



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
Unidade de Ensino Descentralizada Araxá – Campus IV
Curso de Graduação Engenharia de Minas

PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS:

Análise sobre Tratamento de Metais Pesados – Enfoque especial: chumbo, cromo e prata.

Felipe de Paulo

Araxá – MG
2015

Felipe de Paulo

PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS:

Análise sobre Tratamento de Metais Pesados – Enfoque especial: chumbo, cromo e prata.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET, Unidade de Ensino Descentralizada Araxá-MG, Campus IV, como requisito básico para obtenção do título de Licenciado/ Bacharel em Engenharia de Minas.

Linha de pesquisa: tratamento de resíduos.

Orientador: Professor Dr. Natal Junio Pires.

Araxá – MG
2015

PAULO, Felipe de. **Programa de Gerenciamento de resíduos**: análise sobre tratamento de metais pesados – Enfoque especial: chumbo, cromo e prata.

Trabalho de Conclusão de Curso. Araxá, MG, Junho de 2015.

44f. il.; 21 x 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET, Unidade de Ensino Descentralizada de Araxá, Campus IV, para obtenção do Grau de Licenciado/ Bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Professor Dr. Natal Junio Pires.

Coordenador do Curso: Dr. Hildor José Seer.

Palavras-chaves: Gerenciamento de resíduos; Tratamento; Metais pesados, Chumbo, Cromo; Prata.

FELIPE DE PAULO

PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS:

Análise sobre Tratamento de Metais Pesados – Enfoque especial chumbo, cromo e prata.

Trabalho de Conclusão de Curso julgado e aprovada pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET, Unidade de Ensino Descentralizada de Araxá, Campus IV, Curso de Graduação para obtenção do título de Licenciado/ Bacharel em Engenharia de Minas.

Araxá (MG), 10 de agosto de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Professor Doutor Natal Junio Pires
Orientador

Professor Msc. Leandro Henrique Santos
Examinador

Professor Msc. Alexander Martin Silveira Gimenez
Examinador

Araxá-MG
2015

Este trabalho é dedicado às pessoas que sempre estiveram ao meu lado pelos caminhos da vida, acompanhando, apoiando e principalmente acreditando no meu potencial.

AGRADECIMENTOS:

A todas as pessoas que de alguma forma se tornaram muito especiais, cada uma ao seu modo, seja academicamente ou pessoalmente; e seria difícil mencioná-las sem cometer equívocos.

Agradeço ao meu orientador Professor Orientador Dr. Natal Junio Pires, que dedicou muito do seu tempo me orientando, embora tivesse outras obrigações a resolver. Obrigado pelos ensinamentos, atenção, amizade e dedicação ao longo deste período que servirão pela vida acadêmica e profissional.

A todos os professores do Curso de Engenharia de Minas do CEFET, aos meus colegas de turma que, além de se tornarem amigos me ensinaram a conviver com pessoas.

Aos meus familiares que, acreditando em mim, foram sempre parceiros e conselheiros. Obrigado a todos vocês por participarem desta importante etapa da minha vida.

De forma muito especial ao Coordenador do Curso de Engenharia de Minas, Dr. Hildor José Seer pelos ensinamentos.

“Visão sem ação não passa de sonho; ação sem visão é só passatempo; visão com ação pode mudar o mundo.”

Joel Baker.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo investigar e apresentar algumas possibilidades de técnicas de tratamento dos efluentes com concentrações de metais pesados gerados no laboratório de química do CEFET – MG, Campus IV, visando à reutilização de materiais, se possível, e minimizar as quantidades presentes, já que se descartados inadequadamente, tais efluentes podem causar significativo impacto ambiental. Atualmente o campus apenas acumula seus resíduos e os armazena no laboratório, porém o espaço físico é limitado e o risco de acidentes pode se tornar alto. A metodologia empregada foi uma revisão na literatura que fundamentou a pesquisa de campo e como resultado, pode-se constatar que as operações discutidas se demonstraram bastante promissoras, apresentando resultados que são capazes de atingir a meta estipulada. É importante salientar que a opção por determinada técnica irá depender diretamente dos materiais disponíveis em laboratório.

Palavras-chaves: Gerenciamento de resíduos; Tratamento; Metais pesados; Chumbo; Cromo; Prata.

ABSTRACT

This study aimed to present effluent treatment techniques with concentrations of heavy metals present in the chemistry lab CEFET - MG, Campus IV. The reuse of materials, if possible, or minimize the quantities present were the main goals from the project. If disposed of improperly, such effluents can cause significant environmental impact. Currently the campus just their waste accumulates and stores them in the laboratory, but the physical space is limited and the risk of accidents can become high. The methodology was the literature review that was based and field research and as a result, it can be seen that discussed operations have proved very promising, with results that are able to achieve the set target. It is important to note that the choice of certain technique will depend directly on the materials available in the laboratory.

Keywords: Waste management; Treatment; Heavy metals; Lead; Chromium; Silver.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Reação Efluente 01.....	26
Figura 2 – Reação Efluente 02.....	27
Figura 3 – Determinação das concentrações de Cr e Ag do efluente.....	27
Figura 4 – Determinação de volume de metal a ser tratado no efluente 01.....	28
Figura 5 – Determinação do pH para precipitação de hidróxido de chumbo	30
Figura 6 – Redissolução do hidróxido de chumbo em forma de hidroxiplumbato.....	30
Figura 7 – Equação para obtenção de Hidróxido de Chumbo.....	31
Figura 8 – Determinação do pH para precipitação de sulfeto de chumbo.....	31
Figura 9 - Equação para obtenção de Sulfeto de Chumbo.....	32
Figura 10 - Equação para obtenção de Silicato de Chumbo.....	32
Figura 11 – Procedimento tratamento efluente 02.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Levantamento das concentrações de metais pesados	28
--	----

LISTA DE SIGLAS

Ag – Elemento Prata

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

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

Cr – Elemento Cromo

FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente

Kps – Produto de Solubilidade

NaOH – Hidróxido de Sódio

Pb – Elemento Chumbo

PRONOL – Projeto Especial de Normalização para o Licenciamento

S – Elemento Enxofre

Na – Elemento Sódio

Na₂S – Sulfeto de Sódio

NaSiO₃ – Metasilicato de sódio

KI – Iodeto de Potássio

Pb(NO₃) – Nitrato de Chumbo

I – Elemento Iodo

K – Elemento Potássio

Ag₂CrO₄ – Cromato de Prata

[Pb(OH)₄]²⁻ – Hidroxiplumbato

Pb(OH)₂ – Hidróxido de Chumbo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos	14
1.1.1 Objetivos geral	14
1.1.2 Objetivo específicos	15
1.2 Delimitação do problema	15
1.3 Justificativa	15
1.4 Metodologia	16
1.5 Estrutura textual	17
2. CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO EM ESTUDO	18
2.1 Histórico da organização	18
2.2 Laboratório de Química do CEFET – MG, Campus IV	18
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
3.1 Conceito de resíduos	19
3.2 Resíduos químicos laboratoriais em Instituições de Ensino Superior.....	20
3.3 Legislação e normas	21
3.4 Metais pesados	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS	24
4.1 Campo da pesquisa e amostra	24
4.2 Considerações éticas da pesquisa	25
4.3 Coleta de dados da pesquisa	25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 Levantamento dos resíduos presentes na Unidade Geradora	25
5.2 Metodologia para tratamento dos efluentes	28
5.2.1 Tratamento Efluente 01	29
5.2.2 Tratamento efluente 02	32
CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS	36
BIBLIOGRAFIA	37
ANEXO A (Termo de Livre consentimento)	41
ANEXO B (Procedimento para precipitação de resíduos de chumbo como hidróxido).....	42
ANEXO C (Procedimento para precipitação de resíduos de chumbo como sulfeto)	43
ANEXO D (Procedimento para precipitação de resíduos de chumbo como silicato)	44
ANEXO E (Procedimento para precipitação de resíduos de cromo e prata)	45

1. INTRODUÇÃO

Contextualmente, a sustentabilidade ambiental é uma expressão que denomina as ações feitas pelos seres humanos, a fim de suprir suas necessidades, sem comprometer a integridade dos recursos naturais para as próximas gerações. Dessa forma, uma pessoa ou instituição sustentável é aquela que toma medidas em prol do combate ao desperdício de água e alimentos, ao desmatamento, às queimadas ou qualquer dano causado ao meio ambiente, preservação da fauna e da flora mundial, dentre outros. Mas, as iniciativas voltadas para a sustentabilidade surgiram devido à necessidade de lutar contra ações que ameaçam a natureza e seu ecossistema, bem como garantir a existência de água pura, solos férteis e de plantas e animais de qualquer espécime (ATITUDE SUSTENTÁVEL, 2015).

Na contemporaneidade, existe um enorme apelo no sentido da execução de projetos sustentáveis. Associado a isso, há tendências a somente considerar atividades de grande porte como potenciais degradantes. Em virtude disto, as mesmas estão sempre sob fiscalização nos mais diversos níveis e estão sujeitas a severas punições.

Atitude Sustentável (2015) destaca que através de hábitos simples, é possível usar os recursos naturais de forma inteligente. Alguns métodos utilizados hoje promovem a exploração controlada de recursos florestais e do replantio das árvores derrubadas, criação de Zonas de Proteção Ambiental. O uso de energia limpa e renovável (como eólica, solar, geotérmica e hidráulica) também é importante, já que evita o consumo excessivo de combustíveis fósseis e diminui a emissão de gás carbônico (CO₂) na atmosfera, contribuindo para o aquecimento do planeta através do fenômeno conhecido como efeito estufa.

