mar. 2009
2	Azul esverdeado	Sim	5,27	Mai. 2008
3	Azul claríssimo	Não	0,30	Jun. 2010
4	Azul intenso	Não	5,01	s/ data
5	Azul claro	Não	1,28	s/ data
6	Azul intenso	Não	5,24	Nov. 2007
7	Azul claro	Não	1,47	Out. 2009

A = número do resíduo; B = coloração apresentada; C = presença de partes sólidas; D = valor do pH da solução; E = resíduo gerado em

Antes de iniciar o tratamento, foram caracterizados todos os resíduos a serem utilizados, ao todo foram analisadas sete amostras de resíduos de cobre proveniente de aulas práticas das matérias de Química Inorgânica, Química Analítica, Química Geral, projetos de pesquisa, entre outros. Os resíduos analisados foram gerados entre o ano de 2007 e 2010. Na Tabela 3 constam às características de cada resíduo de cobre.

Após analisar as características de cada resíduo, iniciou-se o tratamento dos mesmos. Os dados provenientes do tratamento realizado constam na tabela 4.

Tabela 4- Dados Obtidos com o Tratamento de Resíduos

A	B	C	D	E
1	Azul claro	0,129	0,287	88
2	Azul esverdeado	4,320	11,890	87
3	Azul claríssimo	0,116	0,301	82
4	Azul intenso	0,456	1,180	82
5	Azul claro	0,144	0,408	90
6	Azul intenso	0,298	0,827	88
7	Azul claro	0,112	0,293	83

A = número do resíduo; B = coloração apresentada; C = massa, em gramas, de CuO obtida; D = massa, em gramas, de CuSO₄.5H₂O recuperada; E = percentual de rendimento (%)

As porcentagens obtidas no tratamento são satisfatórias, visto que o rendimento foi elevado e a recuperação do produto ocorreu. As perdas de cobre ocorridas durante o procedimento são em grande parte devidas às perdas de cobre na própria solução, no filtrado. Todos os filtrados obtidos com o tratamento de resíduos foram armazenados e passarão por um segundo tratamento para que todo o metal ainda presente nesse filtrado seja recuperado.

Em relação aos resíduos cada tratamento envolveu uma particularidade. Os resíduos de número 1, 3, 5 e 7 utilizaram mais hidróxido de sódio em seu tratamento, devido ao seu pH ser menor. Os outros três tratamentos não apresentaram obstáculos ao serem realizados, pois no decorrer do procedimento observou-se que esses resíduos continham apenas uma espécie química presente na solução. O resíduo 1 e 7 apresentavam informações em seu rótulo quanto as espécies contidas no frasco e por isso o tratamento foi mais rápido.

Com o resíduo 2 foi necessário um aquecimento demorado em capela devido a coloração do resíduo ser azul intenso, indicando a presença do ligante amônia (NH₃). Esse ligante pode ser removido através do aquecimento e influencia no tratamento caso não seja removido. Durante a formação dos cristais, etapa posterior à adição de ácido sulfúrico e ao aquecimento em banho – maria observou-se a formação de cristais azuis de sulfato de cobre pentahidratado em grande quantidade. A solução que continha esse cristal formou um precipitado marrom que ficou em solução, apresentando pH 4. Devido ao pH encontrado e a coloração do precipitado sugerindo-se que esse precipitado apresente o ferro em solução, o qual foi filtrado e armazenado para posteriormente passar por um tratamento específico que envolva essa espécie química.

Com os resíduos 4 e 6 também foi necessário o aquecimento em capela para remover a amônia presente na solução. Com o aquecimento a solução foi ficando esverdeada indicando a presença do íon Cl⁻. Esse íon foi removido através da calcinação e o tratamento não apresentou maiores dificuldades no tratamento após a adição de ácido sulfúrico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O principal objetivo desse trabalho foi desenvolver uma metodologia padrão para tratamento de resíduos. Em face dos resultados obtidos conclui-se que:

- Os testes realizados com soluções padrão forneceram valores precisos e indicaram também as dificuldades de se recuperar uma substância em solução. Devido ao tempo de realização do procedimento que é longo e trabalhoso, sendo necessário por inúmeras vezes repetir os mesmos procedimentos para verificar os dados obtidos, pois ao trabalhar com as soluções de concentração conhecida a massa utilizada e a massa recuperada não eram grandes, sendo que perdas pequenas resultavam em uma mudança significava na rentabilidade do processo.

- Ao trabalhar com resíduos podem-se comprovar as dificuldades relacionadas com o tratamento e as espécies envolvidas, os obstáculos encontrados com relação à falta de informações sobre o material que se estava trabalhando, sendo que por muitas vezes o resíduo era identificado como resíduo de cobre, mas o frasco continha outro metal. As misturas incorretas de substâncias, as quais geram um processo extremamente demorado de tratamento, sendo que nem sempre se chega a resultados positivos, ou seja, nem sempre é possível recuperar um resíduo.

