



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE ARAXÁ
DEPARTAMENTO DE MINAS CONSTRUÇÃO CIVIL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE MINAS

PROCEDIMENTOS PARA GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CARÁTER
ÁCIDO, BÁSICO E SOLVENTES HALOGENADOS GERADOS NO
LABORATÓRIO DE QUÍMICA-CEFET/ARAXÁ

ANNA CECÍLIA MÜLLER

ORIENTADOR

NATAL JUNIO PIRES

ARAXÁ
2016

M958p Müller, Anna Cecília

Procedimentos para gerenciamento de resíduos de caráter ácido, básico e solventes halogenados gerados no laboratório de Química-CEFET/Araxá / Anna Cecília Müller. -- 2016
40 f.; -- il.

Orientador: Prof. Dr. Natal Junio Pires

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Minas) -- Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, 2016

1. Resíduos Sólidos 2. Tratamento I. Pires, Natal Junio. II. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. III. Procedimentos para gerenciamento de resíduos de caráter ácido, básico e solventes halogenados gerados no laboratório de Química-CEFET/Araxá.

CDU: 658.5677

ANNA CECÍLIA MÜLLER

PRODEDIMENTOS PARA GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DE CARÁTER
ÁCIDO, BÁSICO E SOLVENTES HALOGENADOS GERADOS NO LABORATÓRIO
DE QUÍMICA-CEFET/ARAXÁ

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Centro de Educação
tecnológica de Minas Gerais, Unidade
Araxá, como requisito parcial para obtenção
do título de Engenheiro de Minas.

Data de aprovação: 12 / 08 / 2016

Banca Examinadora:



Prof. Dr. – Natal Júnio Pires – CEFET/ARAXÁ
Presidente da Banca Examinadora - Orientador



Prof. Esp. Francisco de Castro Valente Neto – CEFET/ARAXÁ



Prof. MSc. Alexander Martin Silveira Gimenez – CEFET/ARAXÁ

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, aos meus pais por terem sempre depositado em mim confiança e por não medirem esforços ao me auxiliar em cada tentativa.

Ao meu orientador Prof. Dr. Natal Junio Pires, pela ajuda prestada e pelas palavras de motivação e sabedoria oferecidas não só durante a realização deste trabalho, mas em todas suas disciplinas.

Aos meus professores, pelos ensinamentos compartilhados ao decorrer do curso, em especial, ao Prof. Dr. Maurício Antônio Carneiro.

À Rosângela Rios, por demonstrar que sempre vale a pena ter generosidade, especialmente quando se trata de difundir o conhecimento.

Aos meus amigos, em especial minha irmã Marianne, Ana Clara e Patrick, por serem sempre solícitos em momentos de adversidade.

“Ninguém é tão ignorante que não tenha algo a ensinar. Ninguém é tão sábio que não tenha algo a aprender”. Blaise Pascal.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo a investigação, desenvolvimento e proposição de procedimentos para tratamento de resíduos químicos presentes nos laboratórios de química e de tratamento de minério do CEFET-MG, Campus Araxá, tendo como delimitação resíduos de caráter ácidos, básicos e solventes halogenados. Tais resíduos representam um risco ambiental e tomam razoável parcela do espaço físico do laboratório para o seu armazenamento. O trabalho se divide em pesquisa literária e laboratorial, a fim de obter uma rota de tratamento viável para os resíduos citados, tendo em vista a solução total ou parcial dos problemas que os mesmos representam. Os resíduos de caráter ácido foram convenientemente tratados através de reação de neutralização com carbonato de sódio, enquanto para aqueles de caráter básico empregou-se reação de precipitação com excesso adequado de hidróxido de sódio, bem como reação de neutralização com ácido clorídrico. Já para os solventes halogenados a saída mais conveniente foi a realização de estocagem e posterior incineração por empresa credenciada para tal.

Palavras chaves: Gerenciamento de resíduos; Tratamento; Ácidos; Bases; Solventes Halogenados.

ABSTRACT

This study aims the investigation, development and proposal of procedures for treatment of the chemical residues found at the chemical and ore treatment laboratories at CEFET-MG, Campus Araxá, delimiting to acidic and basic characters, and halogenated solvents wastes. Such wastes represent an environmental hazard and occupy a portion of the laboratory storage space. The work is divided into literature and laboratory research, in order to obtain a viable route for treatment of such wastes, in view of counteracting the problems that they represent. Character acid residues are conveniently treated through neutralization reaction with sodium carbonate, while those of basic character precipitation reaction is employed with a suitable excess of sodium hydroxide, as well as the neutralization reaction with hydrochloric acid. Regarding to the halogenated solvents, the more convenient output was performing storage and subsequent incineration by company accredited for such.

Key words: Waste management; Treatment; Acids; Bases; Halogenated Solvents.

TABELAS

Tabela 1 - Fontes e características de alguns poluentes na atmosfera.	8
Tabela 2 – Origem e efeitos dos poluentes.	11
Tabela 3 – Impactos ambientais da produção mineral.	15

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CEFET-MG – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

CH_3COOH – Ácido Acético

CHBr_3 – Bromofórmio

CHCl_3 – Clorofórmio

CO – Monóxido de Carbono

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

$\text{Cu}(\text{OH})_2$ – Hidróxido de cobre (II)

CuO – Óxido cúprico

CuSO_4 – Sulfato de Cobre (II)

H_2O_2 – Peróxido de Hidrogênio

H_2SO_4 – Ácido Sulfúrico

C_6H_{12} – Hexacloroetano

HCl – Ácido clorídrico

HNO_3 – Ácido nítrico

K_{PS} – Constante de solubilidade

Na_2CO_3 – Carbonato de Sódio

NaOH – Hidróxido de Sódio

NBR – Norma brasileira

NO_x – Óxidos de Nitrogênio

O_3 – Ozônio

PAN – Nitrato de Peroxiacetila

PET – Politereftalato de Etileno

PVC – Policloreto de Vinila

SO₂ – Dióxido de Enxofre

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos	2
1.1.1	<u>Objetivo geral</u>	2
1.1.2	<u>Objetivos específicos</u>	2
1.3	Justificativa	3
1.4	Metodologia	4
2.	POLUIÇÃO	6
2.1	Poluição Atmosférica	7
2.2	Poluição da água	8
2.3	Poluição dos solos	10
2.4	Poluição e a Indústria Química	12
2.5	Poluição e a Indústria Mineral	13
3.	LABORATÓRIOS	17
3.1	Laboratório de Química do CEFET-MG	17
3.1.1	<u>Resíduos levantados no Laboratório de Química do CEFET-MG</u>	18
3.2	Laboratório de Tratamento de Minérios do CEFET-MG	18
3.2.1	<u>Resíduos levantados no Laboratório de Tratamento de Minérios do CEFET-MG</u>	19
4.	TRATAMENTO DOS EFLUENTES	21
4.1	Bases	21
4.2	Ácidos	22
4.3	Solventes Halogenados	25
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

1. INTRODUÇÃO

Atualmente existe uma grande preocupação em conciliar o desenvolvimento sustentável com o desenvolvimento econômico. Um dos problemas que se agrava progressivamente em todo o mundo é o da gestão de resíduos, pois os mesmos aumentam proporcionalmente ao crescimento populacional e do “progresso” social em curso (Fraga *et al.* 2005).

