



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

Lucas Henrique Funari Almeida

Avaliação da Eficiência do Tratamento de Efluentes Gasoso Dos Lavadores de Gás da Reciclagem de Baterias

Assis
2010

Lucas Henrique Funari Almeida

**Avaliação da Eficiência do Tratamento de Efluentes Gasoso Dos
Lavadores de Gás da Reciclagem de Baterias**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação

Orientador: Prof^o. Ms. Nilson José dos Santos

Área de Concentração: Química Industrial

Assis
2010

FICHA CATALOGRÁFICA

Almeida, Lucas

Avaliação da eficiência do tratamento de efluente gasoso dos lavadores de gás da reciclagem de baterias / Lucas Almeida. Fundação Educacional do Município de Assis - FEMA -- Assis, 2010.

56p.

Orientador: Prof^o. Ms. Nilson José dos Santos.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1. Poluição. 2. Lavadores de Gás. 3. Cuidados Chumbo

CDD:660
Biblioteca da FEMA

Avaliação da Eficiência do Tratamento de Efluentes Gasoso Dos Lavadores de Gás da Reciclagem de Baterias

Lucas Henrique Funari Almeida

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, analisado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador: Prof^o. Ms. Nilson José dos Santos

Analisador: Prof.^a Ms.^a Patricia Cavani

Assis
2010

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais pelo apoio e dedicação ao longo da minha vida para comigo e aos amigos verdadeiros que conheci nestes quatro anos de curso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço as graças recebidas por Deus que é nosso pai e assim sendo nos ajudas nos mínimos detalhes que muitas vezes não observamos, ainda a ele por estar sempre presente em nossas vidas.

Agradeço primeiramente aos meus pais por sempre me incentivar a fazer uma graduação me dando apoio, amor e sustentabilidade durante o curso.

Agradeço ainda meus avós pelas ajudas me dada durante a faculdade e ao meu tio pelas caronas para não perder as aulas.

A minha querida namorada Lilian pelo companheirismo, afeto, compreensão e amor dado para comigo durante o curso.

Ao professor, Nilson pela orientação e pelo constante estímulo transmitido durante o trabalho e pela amizade que cultivei com ele desde o primeiro ano até o último como meu orientador.

Aos amigos, companheiro de sala que sempre de alguma forma me ajudaram a passar por todos esses anos juntos, ao Ricardo Gomes que como um pai amigo que foi e também ao casal Tatiana e Rodolfo e ao Guilherme pelas brincadeiras e risadas além de todo pessoal em modo geral da 9ª Turma de Química sendo muito ter passado esses quatro anos com eles.

RESUMO

As recicladoras de baterias, ou fundições secundárias de chumbo, são do tipo potencial poluidora, pois geram efluentes líquidos, gasosos e sólidos. O objetivo deste trabalho é aplicar uma metodologia desenvolvida para avaliar a eficiência do lavador de gases neste tipo de indústria. Um dos principais equipamentos usados no tratamento do efluentes gasosos deste processo é o lavador de gás que assegura a qualidade do ar e água usada após ser neutralizada pode ser usada na própria indústria para lavagem de pisos. Foram coletadas amostras durante o processo e analisado os seguintes parâmetros: densidade, sulfato, sulfito, sólido totais, pH e acidez. Conclui-se que o análise de pH e densidade permite um acompanhamento simples e eficiente do processo de tratamento dos efluentes gasoso pelo lavador do gás.

Palavras-chave: Recicladora de chumbo; Efluente gasoso.

ABSTRACT

The recycling of batteries, or secondary lead smelters, are kind of potential polluters, because they generate liquid effluents, gaseous and solid. The aim of this paper is to apply the methodology developed to assess the efficiency of the scrubber in such an industry. One of the main equipment used in the treatment of gaseous effluent from this process is the gas-washing improves the quality of air and water used after neutralization can be used in the industry itself for washing floors. Samples were collected and analyzed during the following parameters: density, sulfate, sulfite, total solid, pH and acidity. We conclude that the analysis of pH and density allows for a simple and efficient process for treating effluent gas by gas scrubber.

Keywords: 1.Recycling of lead;2 gaseous effluents.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Equação de limite de emissão.	20
Figura 2	– Configurações possíveis de lavadores de gases a) contra corrente b) cruzado e c) concorrente em relação ao fluxo de gás.....	23
Figura 3	– Mostra a Torre nebulização e a Torre recheada	27
Figura 4	– Lavador Venturi.....	28
Figura 5	– Torre Ciclone e o Ciclone Separador.....	28
Figura 6	– Escala de Ringelmann.....	30
Figura 7	– Coletor isocinético de Poluentes Atmosféricos.....	31
Figura 8	– Equipamento Hi-Vol.....	32
Figura 9	– Estação Fixa para Monitoramento da Qualidade do Ar.....	33
Figura 10	– Unidade Móvel de Monitoramento da Qualidade do Ar.....	33
Figura 11	– Toxicocinética do Chumbo.....	45
Figura 12	– A amostra tratada com soda; b amostra começando a ser tratada com cal; c amostra com soda e cal.....	50
Figura 13	– Amostra 0: água da Lagoa; Amostra 1: água com adição de soda; Amostra 24: Água do Lavador de Gás.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Principais Poluentes Atmosféricos.....	14
Tabela 2	- Critérios para episódios agudos de poluição do ar. Resolução CONAMA nº3, de 28/06/90.....	17
Tabela 3	- Limites de Emissão para Poluentes Atmosféricos Gerados em Processos de Recuperação de Chumbo. Resolução CONAMA nº 382, de 26/12/06.....	18
Tabela 4	- Relação Poluentes em Toneladas Por Ano.....	20
Tabela 5	- Principais Propriedades Físico – Químicas do Chumbo Metálico.	36
Tabela 6	- Limite Máximo de Chumbo em Alimentos Vegetais.....	40
Tabela 7	- Limite Máximo de Chumbo em Carnes Para Consumo Humano.	41
Tabela 8	-Resultado das Amostras.....	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	POLUIÇÃO GASOS NA RECICLAGEM DE CHUMBO.....	13
2.1	FONTES DA POLUIÇÃO.....	13
2.1.1	Legislação.....	16
3	LAVADOR GÁS UTILIZADO NA RECICLADORA DE CHUMBO.....	22
3.1	INTRODUÇÃO	22
3.2	TIPOS UTILIZADOS NA RECICLAGEM DE CHUMBO.....	23
3.3	3.3 PARÂMETROS DE CONTROLE DA EFICÁCIA DOS LAVADORES.....	29
4	EDUCAÇÃO AMBIENTAL – CUIDADOS COM O CHUMBO.....	34
4.1	ELEMENTO QUÍMICO – CHUMBO.	36
4.2	APLICAÇÕES DO CHUMBO.....	38
4.3	TOXICOLOGIA DO CHUMBO.....	39
5	METODOLOGIA.....	47
5.1	AVALIAÇÃO DO LAVADOR DE GAS.....	47
5.2	MATERIAIS.....	47
5.3	REAGENTES.....	47
5.4	MÉTODOS.....	47
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
7	CONCLUSÃO.....	55
	REFERÊNCIAS :.....	56

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço industrial e o desenvolvimento de novas indústrias varias delas com alto teor de poluição. As recicladoras de baterias, ou fundições secundárias de chumbo, são do tipo potencial poluído, pois geram efluentes líquidos, gasosos e sólidos. Essas indústrias têm um impacto crescente no ambiente, sem se importar muitas vezes com o impacto que causará ao meio, ou quanto esse impacto pode ser minimizado.

A poluição atmosférica atinge materiais, vegetação e animais, nos quais os efeitos podem ser medidos e causa danos a saúde humana. Neste caso, o efeito pode somente ser estimado, a partir de evidencia epidemiológica. Isto ocorre, na maioria dos casos, através da exposição a concentrações muito mais altas de poluentes, do que a maioria da população pode ser exposta.

A maior proporção de poluentes atmosféricos gerados em diversas áreas, tem origem em processos de combustão. Quando combustíveis fósseis são queimados para gerar calor ou energia, uma ampla variedade de substâncias poluentes pode ser criada. Os tipos e as quantidades de poluentes atmosféricos emitidos dependem do tipo de combustão (CODOLO, 2008).

As fontes de óxidos de enxofre são variadas, assim como a sua forma de controle, porém a química de seus processos de controle é absolutamente similar em todos os casos. Os óxidos de enxofre são gases extremamente irritantes para o sistema respiratório, podendo causar prejuízos à saúde quando em altas concentrações. Formam também partículas secundárias de diâmetros inferiores a 10 μm na atmosfera. Quando o SO_2 sofre oxidação forma SO_3 que pode reagir com a água da atmosfera formando ácido sulfúrico, e também com amônia ou outros cátions presentes na atmosfera pra formar sulfatos. Devido à possível formação de ácidos, é um dos principais causadores da chuva ácida, juntamente com o NO_x (SADALA, 2008).

A Poluição atmosférica causa consequência direta nas legislações ambientais para controle de emissões. Com isso cada vez mais há a necessidade de serem desenvolvidos novos equipamentos e sistemas mais eficientes, versáteis e consequentemente de menor custo (CODOLO, 2008).

As recicladoras de baterias são indústrias do tipo potencial poluidora, na qual deve-se ter cuidados especiais já que elas são responsáveis pela geração de efluentes líquidos, sólidos e gasosos, sendo que o efluente gasoso é o mais perigoso assim a avaliação da eficiência do tratamento de efluentes gasoso dos lavadores de gases da reciclagem de baterias é justificada (RINO, F 2010).

A única maneira que as recicladoras de baterias dispõem para avaliar a eficiência dos lavadores de gás é análise anual dos gases eliminados pela chaminé, conforme preconiza Resolução Conama nº 382, de 26/12/2006. Portanto, ficou constatado a existência da necessidade do desenvolvimento de parâmetro analítico para avaliar a eficiência do lavador de gases, durante o processo, e se possível em tempo real.

O objetivo deste trabalho é aplicar metodologia desenvolvida para avaliar a eficiência do lavador de gases de uma indústria de reciclagem de baterias. Tendo como objetivo específico: avaliar a contaminação da água do lavador de gases da reciclagem de baterias; desenvolver metodologia para a avaliação em tempo real dos parâmetros de controle da eficácia na lavagem dos gases.