- Apesar dos muitos trabalhos já publicados a respeito do cobre e seus resíduos, estudos em relação à recuperação de elementos e destino final ainda precisam ser aprimorados. É necessário

entender que todo o material descartado possui um valor aquisitivo agregado, o qual pode ser recuperado.

- O desenvolvimento de uma metodologia de tratamento envolveu vários pontos como a facilidade do tratamento, rapidez no procedimento, possíveis riscos e com um percentual de rendimento maior devido ao tratamento envolver questões de cunho prático.

- A partir desse trabalho pretende-se minimizar questões de descaso com relação aos resíduos químicos dentro dos laboratórios, facilitando dessa forma tratamentos diversos.

Portanto, os dados obtidos em laboratório mostram que a recuperação de resíduos gera valores consideráveis e importantes, favorecendo a melhoria da qualidade das águas e refletindo na melhoria da qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

AFONSO, J.C.; NORONHA, L.A.; FELIPE, R.P.; FREIDINGER, N.; Gerenciamento de resíduos laboratoriais: recuperação de elementos e preparo para descarte final. *Química Nova*, v. 26, n. 4, p. 1-16, 2003.

AFONSO, J.C. et al. Análise sistemática de reagentes e resíduos sem identificação. *Química Nova*, v. 28, n. 1, p. 157-165, 2005.

ALECRIM, Gisela Ferraz, et al. Gerenciamento dos Resíduos Gerados nas Disciplinas Química Geral e Química Inorgânica dos Cursos da Área de Química do Cefet – AM. In: CONGRESSO DE PESQUISA E INOVAÇÃO DA REDE NORTE NORDESTE DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA, 2, 2007, João Pessoa.

ALBERGUINI, L. B.; SILVA, L.S.; REZENDE, M.A.O.; Laboratório de resíduos químicos do campus USP - São Carlos – resultados da experiência pioneira em gestão e gerenciamento de resíduos químicos em um campus universitário. *Química Nova*, v. 26, n. 2, p. 291-295, 2003.

ARAÚJO, Luana dos Reis. Programa de gerenciamento de resíduos químicos nos laboratórios de ensino e pesquisa da FEQUI/UFU. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.ic-ufu.org/anaisufu2008/PDF/SA08-10671.PDF>> Acesso em: abr. 2011.

BAIRD, Colin. *Química Ambiental*. Porto Alegre: Bookman, 2002.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resoluções do Conama. Brasília, DF, 2006.

GERBASE, Annelise Engel; GREGORIO, José Ribeiro; CALVETE, Tatiana. Gerenciamento dos resíduos da disciplina química inorgânica II do curso de química da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. *Química Nova*, 2006, v.29, n.2, pp. 397-403.

GIL, Eric de Souza, et al., Aspectos técnicos e legais do gerenciamento de resíduos químico – farmacêuticos. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, v. 43, n. 1, p. 19-29, 2007.

JARDIM, Wilson de Figueiredo. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. *Química Nova*. São Paulo, vol. 21, n. 5, p. 671-673, 1998.

MACHADO, Patrícia F. L.; MÓL, Gerson de S. Resíduos e Rejeitos de Aulas Experimentais: O que fazer? *Química Nova na Escola*, n. 29, p. 38-41, 2008.

NOGUEIRA, Luciana Soares; PASQUALTTO, Antonio. Plano de Prevenção de Riscos Ambientais (PGRA) para Empresas de Galvanoplastia. Goiânia, 2008. Disponível em: <<http://www.ucg.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/PLANO%20DE%20PREVEN%C3%87%C3%83O%20DE%20RISCOS%20AMBIENTAIS%20PARA%20EMPRESAS%20DE%20GALVANOPLASTIA.pdf>> Acesso em: mai.2011

PEREIRA, Paulo Sérgio, et al. Resíduos Químicos: Gerenciamento em Instituições de Ensino e Pesquisa. Ribeirão Preto, 2008. Disponível em:

<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR10551_Pereira.pdf> Acesso em: abr. 2011.

TAVARES, Tania M; CARVALHO, Fernando M. Avaliação da

Exposição de Populações Humanas a Metais Pesados no Ambiente: Exemplos do Rencôcavo Baiano. Química Nova, v.15, n. 2, p. 147-152, 1992.

TOCCHETTO, Marta Regina Lopes. Tratamento de Resíduos: Recuperação de Prata. Santa Maria, 2003. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/resisoli/iii-026.pdf>> Acesso em: mar. 2011.