Segundo a NBR 10.004, resíduos no estado sólido e semi-sólido são resultantes das atividades industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, dentre outras. São incluídos nesta definição determinados líquidos cujo lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água se faz inviável pelas propriedades inerentes aos mesmos, demandando assim soluções técnicas e economicamente inviáveis mediante a tecnologia atual (ABNT 1987).

Em conformidade com a ABNT (1987) os resíduos são divididos em duas classes: Perigosos e Não perigosos, sendo a segunda subdividida em Não inertes e Inertes.

São considerados resíduos perigosos os quais apresentam um risco à saúde pública e ao meio ambiente, devido às suas características físicas, químicas ou infecto-contagiosas, podendo apresentar: toxicidade, inflamabilidade, corrosividade, reatividade e patogenicidade.

Resíduos não inertes não são portadores de periculosidade, porém podem apresentar biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos inertes, submetidos ao teste de solubilização (NBR 10.006), não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados causando consequências na potabilidade da água (ABNT 2004).

De acordo com Figuerêdo (2006), materiais residuais são remanescentes de uma apropriação, processo ou atividade; podem ser definidos como resíduos os que apresentam a princípio um potencial de utilização, independente da realização de tratamento e quando inservíveis (por não possuir possibilidade técnica ou econômica de uso) são ditos rejeitos, devendo ser tratado para descarte adequado no ambiente.

Segundo Sawyer (2013), os resíduos industriais possuem elevada e crescente diversidade, devido a introdução de resíduos de novos processos. Ao passo que os gerados pelos laboratórios de instituições de ensino, possuem grande diversidade e pequeno volume, fatores que dificultam o estabelecimento de um plano de tratamento e disposição para os mesmos (Alberguini *et al.* 2005).

Os programas de ações necessárias relacionados aos resíduos têm como base uma hierarquia de objetivos e centram-se em quatro áreas principais segundo o Ministério do Meio Ambiente (1992):

- a) Redução ao mínimo dos resíduos;
- b) Aumento ao máximo da reutilização e reciclagem ambientalmente saudáveis dos resíduos;
- c) Promoção do depósito e tratamento ambientalmente saudáveis dos resíduos;
- d) Ampliação do alcance dos serviços que se ocupam dos resíduos.

Deve ser buscada a causa fundamental dos problemas no tocante a geração de resíduos e não só uma maneira de os depositar, ou de aproveitá-los por métodos seguros. Dessa forma, o manejo integrado do ciclo vital é atingido, o que permite conciliar o desenvolvimento com a proteção do meio ambiente (Ministério do Meio Ambiente 1992).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral do presente estudo é desenvolver procedimentos de gerenciamento de parte dos resíduos gerados no laboratório de Química e de Mineração do Centro Federal de Educação de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG, Campus Araxá), garantindo, dessa forma, a sua correta destinação.

1.1.2 Objetivos específicos

O presente trabalho tem como objetivos específicos:

- a) Efetuar pesquisa bibliografia específica acerca do gerenciamento e tratamento de resíduos;
- b) Identificar os resíduos presentes nos laboratórios de Química e Tratamento de minérios através da análise dos roteiros de atividades realizadas pelos laboratórios e, bem como calcular as quantidades médias do reagentes/resíduos de interesse neste trabalho
- c) Apresentar técnicas e procedimentos que irão permitir o tratamento dos resíduos de natureza ácida, básica e solventes halogenados, assim como sua destinação correta.

1.2 Delimitação do problema

A execução das práticas nos laboratórios de Química e Mineração do CAMPUS Araxá do CEFET-MG gera resíduos que são estocados, tomando parte do espaço físico dos mesmos. Tal espaço é limitado e seu uso deve ser priorizado para execução das práticas laboratoriais didáticas e atividades de pesquisa. Ademais, alguns resíduos apresentam características como alta periculosidade e toxicidade, sendo extremamente conveniente e importante desenvolver e aplicar procedimentos de controle e tratamento desses resíduos. Neste sentido, delimitou-se ser conveniente neste trabalho pesquisar e propor procedimentos que deem (parcial ou totalmente) uma solução para os resíduos de natureza ácida, básica e solventes halogenados que são empregados nas aulas práticas dos laboratórios citados anteriormente, visto que esses reagentes podem gerar resíduos que, se não tratados podem ocasionar impactos difíceis de serem mitigados.

1.3 Justificativa

Nos últimos tempos a questão ambiental tem estado em foco e conseqüentemente surge uma cobrança relacionada às empresas e organizações

quanto à sua responsabilidade na geração e tratamento de resíduos. A atual legislação preza a integridade dos recursos hídricos e estabelece padrões para que efluentes possam ser descartados diretamente em corpos receptores – resolução 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2013).

Os centros de formação de recursos humanos, as faculdades e universidades são responsáveis pela geração de 1% dos resíduos perigosos. Diferentemente das indústrias, esses resíduos apresentam pequeno volume e diversidade elevada, o que torna mais difícil estabelecer formas de tratamento e disposição adequadas. Entretanto, as universidades, como formadoras de opinião, tem o compromisso social de disseminação do conhecimento, e portanto não podem e não devem se omitir diante de tal problema (Alberguini *et al.* 2005).

As unidades de ensino devem se valer de estratégias, diretrizes e apoio técnico e financeiro para alcançar os seguintes objetivos da gestão de resíduos: visibilidade quanto à responsabilidade social, contribuição à formação de novos hábitos, segurança química, economia de recursos materiais e financeiros e atendimento à normas e exigências legais (Figuerêdo 2006).

Diante do exposto, justifica-se a execução do presente trabalho visto que a especificação de procedimentos para o tratamento de determinadas classes de resíduos contribui para a formação de um programa de gerenciamento de efluentes gerados na unidade do CEFET-MG de Araxá, objetivando, se possível, o reaproveitamento destes materiais e se não, no mínimo deverá garantir sua mitigação.

1.4 Metodologia

A metodologia para a execução do presente trabalho se deu através de pesquisa bibliográfica e de campo.

Num primeiro momento realizou-se uma ampla pesquisa acerca do problema de gerenciamento no que concerne aos resíduos laboratoriais gerados em centros acadêmicos e de pesquisa.

Num segundo momento, através de análise minuciosa dos roteiros de aulas práticas aplicadas no curso de Engenharia de Minas, nos laboratórios de Química e de Tratamento de Minérios, listou-se os principais reagentes de caráter ácido, básico e solventes halogenados que são empregados nas práticas de química experimental semestrais dos cursos de Engenharia de Automação Industrial e de Engenharia de Minas. A partir daí estimou-se a quantidade aproximada utilizada de cada um dos reagentes no período de um semestre.

Por último, com base na natureza e característica particular de cada espécie química, propuseram-se procedimentos/recomendações para o correto tratamento e disposição dos resíduos finais oriundos do processo acadêmico e de pesquisa dos referidos laboratórios.

2. POLUIÇÃO

Segundo Valle (2012), a poluição ambiental define-se como toda a ação ou omissão do homem que, direta ou indiretamente, desencadeie um desequilíbrio nocivo (de curto ou longo prazo) no meio ambiente, pela descarga de material ou energia atuando sobre águas, o solo e o ar.