Um dos grandes problemas atuais da humanidade, com relação à “vida sustentável”, é o grande acúmulo de resíduos gerado pela civilização moderna.

Uma das definições mais simples de resíduos como materiais considerados sem utilidade por seu possuidor é apresentada a seguir.

De acordo com a FEEMA/PRONOL,

Resíduos perigosos são todos os resíduos sólidos, semissólidos e os líquidos não passíveis de tratamento convencional, resultantes da atividade industrial e do tratamento convencional de seus efluentes líquidos e gasosos que, por suas características, apresentam periculosidade efetiva e potencial a saúde humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público e privado, requerendo

cuidados especiais quanto ao acondicionamento, coleta, transporte, armazenamento, tratamento e disposição (FEEMA/PRONOL DZ 1311).

Em alguns laboratórios, principalmente de “pequeno porte”, como os presentes em instituições de ensino e pesquisa, o tema sobre gerenciamento dos resíduos gerados geralmente é muito pouco abordado, quase não é difundido. Devido à falta de fiscalização, assim como é presente em outros setores, o descarte inadequado ou estoque excessivo ainda é praticado na maioria destas instituições.

Segundo a FEEMA (1990), alguns resíduos podem causar danos à saúde humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público e privado, mesmo em pequenas quantidades, requerendo cuidados especiais quanto ao acondicionamento, coleta, transporte, armazenamento, tratamento e disposição. Em geral, são compostos químicos de alta persistência e baixa biodegradabilidade, formados por substâncias orgânicas de alta toxicidade ou reatividade, tais como: bifenilas policloradas (PCBs) – puros ou em misturas concentradas; trifenilas policloradas (PCTs) – puros ou em misturas concentradas; catalisadores gastos, não limpos, não tratados; solventes em geral; pesticidas (herbicidas, fungicidas, acaricidas, etc.) de alta persistência; sais de cianato, sais de nitritos; ácidos e bases; explosivos; cádmio e seus compostos; mercúrio e seus compostos; substâncias carcinogênicas.

A partir desta introdução, se apresenta o presente trabalho como tema para desenvolvimento da pesquisa a importância de um “Programa de gerenciamento de resíduos: análise sobre tratamento de metais pesados, enfoque especial chumbo, cromo e prata”.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

O presente estudo tem como objetivo geral propor um programa de gerenciamento de parte dos resíduos para o laboratório da Instituição (CEFET), garantindo, assim, sua correta destinação.

1.1.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos:

- a) Realizar revisão bibliografia específica
- b) Caracterizar os efluentes presentes no laboratório através da análise do roteiro de atividades realizadas pelo laboratório;
- c) Apresentar técnicas e procedimentos que irão permitir o tratamento dos efluentes com presença de metais pesados e destinação correta dos resíduos.

1.2 Delimitação do problema

A intensa atividade nos laboratórios do Campus IV do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais tem gerado considerável volume de resíduos os quais estão sendo estocados, já que o descarte inadequado dos mesmos pode provocar danos ambientais. Dentro dos parâmetros da sustentabilidade, a estocagem de resíduos não constitui o procedimento mais adequado.

O espaço físico destinado ao armazenamento é limitado e necessário para outras finalidades, portanto o estoque compromete a viabilidade para execução de alguns procedimentos que devem ser realizados em diversas práticas. Além disso, alguns resíduos do laboratório de química são tóxicos e não podem ser armazenados por muito tempo. Diante desse quadro, como proceder para que os efluentes possam ter sua destinação correta.

1.3 Justificativa

Atualmente sabe-se que as exigências trazidas pela legislação ambiental têm, cada vez mais, levado as indústrias e organizações diversas a buscarem soluções eficientes para adequar seus processos produtivos, minimizando os efeitos do lançamento de efluentes no ambiente. Nesse cenário, o monitoramento desses resíduos possibilita a avaliação de seus parâmetros e também seus limites de emissão.

A resolução 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (2013) determina que efluentes provenientes de qualquer fonte poluidora só poderão ser lançados de maneira direta em corpos receptores se estiverem de acordo com

os padrões e as condições por ela definidos. De acordo com a resolução 357 de 2005 do CONAMA os corpos receptores são classificados como corpos hídricos que recebem o lançamento de um efluente.

No Estado de São Paulo, por exemplo, há ainda o Decreto Estadual 8468/76, que define que efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados na água, de forma direta ou indireta, desde que obedeçam aos Valores Máximos Permitidos (VMPs) de um conjunto de parâmetros inorgânicos e orgânicos (a ser analisados pelos laboratórios creditados). Pois o despejo inadequado desses efluentes no ambiente acarreta uma série de graves consequências, já que, muitos desses efluentes são tóxicos e representam altos riscos de contaminação nos corpos aquáticos e também no solo. É por esse motivo que o monitoramento se tornou tão necessário, sendo a análise desses materiais, de acordo com os parâmetros definidos, o primeiro passo desse processo.

Diante do exposto, justifica-se a realização do presente trabalho quando se percebe que o programa de tratamento em irá compor importante etapa no processo de gerenciamento de efluentes. Com sua operacionalização  possível cumprir os objetivos propostos com grande eficiência. Visto que sua implementação possui diversas condicionantes,  justificado que seu planejamento seja feito com extrema cautela para evitar futuros transtornos acerca do projeto. Com a implantação dos procedimentos evidenciados na pesquisa espera-se que o mesmo contribua para o conhecimento acerca dos tipos e volumes de resíduos gerados nos labortorios, visando à reutilização de materiais, se possíveis, ou minimizar as quantidades presentes.

1.4 Metodologia

Definiu-se como metodologia de pesquisa, a pesquisa bibliográfica e de campo. De acordo com Dupas (1997, p.19) a pesquisa é considerada um “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”.

Ainda de acordo com Dupas (1997) a revisão bibliográfica ou revisão de literatura refere-se ao levantamento do assunto do tema pesquisado. Abrange

artigos com resultados de pesquisas, pontos de vista diversificados de autores, livros técnicos, etc.

Partindo desta premissa, a presente coletânea de dados foi possível graças à disponibilidade do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET, Campus IV, localizada na cidade de Araxá-MG.

1.5 Estrutura textual

A seguir é apresentado, resumidamente, como ficou organizado o presente trabalho, a saber:

Na primeira parte, destacam-se as notas introdutórias e a caracterização da organização pesquisada.

Na segunda parte, fundamenta-se através da literatura pesquisada, os conceitos pertinentes.

A terceira parte tem como foco a metodologia (materiais e métodos) e o resultado da pesquisa de campo.

Finaliza-se trazendo a conclusão e a bibliografia que fundamentou o trabalho de pesquisa.

2. CARACTERIZAÇÃO DA ORGANIZAÇÃO EM ESTUDO

2.1 Histórico da organização

O Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET – MG, é uma autarquia vinculada ao Ministério da Educação. A criação de uma unidade de ensino do CEFET-MG em Araxá surgiu do anseio da comunidade local, principalmente o empresariado, de se propiciar, para a cidade e região, ensino técnico gratuito e de qualidade aliado à formação integral do homem. Com atividades iniciadas no ano de 1910 com a criação da Escola de Aprendizes e Artífices, em Belo Horizonte. Passou por inúmeras denominações até se tornar referência nacional no ensino tecnológico. Partindo do objetivo inicial de se promover ensino profissional primário gratuito teve uma enorme expansão ao ministrar ensino técnico de nível médio. Atualmente oferece cursos de ensino superior, pós-graduação lato-sensu e stricto-sensu. Possui nove *campi*, um deles em Araxá. A Unidade de Ensino Descentralizada de Araxá foi criada em 1992.¹

2.2 Laboratório de Química do CEFET – MG, Campus IV

Laboratórios químicos são instalações onde é possível desenvolver atividades de ensino, pesquisa e de prestação de serviços, sendo a última principalmente orientada à realização de ensaios físico-químicos, microbiológicos e bioquímicos (BORGES, 2003).

O laboratório utilizado como objeto deste estudo está localizado no CEFET – MG, Unidade Descentralizada de Araxá Campus IV. O mesmo, até o ano de 2015, carecia de um programa que tivesse como objetivo traçar procedimentos para tratamento das soluções geradas durante as práticas rotineiras da instituição. É válido ressaltar que, apesar do fato apresentado, os resíduos gerados na unidade eram rotulados e enviados a terceiros para a realização do tratamento e destinação final dos mesmos.

¹ CEFET, ARAXÁ, MG. **Histórico**. Disponível: <http://www.araxa.cefetmg.br/site/sobre/historico.html>. Acesso: 15 de maio de 2015.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com a literatura revisada, pode se concluir que, nas últimas décadas, os problemas ambientais têm-se tornado cada vez mais críticos e frequentes, principalmente devido ao desmedido crescimento populacional e ao aumento da atividade industrial. Com esses ingredientes, os problemas, devido à ação antrópica, têm atingido dimensões catastróficas, podendo ser observadas através de alterações na qualidade do solo, ar e água.

Resíduos considerados perigosos são todos os resíduos sólidos, semissólidos e os líquidos não passíveis de tratamento convencional, resultantes da atividade industrial e/ou didática e do tratamento convencional de seus efluentes líquidos e gasosos que, por suas características, apresentam periculosidade efetiva e potencial à saúde humana, ao meio ambiente e ao patrimônio público e privado, requerendo cuidados especiais quanto ao acondicionamento, coleta, transporte, armazenamento, tratamento e disposição (BRASIL, ABNT NBR 10.004).