2 POLUIÇÃO GASOSA NA RECICLAGEM DE CHUMBO

Com a preocupação de diminuir a poluição nas indústrias de reciclagem de chumbo algumas medidas foram tomadas, como conhecer os principais meios da poluição e assim poder criar parâmetros e uma legislação a ser seguida para melhorar a qualidade do ar, a fim de que indústrias de reciclagem possam diminuir a poluição causada principalmente pela poluição gasosa.

2.1 FONTES DA POLUIÇÃO

A resolução nº 054/06 do SEMA define como fonte poluidora qualquer fonte natural ou artificial, estacionária e não pontual que libere ou emita matéria ou energia para a atmosfera (Resolução SEMA, 2010).

As fontes de poluição são classificadas em:

a) Fonte estacionária ou fixa: qualquer instalação, equipamento ou processo natural ou artificial, em local fixo, que possa liberar ou emitir matéria ou energia para a atmosfera.

b) Fonte industrial, comercial e de serviços: qualquer instalação, equipamento ou processo que, por seu tamanho, que não se enquadra como de porte artesanal ou doméstico.

c) Fonte móvel: qualquer instalação, equipamento ou processo natural em movimento, que libere ou emita matéria ou energia para a atmosfera.

d) Fonte pontual: qualquer instalação, equipamento ou processo natural ou artificial, estacionário, que libere ou emita matéria ou energia para a atmosfera de forma concentrado em ponto geográfico específico e bem delimitada em seu alcance.

e) Fonte potencialmente poluidora do ar: qualquer instalação, equipamento ou processo natural ou artificial que possa liberar ou emitir matéria ou energia para a atmosfera, de forma de causar poluição atmosférica. (Resolução SESMA, 2010)

A nível nacional destacam-se, pelas suas emissões, as Unidades Industriais e de Produção de Energia como a geração de energia elétrica, as refinarias, fabricas de pasta de papel, siderúrgicas, cimenteiras e indústrias químicas e de adubos.

A utilização de combustíveis para a produção de energia é responsável pela maior parte das emissões de SO_x e CO_2 contribuindo, ainda, de forma significativa para as emissões de CO e NO_x . O uso de solventes em colas, tintas, produtos de proteção de superfícies, aerossóis, limpeza de metais e lavanderias é responsável pela emissão de quantidades apreciáveis de Compostos Orgânicos Voláteis.

Existem outras fontes poluidoras que, em certas condições, se pode revelar importantes, tais como: a queima de resíduos urbanos, industriais, agrícolas e florestais, feita muitas vezes, em situações incontroladas. A queima de resíduos de explosivos, resinas, tintas, plásticos, pneus é responsável pela emissão de compostos perigosos.

Os fogos florestais são, nos últimos anos, responsáveis por emissões significativas de CO_2 .

O uso de fertilizantes e o excesso de concentração agropecuária são os principais contribuintes para as emissões de metano, amoníaco e N_2O .

As indústrias de minerais não metálicos, a siderurgia, as pedreiras e áreas em construção, são fontes importantes de emissões de partículas.

As fontes móveis, sobretudo os transportes rodoviários, são uma fonte importante de poluentes, essencialmente devido às emissões dos gases de escape, mas também como resultado da evaporação de combustíveis. São os principais emissores de NO_x e CO , importantes emissores de CO_2 e de COV, além de serem responsáveis pela emissão de poluentes específicos como o chumbo.

A tabela 1 mostra os principais poluentes atmosféricos e seu efeito.

Poluente	Fontes	Processos	Efeito
Óxidos de Enxofre (SOx)	Antropogênicas	Combustão (refinarias, centrais térmicas, veículos diesel) Processos Industriais	Afeta o sistema respiratório Chuvas ácidas Danos em materiais
	Naturais	Vulcanismo Processos biológicos	
Óxidos de Azoto (Nox)	Antropogênicas	Combustão (veículos e indústria)	Afeta o sistema respiratório Chuvas ácidas
	Naturais	Emissões da vegetação	
Compostos Orgânicos Voláteis (COV)	Antropogênicas	Refinarias Petroquímicas Veículos Evaporação de combustíveis e solventes	Poluição fotoquímica Incluem compostos tóxicos e carcinogênicos
Monóxido de Carbono (CO)	Antropogênicas	Combustão (veículos)	Reduz a capacidade de transporte de oxigênio no sangue
	Naturais	Emissões da vegetação	
Dióxido de Carbono (CO2)	Antropogênicas	Combustão	Efeito de estufa
	Naturais	Fogos florestais	
Chumbo (Pb)	Antropogênicas	Gasolina com chumbo Incineração de resíduos	Tóxico acumulativo Anemia e destruição de tecido cerebral
Partículas	Antropogênicas	Combustão Processos industriais Condensação de outros poluentes Extração de minerais	Alergias respiratórias Vetor de outros poluentes (metais pesados, compostos orgânicos carcinogênicos)
	Naturais	Erosão eólica Vulcanismo	
CFC's e Halons	Antropogênicas	Aerossóis Sistemas de refrigeração Espumas, sistemas de combate a incêndios	Destrução da camada de ozônio Contribuição para o efeito de estufa

Tabela 1- Principais poluentes atmosféricos (In:

http://www.achetudoeregiao.com.br/ANIMAIS/poluicao_no_ar.htm> 2010)

2.1.1– Legislação.

O Art. 1º resolução do CONAMA nº 257, de 30 de junho de 1999 mostra que as pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, necessárias ao funcionamento de quaisquer tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, móveis ou fixos, bem como os produtos eletro-eletrônicos que as contenham integradas em sua estrutura de forma não substituível, após seu esgotamento energético, serão entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializam ou à rede de assistência técnica autorizada pelas respectivas indústrias, para repasse aos fabricantes ou importadores, para que estes adotem, diretamente ou por meio de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada. (CONAMA Resolução, 2010).

Parágrafo Único. As baterias industriais constituídas de chumbo, cádmio e seus compostos, destinadas a telecomunicações, usinas elétricas, sistemas ininterruptos de fornecimento de energia, alarme, segurança, movimentação de cargas ou pessoas, partida de motor diesel e uso geral industrial, após seu esgotamento energético, deverão ser entregues pelo usuário ao fabricante ou ao importador ou ao distribuidor da bateria, observado o mesmo sistema químico, para os procedimentos referidos. (CONAMA Resolução, 2010).

A resolução Nº 257 de 30 de junho de 1999 cita no seu art. no art. 8º fala que ficam proibidas as seguintes formas de destinação final de pilhas e baterias usadas de quaisquer tipos ou características: queima a céu aberto ou em recipientes, instalações ou equipamentos não adequados, conforme legislação vigente;

No art. 12 os fabricantes e os importadores de pilhas e baterias descritas no art. 1º ficam obrigados a, no prazo de vinte e quatro meses, contados a partir da vigência desta Resolução, implantar os sistemas de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final, obedecida a legislação em vigor.

No Art. 14 sobre a reutilização, reciclagem, tratamento ou a disposição final das

pilhas e baterias abrangidas por esta resolução, realizadas diretamente pelo fabricante ou por terceiros, deverão ser processadas de forma tecnicamente segura e adequada, com vistas a evitar riscos à saúde humana e ao meio ambiente, principalmente no que tange ao manuseio dos resíduos pelos seres humanos, filtragem do ar, tratamento de efluentes e cuidados com o solo, observados as normas ambientais, especialmente no que se refere ao licenciamento da atividade.

Parágrafo Único. Na impossibilidade de reutilização ou reciclagem das pilhas e baterias descritas no art. 1º, a destinação final por destruição térmica deverá obedecer as condições técnicas previstas na NBR - 11175 - Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos - e os padrões de qualidade do ar estabelecidos pela Resolução Conama nº 03, de 28 de junho de 1990.

A resolução nº 257 de 30 de junho de 1999 define no art. 15. Que compete aos órgãos integrantes do SISNAMA, dentro do limite de suas competências, a fiscalização relativa ao cumprimento das disposições desta resolução. O art.16 cita que o não cumprimento das obrigações previstas nesta Resolução sujeitará os infratores às penalidades previstas nas Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. (CONAMA Resolução, 2010).

A tabela 2 mostra os critérios para episódios agudos de poluição do ar.

Parâmetros	Níveis		
	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas totais em suspensão ($\mu\text{ g/m}^3$) - 24 h.	375	625	875
Fumaça ($\mu\text{ g/m}^3$) - 24 h.	250	420	500
Partículas Inaláveis ($\mu\text{ g/m}^3$) – 24 h.	250	420	500
Dióxido de enxofre ($\mu\text{ g/m}^3$) – 24 h.	800	1.600	2.100
Monóxido de carbono (ppm) - 8 h.	15	30	40
Ozônio ($\mu\text{ g/m}^3$) - 1 h.	400	800	1.000
Dióxido de nitrogênio ($\mu\text{ g/m}^3$) - 1 h.	1.130	2.260	3.000
SO ₂ X PTS ($\mu\text{ g/m}^3$)x($\mu\text{ g/m}^3$) - 24 h.	65.000	261.000	393.000

Tabela 2 - Critérios para episódios agudos de poluição do ar. Resolução CONAMA nº 3, de 28/06/90

Para estabelecer limites máximos de emissões de poluentes atmosféricos para fontes fixas, foi criada a resolução nº 382, de 26 de dezembro de 2006, onde consta no anexo VIII limites de emissão provenientes de processos de fusão secundária de chumbo p(CONAMA Resolução, 2010).

O anexo VIII da resolução nº 382 do CONAMA relata sobre os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de fusão secundária de chumbo, ficam aqui definidos os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de fusão secundária de chumbo e os limites de emissão para poluentes atmosféricos gerados em processos de fusão secundária de chumbo. (CONAMA Resolução, 2010).

Na tabela 3 estão definidos os limites de emissões para poluentes atmosféricos gerados em processo de recuperação de chumbo.

Processo	MP	SO_x (como SO₂)	PB
Recuperação de chumbo	50 mg/m ³	500mg/m ³	5mg/m ³
Refino de chumbo	N.A	N.A	0,2mg/m ³
Produção de óxido de chumbo	N.A	N.A	5mg/Kg
Produção de grades para baterias	N.A	N.A	0,4mg/m ³
Linha de produção e montagem de bateria	N.A	N.A	1mg/m ³
Preparo da massa	N.A	N.A	1mg/m ³
Empastamento	N.A	N.A	1mg/m ³
Moinho de óxido	N.A	N.A	1mg/m ³
Produção de sais de chumbo	N.A	N.A	1mg/m ³
Soldas de chumbo	N.A	N.A	1mg/m ³
Banhos de chumbo	N.A	N.A	0,2mg/m ³
* N.A (não aplicável)			

Tabela 3 - Limites de emissão para poluentes atmosféricos gerados em processos de recuperação de chumbo. Resolução Conama nº 382, de 26/12/2006.