A Lei de Política Nacional de Resíduos, Lei n. 12.305, de 5 de agosto de 2010, define em seu 3º artigo a poluição e suas implicações, o poluidor e recursos ambientais:

Art 3º - Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:

III - poluição, a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos;

IV - poluidor, a pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, responsável, direta ou indiretamente, por atividade causadora de degradação ambiental;

~~V - recursos ambientais, a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos da biosfera.~~

V - recursos ambientais: a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, os elementos da biosfera, a fauna e a flora. (Redação dada pela Lei nº 7.804, de 1989)

Sendo assim, ao se tratar de meio ambiente e resíduos, deve-se preocupar com as consequências que estes podem trazer de consequências para a qualidade do ar, água e solos, bem como a poluição desses meios se relacionam — não só com a indústria, mas também — com as atividades realizadas nos laboratórios acadêmicos.

2.1. Poluição Atmosférica

A poluição atmosférica é definida pela presença de substâncias nocivas na atmosfera que possuem quantidade suficiente para afetar suas condições padrões, prejudicando assim o meio ambiente. Além dos danos causados aos seres vivos que se encontram nesse meio, este tipo de poluição prejudica também o meio natural e físico (Azuaga 2000). Os principais constituintes dessas substâncias nocivas ocorrem na forma de gases ou de particulados (Godish & Fu 1991).

Os poluentes podem ser classificados em primários e secundários. Os primários são os poluentes emitidos diretamente de fontes identificáveis (CO, NO_x, SO₂, HCs e material particulado). Os secundários são os poluentes produzidos na atmosfera pela interação entre dois ou mais poluentes primários, com ou sem ativação fotoquímica (O₃, HNO₃, H₂SO₄, H₂O₂, PAN...). A tabela 1 mostra os principais poluentes, suas características, principais fontes e efeitos na saúde e ambiente (LABOGEF n.d.).

Tabela 1 - Fontes e características de alguns poluentes na atmosfera (LABOGEF n.d.).

FONTES E CARACTERÍSTICAS DE ALGUNS POLUENTES NA ATMOSFERA			
Poluente	Características	Principais Fontes Antropogênicas	Principais Fontes Naturais
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Tamanho < 100 micra	Processos industriais, veículos automotores (exaustão), poeira de rua ressuspensa, queima de biomassa.	Pólen, aerossol marinho e solo.
Partículas Inaláveis (PM10)	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça, fuligem, etc. Tamanho < 10 micra	Processos de combustão (indústrias e veículos automotores), aerossol secundário (formado na atmosfera).	Pólen, aerossol marinho e solo.
Dióxido de Enxofre (SO ₂)	Gás incolor, com forte odor, altamente solúvel. Na presença de vapor d'água pode ser transformado a SO ₃ passando rapidamente a H ₂ SO ₄ , sendo um dos principais constituintes da chuva ácida. É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis. No verão, através dos processos fotoquímicos, as reações do SO ₂ são mais rápidas.	Combustão de combustíveis fósseis (carvão), queima de óleo combustível, refinaria de petróleo, veículos a diesel.	Vulcões, emissões de reações biológicas.
Oxidos de Nitrogênio (NO _x)	Podem levar a formação de HNO ₃ , nitratos e compostos orgânicos tóxicos.	Processos de combustão envolvendo veículos automotores, indústrias, usinas termoelétricas (óleo, gás, carvão) e incineração.	Processos biológicos no solo e relâmpagos.
Monóxido de Carbono (CO)	Gás incolor, inodoro e insípido.	Combustão incompleta em geral, principalmente em veículos automotores.	Queimadas e reações fotoquímicas.
Ozônio (O ₃)	Gás incolor, inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica mais conhecido como <i>smog</i> . Composto muito ativo quimicamente.	Não é emitido diretamente à atmosfera, sendo produzido fotoquimicamente pela radiação solar sobre os NO _x e compostos orgânicos voláteis (VOCs).	

2.2. Poluição da Água

A questão da qualidade da água disponível é de importância equivalente ou superior à questão da quantidade de água disponível. A qualidade da água de nosso planeta vem se deteriorando crescentemente, principalmente após a Segunda Guerra Mundial, quando a industrialização e a urbanização despontaram (Grassi 2001).

A poluição das águas é sobretudo resultado da atividade antrópica e decorre da adição de substâncias ou formas de energia, que de forma direta ou indireta, alteram características físicas e químicas do corpo hídrico de tal maneira que prejudique a utilização das suas águas (Grassi 2001; Pereira 2004).

Quanto ao aporte dos poluentes às águas superficiais e subterrâneas, o mesmo pode ser classificado como pontual ou difuso. São consideradas fontes pontuais a descarga de efluentes advindos de indústrias e estações de tratamento de esgoto, dentre outras. A identificação destas fontes é fácil e por isso as mesmas

podem ser monitoradas e regulamentadas com facilidade. É possível determinar a composição destes resíduos e seu impacto causado no ambiente, assim como responsabilizar o agente poluidor, caso seja necessário. Em contrapartida, as fontes difusas são difíceis de serem determinadas, devido às suas características intermitentes e sua abrangência sobre extensas áreas. São consideradas fontes difusas o escoamento superficial urbano e o de áreas agrícolas, a deposição atmosférica (seca e úmida), etc. (Grassi 2001).

Duas maneiras de se controlar a poluição aquática são a redução na fonte e o tratamento dos resíduos de modo que os contaminantes sejam removidos ou convertidos a uma forma menos nociva. O tratamento dos resíduos é a alternativa mais adequada para contaminantes de fontes pontuais e a redução na fonte pode ser utilizada para ambas, tanto pontuais quanto difusas (Grassi 2001).

O grau de poluição do corpo hídrico afetado é mensurado através de características físicas, químicas e biológicas das impurezas existentes, que, por sua vez, são identificadas por parâmetros de qualidade das águas. De acordo com Pereira (2004), tais parâmetros analisados podem caracterizar:

- **Poluição Química:** Pode ser causada por poluentes biodegradáveis como detergentes, inseticidas, fertilizantes, petróleo, e por poluentes persistentes (produtos químicos que se mantêm por longo tempo no meio ambiente e nos organismos vivos), capazes de gerar sérios problemas como a contaminação de alimentos, peixes e crustáceos. São exemplos de poluentes persistentes o DDT (diclodifenitricloroetano) e o mercúrio.

- **Poluição Física:** As principais são a poluição térmica (decorrente do lançamento de água aquecida usada no processo de refrigeração de refinarias, siderúrgicas e usinas termoelétricas nos rios) e a poluição por resíduos sólidos, podendo esses serem sólidos suspensos, coloidais e dissolvidos, geralmente provenientes da ressuspensão de fundo devido à circulação hidrodinâmica intensa, da erosão das margens e de solos carregados pelas chuvas e de esgotos industriais e domésticos.

- **Poluição Biológica:** A água pode conter organismos patogênicos, provenientes dos esgotos. Os mesmos podem ser: bactérias (como as da febre tifóide, cólera, shigelose, salmonelose, leptospirose), vírus (causadores de hepatites e infecções nos olhos), protozoários (responsáveis pelas amebíases e giardiases) e vermes.

2.3 Poluição dos Solos

Segundo Moreira-Nodermann (*apud* Casarini *et al.* 2001, p. 13):

O solo atua frequentemente como um “filtro”, tendo a capacidade de depuração e immobilizando grande parte das impurezas nele depositadas. No entanto, essa capacidade é limitada, podendo ocorrer alteração da qualidade do solo, devido ao efeito cumulativo da deposição de poluentes atmosféricos, à aplicação de defensivos agrícolas e fertilizantes e à disposição de resíduos sólidos industriais, urbanos, materiais tóxicos e radioativos.