São considerados resíduos perigosos todos aqueles que forem tóxicos, corrosivos, inflamáveis ou reativos, de acordo com classificação da Associação Brasileira de Normas Técnicas (BRASIL, ABNT NBR 10.004).

De acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 358, de 29 de abril de 2005, resíduo químico é todo material ou substância com característica de periculosidade quando não forem submetidas a processo de reutilização ou reciclagem, que podem apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade.

3.1 Conceito de resíduos

Resíduos são consideradas substâncias, produtos, ou objetos, que acabaram inutilizáveis para os fins para que foram produzidos, ou ainda, restos de um processo de produção, transformação ou utilização. Em ambos os casos pressupõem que o detentor se tenha de desfazer dele (FORMOSINHO *et al.*, 2006).

De acordo com Liu *et.al* (1999), o termo resíduo inclui qualquer material que adentre em sistemas de tratamentos de resíduos. Sendo tal, programas ou

instalações que tenham intuito de não somente receber a destinação final dos resíduos, mas, também, visar o reciclo, reutilização e incineração.

A União Europeia define resíduo como “qualquer substância ou objeto de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou obrigação de se desfazer” (OELOFSE & GODFREY, 2008).

Recorre-se a Lown (*apud* Oelofse & Godfrey, 2008), o Congresso Americano aborda o resíduo sendo qualquer lixo, recusa, lamas oriundas de plantas de tratamentos, estações de tratamento de água ou controle de poluição do ar e outros materiais descartáveis, incluindo, sólidos, líquidos, semissólidos ou gases provenientes da atividade industrial, comercial, minerária, agrícola e comunitária.

Nota-se daí que o conceito de resíduo possui diversas interpretações em diferentes segmentos e âmbitos, e se mantêm sempre presente nas atividades exercidas no mundo contemporâneo.

3.2 Resíduos químicos laboratoriais em Instituições de Ensino Superior

Resíduos químicos são enquadrados na classificação da NBR 10004 como resíduos sólidos, que os classificam quantos aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, para que esses resíduos possam ter manuseio e destinação adequada (ALBERGUINI *et al.*, 2005).

Recorrendo-se novamente a Alberguini (*et al.*, 2005) as indústrias que fazem uso de produtos químicos em processos de produção, são os grandes responsáveis pela geração de resíduos perigosos e grande alvo da cobrança e fiscalização pela sociedade e órgãos públicos competentes. Associado a isso, têm-se as universidades e pequenos centros de pesquisa que são responsáveis pela geração de cerca de 1% dos resíduos perigosos. Estes são caracterizados pelo pequeno volume apresentado e elevada diversidade, implicando na dificuldade de se apresentar um projeto que agrupe todas as formas de tratamento necessárias.

De acordo com Jardim (1998), os resíduos gerados nestes pequenos centros contemplam duas classes:

Ativo: abrange os resíduos gerados continuamente fruto das atividades rotineiras dentro da unidade.

Passivo: abrange os resíduos estocados nas unidades à espera de destinação de destinação final.

3.3 Legislação e normas

Atualmente sabe-se que as exigências trazidas pela legislação ambiental têm, cada vez mais, levado as indústrias e organizações diversas a buscarem soluções eficientes para adequar seus processos produtivos, minimizando os efeitos do lançamento de efluentes no ambiente. Nesse cenário, o monitoramento desses resíduos possibilita a avaliação de seus parâmetros e também seus limites de emissão. Instituições de ensino vêm desenvolvendo ações para gerenciar seus resíduos, despertando na comunidade acadêmica o interesse em participar dessas ações a fim de minimizar o impacto ambiental oriundo de suas atividades (NASCIMENTO *et al.*, 2010).

A resolução 430 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), estabelecida em maio de 2013, determina que efluentes provenientes de qualquer fonte poluidora só poderão ser lançados de maneira direta em corpos receptores se estiverem de acordo com os padrões e as condições por ela definidos.

Reis (2014) expõe que de acordo com o trabalho de Marinho *et al.* (2011), no Brasil as Instituições de Ensino Superior – IES – passaram a se preocupar com os resíduos químicos de laboratórios gerados por atividades de ensino e pesquisa após o início da década de 90, quando estas instituições começaram a serem vistas como unidades geradoras.

Vale ainda salientar que as instituições de ensino sempre foram fontes geradoras de resíduos, porém, essa abordagem sempre foi pouco discutida e por muitas vezes deixada de lado, até que a conferência realizada no Rio de Janeiro em 1992, conhecida como Eco-92, deixou clara a necessidade do envolvimento das IES em introduzir práticas ambientais sustentáveis em suas atividades. Na ocasião, o principal documento ratificado pelo encontro foi a Agenda 21, onde estão descritas uma série de políticas e ações visando o compromisso com a responsabilidade ambiental (TAUCHEN & BRANDLI, 2006).

Considerando a mais diversificada origem desses resíduos gerados, as instituições não podem inferir que as atividades rotineiras ali presentes dispensem medidas competentes de gerenciamento para as substâncias ali geradas.

Muito embora não haja uma legislação específica que trate do destino final de resíduos químicos oriundos das atividades de ensino e de pesquisa, isto não deve ser usado como um pretexto para a falta de gerenciamento destes rejeitos. Neste caso, adota-se a legislação existente para as indústrias, sob a premissa de que a legislação é válida tendo como base a natureza da

atividade, e não as quantidades de resíduos que a mesma gera (JARDIM, s/d, p.4)

Um dos aspectos que a legislação mais se ocupa e que também é um grande problema nos laboratórios — quer sejam acadêmicos ou industriais — diz respeito aos metais pesados, os quais são espécies químicas que, como contaminantes, são altamente nocivas aos mais variados meios. Assim, visando tratar deste grupo especial de contaminantes, faremos uma abordagem mais detalhada no item a seguir.

3.4 Metais pesados

De acordo com Hooda (2010), elementos químicos com densidades maiores do que 6kg/dm^3 são considerados metais pesados.

Damasceno (1996) salienta que do ponto de vista ambiental, o metal pesado é aquele, que em certos períodos de tempo e determinadas concentrações, oferece risco não somente à saúde humana, como também ao meio ambiente, prejudicando toda atividade dos organismos vivos.

De acordo com Muniz (2006), os metais estão presentes naturalmente no ambiente, merecendo destaque o fato de que o intemperismo e a lixiviação do solo são exemplos de processos naturais que geram o aparecimento de metais pesados na água e no solo.

Embora sejam considerados altamente tóxicos, dentre estes elementos, mais de vinte, são os chamados micronutrientes, que em pequena dosagem são necessários para o ciclo das plantas, animais e seres humanos. (OLIVEIRA *et al*, 2015).

Figuêredo (2006) exhibe que de acordo com Lunn (1994), uma enorme gama de metais apresenta toxicidade. Compostos de manganês são tóxicos para o sistema nervoso central e compostos de molibdênio são altamente tóxicos.

Conforme Lasat (2002), alguns metais pesados não possuem qualquer atividade biológica, como o Pb, Hg, As e Cd, assim, mesmo em pequenas dosagens, os mesmos são extremamente prejudiciais ao ciclo da vida.

Observando-se novamente a Figuêredo (2006) ele que afirma que, embora os metais não possam ser destruídos como compostos orgânicos, os mesmos podem ser removidos de soluções aquosas diluídas, por precipitação química ou

através do uso de resinas de troca iônica. Ao realizar esta operação o volume de material a ser disposto no ambiente irá reduzir consideravelmente.

Uma metodologia de pesquisa consistente de tratamento é de extrema importância para que tais substâncias não venham a causar as perturbações descritas durante o tópic.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho em questão teve início a partir de uma revisão bibliográfica acessível e ligada ao nosso interesse. Após levantamento dos principais problemas ligados à geração de resíduos, procuramos situar como o laboratório de química do CEFET se situava nesse âmbito.

Feito o levantamento dos principais resíduos, assim como seu agrupamento em classes, concentramos nossos esforços no sentido de investigar e propor o tratamento dos resíduos dos metais pesados (Pb, Cr e Ag) em algumas das práticas hoje realizadas a cada semestre nas aulas dos cursos de engenharia. Dado a complexidade que é propor e adequar um processo de tratamento de resíduos, nossa escolha se deveu ao fato de ser os metais pesados uma das mais perigosas classes de contaminantes gerados no referido laboratório.

Definida as espécies químicas a serem investigadas para tratamento, seguimos com um estudo atento dos aspectos físicos, químicos, de reatividade, termodinâmicos, consultando compêndios, *Handbooks*, etc., buscando com isso viabilizar uma rota adequada para tratar tais resíduos. Tais levantamentos e estudos serão apresentados mais adiante.

4.1 Campo da pesquisa e amostra

Por tratar-se da área de estudos do discente e autor do trabalho a presente pesquisa foi realizada Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET, Unidade de Ensino Descentralizada de Araxá – Campus IV. Localizada na cidade de Araxá-MG² – Avenida Ministro Olavo Drummond, 25, Bairro São Geraldo –

² Araxá município brasileiro do Estado de Minas Gerais, região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. População (IBGE, 2012) 95.888 hab.. A mineração é a maior fonte geradora da economia de Araxá. A Vale Fosfatados, produzindo minérios fosfatados, ao lado do nióbio que é explorado pela empresa

Araxá – MG – Brasil, CEP: 38.180.510, Telefone: +55 (34) 3669-4500 - Fax: +55 (34) 3669-4523, E-MAIL: diretoria@araxa.cefetmg.br.