As emissões secundárias provenientes das operações de carregamento e vazamento dos fornos deverão ser captadas e encaminhadas para o equipamento de controle de poluição atmosférica, por meio de um sistema de ventilação local exaustora, incluindo-se as mesmas como emissões da recuperação de chumbo.

O lançamento de efluentes gasosos na atmosfera deverá ser realizado através de dutos ou chaminés, cujo projeto deve levar em consideração as edificações do entorno a fonte poluidora e os padrões de qualidade do ar estabelecidos. (CONAMA Resolução, 2010).

As emissões oriundas de duas ou mais operações (exceto para a unidade de produção de óxidos de chumbo) sejam captadas e conduzidas a um único sistema de controle, um limite de emissão equivalente deve ser determinado pela seguinte equação:

$$Le = \frac{\sum_{1}^{n} Q_n * L_n}{\sum_{1}^{n} Q_n}$$

Figura 1- Equação de limite de emissão

Sendo: Le = limite equivalente para chumbo nos gases de exaustão totais (mg/Nm^3 , base seca); L = limite de emissão de chumbo de cada corrente gasosa direcionada ao equipamento de controle (mg/Nm^3 , base seca); N = número total de correntes direcionadas ao equipamento de controle; Q = vazão de cada efluente gasoso (condição normal, base seca) direcionado ao equipamento de controle.

Deverá ser realizado estudo de dispersão de poluentes para o chumbo, utilizando modelos de dispersão aceitos pelo órgão ambiental licenciador. A contribuição das fontes de poluição do empreendimento não deverá ultrapassar 50% do padrão de qualidade do ar.

Dada a complexidade do processo de fusão secundária de chumbo, é recomendado, a critério do órgão ambiental licenciador, que sejam feitas avaliações do teor desse metal tanto no ar quanto em amostras superficiais de solo.

Em função das características locais da área de influência da fonte poluidora sobre a qualidade do ar, o órgão ambiental licenciador poderá estabelecer limites de emissão mais restritivos, caso os valores ambientais encontrados não sejam considerados adequados e novos controles e limites de emissão deverão ser estabelecidos para cada fonte específica.

O decreto 50.753/2006 relatando sobre a linha de corte mostra em sua tabela as emissões de poluentes durante um ano, onde MP é a quantidade de material particulado, NO_x a quantidade de óxidos de nitrogênio, COVs é a quantidade de compostos orgânicos voláteis, SO_x é a quantidade de óxidos de enxofre e por último

a quantidade de monóxido de carbono, isso em toneladas por ano.

Poluente	Taxa Anual (T/ano)
MP	100
NO _x	40
COVs	40
SO _x	250
CO	100

Tabela 4 - Relação Poluente em toneladas por ano.

3 LAVADORES DE GÁS UTILIZADO NA RECICLADORA DE CHUMBO

O Lavador de gás opera pelo princípio de contato entre água que pode remover certos gases e também material particulado do fluxo de ar.

O tratamento de efluente gasoso é feito em duas etapas. Primeiro passo consiste em separar as partículas sólidas no filtro de mangas. O material particulado obtido nos filtros, denominado cinza, são enviados novamente ao forno para ser transformado em chumbo. A segunda etapa é a remoção dos gases tóxicos (CO_2 , NO_x e SO_x) feita no lavador de gás.

3.1 Utilização

A utilização de lavadores de gases vem sendo bastante ampliada nos últimos anos, devido ao fato de serem equipamentos que propiciam altas eficiências de separação numa ampla faixa granulométrica além de apresentarem poucas restrições operacionais.

Lavadores de gás operam pelo princípio que o contato com o líquido pode remover certos gases e também material particulado do fluxo de ar. Na verdade, pode ser possível empregar um líquido que reaja quimicamente com o contaminante e este se transforme em substância inofensiva.

Lavador de gás é o nome genérico de um equipamento de controle de poluição do ar, que usa o processo de absorção para separar o poluente de fluxo de gás. (CODOLO, 2008)

3.2 TIPOS UTILIZADOS NA RECICLAGEM DO CHUMBO

Ocorrem na maioria dos casos três tipos de lavadores de gases: contra corrente, cruzados e concorrentes, como mostra a figura 2.

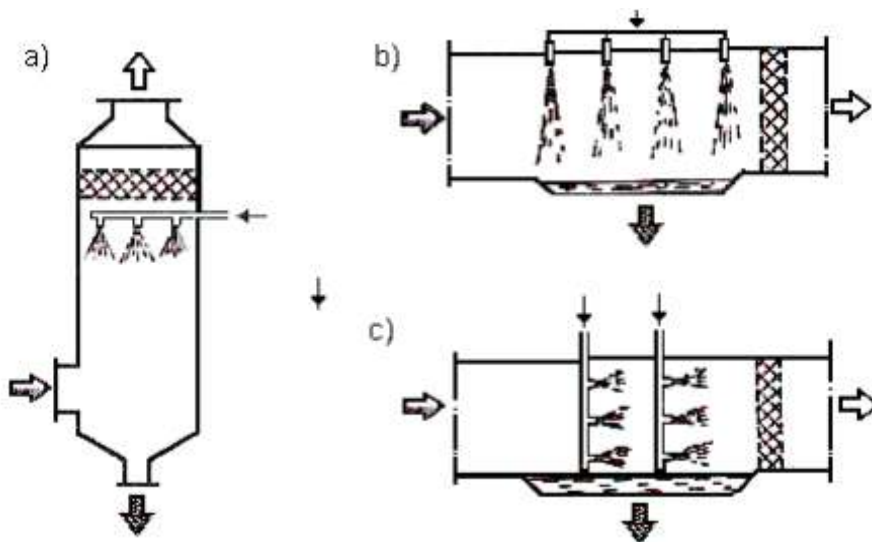


Figura 2- Configurações possíveis de lavadores de gases a) contra corrente b)cruzado e c) concorrente, em relação ao fluxo de gás.

Esses lavadores são utilizados desde 1900 e recebem maior atenção devida sua alta eficiência na remoção de particulados e seu baixo custo de construção e operação. Comercialmente pode-se encontrar uma grande variedade de lavadores de gás e podem ser classificados em três grandes grupos: torres de nebulização, torre recheada, torre ciclone, ciclone separador e lavadores Venturi.

A torre de nebulização é o tipo de equipamento mais simples utilizado na dessulfurização de gases. Consiste em uma torre cilíndrica oca e vazia, dispondo de um conjunto de bicos pulverizadores que distribuem o líquido absorvedor em gotas no seu interior, de forma que toda sua área seccional seja completada. Normalmente a entrada de água é em contracorrente com a entrada de gases na parte inferior. Suas principais limitações são a ocorrência de aglutinação e ou migração de gotas

em direção à parede, formando-se um filme líquido. Nos dois casos há redução na área de transferência. (CODOLO, 2008).

Há a tendência de a fase líquida no interior da coluna de absorção formar um filme nas paredes, deixando de escoar como gotas com o seu afastamento dos bocais de aspersão. Isso se deve à componente radial de sua velocidade, no referencial cilíndrico da coluna. O escoamento gasoso em sentido contrário pode provocar o desprendimento de parte desse líquido, fazendo-o voltar à configuração de gotas. Esse fato ocorre com maior frequência em velocidades maiores do gás (SADALA, 2008).

A torre de nebulização tem a função de proporcionar o contato entre as duas fases (líquida e gasosa). Dessa forma ocorre a transferência do SO_2 , da mistura de gases para o líquido absorvedor. O gás entra no estágio de absorção com pressão parcial de entrada, e deixa o equipamento com pressão parcial de saída. A temperatura na torre de nebulização é quase sempre constante, porém é necessário que essa temperatura não seja muito elevada, pois em condições extremas as gotículas poderão evaporar. O tempo de vida das gotículas é em função da umidade relativa e da temperatura do gás. Ele diminui com o diâmetro da gotícula, com a diminuição de umidade e com o aumento de temperatura do gás. Por exemplo, gotículas de água de diâmetro de 10 μm e umidade relativa de 90% têm tempo de vida de aproximadamente 1s. A temperatura na torre de nebulização vai depender principalmente do material (aço carbono, inox, polipropileno) que foi fabricada. (SADALA, 2008)

A torre recheada é o tipo mais usado de absorvedores de componentes gasosos utilizados. O líquido absorvedor é espalhado sobre o material do recheio que proporciona uma grande área de contato entre as duas fases. Os arranjos das fases podem ser em contracorrente ou co-corrente. A presença de material particulado pode ser um problema na operação de torres recheadas, devido à possibilidade de entupimento; no caso de utilização de dessulfurização de gases de combustão pode ser necessária a utilização de um dispositivo de coleta de partículas antes do lavador.

Torre ciclone é uma variação das torres de nebulização é a torre ciclone. O gás entra tangencialmente na parte inferior, seguindo uma trajetória ascendente em espiral e saindo por cima. A injeção do líquido absorvedor é feita no centro da torre ou na região axial através de um aspesor, seguindo uma trajetória radial ate a parede do equipamento, escorrendo então para a região do mesmo. Apresentam maiores coeficientes de transferência da massa do que a torres de nebulização de característica equivalente.

O contato entre o gás e líquido em torres ciclonicas envolve altas velocidades entre as duas fases e propicia altos coeficientes de transferência de massa, em comparação com absorvedores convencionais. As torres de ciclone se caracterizam por tempos de contato curtos e boa absorção em único estágio. A pulverização de gotas bem pequenas (em torno de 50 μm) resulta em uma combinação de grande área interfacial e alto coeficiente de transferência de massa (SADALA. 2008).

Ciclone separador, nele a corrente de gás carregada de partícula entra pela seção superior do corpo cilíndrico, tangencialmente ou através de uma entrada em voluta. O corpo cilíndrico induz a mistura de gases e partículas a um fluxo em vórtice rotativo descendente. A força centrífuga separa as partículas de poeira da corrente de gás, deslocando-as em direção a parede do cilindro e para a seção cônica abaixo até a saída, localizada até a seção inferior do equipamento, onde são coletadas em um equipamento específico. O gás, que também se desloca para baixo através das seções cônicas e cilíndricas, termina por entrar em um vórtice central ascendente, saindo do ciclone pelo tubo de saída de gases, localizado na parte inferior se estende ate o nível da entrada tangencial do ciclone.