A poluição do solo caracteriza-se pela presença de substâncias alteradoras de sua qualidade, cujo depósito é feito no solo sem controle específico, podendo ocasionar não só a contaminação do solo como a do lençol freático (Gomes *et al.* 2010).

As principais substâncias poluentes no solo, de acordo com Campos & Castro (2011), são:

- Os metais pesados: cobre, molibdênio, zinco, selênio, manganês, cádmio, mercúrio, níquel, chumbo, cromo e mais raramente arsênio e titânio.
- Carbonatos, sulfatos, sulfetos, fosfatados, Organoclorados.
- Óleos (vazamentos).

A tabela 2 relaciona os principais poluentes com sua origem e efeitos causados (Rodrigues 2011).

Tabela 2 – Origem e efeitos dos poluentes (Rodrigues 2011).

Poluentes	Origem	Efeitos
Acidez	Solos originalmente ácidos ou alterados pelas chuvas ácidas ou outra forma de poluição	Aumenta a solubilidade de metais e inviabiliza a vida no solo para animais e vegetais
Microorganismos	Contaminação por esgoto humano ou animal	Pode conter bactérias patogênicas ao homem e animais
Nitratos e fosfatos	Uso de adubos minerais, lodo de esgoto, esterco e estábulos	Tóxicos (nitritos) cancerígenos para o homem. Vegetais florescem menos. Alteram o ciclo do N ₂ . Eutrofização da água
Metais	Normalmente presentes nos solos (alumínio, cádmio) ou advindos do lodo de esgoto e resíduos industriais. Pesticidas (mercúrio), em tintas (cádmio), na gasolina (chumbo)	Tóxicos para o homem. O chumbo acumula-se nos ossos. O mercúrio ataca o sistema nervoso.
Sais (salito negro)	Evaporação da água de irrigação. Extrusão da água do mar	Depósitos salinos são tóxicos para muitas plantas
Gases de aterro	Locais de disposição de lixo	Metano é altamente explosivo e o CO ₂ é asfíxiante. No solo podem restringir o crescimento das plantas

Segundo Grunkraut (n.d.) entre as medidas de controle da poluição e de suas consequências, destacam-se:

- Práticas adequadas de destinação dos resíduos sólidos, evitando os depósitos de lixo a céu aberto (“lixões”);
- Afastamento adequado entre os aterros sanitários e os recursos hídricos, para evitar que líquidos no solo, a partir dos mesmos, alcancem a água;
- Execução de sistemas sanitários de destinação dos dejetos; devem ser evitados os lançamentos de dejetos no solo, a céu aberto;
- Controle dos sistemas de tratamento de esgoto através de sua disposição no solo, procurando-se localizá-los distantes dos recursos hídricos e adotando-se medidas de controle da infiltração dos resíduos no terreno;
- Controle da aplicação de defensivos agrícolas, incluindo: uso de produtos menos persistentes, tais como os inseticidas fosforados; proibição de aplicação desses produtos em áreas próximas aos mananciais; obrigatoriedade do uso do receituário agrônomo para utilização desses produtos; aplicação de pesticidas na dosagem correta e na época adequada; utilização de outros métodos de combate às pragas;
- Controle da utilização de fertilizantes, evitando-se a sua aplicação em áreas onde possa haver riscos de poluição da água; deve ser incrementado o uso de adubos orgânicos, em substituição aos produtos químicos.

- Remoção periódica dos dejetos de animais e destinação adequada para os mesmos.

2. 4 A Poluição e a Indústria Química

A indústria química é a responsável pela fabricação de diversos produtos e matérias-primas para vários setores industriais. São exemplos destes produtos os medicamentos, vacinas, fertilizantes e defensivos agrícolas. Das matérias-primas, as mais notáveis são as necessárias à fabricação de tintas (solventes, pigmentos e resinas), de medicamentos (princípios ativos), de produtos de limpeza e cosméticos, de brinquedos e artigos de uso doméstico (polímeros como polietileno, policloreto de vinila – PVC, poliestireno) e de embalagens (politereftalato de etileno – PET). Além dos produtos listados, existem os utilizados na purificação de água, no tratamento de efluentes domésticos e industriais e os que permitem o melhor aproveitamento da energia solar e eólica (Wongtschowski 2011).

Grande parte dos produtos químicos são fabricados a partir de matérias-primas fósseis, como carvão, petróleo e gás natural. Todavia, há uma crescente demanda para que matérias-primas obtidas de fontes renováveis (como o açúcar, o etanol e os óleos vegetais) sejam adotadas pelo setor. No Brasil diversos intermediários químicos (polímeros e solventes) já são produzidos com matérias-primas naturais (Wongtschowski 2011).

Riscos ambientais de várias escalas são associados à fabricação de produtos químicos. São exemplos disto a produção de clorofluorcarbonetos e seu impacto na camada de ozônio, os vazamentos de instalações de produção química que podem ocasionar mortes e produtos farmacêuticos que podem ter seus efeitos colaterais desconsiderados indevidamente e ter de ser retirados do mercado de forma abrupta. Atualmente, há um grande investimento por parte da indústria química em equipamentos de controle, novos sistemas gerenciais e em processos tecnológicos objetivando à redução dos riscos de acidentes (Galembeck *et al.* 2007).

O lixo industrial apresenta bastante diversidade, podendo conter cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, madeira, fibras, borracha, dentre outros. Os resíduos podem apresentar toxicidade, necessitando de

tratamento especial pelo seu potencial de envenenamento. Neles estão incluídos produtos químicos (cianureto, pesticidas, solventes), metais (mercúrio, cádmio, chumbo) e solventes químicos que ameaçam os ciclos naturais onde são despejados (COLEFAR 2013).

O tratamento e a disposição de resíduos industriais e perigosos é um campo desafiador devido à grande variedade de resíduos produzidos a partir de indústrias estabelecidas e a introdução de resíduos de novos processos (Sawyer *et al.* 2003).

O Comitê Brasileiro de Química desenvolveu a norma NBR 16725 que estabelece regras para que as indústrias efetuem a eliminação de resíduos de forma segura. A norma determina que no rótulo dos produtos devem ser fornecidas informações sobre os resíduos contidos. A falta de tratamento e a disposição incorreta de tais resíduos ocasionam a contaminação da água, do solo e do ar, oferecendo risco à saúde pública (ABNT 2014; Sawyer *et al.* 2003).

Deve ser enfatizado que muitos dos problemas envolvendo resíduos industriais e perigosos do futuro serão resolvidos através da minimização das quantidades destes materiais produzidos e uso dos mesmos através de substituição de produtos, recuperação e reciclagem de resíduos, e minimização de resíduos. A premissa de que é muito mais eficaz, do ponto de vista econômico, prevenir a poluição do que remediá-la é amplamente aceita (Sawyer *et al.* 2003).

2.5. A Poluição e a Indústria Mineral

A mineração é uma atividade que, de fato, gera um considerável impacto ambiental. Ela altera intensamente a área minerada e as áreas vizinhas, onde os depósitos de estéril e rejeito são realizados. Além de que, no beneficiamento mineral podemos ter a presença de substâncias químicas nocivas, o que pode significar um problema sério do ponto de vista ambiental (Silva 2007).

Os principais problemas ambientais oriundos da atividade mineradora podem ser englobados em cinco categorias: poluição da água, poluição do ar, poluição sonora, subsidência do terreno, incêndios causados pelo carvão e rejeitos radioativos (IBAMA 2002).

A Tabela 3 exemplifica o impacto ambiental causado pelas diferentes etapas da mineração.