4.2 Considerações éticas da pesquisa

Para a realização do estudo, foi encaminhado um pedido de autorização formal ao Gestor do Laboratório da referida Instituição de Ensino que assinou um termo de livre consentimento para coleta de dados (**Anexo A**).

4.3 Coleta de dados da pesquisa

A coleta de dados foi realizada no período entre 10 de março e 30 de junho de 2015, através de levantamento de dados no contexto da Organização. Os dados coletados na pesquisa foram transcritos para os programas: Microsoft Word 2013[®] e Microsoft Excel 2013[®] tabulados e apresentados sob a forma de Relato de Caso e analisado de acordo com o referencial teórico pesquisado.

5. Resultados e discussão

5.1 Levantamento dos resíduos presentes na Unidade Geradora

De acordo com o levantamento de ativos realizado através da análise dos Procedimentos Experimentais das aulas práticas hoje realizadas no laboratório, a unidade gera basicamente dois tipos efluentes que contêm quantidades consideráveis de metais pesados.

CBMM, geram grande parte da economia de Araxá. Tem-se também grande contribuição do turismo, que possibilita em Araxá a exploração de suas águas medicinais, fabricação de sabonetes e cremes para a pele e possui um dos mais ricos artesanatos da região. A localização geográfica de Araxá é estratégica. Traçando-se um raio de 600 km, partindo de Araxá, está a região de maior concentração populacional do país, com 73% do PIB Nacional e um público potencial de 43 milhões de pessoas. A Estância Hidromineral de Araxá, no Sudoeste Mineiro, na Zona Geográfica do Alto Paranaíba, é propícia ao desenvolvimento dos diferentes ramos da atividade turística, devido a fatores históricos, geográficos e econômicos que definem o imenso potencial dessa região. Área do município: 1.165 km². Área do perímetro urbano: 345 km². Altitude máxima 1.359 metros (Serra da Bocaina). Altitude mínima 910 metros (Rio Capivara). Cidade 973 metros (Igreja Matriz de São Domingos). O relevo é composto de 15% plano, 60% ondulado e 25% montanhoso. Fonte: <http://pt.wikipedia.org>. Acesso junho 2015.

O primeiro, o qual neste trabalho será tratado como efluente 01, apresenta chumbo – Pb –, ele se forma pela reação entre nitrato de chumbo $[Pb(NO_3)_2]$ e iodeto de Potássio (KI), conforme apresentado na Figura 1.

Conforme Gomes (2006) *apud* Smith (1998) tal elemento é um metal cinza-azulado, de alta resistência à corrosão, denso, dúctil e maleável, possui ligeira solubilidade em água e, que vem sendo utilizado por pelo menos há 5000 anos. Antigas obras europeias como, castelos e catedrais, contêm quantidades consideráveis de chumbo aplicadas em peças decorativas, a exemplo de tetos, tubulações e janelas. Segundo Tonami (2008), o chumbo em exposições ocupacionais resulta em séria intoxicação. A medula óssea e os rins são considerados órgãos críticos para tal metal, interferindo nos processos genéticos ou cromossômicos, produz instabilidade na cromatina em testes realizados em cobaias, inibindo reparo do DNA e agindo como promotor do câncer.

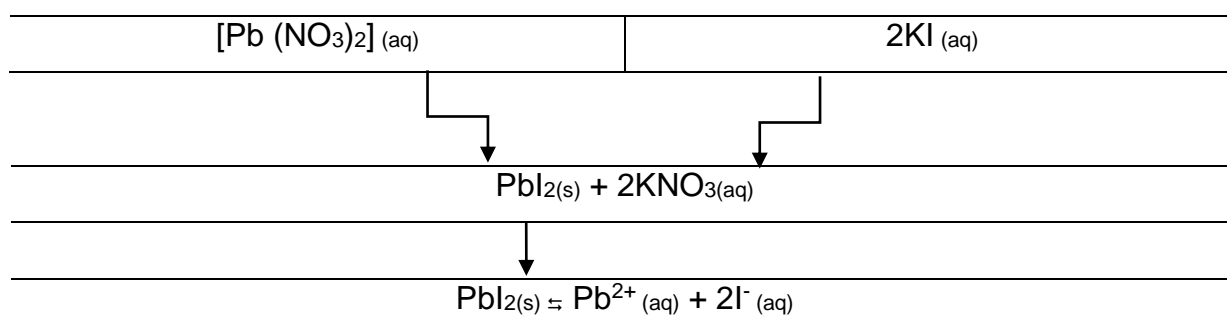


Figura 1 – Reação do efluente 01 conforme realizado na aula de laboratório.

O segundo, o qual neste trabalho será tratado como efluente 02, recebe quantidades significativas de Cromo – Cr – e Prata – Ag – cuja origem está como efluente se dá na reação entre nitrato de prata ($AgNO_3$) e Cromato de Potássio (K_2CrO_4) conforme disposto na Figura 2.

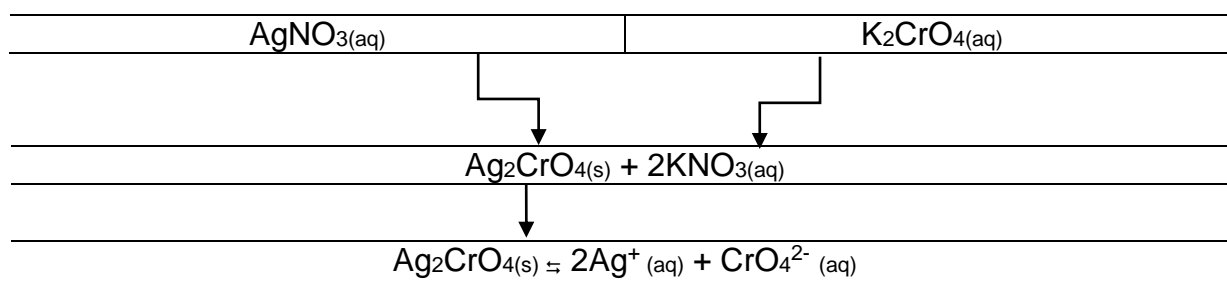


Figura 2 – Reação do efluente 02 conforme realizado na aula de laboratório.

O cromo é um metal pesado que ocorre naturalmente e pode ser encontrado nos mais diversos seres do meio ambiente. O nível tóxico do cromo pode variar com seu estado de oxidação. A forma hexavalente é predominantemente solúvel em ambiente aquático. (PAULINO, 1993)

Segundo Copi (2001), o Cr em dosagens acima do limite necessário pode causar, irritação do dorso das mãos e dos dedos, podendo transforma-se em úlceras. Lesões nasais que se iniciam com um quadro irritativo inflamatório, supuração e formação crostosa. Em níveis bronco-pulmonares e gastrintestinais produzem irritação bronquial, alteração da função respiratória e úlceras gastroduodenais, além de, na forma hexavalente ser altamente cancerígeno.

Sleiman (2012) *apud* Lansdown (2006), aponta a prata sendo um elemento metálico de transição, branco e brilhante amplamente encontrado no ambiente humano. Ressalta-se ainda que a prata não é encontrada em valores significativos no corpo humano. O uso da mesma como eficaz agente antibacteriano e antifúngico em produtos de uso pessoal, aparelhos médicos, têxtil e cosméticos, nos últimos anos, tem feito crescente a preocupação quanto aos aspectos de segurança do metal e potenciais riscos que estejam associados com a absorção pelo corpo humano da sua forma que apresenta atividade biológica (Ag^+).

De acordo com o ATSDR (1990), a Prata na forma encontrada pode desencadear problemas respiratórios, irritação da garganta e problemas estomacais.

Para quantificar a concentração dos metais em suas respectivas soluções foram realizados cálculos inerentes ao produto de solubilidade – K_{ps} –, que por definição é produto das concentrações (em mol/L) dos íons existentes em uma solução saturada. De acordo com Harris (2012) os valores de K_{ps} para o Cromato de Prata – Ag_2CrO_4 – e para o Iodeto de Chumbo – PbI_2 – são respectivamente $1,2 \times 10^{-12}$ e $7,9 \times 10^{-9}$ mol/L. Afim de efeitos comparativos, com a posse das massas molares de cada elemento é possível determinar a concentração dos mesmos em mg/L. A Figura 3 apresenta memorial de cálculo para as concentrações de Ag^+ e CrO_4^{2-} presentes no efluente 02. O procedimento para o efluente 01 é realizado de forma análoga.

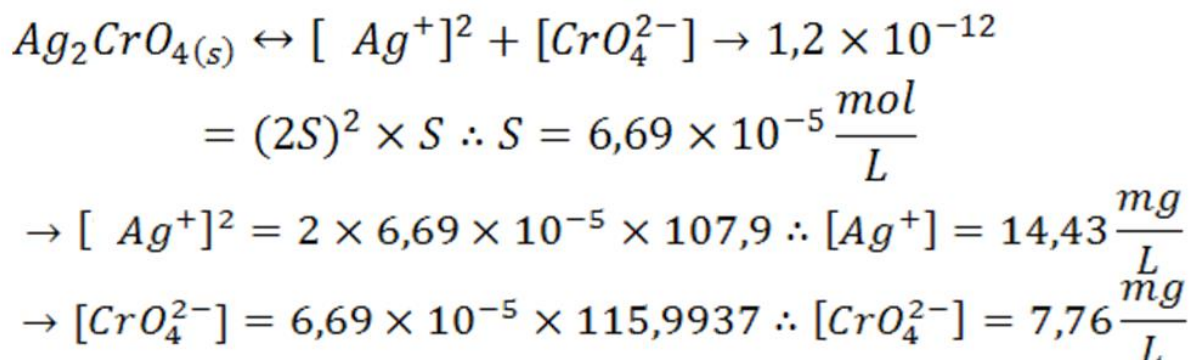


Figura 3 – Determinação das concentrações de Cr e Ag do efluente.