A separação depende do arranjo da velocidade das partículas, determinado pelo tamanho, densidade e forma.

Embora ente os equipamentos disponíveis o ciclone predomine, devido ao seu custo relativamente baixo, sua eficiência é menor em relação a outras para partículas de diâmetros inferiores a 5 μm , restringindo sua aplicação a poeiras de granulométrica relativamente maior (SADALA. 2008).

Os lavadores de gás do tipo Venturi são equipamentos industriais que visam limpar a corrente gasosa antes de sua emissão a atmosfera, porém o lavador Venturi trabalha com um aumento da velocidade desta corrente em sua garganta a fim de aumentar a eficiência de coleta das partículas.

O lavador Venturi é exigido em casos onde a eficiência deve ultrapassar 90% para partículas de 1 μm e 100% para maiores de 50 μm . A composição deste lavador consiste num duto de seção transversal circular ou retangular, distinto em três partes: a seção convergente, onde ocorre à entrada da corrente gasosa e a aceleração do gás, a garganta onde o gás alcança sua maior velocidade e onde normalmente ocorre a injeção do líquido e a seção divergente, por onde saem às gotas e o gás limpo e nesta seção ocorre à recuperação parcial da queda de pressão (COSTA, 2008).

A corrente de gás contaminada com particulados passa pela seção convergente do lavador onde adquire aceleração e adentra a garganta atingindo uma velocidade entre 30 e 150 m/s. Na garganta do lavador é normalmente injetado o líquido de lavagem através de orifícios situados na parede do equipamento (COSTA, 2008).

Em contato com as gotas as partículas são coletadas por vários mecanismos, o mais evidente seria o de impactação inercial. Na seção divergente a corrente de gás e as gotas contendo as partículas são desaceleradas. A queda de pressão no Venturi é parcialmente recuperada. Logo após a limpeza do gás um separador centrífugo separa as gotas da corrente gasosa, deixando apenas o ar "limpo" ser emitido na atmosfera.

A eficiência de coleta de partículas no lavador Venturi é influenciada por vários fatores, tais como o tamanho da partícula, razão líquido gás, penetração do jato líquido, distribuição do tamanho de gotas líquidas, evolução das gotas ao longo do Venturi, distribuição das gotas em toda garganta, fração líquido que se deposita na parede na forma de filme, comprimento da garganta e a configuração geométrica do lavador (COSTA, 2008).

Monitorar, prevenir e controlar a poluição decorrente do funcionamento das

indústrias é hoje um grande desafio para os engenheiros, empresários, governos e comunidade científica. A monitoração dos poluentes emitidos a atmosfera pelas chaminés industriais constitui importante informação para avaliar um projeto de despoluição e a descrição da situação atual ambiental desta indústria. Estes dados compõem um inventário importante para a adequação e o gerenciamento ambiental desta empresa. O crescimento econômico dos países emergentes é efetivo na questão ambiental e precisa-se dimensionar o potencial de crescimento de consumo de matéria prima e energia e as emissões de poluentes. Tornar o crescimento econômico sustentável é um objetivo complicado quando se deseja crescer e reduzir emissões industriais concomitantemente (COSTA, 2008).

Figura 3 mostra a torre de nebulização e torre recheada.

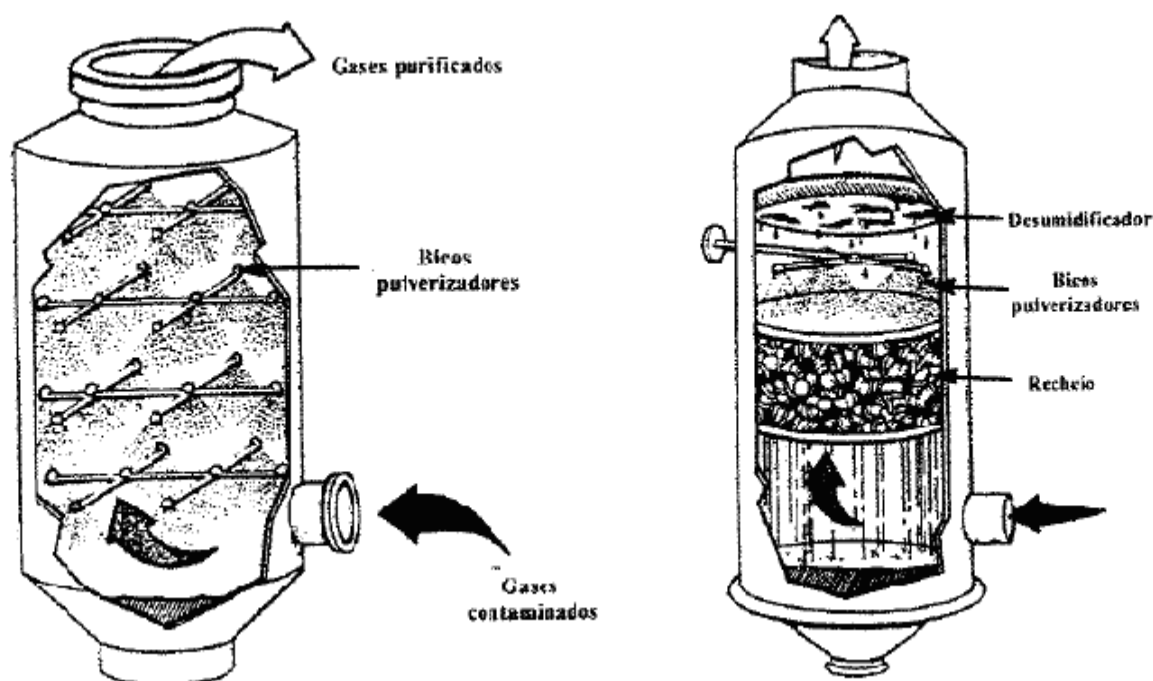


Figura 3 – Torre de Nebulização e Torre Recheada.

Figura 4 mostra o Lavador Venturi.

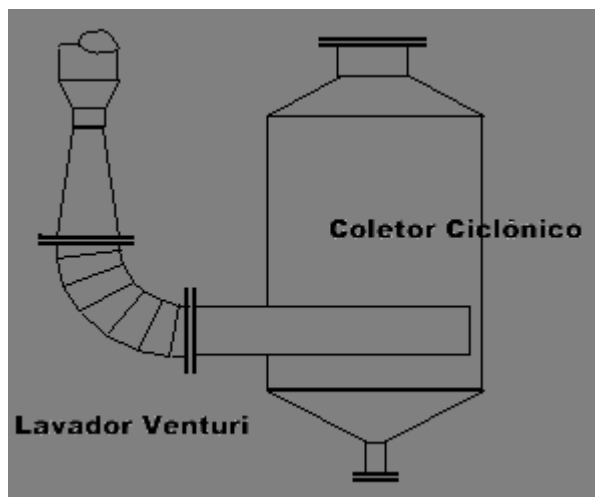
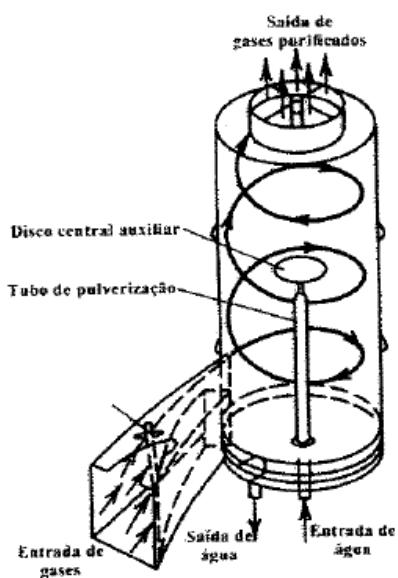
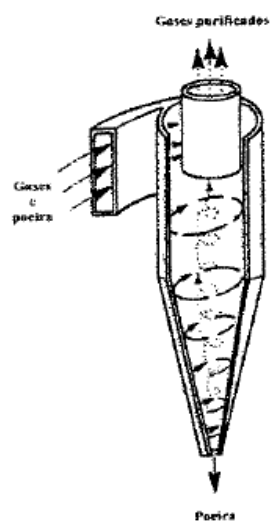


Figura 4 - Lavador Venturi.

Figura 5 mostra a Torre Ciclone e o Ciclone Separador



(c) Torre Ciclone (Crocker & Schnelle Jr., 1984)



(d) Ciclone Separador (Mycocock et al., 1995)

Figura - 5 Torre Ciclone e o Ciclone Separador. (COSTA, M 2008).

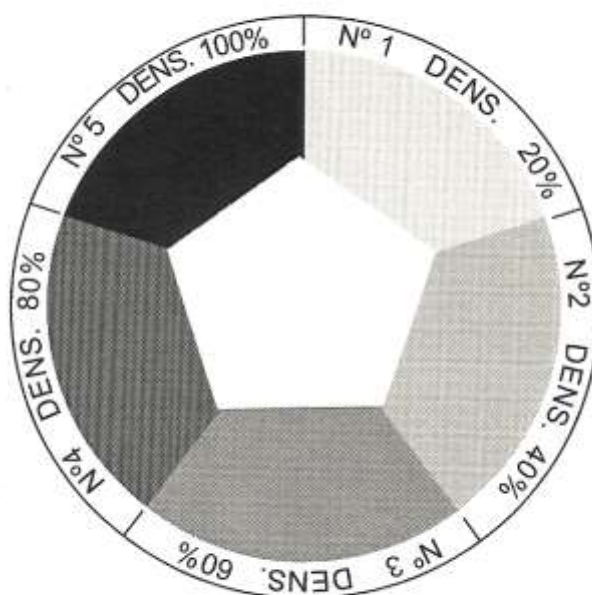
3.3 PARÂMETROS DE CONTROLE DA EFICÁCIA DOS LAVADORES

O objetivo do monitoramento de emissões de gases poluentes na atmosfera é o controle do processo poluidor, controle dos padrões de emissão, controle da eficiência de um equipamento, comparação de métodos diferentes de medição, calcular fatores de emissão, testar a consequência causada pela mudança de um processo e avaliar a formação de poluentes dentro do processo (COSTA, 2008).

Existem muitos equipamentos e técnicas para monitoramento das emissões, como por exemplo, a Escala de Ringelmann e o Coletor Isocinético.