Nas operações de mineração e beneficiamento do carvão mineral a drenagem ácida causa poluição hídrica. Tal poluição resulta da infiltração da água da chuva sobre os rejeitos gerados nas atividades de lavra e beneficiamento, que alcançam corpos de água superficiais e/ou subterrâneos. (IBAMA, 2002)

Na mineração do ouro na província aurífera do Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais o elemento tóxico Arsênio se faz presente. Nas cidades de Nova Lima e Passagem de Mariana, fábricas de óxido de arsênio o aproveitavam como subproduto do minério. Os rejeitos da mineração, foram estocados às margens de riachos ou lançados diretamente nas drenagens, o que, devido a presença de Arsênio, causou enormes danos à água e ao solo (IBAMA, 2002).

A mineração de chumbo, zinco e prata do Vale do Ribeira esteve em atividade durante quase todo século XX. Os produtos gerados através da metalurgia e refino do minério de chumbo nessa época eram dispostos a margem do rio Ribeira. Estudos de análises de chumbo no sangue e arsênio na urina foram realizados em uma população infantil, em municípios próximos a esta área. Os resultados apresentaram uma concentração de chumbo no sangue muito superior aos limites.

A presença de metalurgia desses tipos de minérios, vem contaminando como já contaminou há muitos anos por conta da disposição aleatória dos resíduos gerados no processo, e ainda pela reutilização desses resíduos como por exemplo para pavimentação (Anjos 1998; IBAMA 2002).

Na construção civil há utilização direta de bens minerais, como areia, argila e brita. Estes bens são considerados de uso social pois geralmente são utilizadas em ramos habitacionais, saneamento básico e transportes. A utilização desses minerais é concentrada em sua maioria em centros urbanos e regiões metropolitanas, pois são áreas onde a atividade da construção civil é expoente. O índice de clandestinidade da extração de agregados é expressivo e desordenado. São gerados diversos impactos ambientais, desestabilizando locais que apresentam baixo equilíbrio ecológico, como degradação à paisagem e deslocamento de canais

naturais de rios. As cavas da extração dos minérios como são utilizadas posteriormente como meio de disposição final dos resíduos de construções civil (IBAMA 2002).

Tabela 3 – Impactos ambientais da produção mineral (IBAMA 2002)

Atividades	Problemas	Efeitos
Seres Humanos		
Pesquisa mineral		
Lavra	Subterrâneas: umidade, poeira, ruído, gases de exaustão de máquina e equipamentos.	Contribui para a rotatividade da mão-de-obra. Possível doença respiratória, especialmente para asbesto, fluorita e outros. Stress e outros problemas físicos .
Beneficiamento e estocagem	Poeira, ruído, Não-ferrosos: gases nocivos, problema com manuseio de alguns reagentes tóxicos. Amianto: poeira, fibra.	Contribui para a rotatividade da mão-de-obra. Possível doença respiratória, especialmente para asbesto e outros minerais beneficiados a seco.
Transporte	Ruído, poeira, gases de exaustão de veículos pesados, poeira de correia transportadora.	Para o consumidor: veículos pesados causam irritação e são perigosos em áreas povoadas (Ex.: agregados e materiais de construção).
Solo		
Pesquisa mineral	Trincheiras, sondagens, vias de acesso, picadas, equipamento abandonado.	Erosão, voçorocas. Prejuízo à vegetação. Alteração da drenagem natural.
Lavra	Cavas e pedreiras, subsidência. Desmatamento desnecessário do capeamento. Contaminação da água da mina. Estradas e vias de acesso. Pilhas de estéril. Impacto de vilas mal projetadas.	Possibilidade limitadas de uso sequencial do solo. Afeta a estética da paisagem.
	Barragens e bacias de rejeito, contaminação devido a vazamento e transbordamento. Pilhas disformes (Ex.: enxofre). Depósitos de rejeito. Lama vermelha (produção de alumina).	Terras inúteis criadas pelas áreas de rejeitos finos. Contaminação por lixiviação e enxurradas em depósitos finos e de rejeitos
Transporte	Estradas largas para veículos pesados (áreas de material de empréstimo associadas). Poeira. Desmatamento desnecessário. Transbordamento em descarrilamentos e acidentes rodoviários.	Abre áreas virgens a uma possível degradação. Tráfego pesado pode destruir rodovias.
Água		
Pesquisa mineral	Sólidos em suspensão (erosão). Salmoura de sondagem passando para aquíferos (pesquisa de evaporitos).	Contaminação e cursos de água subterrânea.
Lavra	Sólidos em suspensão de água da mina, metais pesados, pH de minas de metálicos. Alteração do lençol freático, degradação da qualidade da água.	Prejudicial à vida aquática.
Beneficiamento e estocagem	Sólidos em suspensão, metais pesados, pH, toxidez de descarga direta e transbordamento do sistema de finos. Grande consumo de água.	Prejudicial à vida aquática. Produz desequilíbrio ecológico.
Transporte	Transporte fluvial, lacustre e marítimo: coloração devida a sólidos em suspensão (minério de ferro) em terminais de embarque. Transbordamento em descarrilamentos e acidentes rodoviários. Problemas possíveis com minerodutos.	Possível prejuízo à vida aquática.

A atividade garimpeira está sempre sendo discutida dado seu passado histórico que feria leis trabalhistas e a política nacional do meio ambiente, sendo muitas vezes não só um problema ambiental, como social. A garimpagem provoca impactos ambientais comuns a todas as áreas submetidas a esse tipo de extração rudimentar e predatória. No Brasil existem diversas áreas, localizadas nos estados de Minas Gerais e Bahia, que historicamente possuem atividades garimpeira, outros impactos gerados são:

- a) Degradação da vegetação nativa;
- b) Deterioração da qualidade da água e mudança dos cursos de água;
- c) Contaminação do ecossistema e do ar pelo mercúrio metálico;
- d) Processos erosivos;
- e) Turbidez das águas;
- f) Mortalidade da ictiofauna;
- g) Evasão de animais (IBAMA 2002; IPT 1992).

Consequente a atividade mineradora, de acordo com Silva (2007), nota-se primeiramente a degradação da paisagem e que em sua maioria, tais efeitos não podem exatamente ser reparados. Entretanto com operações de lavra conduzidas adequadamente e com um projeto de recuperação, os impactos ambientais causados na região podem ser minimizados ou até mesmo eliminados. Desta forma, a preocupação com a saúde da área após a realização das atividades mineradoras, deve estar presente em todas as fases do projeto, desde sua concepção à sua conclusão. Ainda há outra preocupação que cerca a sustentabilidade das ações extrativistas, que é a da disposição adequada dos resíduos gerados no processo, garantindo, portanto, o uso consciente dos recursos minerais.

3. LABORATÓRIOS

3.1 Laboratório de Química do CEFET

O presente estudo foi desenvolvido no laboratório de química do Centro Federal Tecnológico de Minas Gerais, localizado na unidade de Araxá, que até a realização do presente trabalho não apresentava um programa satisfatório para o gerenciamento de resíduos de caráter ácido, básico e solventes halogenados. A medida até então adotada, resolvia apenas de forma parcial o problema, uma vez que os resíduos gerados nas aulas eram rotulados e armazenados, dado que não atendiam parâmetros para que fossem descartados.