A resolução 430 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), estabelecida em maio de 2013 determina os padrões para que os efluentes possam ser descartados no corpo receptor, sendo para Pb 0,5 mg/L e para Ag e Cr 0,1 mg/L. De posse dos valores de concentração inicial dos efluentes e utilizando os limites impostos, realizou-se os cálculos para determinar a quantidade de metal a ser retirada de cada litro de efluente gerado. O procedimento realizado para efluente 02 (contaminação de prata) está descrito em Figura 4, o processo é idêntico para o efluente 01.

$$\begin{aligned}
 [Ag^+]_{inicial} - [Ag^+]_{Final} &= [Ag^+]_{consumido} \\
 14,43 \frac{mg}{L} - 0,1 \frac{mg}{L} &= 14,33 \frac{mg}{L}
 \end{aligned}$$

Figura 4 – Determinação de volume de prata a ser tratado no efluente 02.

A Tabela 1 apresenta as concentrações em que se encontram os metais levantados nos ativos da unidade geradora, assim como a quantidade de metal a ser retirada do efluente por litro gerado. Observa-se que os valores encontrados em campo se distanciam significativamente dos limites impostos pela Resolução 430 do Conama, evidenciando assim a necessidade de se criar uma metodologia que seja capaz de minimizar o volume de metais pesados a serem descartados no ambiente.

Tabela 1– Levantamento das concentrações de metais pesados

Metais Pesados	Concentração (mg/L)	Limite de lançamento* (mg/L)	Massa a ser retirada (mg/L)
Pb ²⁺	261	0,5	260,5
Cr ⁶⁺	7,76	0,1	7,66
Ag ⁺	14,43	0,1	14,33

*Fonte: Resolução CONAMA nº 430, maio de 2013.

5.2 Metodologia para tratamento dos efluentes

Os metais podem se encontrar em diferentes formas em soluções residuais. A partir da identificação de tal forma, um procedimento adequado de tratamento poderá ser definido.

De acordo com Chung (1989), a precipitação química é importante alternativa para o tratamento de resíduos aquosos perigosos contendo constituintes tóxicos, tais como: arsênio, bário, cádmio, prata, tálio, chumbo, cobre, mercúrio, cromo e zinco. Após o tratamento com agente precipitante adequado, formam resíduos insolúveis que devem ser removidos por filtração ou centrifugação.

A precipitação de metais de soluções residuais é amplamente utilizada devido à simplicidade de operação e enorme eficiência. A precipitação ocorre através da alteração do pH da solução por meio da adição de hidróxidos, sulfetos, cloretos, sulfatos ou carbonatos. Esse procedimento é normalmente realizado dentro da unidade geradora, onde a fase aquosa somente é descartada após as devidas análises do sucesso da operação e correção de pH. (REIS 2014; FIGUÊREDO 2006).

Conforme Reis (2014), a precipitação de metais é a metodologia mais usualmente aplicada pelas IES no que tange o tratamento de efluentes contendo estes elementos.

Neste sentido, levando em conta as características químicas e termodinâmicas dos efluentes citados anteriormente, optamos pela precipitação dos metais Pb, Cr e Ag visando minimizar as quantidades desses metais presentes nos efluentes analisados, que conforme citado é a técnica mais empregada atualmente, sendo possível obter resultados eficientes, econômicos e seguros.

5.2.1 Tratamento Efluente 01

Recorrendo-se ao auxílio do produto de solubilidade foi possível avaliar o ânion que melhor precipitaria o Pb de maneira segura, econômica, eficiente e que não fosse muito nocivo do ponto de vista ambiental.

Para realizar a precipitação do metal em questão foram considerados três agentes em potencial para tal. São eles: íon hidróxido (OH^-), íon sulfeto (S^{2-}) e íon silicato (SiO_3^{2-}). (FIGUERÊDO, 2006; ARMOUR, 2003)

Para a precipitação do chumbo em forma de hidróxido optou-se pela adição de hidróxido de sódio - NaOH - na solução pela facilidade de obtenção e o baixo valor de custo operacional.

O pH de operação para que o chumbo apresente a concentração desejada é obtido pela correlação da concentração de íons OH^- e concentração hidrogeniônica (H^+) na solução. Tomando K_w como a constante de equilíbrio de autoionização da água, cujo valor é de 10^{-14} mol/L a 25°C e a concentração de chumbo no valor desejado de $2,41 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ ($0,5 \text{ mg/L}$) a faixa de operação se limita entre o pH em valores de 9,25 e 10 (Figura 5).

$$K_{ps} = [\text{Pb}^{2+}] \cdot [\text{OH}^-]^2 \rightarrow 8 \cdot 10^{-16} = 2,41 \times 10^{-6} \times [\text{OH}^-]^2$$

$$\therefore [\text{OH}^-] = 1,8 \cdot 10^{-5} \frac{\text{mol}}{\text{L}}$$

$$[\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} \therefore [\text{H}^+] = 5,5 \cdot 10^{-10} \rightarrow \text{pH} = -\log[\text{H}^+] \rightarrow \text{pH} = 9,25$$

Figura 5 – Determinação do pH para precipitação de hidróxido de chumbo

Existe a possibilidade de o precipitado redissolver em excesso de base formando o hidroxiplumbato, portanto, o parâmetro pH deve ser rigorosamente controlado. A Figura 6 demonstra a reação que descreve o fenômeno citado.

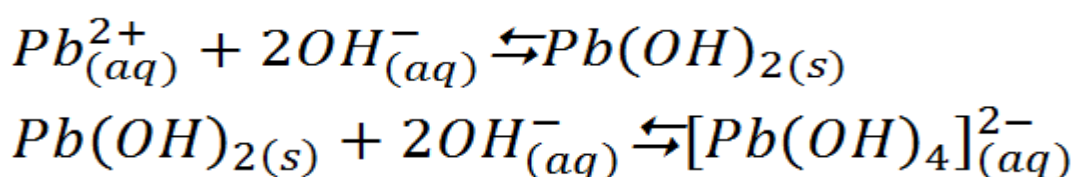


Figura 6 – Redissolução do hidróxido de chumbo em forma de hidroxiplumbato.

Após a precipitação se faz necessária à realização da operação de filtragem. Após a separação da mistura, a fase aquosa deverá ser neutralizada e assim descartada pela pia. Já o resíduo sólido deve ser armazenado e posteriormente direcionado à disposição final (Figura 7).

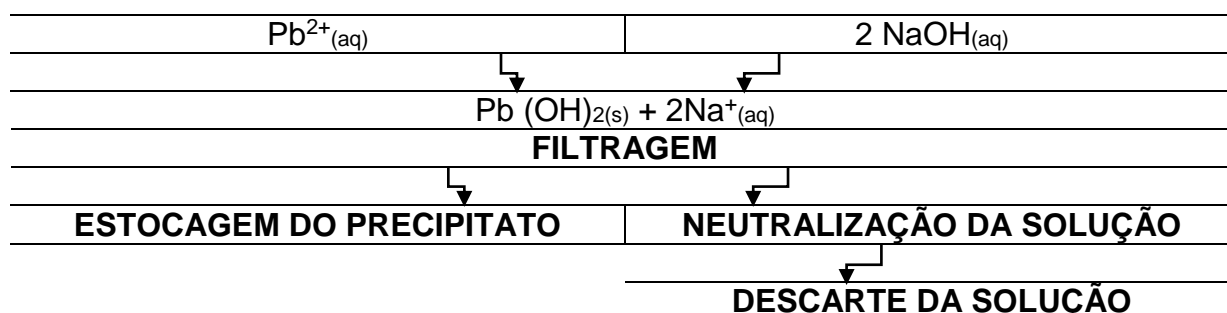


Figura 7 – Equação para obtenção de Hidróxido de Chumbo.

Os sulfetos metálicos apresentam uma menor solubilidade em relação aos seus correspondentes hidróxidos, o que acarreta em uma menor concentração final de resíduos na solução.

Neste caso é utilizada a correlação entre a concentração hidrogeniônica e a concentração de íons de sulfeto para determinação do pH de operação. Os cálculos são realizados de maneira semelhante com as hidroxilas, sendo necessário regular o pH em 0,16 (Figura 8) para a precipitação do sulfeto de chumbo.

$$\begin{aligned}
 K_{ps} &= [Pb^{2+}] \cdot [S^{2-}] \rightarrow 5 \cdot 10^{-29} = 2,41 \cdot 10^{-6} \times [S^{2-}] \therefore [S^{2-}] \\
 &= 2,07 \cdot 10^{-23} \rightarrow pS = 22,68 \\
 pH &= \frac{23 - pS}{2} \rightarrow pH = 0,16
 \end{aligned}$$

Figura 8 – Determinação do pH para precipitação de sulfeto de chumbo.

Por ser uma condição extremamente ácida, a mesma traz diversos inconvenientes, dentre os quais destaca-se, neste caso, a volatilização de espécies formadas no processo de tratamento, tal como o H_2S , além de demandar prévia neutralização da fase aquosa residual.