A Escala de Ringelmann, Figura 6 é uma escala gráfica para avaliação colorimétrica de densidade de fumaça, constituída de seis padrões com variações uniformes de tonalidade entre o branco e o preto.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
CETESB
COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL



CARTÃO - ÍNDICE DE FUMAÇA
TIPO RINGELMANN REDUZIDO

INSTRUÇÕES DE USO

- 1º Posicione-se de costas para o sol e segure o cartão com o braço totalmente estendido.
- 2º Compare a fumaça (vista pelo orifício) com o padrão colorimétrico, determinando qual a tonalidade da escala que mais se assemelha com a tonalidade (densidade) da fumaça.
- 3º Para a medição de fumaça emitida por veículos, o observador deverá estar a uma distância de 20 metros a 50 metros do tubo de escapamento a ser observado.
- 4º Para a medição de fumaça emitida por chaminés, o observador deverá estar a uma distância de 30 metros a 150 metros da mesma.



Figura 6 - Escala de Ringelmann. (Monitoramento Atmosférico, 2010)

Para descobrir se a chaminé está emitindo fumaça acima do permitido, utiliza-se a Escala de Ringelmann e compara-se com padrões estabelecidos pela legislação ambiental. (Monitoramento Atmosférico, 2010).

O Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos, Figura 7, ou amostrador isocinético, amostra uma quantidade de material particulado suspenso em uma corrente gasosa, sem a separação mecânica do material particulado. Este tipo de equipamento pode realizar a amostragem de outros poluentes como o dióxido de enxofre. (Monitoramento Atmosférico, 2010)



Figura 7 - Coletor Isocinético de Poluentes Atmosféricos.

Como exemplo de equipamentos para monitoramentos das emissões tem-se o Hi-Vol e as estações de monitoramento. O Hi-Vol ou Amostrador de Alto Volume,

Figura 8, coleta partículas através de um filtro após longos períodos de coleta.



Figura 8 - Equipamento Hi-Vol.

As Estações de monitoramento da qualidade do ar, Figura 9, contemplam um conjunto de equipamentos para monitoramento de diferentes poluentes (ex. material particulado, CO, NO_x, SO_x, HC, O₃) assim como sensores para monitoramento de condições atmosféricas (ex. velocidade do vento, radiação solar). (Monitoramento Atmosférico, 2010)



Figura 9 - Estação fixa para monitoramento da qualidade do ar.

A Petrobrás foi a primeira empresa a implantar uma unidade móvel de monitoramento da qualidade do ar. A estação custou R\$ 1 milhão, funciona 24 horas por dia e tem capacidade para analisar a radiação solar, os índices pluviométricos, temperatura, umidade atmosfera e as condições do vento, A primeira cidade a receber essa unidade móvel foi Itaboraí/RJ.



**Figura 10- Unidade móvel de monitoramento da qualidade do ar –
PETROBRÁS.**

4. EDUCAÇÃO AMBIENTAL – CUIDADOS COM O CHUMBO.

Exposição Ambiental ao Chumbo aumentou bastante após o processo de industrialização e o aumento da mineração. É uma exposição maior que de outros elementos da natureza. Globalmente, calcula-se que cerca de 300 milhões de toneladas de chumbo já foram expostas no meio ambiente durante os últimos cinco milênios, especialmente nos últimos 500 anos. Após o advento do automobilismo, no início do século XX, aumentou-se bastante a exposição de chumbo devido ao seu uso junto com o petróleo.

O consumo de chumbo aumentou significativamente nos países em desenvolvimento entre 1979 e 1990. Atualmente, a contaminação de chumbo nas águas, solo e ar continua significativa. Calcula-se que a concentração de chumbo no sangue era até 500 vezes menor nos seres humanos da era pré-industrial.

O chumbo no meio ambiente tem diferentes formas de intoxicação, aguda que geralmente tem sua fonte facilmente detectável, a exposição prolongada deve-se a várias fontes – petróleo, processos industriais, tintas, soldas em enlatados, canos de água, ar, poeira, sujeira das ruas e vias, solo, água e alimentos.

O chumbo proveniente do petróleo é o maior contribuinte para a exposição corpórea e a maior forma de distribuição do metal no meio ambiente. Daí contamina-se o solo, ar e água. É um grande problema ambiental que somente recentemente tem sido valorizado pelos países em desenvolvimento.

A contaminação ocupacional é ainda algo comum, manifestando-se de diversas maneiras. Algumas profissões têm um risco muito maior: montagem de veículos, montagem e recuperação de baterias, soldagem, mineração, manufatura de plásticos, vidros, cerâmicas e indústrias de tintas, oficinas de artesanato. Há várias situações em que o local de trabalho é a própria casa o que leva a exposição às crianças e vizinhança. Legislações rigorosas têm sido seguidas nos países ricos há algum tempo, o que não ocorre nos países do terceiro mundo, onde várias regiões

podem estar sendo expostas devido a fábricas sem uso de proteção ambiental.

A exposição ao chumbo em países desenvolvidos é um problema que tais países tentam diminuir no uso de chumbo principalmente no petróleo, nos últimos anos. A concentração sanguínea de chumbo nos cidadãos diminuiu drasticamente nos últimos 20 anos. Nos EUA, essa diminuição foi de 78%. Programas de prevenção à exposição ao chumbo estão tendendo a focalizar em crianças moradoras de casas antigas, provenientes de minorias de baixa renda. Outros países onde também houve essa diminuição foram a Alemanha, Bélgica, Nova Zelândia, Suécia e Inglaterra.

Já em países em desenvolvimento a exposição ao chumbo tende a ser um problema para a saúde pública nesses países, com várias formas de exposição. Na América Latina, a exposição é pequena através de tintas, mas é grande através de cerâmicas. A exposição por diversas fontes parece ser até mais importante do que pelo petróleo, especialmente na população pobre – mineração, fábricas de baterias, artesanato, fundições.

Países como Jamaica e Albânia tiveram suas populações expostas (residentes de áreas perto de fábricas) estudadas tendo sido demonstrado uma concentração sanguínea duas vezes maior do que as pessoas não expostas. A China também contribui com dados parecidos, sendo que houve grande número de crianças com taxas sanguíneas altas mesmo morando longe de fábricas, o que sugere ser devido à exposição ao petróleo (combustíveis) que tem grande quantidade de chumbo naquele país. No México, o risco de exposição ao chumbo esteve relacionado com o tipo de cerâmica utilizada para o preparo da alimentação, concentração de chumbo do ar devido à emissão por veículos e na sujeira e poeira com as quais as crianças têm contato. A África tem um petróleo com as maiores concentrações de chumbo do planeta. O nível de chumbo no solo também é grande. A exposição às crianças é um problema sério de saúde pública, que está relacionado com o nível cultural dos pais e a situação sócio-econômica. Na Tailândia, após a retirada do chumbo dos combustíveis, houve uma melhora importante nas concentrações atmosféricas locais <<http://boasaude.uol.com.br/lib/ShowDoc.cfm?LibDocID=3859>>.

4.1 Elemento químico chumbo.

O chumbo é encontrado na natureza, contido no minério chamado galena, na forma de sulfeto de chumbo. Além da galena (PbS), o chumbo elementar pode também ser obtido a partir de outros minérios, chamado cerusita (PbCO₃) e anglesita (PbSO₄) (MACHADO. 2008).

Entre algumas propriedades físico-químicas do Chumbo, cita-se maleabilidade, baixo ponto de fusão, resistência à corrosão, boa condutividade elétrica e longo tempo de vida útil que lhe conferem vantagens quando comparado a outros metais e o torna adequado para a indústria.

O chumbo é um elemento encontrado na natureza desde a formação da terra, juntamente com outros minerais tais como o zinco, prata e cobre. Quantidades menores de outros elementos são encontradas, algumas vezes, juntamente com minério de chumbo, inclusive o ouro. A extração do metal contido na galena é feita através de processos físicos e termoquímicos, o tratamento do minério chumbo é realizado concentrando o mineral e fundindo-o em um forno com fluxo de ar, em presença de rocha calcária e carvão. A partir daí o chumbo é refinado, processo esse que consiste na remoção de outros metais que possam estar misturados ao chumbo fundido (MACHADO, 2008).

Ele pertence ao grupo IV B da tabela periódica e de número atômico 207, o chumbo é um elemento que quando puro se apresenta na cor branco-prateada ou cinza-azulada. Em contato com o ar se oxida rapidamente adquirindo coloração cinza-escuro, pela qual é geralmente reconhecido. A camada superficial de óxido protege o metal de oxidações posteriores.

Este metal é insolúvel em água, com exceção das águas contendo nitratos e sais de amônia, sua solubilidade em ácidos diluídos é baixa, porém é rapidamente atacado pelo ácido nítrico, dissolve-se em ácidos fortes concentrados a quente, sendo resistente ao ácido sulfúrico. No entanto é facilmente solubilizado pela maioria dos

ácidos orgânicos como, por exemplo, o ácido acético. Quando aquecido, o chumbo combina-se diretamente com outros elementos químicos com o enxofre, o selênio e o telúrio. A tabela 5 apresenta as principais propriedades físico-químicas do chumbo metálico. (MACHADO. P, 2008)

Propriedade	Valor ou Característica
Peso Atômico	207,2g
Ponto de Fusão	600 K
Ponto de Ebulição	2043 K
Gravidade Específica	
20°C (293 K)	1,135 x 10 ⁴ Kg/m ³
327°C sólido (600 K)	1,1 x 10 ⁴ Kg/m ³
327°C líquido (600 K)	1,067 x 10 ⁴ Kg/m ³
Calor Específico	130 J (Kg.K)
Calor Latente de Fusão	2,5 x 10 ⁴ J/Kg
Calor Latente de Vaporização	5,6 x 10 ⁴ J/Kg
Pressão de vapor	
980°C	1,3 x 10 ² Pa
1160°C	1,33 x 10 ³ Pa
1420°C	1,333 x 10 ⁴ Pa
1500°C	2,67 x 10 ⁴ Pa
1600°C	5,33 x 10 ⁴ Pa
Condutividade Térmica	
28°C	34,7 W (m.K)
100°C	33,0 W (m.K)
327°C	30,5 W (m.K)
Coefficiente de Expansão	
Linear, a 20°C	1,0659 x 10 ⁻⁷ K ⁻¹
Tensão de Superfície a 360°C	442 N/m
Solubilidade em Água	Insolúvel
Solubilidade em Ácidos Inorgânicos	Pouco Solúvel
Solubilidade em Ácidos Orgânicos	Solúvel

Tabela 5- Principais propriedades físico-químicas do chumbo metálico.