No que se refere à execução das práticas laboratoriais, o laboratório de química apresenta condições seguras para tal, pois oferece ventilação e sistema de segurança (capelas, chuveiro, lava-olhos, extintores de incêndio, iluminação adequada, etc.), e equipamentos de proteção coletiva utilizados para manipulação de produtos químicos tóxicos e/ou concentrações elevadas que possam ser nocivas à saúde. Ainda há preocupação com a proteção individual, sendo exigido um vestuário adequado. Contudo, há ainda ajustes a serem realizados quanto ao tratamento dos resíduos gerados e destinação adequada daqueles que não são passíveis de tratamento a partir de procedimentos específicos no laboratório. Com tal intuito é que realizamos este trabalho, visto que se apresenta como uma tentativa de estabelecer procedimentos confiáveis e eficientes para tratamento dos resíduos ou minimização dos seus impactos ambientais, porém com especial atenção a alternativas que se possível — mesmo que utopicamente — extinga por completo qualquer efeito danoso desses resíduos ao meio ambiente. Com este intento é que foi realizada a pesquisa em questão, ou seja, o objetivo não foi apenas buscar conhecimento, porém para mais além, visou ganhar conhecimento e aplicá-lo para resolução de problemas de ordem prática, tal como este da quantidade e diversidade de rejeitos produzidos pelos laboratórios acadêmicos já há algum tempo. Com essa atitude espera-se dar uma pequena — porém não menos importante — contribuição para uma postura mais responsável dos laboratórios acadêmicos frente ao seu papel de produção de conhecimento, assim como também de empregar tal conhecimento para dar respostas corretas e eficientes a preocupações diversas,

dentre as quais aqui destacamos aquela de preservação e convivência harmoniosa do e com o meio ambiente.

3.1.1 Resíduos Levantados no Laboratório de Química do CEFET-MG

Em trabalhos anteriormente realizados (Araujo 2015; Paulo 2015) foram procedidos o levantamento e a classificação dos resíduos, o que tornou possível a identificação dos experimentos feitos na disciplina de Laboratório de Química causadores das classes de resíduos que este trabalho pretende tratar.

Diante do levantamento realizado, pôde-se constatar quais experimentos geram os resíduos que se propõe realizar o tratamento neste trabalho, quando então foi possível encontrar práticas que se utilizam dos seguintes reagentes:

- Hidróxido de sódio (NaOH);
- Hidróxido de cobre (II) [Cu(OH)₂];
- Ácido nítrico (HNO₃);
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄);
- Ácido Acético (CH₃COOH);
- Clorofórmio (CHCl₃).

No que se refere ao Laboratório de Química do Cefet-MG — Campus Araxá—, são para estes os resíduos que se proporá o tratamento.

3.2 Laboratório de Tratamento de Minérios do CEFET

O laboratório de mineração do CEFET-MG, Campus Araxá, oferece um espaço para a execução de práticas de diferentes operações unitárias do beneficiamento mineral, tais como: amostragem, peneiramento, britagem, moagem, separação magnética, separação gravítica, flotação, dentre outras.

Sua infraestrutura conta com moinho de bolas, jigue, mesa vibratória, peneira, célula e coluna de flotação, hidrociclone, britador de mandíbulas, peneiras, estufa, mufla, filtro, medidores de pH, agitador magnético, vidrarias, balança de precisão, dentre outros equipamentos.

Um técnico em mineração é responsável por auxiliar nas práticas realizadas pelos alunos, garantindo sua segurança, zelo do laboratório, bem como garantir apoio operacional.

Além das práticas realizadas nas disciplinas relacionadas pelos alunos do curso de Engenharia de Minas e do curso técnico em Mineração com diferentes tipos de minério, o espaço é também utilizado para desenvolvimento de pesquisas e projetos desenvolvidos pelos discentes, assim como de alguns docentes.

3.2.1 Resíduos Levantados no Laboratório de Tratamento de Minérios do CEFET-MG

A identificação dos resíduos de caráter ácido, básico e solventes halogenados gerados foi feita possível através de pesquisa de campo realizada no laboratório em questão e a listagem dos mesmos é feita a seguir:

- Ácido Clorídrico (HCl);
- Hidróxido de sódio (NaOH)

Estes reagentes são utilizados nas práticas de flotação, agindo como modificadores de pH para que o controle do mesmo seja alcançado.

A flotação é um processo feito numa suspensão em água (polpa). Como nos demais processos de separação as partículas são obrigadas a percorrer um trajeto e num dado instante as partículas que se deseja flotar são levadas a abandoná-lo, tomando um rumo ascendente. A diferenciação das espécies é dada pela sua hidrofobicidade, sendo a espécie mais hidrofóbica transportada por bolhas de ar para a superfície, onde fica retida e é separada numa espuma. O pH da polpa influencia no processo de flotação, atuando sobre: o potencial zeta dos minerais; dissociação de coletores e outros reagentes modificadores; adsorção de cátions e ânions em diversos minerais; adsorção de coletores; estado de floculação da polpa (Luz *et al.* 2010).

Ainda no laboratório de em questão, foi possível identificar uma reagente halogenado que também é empregado em aulas práticas.

- Bromofórmio (CHBr₃)

Este solvente é usado na realização de separações em que se faz uso da diferença de densidades entre as espécies que deverão ser separadas, ou seja, o mais denso decanta na presença do solvente enquanto o menos denso flutua, possibilitando assim a separação.

A separação por meio denso se dá em função das diferenças de densidades entre as espécies. Utilizando um meio de densidade intermediária, denominada densidade de separação. No processo, as partículas de densidade inferior à densidade de separação flutuam e constituem o produto chamado flutuado e as de densidade superior à de separação afundam e constituem o afundado (decantado). O meio denso pode ser constituído de líquidos orgânicos, soluções de sais inorgânicos ou suspensões. Tal método é bastante utilizado para carvões e também para metais pesados (Luz *et al.* 2010). No caso em questão, o solvente empregado é o bromofórmio (CHBr₃).

Em resumo, os reagentes que foram tratados neste trabalho são:

Básicos

- Hidróxido de sódio (NaOH);
- Hidróxido de cobre (II) [Cu(OH)₂];

Ácidos

- Ácido nítrico (HNO₃);
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄);
- Ácido Acético (CH₃COOH);
- Ácido Clorídrico (HCl).

Halogenados

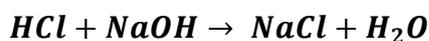
- Clorofórmio (CHCl₃);
- Bromofórmio (CHBr₃).

4. TRATAMENTO DOS EFLUENTES

4.1 Bases

a) Bases solúveis: o Hidróxido de Sódio é muito solúvel e tem a forma de caroços ou pelotas. É corrosivo e a inalação do seu pó pode causar danos ao trato respiratório. Sua deglutição causa irritações e danos internos severos. Até mesmo, soluções de concentração 2 mol/L podem causar grandes danos quando em contato com os olhos (Armour 2003). Além disso, em decorrência de sua natureza básica, o principal impacto ambiental causado pelo hidróxido de sódio é o fato de ele elevar consideravelmente o pH do meio em que é disposto. Portanto, o seu tratamento visa a atenuação e/ou eliminação de suas propriedades básicas.