Em outra via, é possível realizar uma precipitação quantitativa a partir sulfeto elevando o pH acima do estipulado. Por volta de um pH entre 4 e 5 é possível realizar a precipitação do chumbo na forma de PbS empregando-se para tal uma

solução tampão acetato de sódio/ácido acético. A mesma será capaz de atenuar a variação de pH do meio favorecendo a ocorrência da reação de precipitação em um pH mais alto que o indicado. A solução é formada por uma mistura de ácido acético e acetato de sódio, ambos reagentes à uma concentração 0,1 mol/L, resultando num pH 4,76 (VOGEL, 1996).

Para a realização da precipitação do Pb na forma de sulfeto, optou-se pela análise quando adicionado Sulfeto de Sódio – Na_2S – na solução (Figura 9). Após a precipitação se faz necessária à operação de filtragem. Em seguida o sólido deve ser direcionado à sua disposição final. Com relação à fase aquosa, a mesma deve ser neutralizada e assim ser descartada pela pia.

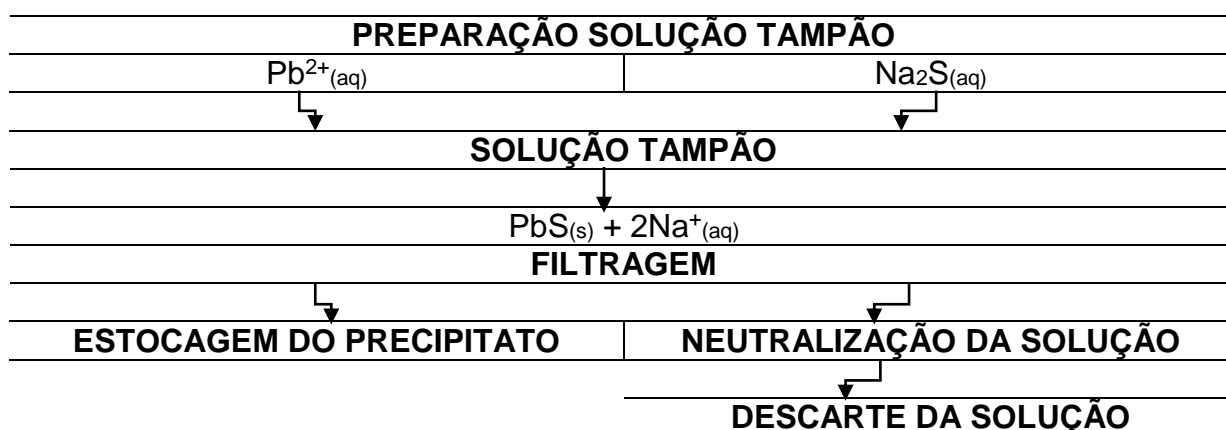


Figura 9 – Equação para obtenção de Sulfeto de Chumbo.

Já a precipitação em forma de silicato possui metodologia bastante consolidada no cenário atual, proposta por Armour (2003), a reação se dá pela adição de Metasilicato de Sódio – Na_2SiO_3 – (Figura 10) na solução. O fenômeno gera um silicato de chumbo, que é insolúvel. O agente precipitante deve ser adicionado até que não exista mais precipitação. O pH ajustado para 9 e a solução deve ficar por uma noite em decantação antes da realização da coleta do sólido por precipitação ou evaporação do líquido.

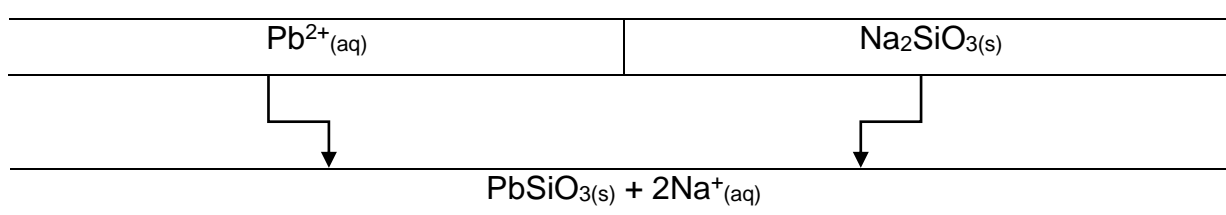


Figura 10 – Equação para obtenção de Silicato de Chumbo.

5.2.2 Tratamento efluente 02

Para o tratamento do efluente 02 se fez necessário a utilização do princípio da precipitação fracionada, onde primeiro visou-se a formação de um precipitado de cromo e posteriormente gerou-se um novo precipitado para a prata. Para a precipitação de cromo, a forma de hidróxido é mais amplamente difundida atualmente e é capaz de gerar resultados adequados à legislação e possui ótimas condições de segurança para se realizar o procedimento. (FIGUERÊDO, 2006; ARMOUR, 2003; VOLGEL, 1996)

O processo exige volume de pelo menos 100 mL de água para cada 2g dos compostos presentes no efluente. O procedimento consiste na redução do Cr^{6+} para Cr^{3+} , através da acidificação do meio pela adição de ácido sulfúrico em uma concentração de 3 M (solução laranja) e em seguida realizar a precipitação do metal em questão, a partir da adição de tiosulfato de sódio – $3\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ – como agente precipitante (por volta de 10 gramas). É importante salientar que a decantação necessita de um longo período para ocorrer, um prazo de pelo menos uma semana se faz necessário. O sólido deve ser lavado com água quente para remoção do sulfato de sódio que é precipitado em conjunto e posteriormente armazenado. (ARMOUR, 2003)

Após o procedimento, a mistura é filtrada e a fase aquosa (solução intermediária) foi direcionada para novo tratamento.

De acordo com Figuerêdo (2006), o Ag^+ gera um precipitado na forma hidróxido numa faixa extensa alcalina de pH (9-14). Portanto, ao elevar o pH da solução residual, um novo precipitado é gerado, dessa vez formado de pelo hidróxido de prata (AgOH). Ao final, o líquido pôde ser descartado em pia e o sólido armazenado. A Figura 11 ilustra o procedimento mencionado.

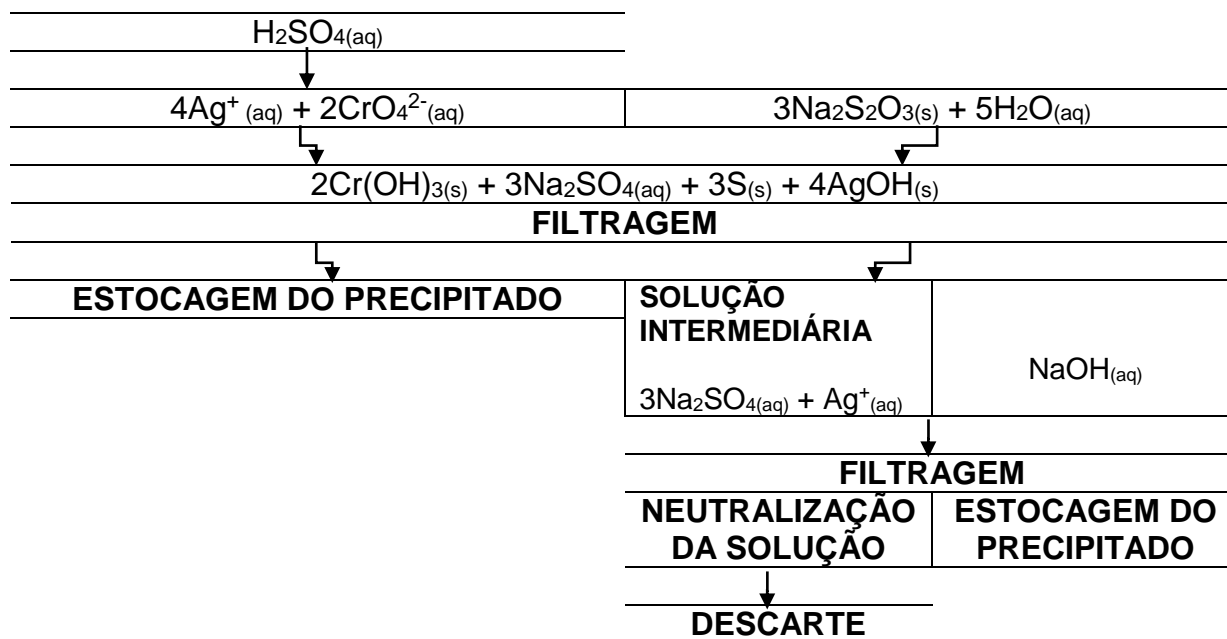


Figura 11 – Procedimento tratamento efluente 02.

De acordo com os dados coletados, pode-se constatar que o cenário aponta que ambos os efluentes gerados não possuem condições de serem descartados imediatamente após as práticas, por possuírem concentrações razoáveis de metais (perigosos ao meio ambiente e saúde urbana), acima do permitido por lei. Tal observação evidencia a necessidade de se propor procedimentos que sejam capazes de realizar o tratamento desses resíduos.

A operação de precipitação demonstrou ser uma importante e eficiente ferramenta neste contexto, já que, ao gerar um precipitado, a unidade geradora será capaz de estocar somente o material em estado sólido, que além de ocupar um menor espaço físico, tem seu manuseio facilitado e oferece menos riscos em relação ao grande volume aquoso quando comparado com o pequeno volume de sólido obtido a partir da precipitação.

As operações discutidas se demonstraram bastante promissoras, apresentando resultados que são capazes de atingir a meta estipulada. É importante salientar que a opção por determinada técnica irá depender diretamente dos materiais disponíveis em laboratório.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As considerações aqui apresentadas não tiveram e nem possuem o objetivo de finalizar o assunto em questão, mas sim contribuir com o tema proposto, sendo mais uma fonte de estudo e pesquisa para educandos, educadores e interessados na temática.