O chumbo na forma mineral está geralmente associado a outros minerais, especialmente cobre (Cu), arsênio (As), antimônio (Sb), enxofre (S) e prata (Ag). Quando ligado a pequenas quantidades desses ou de outros metais, apresenta maior dureza e, conseqüentemente, maior aproveitado para os processos industriais.

As formas combinadas de chumbo podem ser classificadas em quatro grupos gerais que são: chumbo orgânico, óxidos de chumbo, sulfetos de chumbo e outros saem de chumbo (MACHADO. 2008).

O chumbo orgânico: são compostos orgânicos de chumbo caracterizado por pelo menos uma ligação carbono-chumbo. Os chumbos orgânicos mais utilizados pela indústria foram o tetrametilchumbo (TML) e o tetraetilchumbo (TEL), os quais eram adicionados a gasolina, funcionando como aditivos antidetonantes. Com a substituição destes aditivos por outros menos poluentes como álcool, os compostos de chumbo orgânicos caíram praticamente em desuso, tendo apenas alguma aplicação em combustíveis para aeronaves.

Os óxidos de chumbo: compreendem um grupo de compostos formados por monóxido de chumbo (PbO), dióxido de chumbo (PbO₂), tetraóxido de chumbo (PbO₄), óxido cinza (70% PbO/ 30% Pb⁰), titanato de chumbo (PbTiO₃) e zirconato de chumbo (PbZrO₃).

Sulfetos de chumbo (PbS) é um mineral preto e opaco, ele é semicondutor, possui boa condutividade térmica e é usado em células fotoelétricas, cerâmicas e detectores de radiação infravermelha.

Sais de chumbo são formados por uma enorme variedade de combinações. Em geral eles são pouco solúveis temos o carbonato de chumbo básico [Pb(OH)₂.2PbCO₃], o sulfato de básico [Pb(SO₄).PbO], o silicato de chumbo básico [3PbO.SiO₂], o cromato de chumbo [PbCrO₄], o borato de chumbo [PB(BO₂)₂H₂O] e geralmente de chumbo [PbO.GeO₂] (MACHADO. 2008).

4.2 – Aplicações do chumbo

Há mais de 4000 anos o chumbo tem sido utilizado pelo homem na confecção de diversos artefatos como armas e utensílios domésticos. Inicialmente, as minas de

chumbo eram exploradas para a obtenção de prata, uma vez que a galena ou sulfeto de chumbo possui 1,5% de prata. O antigo povo romano fabricava tubos de chumbo para transporte de água, jarros e copos (MACHADO. 2008).

Apesar de ser empregado em diversos produtos, seu uso está predominantemente concentrado em um único tipo de aplicação, que é a bateria de chumbo-ácido, as quais são utilizadas em veículos, centrais telefônicas e processos industriais onde o fornecimento ininterrupto de energia é imprescindível (MACHADO. 2008).

O chumbo tem sido um metal essencial na fabricação de produtos utilizados pelo homem. Na forma de ligas e compostos, por exemplo, o chumbo é empregado na fabricação de produtos de alta tecnologia, bem como de baterias, tintas e corantes, cerâmicas, cabos e munição (MACHADO. 2008).

Além de ser usado como matéria prima, o chumbo é muito importante nos processos de soldagem. Na forma de ligas, composta geralmente por dois ou três metais, serve como elemento de adesão de superfícies. Na indústria eletrônica, além de promover a adesão a componentes à superfície de placas eletro-eletrônicos. Através desta dupla função, as soldas feitas com ligas contendo chumbo apresentam um papel essencial na exploração espacial, na conservação de energia e nas telecomunicações. Portanto, os materiais à base de chumbo estão facilitando o desenvolvimento de computadores hiper rápidos e televisores de alta definição, beneficiando também a tecnologia para confecção de tubos de raios catódicos usados em telas de televisores, computadores e radares.

O chumbo é um metal bastante versátil quando ao seu emprego em produtos industriais. Ele pode ser endurecido através da adição de outros metais e ser utilizado como liga metálica produzindo componentes, soldas e outros materiais. Além de ligas metálicas, vários compostos utilizando chumbo podem ser preparados e empregados na indústria química, cerâmica (MACHADO. 2008).

4.3 – Toxicologia do chumbo.

Uma substância tóxica só pode mostrar sua atividade fisiológica depois de penetrar nas células e se distribuir pelo organismo, no animal através da circulação sanguínea e no vegetal, através do fluxo da seiva. Portanto devem ser vencidas duas etapas: inicialmente as membranas que circulam qualquer célula e mais adiante todo o tecido, até atingir as vias de transporte citadas (MACHADO. 2008).

O chumbo nos seres vivos, o homem sempre teve contato com matérias contaminantes, pesquisas arqueológicas realizadas pela Inglaterra teve dados obtidos da exposição do homem ao chumbo em diferentes períodos da história, os cientistas analisaram materiais recolhidos das costelas de esqueletos humanos do período neolítico até os anos oitenta e fixaram como 1 o nível de exposição do primeiro período. O estudo revelou que na idade do ferro a exposição relativa era de 3,5; no período romano atingiu 7,0; na era medieval chegou a 13,0; nos séculos XVIII e XIX caiu para 10 e nos anos oitenta diminuiu para 4.

O nível de contaminação dos alimentos produzidos próximo às regiões industriais é afetado pelas características das indústrias existentes. Relativamente ao chumbo e seus compostos, que são por exemplos de contaminação industrial, observa-se que à medida que se afasta das fontes de contaminação, as concentrações de chumbo encontradas nos alimentos tendem a diminuir (MACHADO. 2008).

Nos vegetais, a carga de contaminantes existente é gerada através da captação do metal pelas raízes. Como chumbo não tem grande capacidade de migrar no interior das plantas, estas absorvem pequeno teor de chumbo. Medidas indicam que um aumento de dez vezes no conteúdo de chumbo no solo dobra a concentração do metal nas plantas. Fatores como altos pHs, maiores conteúdos de material orgânico e fosfatos no solo contribuem para a baixa absorção de chumbo pelas plantas. Os vegetais podem ainda, além da contaminação interna, receber depósito superficial de material finamente particulado, a lavagem dos vegetais bem como o cozimento pode remover de 32 a 98% do chumbo depositado. (MACHADO. 2008).

Na tabela 6 estão os limites máximos de chumbo em alimentos vegetais para consumo humano.

Alimento	“In Natura” (mg/Kg)	Industrializado (mg/Kg)
Raízes e Tubérculos.	0.50	0,50
Cereais.	0,50	0,50
Hortaliças.	0,50	0,50
Leguminosas.	0,50	0,50
Frutas (exceto sucos, néctares, cristalizados ou glaciados).	0,05	0,50
Sucos e néctares de frutas.	_____	0,04
Frutas cristalizadas	_____	1,00
Oleaginosas	0,20	0,20

Tabela 6 – Limite Máximo de chumbo em alimentos vegetais, Segundo ANVISA Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965.

Para os animais de corte, há uma correlação positiva entre a concentração de chumbo nos tecidos e nos alimentos, a distribuição desse metal nos animais é associada ao metabolismo do cálcio, isto é, o chumbo tende a se depositar nos ossos e, a não ser em situações especiais de contaminação, os níveis observados nos tecidos são quase sempre baixos, nesses casos em que carnes com ossos são assadas, evidencia-se pequena migração de chumbo dos ossos para a carne (MACHADO. 2008).

Na tabela 7 estão os limites máximos de chumbo em carnes para consumo humano.

Alimentos	“In Natura” (mg/Kg)	Industrializados (mg/Kg)
------------------	----------------------------	---------------------------------

Carnes	0,50	1,00
Aves	0,20	1,00
Pescado	2,00	2,00
Leite	0,05	0,05
Derivados de leite	—	—
Queijo	—	1,00
Manteiga	—	0,10
Outros	—	0,20
Ovos	0,10	0,20

Tabela 7 – Limites máximos de chumbo em carnes para consumo humano, Segundo ANVISA Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965.

Estudo realizado em exposição ocupacional de trabalhadores de chumbo causa um declínio progressivo na memória, na aquisição de conhecimentos e nas habilidades motoras durante as duas décadas que se seguem a exposição. A avaliação de trabalhadores expostos mostrou que suas idades aparentes eram cinco anos a mais que suas idades reais, estes trabalhadores tiveram uma exposição média de oito anos e foram avaliados 16 após a interrupção da exposição. Diferenças significativas entre os trabalhadores que sofreram exposição e os que não sofreram foi detectada através dos seguintes testes: construção visual, aquisição de novos conhecimentos, memória visual, habilidade organizacional e destreza manual, estes trabalhadores também desenvolveram, de três a quatro vezes mais rápidas, o mal de Alzheimer (MACHADO. 2008).

O chumbo pode penetrar de diversas maneiras no organismo animal, as principais vias são a respiratória e a oral, o chumbo pode também ser absorvido pela pele e

músculos, porém com menor relevância.

A via respiratória é a mais importante, o chumbo e seus compostos são introduzidos na forma de vapores, fumos ou poeiras. Estima-se que entre 39 e 47% do chumbo inalado fique retido nos pulmões. As partículas com diâmetro menor que um micron podem alcançar facilmente os alvéolos pulmonares, uma parte desta partícula é englobada pelos fagócitos presentes na região onde a partícula se alojou e daí removidas até o epitélio ciliado de onde alcançam a faringe sendo expectoradas ou deglutidas. O chumbo deglutido pode ainda ser absorvido no trato intestinal. Outra parte transpassa a membrana do alvéolo caindo na corrente sanguínea, onde é absorvida. As partículas de chumbo inorgânico são mais difíceis de serem absorvidos, já os derivados orgânicos cruzam rapidamente a membrana alveolar.

Por outro lado, a via oral adquire importância na introdução do chumbo quando é considerada a ingestão de alimentos, água ou bebidas contaminadas com o metal, o homem ingere diariamente 300 miligramas de chumbo através dos alimentos e de 10 a 100 miligramas de chumbo através dos alimentos através da água. O chumbo é absorvido no intestino delgado, sendo que a quantidade absorvida varia de acordo com a idade. Cerca de 5 a 10% de chumbo ingerido é absorvido pelo adulto, enquanto que a criança ate 50% da dose introduzida pode ser absorvida (MACHADO. 2008).