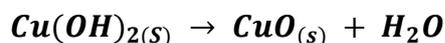
Para seu tratamento, recomenda-se o uso de luvas de borracha nitrílica jaleco, proteção ocular e que o trabalho seja realizado sob a capela. O hidróxido de sódio deve ser adicionado a uma grande quantidade de água contida em um balde e neutralizado com uma solução de ácido clorídrico a 5%. Dessa forma, seu descarte pode ser feito através do ralo (Armour 2003). A equação química representativa desse processo é apresentada a seguir:



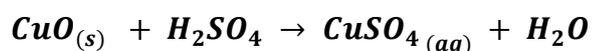
Neste processo de tratamento devemos ter em mente que um excesso de ácido adicionado pode resultar em diminuição demasiada do pH do meio, e assim, no ato da neutralização faz-se necessário o acompanhamento do pH da solução neutralizada com pHmetro ou papel indicador. A adição de ácido clorídrico 5% deve continuar até que seja constatado um valor de pH de mais ou menos 7 (meio neutro).

b) Bases pouco solúveis: O Hidróxido de Cobre (II) é uma base pouco solúvel devido ao seu baixo K_{ps} (constante de produto de solubilidade) de equilíbrio da reação iônica heterogênea equivalente a $1,6 \times 10^{-19}$. Sendo assim, sua precipitação é conseguida através da adição de NaOH até certo limite (Chang 2010).

Após etapa de precipitação, conforme encontrado em Silva *et al.* (2013) o precipitado originado filtrado e desidratado na estufa a 90°C por uma hora, procedimento este que converte Cu(OH)₂ em óxido cúprico (CuO), um óxido preto, conforme apresentado pela seguinte equação:



Posteriormente o óxido de cobre (II) é tratado com uma solução de H₂SO₄ (3 mol/L), transformando o óxido em questão em sulfato de cobre (II), CuSO₄, conforme apresentado na equação química a seguir (Silva *et al.* 2013).



Dessa forma o resíduo é recuperado, gerando um produto para utilização em outras práticas da disciplina de Laboratório de Química.

4.2 Ácidos

a) Ácido Nítrico: Trata-se de um líquido incolor, com odor asfíxiante característico e miscível com água. Seu contato com materiais combustíveis pode causar fogo e conseqüentemente se expor ao risco de severas queimadas (Armour 2003).

Seu vapor irrita o sistema respiratório, olhos e pele. O líquido “queima” os olhos e a pele. Sua deglutição causa irritação e danos internos (Armour 2003).

Para a sua neutralização é recomendado: o uso luvas de borracha nitrílica, proteção para os olhos, e jaleco e trabalhar na capela, onde o ácido deve ser adicionado lentamente a um balde de água fria. Neutraliza-se a solução com carbonato de sódio (Na₂CO₃) e, após neutralização, a mesma pode ser descartada no ralo (Armour 2003).

A reação de neutralização é representada a seguir:

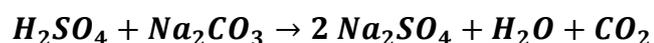


Assim como no caso do NaOH, porém em sentido oposto, soluções de HNO₃ são problemas ambientais principalmente pelo fato de que apresentam, dependendo da concentração, forte poder de diminuir o pH do meio em que for dispensado. Deste modo, a neutralização deve se dar até se atingir o pH igual a 7, o que faz com que sua característica ácida tenha sido então neutralizada. Nesta reação o acompanhamento do valor de pH pode também ser igualmente realizado com papel indicador ou um pHmetro, porém uma característica interessante dessa reação permite nos controlar facilmente até que ponto devemos adicionar Na₂CO₃ e assim evitar seu desperdício. Como podemos observar na reação anterior, enquanto tiver HNO₃ para reagir com Na₂CO₃, teremos a liberação de gás CO₂ (dióxido de carbono) como produto, e assim a adição de Na₂CO₃ ao meio deverá se limitar até o ponto em que uma pequena adição de Na₂CO₃ não provocar mais liberação de CO₂, fato este evidenciado pela não efervescência quanto da adição da pequena quantidade de reagente anteriormente citado.

b) Ácido sulfúrico: Líquido oleoso que quando concentrado é incolor. O ácido pode inflamar materiais combustíveis partidos finamente e a água não pode ser utilizada para extinguir o fogo, devido a sua reação violenta e exotérmica com o ácido sulfúrico (Armour 2003).

O ácido sulfúrico concentrado provoca queimaduras severas aos olhos e à pele e o diluído irrita ambos. A deglutição do ácido concentrado causa severos danos internos (Armour 2003).

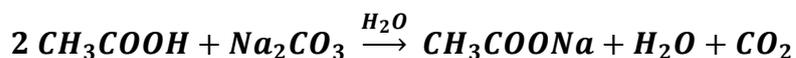
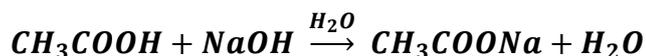
Para a sua neutralização é recomendado: o uso de luvas de borracha nitrílica, proteção para os olhos, e jaleco, trabalhar na capela, onde o ácido deve ser adicionado lenta e cuidadosamente a um volume de água gelada. Carbonato de sódio (Na₂CO₃) deve ser adicionado à solução devagar até que a neutralização se complete, podendo a mesma, após isso, ser despejada no ralo (Armour 2003).



Para se determinar até que ponto deve-se adicionar o Na₂CO₃, procede-se conforme feito no caso de neutralização do H₂SO₄, visto que nesta reação, assim como naquela, há liberação de gás CO₂ (efervescência), enquanto houver ácido no meio.

Ácido acético: Líquido de odor forte, transparente e inflamável. Seu vapor irrita o sistema respiratório e os olhos. A exposição crônica ao mesmo pode causar erosão do esmalte dental, bronquite e irritação dos olhos (Armour 2003).

Sua manipulação deve ser feita na capela, usando luvas de neopreno, jaleco e óculos de proteção. Para efetuar sua neutralização, o mesmo deve ser adicionado lentamente em um grande volume de água fria em um balde plástico e uma solução de hidróxido de sódio ou carbonato de sódio a 5% deve ser acrescentada. Posteriormente, o conteúdo do balde poderá ser descartado através do ralo (Armour 2003).



No caso de se empregar NaOH para neutralização recomenda-se o acompanhamento do pH com um papel indicador ou senão com um pHmetro. Já com a utilização de Na₂CO₃, recomenda-se a adição deste reagente até não ser mais observada efervescência quando de sua adição. Quanto à escolha de qual destes dois reagentes empregar (NaOH ou Na₂CO₃), a escolha deve ser realizada de forma conveniente ao que apresentar menor custo. Geralmente, e como já deve ser percebido, é possível que o resíduo de uma aula (NaOH), pode ser utilizado para neutralizar o resíduo de outra (HNO₃, H₂SO₄, CH₃COOH, HCl, etc.). Isso é altamente desejável e diminui consideravelmente o custo para tratamento destes resíduos.

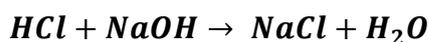
Ácido clorídrico: Líquido incolor, miscível com água, de odor forte, comumente disponível na concentração de 38%. Seu vapor irrita o sistema respiratório, olhos e pele. O líquido queima os olhos e a pele. Sua deglutição causa irritação e danos internos (Armour 2003).

Para neutralizá-lo recomenda-se: o uso de luvas de borracha nitrílica, proteção para os olhos e jaleco, trabalhar na capela, onde o ácido deve ser adicionado lenta e cuidadosamente a um volume de água gelada, até que a diluição do mesmo seja de, pelo menos, 1:10. Carbonato de sódio deve ser adicionado à solução vagarosamente até que a neutralização se complete, podendo a mesma, após isso, ser despejada no ralo e se houver a geração de resíduos sólidos, os mesmos podem ser tratados como lixo comum (Armour 2003).