Neste contexto, pode-se perceber que, como já referido anteriormente neste estudo, são considerados resíduos, matérias sem utilidade ao seu possuidor. O descarte desse resíduo deve ser feito de maneira adequada, respeitando as normas estabelecidas, visando uma política de responsabilidade ambiental.

Sabe-se que a responsabilidade e respeito ao meio ambiente é algo que deve estar presente no cotidiano de cada um e é de responsabilidade da Instituição de Ensino, transferir e/ou inculcar essa visão a seus discentes, docentes e aos seus colaboradores de uma forma geral, formando além de profissionais responsáveis, cidadãos conscientes da importância da preservação e cuidado com o meio ambiente.

É válido ressaltar que estudos em escala de bancada, como o aqui proposto, são os precursores de estudos para sistemas de complexidade superior, sendo fator primordial para qualquer início de projeto.

A temática aqui abordada possui íntima ligação com a atividade industrial de mineração, uma vez que os metais são o grande objetivo da atividade mineira. Salienta-se ainda que processos para beneficiamento mineral geram efluentes com consideráveis quantidades de resíduos nocivos ao meio ambiente, sendo bastante comum a presença de estações de tratamento dentro das empresas para garantir a sustentabilidade.

Numa perspectiva mais ampla, a população e sociedade em geral são beneficiadas com a consolidação do programa de gerenciamento de resíduos, onde o aumento da qualidade de vida em relação à saúde pública será cada vez mais crescente.

Por fim, o projeto visa o gerenciamento dos resíduos químicos gerados na unidade do CEFET, contribuindo para as soluções acerca dos problemas envolvidos, como o tratamento, recuperação e reaproveitamento destes materiais.

SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

É importante frisar que os metais pesados são apenas parcela do problema de ativos e passivos que envolvem o Laboratório de Química do CEFET- ARAXÁ. O estudo em questão procurou abordar a classe de resíduos que demonstrou maior potencial de riscos ambientais e de segurança.

A pesquisa em questão tem o intuito de iniciar a discussão acerca do tratamento de todas as classes caracterizadas durante o processo de levantamento, que embora não tenham sido abordadas na atual conjuntura não possuem importância reduzida.

Os mesmos possuem parâmetros a serem controlados e justificam novos estudos promovendo assim, em médio/longo prazo uma perspectiva de funcionamento totalmente sustentável por parte da unidade geradora.

BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA PARA SUBSTÂNCIAS TÓXICAS E REGISTRO DE DOENÇAS (ATSDR). **Toxicological profile for silver**. Atlanta, GA: E.U.A. Departamento de Saúde e Serviços Humanos, Serviço Público de Saúde. 1990.

ALBERGUINI, Leny B.A.; SILVA, Luís Carlos da; REZENDE, Maria Olímpia O.. **Tratamento de resíduos químicos – guia prático para a solução dos resíduos químicos**. São Carlos, RiMa, 2005. 104p.

ARMOUR, Margaret Ann. **Hazardous Laboratory Chemicals Disposal Guide**. 3ª ed. Florida: CRC PRESS, 2003.668p.

ATITUDE SUSTENTÁVEL. **Importância da sustentabilidade ambiental para todos**. Disponível: <http://www.atitudessustentaveis.com.br>. Acesso: 20 junho de 2015.

BORGES, Marisa Soares. **Proposta para o estabelecimento de um programa de gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa: Estudo de caso dos laboratórios de biologia celular**. Dissertação de Mestrado, Engenharia e Ciência dos Materiais. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003. 149p.

BRASIL. **Agenda 21 Nacional**. 2ª ed., Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2004.

_____. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) **NBR 10.004**. Senado Federal, Brasil,

_____. **Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 358**, de 29 de abril de 2005.

CEFET, ARAXÁ, MG. **Histórico**. Disponível: <http://www.araxa.cefetmg.br>. Acesso: 15 de maio de 2015.

CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – **Legislação Estadual (Lei997/76 e Decreto 8468/76) – Controle da Poluição Ambiental no Estado de São Paulo – Série Documentos** - São Paulo, 2000c.

CHUNG, N. K. Chemical Precipitation. IN: FREEMAN, H. M. **Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal**. N.York, McGraw-Hill Book Company. 1989, p.7.21-7.31.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de produtos químicos**, [São Paulo]. Disponível em: <<http://w.cetesb.sp.gov.br.pdf>>. Acesso em: 22 de junho de 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 430. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências.** Diário Oficial da União. Brasília, 2011.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n.º 357. **Dispõe sobre a classificação sobre a classificação dos corpos de água e dá outras providências.** Diário Oficial da União. Brasília, 2005.

COPI, E. **Caracterização físico-química e determinação de metais pesados em resíduos sólidos provenientes do processo de lodo ativado.** 2001. 64 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.

DAMASCENO, S. **Remoção de metais pesados em sistemas de tratamento de esgotos sanitários por processo de lodos ativados e por um reator compartimentado anaeróbio.** Dissertação (Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos 1996. 141f.

DUPAS, M.A.. **Pesquisando e normalizando:** noções básicas e recomendações úteis para elaboração de trabalhos científicos. São Carlos: UFSCar, 1997.

FEEMA/PRONOL DZ 1311. **DECRETO Nº 15.810**, de 29 de outubro de 1990.

FIGUERÊDO, Débora Vallory. **Manual para gestão de resíduos químicos perigosos de instituições de ensino e de pesquisa.** Belo Horizonte: Conselho Regional de Química de Minas Gerais, 2006.

FORMOSINHO, Sebastião J.; PIO, Casimiro A.; BARROS, José H.; CAVALHEIRO, José R.; Parecer relativo ao tratamento de resíduos industriais perigosos. Portugal, **Aveiro**, Capítulo 1, p.4, Maio de 2000.

GOMES, Gabriel M. F.. **Redução do Impacto Ambiental da Escória de Obtenção de Chumbo por Via Secundária.** Dissertação (Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.146p.

HARRIS, Daniel C.. **Análise Química Quantitativa.** 8 ed., LTC, 2012.

HOODA, P.S.. **Trace elements in soils.** Chichester: John Wiley and Sons; 2010.

JARDIM, W.F.. Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa. **Química Nova**, vol. 21, p. 671-673, 1998.

_____. **Gerenciamento de resíduos.** Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Campinas, São Paulo. S/D.

LANSDOWN, A. B. G.; **Silver in health care: antimicrobial effects and safety in use, Current Problems in Dermatology**, v.33, p.17–34, 2006.

LASAT, M.M.. *Phytoextraction of toxic metal: a review of biological mechanisms*. **J Environ Qual**. 2002; 31:109-20.

LIU, David H.F.; LIPTÁK, Béla G.. ***Environmental Engineers' Handbook***. 1 ed., 11 vol.. Princenton: CRC Press LLC. S/D.

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

MARINHO, C.C.; BOZELLI, R.L.; ESTEVES, F.A.. Gerenciamento de resíduos químicos em um laboratório de ensino e pesquisa: A experiência do laboratório de limnologia da UFRJ. **Eclética Química**, vol. 36, p. 85-100, 2011.

MEDEIROS, J.B.. **Redação científica: a prática de fichamentos, resumos, resenhas**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MUNIZ, Daphne H. de F.; FILHO, Eduardo C.O.. **Metais pesados provenientes de rejeitos de mineração e seus efeitos sobre a saúde e o meio ambiente**. Universitas: Ciências da Saúde, v.4, n 1/2, p. 83 – 100, 2006.

NASCIMENTO, E. S.; FILHO, A. T. *Chemical waste risk reduction and environmental impact generated by laboratory activities in research and teaching institutions*. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, vol. 46, p. 187-198, 2010.

OELOFSE, S.H.H.; GODFREY, L.. *Defining waste in South Africa: moving beyond the age of 'waste'*. S. Afr. j. sci., **Pretoria**, v. 104, n. 7-8, August, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.org>. Acesso em 05 de Maio 2015.

OLIVEIRA, Vanessa de Souza et al.. *Heavy metals and micronutrients in the soil and grapevine under different irrigation strategies*. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 39, n.º 1, p.162-173, Feb. 2015. Disponível: <http://www.scielo.br>. Acesso em 02 Junho 2015.

PAULINO, C. V. H. **Tendências de hidrólise dos compostos de cromo III com ácidos poliaminocarboxílicos**. Dissertação de mestrado, Dep. de química, PUCRJ, 1993.

REIS, Patrícia Moreira dos. **Gerenciamento de Resíduos Químicos nas Universidades Federais Brasileiras**. Trabalho de conclusão de curso, Química. Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei. 2014.28p.

SLEIMAN, Hanan Khaled. Efeitos reprodutivos de nanopartículas de sais de prata em ratos Wistar expostos durante a puberdade. Dissertação (Mestrado) em Ciências Farmacêuticas da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO - PR.2012.59f.

SMITH, G. R. **Lead recycling in United States in 1998**. *Flow Studies for Recycling Metal Commodities in the United States*, USEPA, 1998.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L.L.. **A gestão ambiental em instituições de ensino superior: Modelo para implantação em campus universitário.** Gestão & Produção, vol. 13, p. 503- 515, 2006.

TONAMI, Karina A. de A. **Identificação e quantificação de metais pesados, parasitas e bactérias em esgoto bruto e tratado da Estação de Tratamento de Esgoto de Ribeirão Preto – SP.** Tese de Mestrado, Saúde Ambiental. USP, Ribeirão Preto, 179p, 2008.