Estudos indicam três grupos de órgãos onde o chumbo se deposita no corpo animal: Primeiro grupo: representado pelo sangue e alguns órgãos parenquimatosos de troca rápida como o pulmão e fígado, nesse órgão o chumbo retido possui tempo de meia-vida de 35 dias;

No segundo grupo: representado pelos tecidos moles que são os músculos, com tempo de meia vida de 40 dias;

No terceiro grupo: representado pelos ossos, com o tempo de meia-vida de cerca de 20 anos.

O chumbo segue o movimento do cálcio no organismo. Aproximadamente 94% se deposita nos ossos no formato de fosfato de chumbo ($PbPO_4$). Além dos ossos, o

nível de chumbo mais elevado é na aorta, fígado e rim. É a demanda de fosfato que rege a deposição de chumbo nos tecidos, ou seja quanto maior a quantidade de fosfato maior será a concentração de chumbo nos ossos, e quanto menor a quantidade de fosfato disponível maior será a concentração de chumbo nos tecidos moles. Durante o crescimento do homem o chumbo pode se depositar ainda nos dentes, nos cabelos, e nas epífises dos ossos longos.

No trabalhador exposto ao chumbo, a concentração do metal nos ossos aumenta progressivamente no decorrer da exposição em contraste com os tecidos moles, os quais não mostram alteração significativa nos teores de chumbo após a segunda década de vida. Portanto o chumbo no esqueleto reflete a exposição por longo tempo. Já o chumbo encontrado em tecidos moles e fluidos, com a preservação do esqueleto, reflete uma exposição recente, dos tecidos moles o fígado e os rins são os mais atacados. Nos tecidos, o chumbo pode formar compostos covalentes com diversos radicais de enzimas, proteínas e outras moléculas (MACHADO. 2008).

O depósito de chumbo no organismo interfere em vários processos orgânicos como, por exemplo, no equilíbrio dos eletrólitos sanguíneos (Na, K, Ca e P), no metabolismo de minerais (Zn, Cu, Mn, Al, e Si), na utilização de vitaminas (B₁, PP e B₁₂), na produção de hormônios (tiroxina), no metabolismo de aminoácidos e outros. A figura 10 apresenta um esquema da toxicocinética do chumbo como contaminante no organismo humano (MACHADO. 2008).

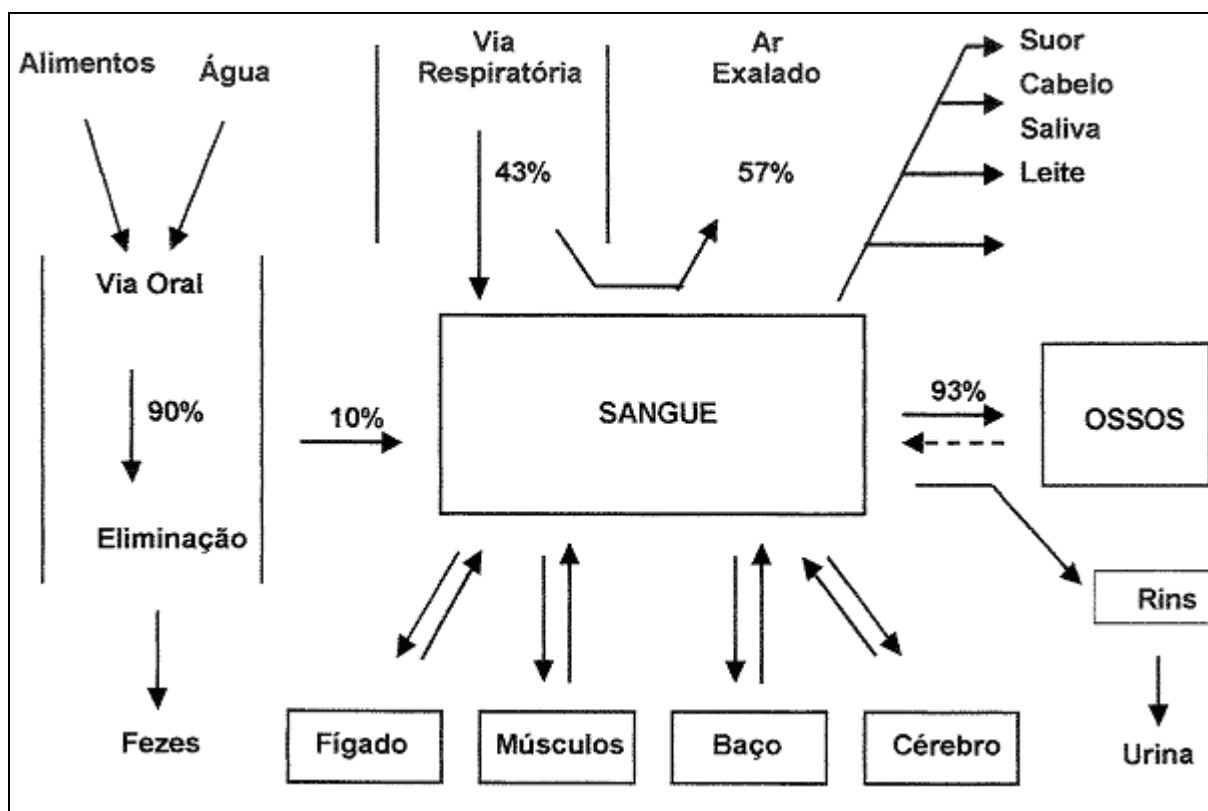


Figura 11 – Toxicocinética do Chumbo.

A eliminação do chumbo pode ser eliminada por todos os tipos de excreção animal, as principais vias são a urinária 78% e a fecal 16%, seguido do leite 1% e cabelos, suor, unhas, e outras vias 8%.

A intoxicação por chumbo tem sido objeto de preocupação, estudo e observação da área médica. A intoxicação por metais é classificada conforme a natureza de exposição existe a exposição a curto e longo prazo, Tanto uma como a outra causam uma serie de síndromes.

Síndrome astênica: constituída de fadiga, dores de cabeça, insônia e dores musculares, paralisia dos músculos tensores sem envolvimento sensorial.

Síndrome encéfalo-polineurítica (encefalopatia): compreende alterações sensoriais e perceptuais e das funções psicomotoras. São perceptíveis pela disfunção motora e visual, verbal, lentidão em testes de desempenho, diminuição das funções de memória.

Síndrome hematológica: aparecimento de anemia hipocrômica moderada.

Síndrome renal: proteinúria (perda de proteínas através da urina), diminuição da eliminação da uréia e do ácido úrico podendo provocar gota (cristalização de ácido úrico em articulações) em adultos e alterações arterescleróticas.

Síndrome do trato gastrointestinal: em caso de ingestão ocasiona dores epigástricas e abdominais, vômitos, diarreias e deposição de Pb_2S nas gengivas. Provoca anorexia, dores espasmódicas difusas, constipação intestinal persistente, orla gengival e sabor metálico persistente.

Síndrome cardiovascular: alterações no eletrocardiograma, hipotonia ou hipertonia dos vasos sangüíneos, palidez facial, arteriosclerose precoce com alterações cerebrovasculares e hipertensão.

Síndrome hepática: interfere nos processos de biotransformação e causa hepatite tóxica (somente nas intoxicações severas).

Síndrome nervosa: fraqueza, convulsão, e como (podendo levar a morte em 2 ou 3 dias) (MACHADO. 2008).

5 METODOLOGIA.

5.1 Avaliação do lavador de gás.

5.2. Materiais

pHmetro digital Marconi (MA – 522), balança analítica Gehaka (BG – 1000), agitador de tubos Phoenix (AP – 56), dessecador, espectrofotômetro Hack (dr – 2000) e vidrarias em geral.

5.3. Reagentes

Hidróxido de sódio (normalidade 0,1), indicador fenolftaleína, sal ácido (240g de cloreto de sódio e 20mL de ácido clorídrico concentrado), cloreto de bário, solução de iodeto iodato de potássio, amido 0,1% e ácido clorídrico P.A (Synth).

5.4. Métodos

- a) Coleta da água do lavador de gases: Coletou-se 17 amostras de água. A amostra 1 estava no lavador sendo apenas corrigida o pH durante o processo. A amostra 2 é a mesma água da amostra 1 só que começava a ser tratada com cal. A amostra 3 é a água do processo de lavagem dos gases utilizada á 10 dias que foi tratada com soda em pó (NaOH) e com cal (CaO) para correção do pH.
- b) pH das amostras: Mediu-se em pHmetro digital aferido com tampão 4,0 e 7,0.
- c) Acidez total titulável (ATT): Mediu-se a acidez total titulável das 25 amostras através do método analítico do Instituto Adolfo Lutz (1985). Colocou-se 10mL da amostra em um Becker de 100mL e adicionou-se 5 gotas do indicador fenolftaleína, em seguida titulou-se com hidróxido de sódio 0,1N até o aparecimento da coloração rósea e anotou-se o volume de hidróxido de sódio gasto. O cálculo forneceu a acidez da amostra em porcentagem.

$$A = \frac{V \times F \times 10}{M}$$

Onde:

A = acidez da amostra em %

V= volume (mL) de hidróxido de sódio 0,1N gasto na titulação,

F = fator de correção da solução de hidróxido de sódio 0,1N (1,0250).

M = volume da amostra (10mL).

d) Densidade: Determinou-se a densidade das 3 amostras. Pesou-se em uma balança analítica 100mL da amostra contida em um balão volumétrico de 100mL tarado. O cálculo determinou a densidade em g/mL através da massa da amostra em função ao seu volume.