A adição de Na_2CO_3 para neutralizar o HCl deverá ser realizada até não se observar mais efervescência no meio.

Conforme já citado anteriormente, é prudente adotar a prática de neutralizar o ácido clorídrico (HCl) com hidróxido de sódio ($NaOH$), já que os dois são resíduos gerados no laboratório. A equação a seguir exemplifica a reação de neutralização em questão.



Neste caso a neutralidade do meio deve ser verificada com papel indicador ou pHmetro, para daí sim proceder com o descarte do material.

4.3 Solventes halogenados

a) Clorofórmio: Líquido volátil que possui odor característico, incolor e não-inflamável. É imiscível em água, miscível na maioria dos solventes orgânicos comuns (Armour 2003).

O vapor pode irritar os olhos e causar sonolência, dor de cabeça, náusea e até inconsciência. O líquido irrita os olhos e causa envenenamento se engolido. É carcinogênico animal e logo, considerando como carcinogênico humano (Armour 2003).

A disposição dos resíduos halogenados, e aqui se encontra o clorofórmio (CHCl_3), deve ser feita em recipientes de descarte de solvente, devendo ser estocados e posteriormente destinados para empresas credenciadas para execução de sua incineração (Armour 2003), visto que nenhum dos laboratórios em que foi realizado este trabalho possui as condições de fazer tal incineração.

b) Bromofórmio: É um líquido incolor a amarelo, de densidade relativamente alta ($2,89 \text{ g/cm}^3$), não inflamável e possui um odor doce. Pequenas quantidades são formadas naturalmente pelas plantas no oceano. É pouco solúvel em água e prontamente se evapora no ar. A ingestão ou respiração de grande quantidade de bromofórmio desacelera as atividades normais do cérebro e causa sonolência. A exposição a quantidades muito elevadas pode causar inconsciência e até a morte. Não há provas conclusivas de que bromofórmio cause câncer em seres humanos porque não há estudos disponíveis de seres humanos expostos exclusivamente a esse produto químico. Os estudos em animais indicam que a ingestão a longo prazo de bromofórmio pode causar danos ao fígado e cancro nos rins (Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2005).

O procedimento recomendado para eliminação desse resíduo é o mesmo indicado para a eliminação do Clorofórmio por Armour (2003), citado neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. 1987. *NBR 10004 - Resíduos sólidos: classificação*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. 25p.
- ABNT. 2004. *NBR 10006 – Procedimentos para Obtenção de Extratos Solubilizados de Resíduos Sólidos*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. 3p.
- ABNT. 2014. *NBR 16725 – Resíduo químico - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente - Ficha com dados de segurança de resíduos químicos (FDSR) e rotulagem*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro. 16p.
- Alberguini L. B. A.; Silva L. C. & Rezende M. O. O. 2005. *Tratamento de Resíduos Químicos: Guia Prático para a Solução dos Resíduos Químicos em Instituições de Ensino Superior*. RiMa, 180p.
- Anjos J. A. S. 1998. *Estratégia para remediação de um sítio contaminado por metais pesados: Estudo de caso*. Dissertação Mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 157p.
- Araujo, T. S. 2015. *Classificação dos resíduos gerados pelas atividades no laboratório de química da unidade Araxá do CEFET/MG visando implementação de processos de tratamento e destinação final de resíduos químicos*. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Araxá, 67p.
- Armour M. A. 2003. *Hazardous Laboratory Chemicals Disposal Guide*. Florida: Lewis Publishers. 3 ed, 557p.
- ATSDR. 2005. *ToxFAQs™ for Bromoform and Dibromochloromethane*. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Disponível em:

- <<http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=712&tid=128>>. Acesso em: 26 Jul. 2016.
- Azuaga D. 2000. *Danos ambientais causados por veículos leves no Brasil*. Mestrado Tese, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 193p.
- Campos A. B. & Castro S. S. 2011. *Poluição do Solo*. UFG, Goiás, 42p.
- Cassarini D. C. P. 2001. *Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo*. São Paulo: CETESB, 246p.
- Chang R. 2010. *Química ambiental*. McGraw Hill Brasil. 734p.
- COLEFAR. 2013. Resíduos Industriais. Disponível em: <<http://www.colefar.com.br/residuos-industriais>>. Acesso em: 26 Jul. 2016.
- Figuerêdo D. V. 2006. *Manual para Gestão de Resíduos Químicos Perigosos de Instituições de Ensino Superior e de Pesquisa*. Rona Editora, 363p.
- Fraga H.; Dinis, A.; Mota, G. 2005. *O desenvolvimento sustentável na gestão de resíduos*. Universidade Fernando Pessoa, 84-94p.
- Galembeck F.; Santos A. C. M.; Schumacher H. C.; Rippel, M. M.; Rosseto, R. 2007. Indústria Química: Evolução Recente, Problemas E Oportunidades. *Química Nova*, **30**(6):1413-1419.
- Godish T. & Fu, J. S. 2003. *Air quality*. 4. ed. CRC Press, 480p.
- Gomes P. V. S.; Felício C. S.; Pereira K. F.; Melo L. V. 2010. *Poluição Do Solo Causada Pelo Uso Excessivo de Agrotóxicos e Fertilizantes - Zona Rural, Viçosa - MG*. VI Simpósio de MEIO AMBIENTE. Viçosa, 6:2.
- Grassi M. T. 2001. Águas do Planeta Terra. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*. 10p. Disponível em:

- <<http://www.qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf>>. Acesso em: 26 Jul. 2016.
- Grunkraut M. 2016. *Poluição do Solo*. Coopermiti. São Paulo. 9p. disponível em: <http://www.coopermiti.com.br/coopermiti_admin/pdfs/e85293ca96ff7ff2bb3d23c7d202cede.pdf>. Acesso em 18 Jul.
- IBAMA. 2002. *Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil*. Brasília, 475p.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. 1992. *Curso de Geologia de Engenharia aplicada a problemas ambientais*. São Paulo, 3:291p.
- Labogef. N.d. *Apresentação Impactos VII (Poluição do Ar)*. UFG, Goiás, 64p.
- Ministério do Meio Ambiente. 1992. *Capítulo 21 - Manejo Ambientalmente Saudável Dos Resíduos Sólidos e Questões Relacionadas Com os Esgotos*. Conferência das Nações Unidas Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/item/681>>. Acesso em: 15 Jul. 2016.
- Paulo, F. 2015. *Programa de Gerenciamento de resíduos: análise sobre tratamento de metais pesados – Enfoque especial: chumbo, cromo e prata*. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Araxá, 44p.
- Pereira R. S. 2004. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. *Revista Eletrônicas de Recursos Hídricos*. IPH-UFRGS, 1(1):20-30.
- Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 9 p. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35805.pdf>. Acesso em: 15 out. 2015.

Rodrigues A. C. L. 2011. *Poluição do solo e resíduos sólidos*. UFCG, 56p.

Sawyer C.; McCarty P.; Parkin, G. 2003. *Chemistry for Environmental Engineering and Science*. New York, McGraw-Hill. 5 ed, 769p.

Silva J. P. S. 2007. Impactos ambientais causados por mineração. *Revista Espaço da Sophia*, **8**:1-13.

Valle C. E. 2002. *Qualidade Ambiental ISO 14000*. Senac, 195p.

Wongtschowski P. 2011. Indústria Química. *Ciência hoje*. **47**:36-39.