UNIFAL. **Descarte de Resíduos.** Disponível: <http://www.unifal-mg.edu.br>. Acesso: 20 de junho de 2015.

VOGEL, Arthur I. **Qualitative Inorganic Analysis.** 7. Ed. Rev por G. Svehla. Harlow: Longman, 1996.

ANEXO A**Termo de Livre consentimento****CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE DE ENSINO DESCENTRALIZADA DE ARAXÁ - CAMPUS IV**

Av. Ministro Olavo Drummond, 25
Bairro São Geraldo - Araxá - MG - Brasil
CEP: 38.180.510 –
Telefone: +55 (34) 3669-4500 - Fax: +55 (34) 3669-4523
E-MAIL: diretoria@araxa.cefetmg.br

Senhor, Dr. Natal Junio Pires.

Eu, **FELIPE DE PAULO**, discente do **CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS, UNIDADE DE ENSINO DESCENTRALIZADA DE ARAXÁ – CAMPUS IV**, Curso de Graduação em Engenharia de Minas, solicito sua autorização para a realização de uma pesquisa para fins acadêmicos sobre **Tratamento de resíduos**, no Laboratório do referido Campus, sendo importante salientar que todos os dados fornecidos serão mantidos em sigilo, e a eles terão acesso somente o pesquisador e o orientador.

Desde já agradeço sua atenção e autorização.

AUTORIZAÇÃO

SIM
 NÃO

Araxá (MG), 10 de março de 2015.

Professor Doutor Natal Junio Pires

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Unidade de Ensino Descentralizada de Araxá - Campus IV

ANEXO B

Procedimento para precipitação de resíduos de chumbo como hidróxido

Importante: Para iniciar o tratamento do resíduo, o colaborador deve inicialmente se adequar as questões de segurança operacional fazendo uso de equipamentos de proteção individual. Óculos de proteção, jaleco e luvas de borrachas são imprescindíveis para a realização da operação. O procedimento desenvolvido neste trabalho é exposto a seguir.

- 1) Em recipiente adequado, tal como um béquer, colocar o resíduo a ser tratado.
- 2) Em seguida, sob agitação, realizar a adição de hidróxido de sódio (2 mol/L), gota a gota, até que o pH do meio se mantenha em uma faixa de operação entre 9,25 e 10. A condição deve ser mantida até que não exista mais precipitação.
- 3) Deixar o sistema em repouso por um período de 24 horas de forma a garantir a precipitação e decantação do material sólido.
- 4) Posteriormente, filtrar a mistura utilizando para isso um papel de filtro. O líquido deve ser neutralizado com ácido clorídrico 2 mol/L, se necessário, e dispensado em pia já que possui concentração de íons Pb^{2+} já se encontra abaixo do limite tolerável. Já o sólido separado deve ser seco, empacotado e reservado para destinação final ou alocação provisória.

ANEXO C

Procedimento para precipitação de resíduos de chumbo como sulfeto

Importante: Para iniciar o tratamento do resíduo, o colaborador deve inicialmente se adequar as questões de segurança operacional fazendo uso de equipamentos de proteção individual. Óculos de proteção, jaleco e luvas de borrachas são imprescindíveis para a realização da operação. O procedimento desenvolvido neste trabalho é exposto a seguir.

- 1) Em recipiente adequado, tal como um béquer, colocar o resíduo a ser tratado.
- 2) Em seguida, adicionar quantidades equimolares de acetato de sódio/ácido acético de modo a que, no volume a ser tratado, perfaça-se a concentração de 0,1 mol/L das duas espécies supracitadas. A função dessas duas espécies é tamponar o meio a ser tratado, mantendo seu pH bem próximo a 4,76.
- 3) Posteriormente realizar a adição de sulfeto de sódio sob agitação. A adição deve ser mantida até que não exista mais precipitação.
- 4) Deixar o sistema em repouso por um período de 24 horas de forma a garantir a precipitação e decantação do material sólido.
- 5) Posteriormente, realizar a filtração da mistura utilizando-se para tal um papel de filtro. Em seguida dispensar o filtrado na pia uma vez que a concentração de íons Pb^{2+} na referida solução já se encontra abaixo do limite tolerável. Já o sólido separado deve ser seco, empacotado e reservado para destinação final ou alocação provisória.

ANEXO D

Procedimento para precipitação de resíduos de chumbo como silicato

Importante: Para iniciar o tratamento do resíduo, o colaborador deve inicialmente se adequar as questões de segurança operacional fazendo uso de equipamentos de proteção individual. Óculos de proteção, jaleco e luvas de borrachas são imprescindíveis para a realização da operação. O procedimento desenvolvido neste trabalho é exposto a seguir.

- 1) Em recipiente adequado, tal como um béquer, colocar o resíduo a ser tratado.
- 2) Em seguida, em agitação, realizar a adição de metasilicato de sódio no sistema até que não exista mais precipitação
- 3) Posteriormente ajustar o pH para 9 adicionando 2M de ácido sulfúrico.
- 4) Deixar o sistema em repouso por um período de 24 horas de forma a garantir a precipitação e decantação do material sólido.
- 5) Posteriormente, realizar a filtração da mistura utilizando-se para tal um papel de filtro. Em seguida dispensar o filtrado na pia uma vez que a concentração de íons Pb^{2+} na referida solução já se encontra abaixo do limite tolerável. Já o sólido separado deve ser seco, empacotado e reservado para destinação final ou alocação provisória.

ANEXO E

Procedimento para precipitação de resíduos de cromo e prata

Importante: Para iniciar o tratamento do resíduo, o colaborador deve inicialmente se adequar as questões de segurança operacional fazendo uso de equipamentos de proteção individual. Óculos de proteção, jaleco e luvas de borrachas são imprescindíveis para a realização da operação. O procedimento desenvolvido neste trabalho é exposto a seguir.

- 1) Em recipiente adequado, tal como um béquer, colocar o resíduo a ser tratado.
- 2) Adicionar um volume de 100 mL de água para cada 2g dos compostos presentes no efluente.
- 3) Acidificar o meio pela adição de ácido sulfúrico em uma concentração de 3 M (solução laranja).
- 4) Em seguida realizar a precipitação do cromo a partir da adição de por volta de 10 gramas de tiosulfato de sódio em agitação.
- 5) A decantação necessita de um longo período para ocorrer, um prazo de pelo menos uma semana se faz necessário.
- 6) O sólido deve ser lavado com água quente para remoção do sulfato de sódio que é precipitado em conjunto e posteriormente armazenado. Já a fase aquosa direcionada ao tratamento de remoção de prata.
- 7) Em recipiente adequado, tal como um béquer, colocar o resíduo a ser tratado.
- 8) Deixar o sistema em repouso por um período de 24 horas de forma a garantir a precipitação e decantação do material sólido.
- 9) Posteriormente, realizar a filtração da mistura utilizando-se para tal um papel de filtro. Em seguida dispensar o filtrado na pia uma vez que a concentração de íons Cr^{6+} e Ag^+ na referida solução já se encontra abaixo do limite tolerável. Já o sólido separado deve ser seco, empacotado e reservado para destinação final ou alocação provisória.

FELIPE DE PAULO

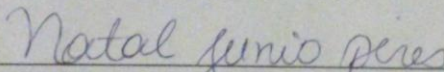
PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS:

Análise sobre Tratamento de Metais Pesados – Enfoque especial chumbo, cromo e prata.

Trabalho de Conclusão de Curso julgado e aprovada pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET, Unidade de Ensino Descentralizada de Araxá, Campus IV, Curso de Graduação para obtenção do título de Licenciado/ Bacharel em Engenharia de Minas.

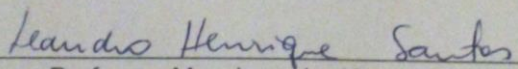
Araxá (MG), 10 de agosto de 2015.

BANCA EXAMINADORA



Professor Doutor Natal Junio Pires

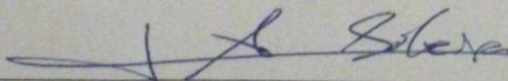
Orientador



Professor Msc. Leandro Henrique Santos

Professor Msc. Leandro Henrique Santos

Examinador



Professor Msc. Alexander Martin Silveira Gimenez

Professor Msc. Alexander Martin Silveira Gimenez

Examinador

Araxá-MG

2015

ANEXO A

Termo de Livre consentimento

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
UNIDADE DE ENSINO DESCENTRALIZADA DE ARAXÁ - CAMPUS IV
Av. Ministro Olavo Drummond, 25
Bairro São Geraldo - Araxá - MG - Brasil
CEP: 38.180.510 -
Telefone: +55 (34) 3669-4500 - Fax: +55 (34) 3669-4523
E-MAIL: diretoria@araxa.cefetmg.br

Senhor, Dr. Natal Junio Pires.

Eu, FELIPE DE PAULO, discente do CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS, UNIDADE DE ENSINO DESCENTRALIZADA DE ARAXÁ - CAMPUS IV, Curso de Graduação em Engenharia de Minas, solicito sua autorização para a realização de uma pesquisa para fins acadêmicos sobre **Tratamento de resíduos**, no Laboratório do referido Campus, sendo importante salientar que todos os dados fornecidos serão mantidos em sigilo, e a eles terão acesso somente o pesquisador e o orientador.

Desde já agradeço sua atenção e autorização.

AUTORIZAÇÃO

SIM
 NÃO

Araxá (MG), 10 de março de 2015.

Natal Junio Pires

Professor Doutor Natal Junio Pires

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
Unidade de Ensino Descentralizada de Araxá - Campus IV