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Massa}}{\text{Volume}}$$

e) Análise de sólidos totais: Determinaram-se os sólidos totais das amostras por método gravimétrico. Colocou-se um cadinho de alumínio por 15 minutos na estufa de 105°C, em seguida levou-o para o dessecador por 10 minutos. Pesou-se o cadinho tarado e colocou-se 50mL da amostra homogeneizada. Deixou-se o cadinho com a amostra em uma estufa de ar forçado por 20 horas, em seguida transferiu-se o cadinho para a estufa de 105°C por mais 15 minutos. Logo após, levou-se o cadinho para o dessecador e deixou-o lá por 15 minutos e depois se pesou o cadinho. O aumento de peso em relação ao peso do cadinho vazio corresponde aos sólidos totais, e o resultado é expresso em mg/L.

$$\text{Sólidos Totais} = \frac{\text{Peso final} - \text{Peso inicial} \times 1.000.000}{\text{Volume da amostra}}$$

f) Análise de sulfito: Analisou-se sulfito nas amostras por meio de titulação iodométrica. Transferiu-se 50mL da amostra para um erlemeyer de 250mL, juntamente com 1mL de ácido clorídrico P.A e 1mL de amido 0,1%. Em seguida titulou-se com solução de iodeto iodato de potássio até o aparecimento da coloração azulada. O cálculo forneceu a quantidade de sulfito presente na amostra em mg/L.

$$\text{Quantidade de sulfito mg/L} = \text{Volume gasto de solução} \times 10$$

g) Análise de sulfato: Determinou-se sulfato nas amostras pelo método turbidimétrico por espectrofotômetro. O método baseia-se na precipitação de sulfato por cloretos de bário, em meio ácido. Diluiu-se as 3 amostras nas seguintes proporções (amostra 1 e 3: 1mL para 100mL e amostra 2: 1mL para 50mL). Transferiu-se uma alíquota de 50mL da amostra já diluída para um tubo de ensaio e adicionou-se junto à amostra 10mL de sal ácido e uma pitada de cloreto de bário. Agitou-se em um agitador de tubos e deixou-se a solução em repouso por 5 minutos. Em seguida realizou-se a leitura no espectrofotômetro em 420nm. O cálculo que indica a quantidade de sulfato na amostra em mg/L, é uma relação entre o fator da curva padrão de sulfato, a absorbância e a diluição da amostra em mL.

$$\text{Quantidade de sulfato mg/L} = \text{Fator da curva} \times \text{absorbância} \times \text{diluição}$$

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A única maneira que as recicladoras de baterias dispõem para avaliar a eficiência dos lavadores de gás é análise anual dos gases eliminados pela chaminé, conforme preconiza Resolução Conama nº 382, de 26/12/2006. (CONAMA, 2006)

Como o objetivo deste trabalho é avaliar a eficiência do tratamento de efluentes gasoso dos lavadores de gás da reciclagem de baterias, foram retiradas amostras em um período de oito dias e em um determinado intervalo de horas para que fossem feitas se possível as análises no momento em que a amostras fossem retiradas.

O tratamento do efluente com cal resulta em uma água com alto teor de sólidos dissolvidos além de cor (Apolinário 2009), conforme ilustra a figura 12.

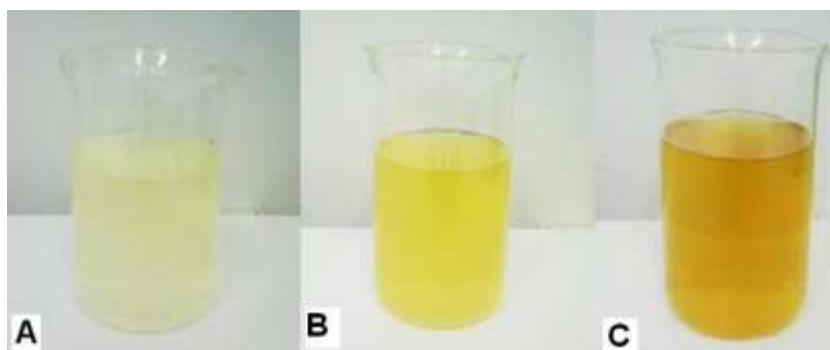


Figura 12 – A - amostra tratada com soda; B amostra começando a ser tratada com cal e C amostra tratada com soda e cal.

Na figura 13 são amostras do lavador de gás coletadas em condições de horário e amostras diferentes e tratadas com soda.



Figura 13 – Amostra 0: água da lagoa; Amostra 1: água com adição de soda; Amostra 24: água do lavador de gás.

A amostra 0 é da água da lagoa utilizada no lavador de gases sem a adição de soda, a amostra 1 é água após a adição de 200Kg de soda, a amostra 24 é água do lavador de gás sem adição de soda.

Pode se notar nas figuras 12 e 13 a diferença entre as amostras tratada apenas com a soda, figura 13, mais límpida e menor quantidade de sólido. As amostras tratadas com soda e cal, figura 12.

A determinação de pH e acidez das amostras foram feitas com o objetivo de comprovar a acidez da água do lavador de gás. Embora determinar o pH seja um método fácil e rápido podendo ser realizado no próprio local de tratamento da água, a acidez fornece um dado mais preciso com relação à concentração de ácido formado no processo. As duas medidas foram feitas a fim de verificar se a medição do pH poderia ser utilizada como parâmetro de monitoramento do processo.

Na tabela 8 estão os resultados das amostras que foram coletadas entre os dias 11/06 ao dia 16/06/2010. Os parâmetros de pH e acidez estão respondendo ao incremento de ácido na água. A análise de acidez apresenta oscilações para valores, nas amostras 10 e 13 o pH é igual 2,9 e a acidez da amostra 10 é 3,2% enquanto na amostra 13 a acidez é 1,3%. Os demais parâmetros apresentam coerência com o pH. A análise de acidez é feita por meio de titulação É pelas

amostras apresentarem uma cor amarelada no qual dificulta a visualização no ponto de viragem da titulação fazendo com que ocorram possíveis erros. Mas pode ser usado também a titulação potencio métrica para corrigir o erro de titulação.

Amostra	Data	Hora	pH	Acidez (%)	Sulfato (g/L)	Sólidos Totais (g/L)	Densidade (g/mL)
1	11/jun	11:00	8,9	0,0	45	53	1,05
2	12/jun	06:00	2,8	1,0	25	63	1,05
3	12/jun	09:00	2,5	2,2	14	65	1,05
4	12/jun	14:00	2,6	2,7	9	63	1,06
5	13/jun	09:00	2,5	2,5	24	71	1,05
6	14/jun	08:00	2,5	2,5	22	85	1,07
7	14/jun	09:00	2,7	2,4	23	86	1,07
8	14/jun	13:00	2,7	2,4	33	116	1,07
9	14/jun	17:00	2,4	2,3	41	85	1,06
10	15/jun	08:00	2,9	3,1	29	99	1,09
11	15/jun	11:00	3,2	2,4	38	95	1,08
12	15/jun	14:00	2,9	1,3	34	99	1,09
13	15/jun	15:00	9,9	0,0	49	114	1,08
14	15/jun	20:00	2,7	4,6	44	120	1,09
15	16/jun	07:00	3,1	4,2	31	113	1,09
16	16/jun	08:00	5,9	0,7	39	127	1,10
17	16/jun	10:00	7,3	0,3	51	108	1,09

Tabela 8- Resultados das Amostras.

Os gases tóxicos ao serem lavados são transformados em ácido. O principal formador de ácido neste processo é o enxofre que teoricamente na queima do forno se transforma em SO_x e ao passar pelo lavador poderia se transformar em ácido sulfúrico ou ácido sulforoso. Segundo, Apolinário 2009, todo o enxofre é transformado em ácido sulfúrico e confirmado pela determinação de sulfato. Este fato foi confirmado, pois assim como o autor, o resultado da determinação de sulfito foi ausente para todas as amostras.

Portanto a análise importante para determinar a eficiência do processo de lavagem dos gases em recicladoras de baterias é a análise do sulfato. Tal análise é de tamanha importância porque é possível saber quanto em massa de SO_4 foi formado em um determinado volume, que no primeiro estágio de lavagem está em forma de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Sabendo que todo sulfato determinado provém da reação da água com SO_x é possível verificar a eficiência da lavagem.

Outras análises que tem por objetivo avaliar a eficiência dos lavadores de gases de reciclagem de baterias, uma delas é a análise da densidade. Através da densidade, é possível saber a concentração de ácido e sais dissolvidos na amostra. É uma análise simples, rápida e muito realizada pelas indústrias. Outra análise simples, porém demorada, que também pode fazer parte da metodologia para verificar a eficiência dos lavadores de gases, é a análise de sólidos totais. Os sólidos totais representa o produto formado da reação entre SO_x e água (que forma H_2SO_4), e do produto formado na neutralização com NaOH (Na_2SO_4).

Os resultados de sólidos totais acompanham os resultados de densidade, e é possível através deles ter uma noção de quanto sal está sendo formado no processo de neutralização.

Tendo em vista os resultados apresentados vimos que as análises de sólidos totais e densidade foram as que atenderam o esperado acompanhando seus resultados conforme é possível ver na tabela. Vendo que com o tempo que a água fica no processo do lavador de gás maior será a quantidade de gases que irá entrar em

contato com a água assim aumentando o material particulado e conseqüentemente os valores de densidade e sólidos totais.

A análise de sulfato foi a que teve maior variação isso pode ser por conta de ter sido necessário fazer diluições assim dando erro nas análises e por conta de esta metodologia ser utilizada para análise em águas isso faz com que ela não seja eficiente para ser utilizada em efluentes após a passagem pelo lavador de gás. Sendo assim esta metodologia não é eficiente para analisar águas de efluente de bateria.

7 CONCLUSÃO

A eficiência do lavador de gases foi medida através da determinação do pH, acidez, sólido totais, sulfato e densidade. Conclui-se que a análise de pH e densidade permite um acompanhamento simples e eficiente do processo de tratamento dos efluentes gasoso pelo lavador do gás.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APOLINÁRIO, K. M., SANTOS, N. J. Utilização do lavador de gases no processo industrial de reciclagem de chumbo. TCC apresentado no curso de graduação de Química Industrial da Fundação Educacional do Município de Assis, 2009.

Contaminação de alimentos pelo chumbo Disponível em: ANVISA Decreto nº 55.871, de 26 de março de 1965.

CODOLO, C. M. Estudo Teórico e Experimental de uma Torre de Nebulização para absorção de SO₂. Dissertação de mestrado acadêmico apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica 2008.

COSTA, M. A. M Controle da Emissão de Poluente Particulado Emitido Pela Queima de Biomassa Usada Como Combustível XXXI Congresso Interamericano AIDIS 2008.

Conselho Nacional do meio Ambiente. Resolução nº382, de 26 de dezembro de 2006. Disponível em:
http://www.metaquimica.com.br/Legislacao/CONAMA%20382_Gases.pdf.
Acesso em 29 Jun. 2010.

Conselho Nacional do meio Ambiente. Resolução nº382, de 26 de dezembro de 2006. Disponível em:
http://www.metaquimica.com.br/Legislacao/CONAMA%20382_Gases.pdf.
Acesso em 29 abr. 2010.

MACHADO, P. I. Avaliação Ambiental do Processo de Reciclagem de Chumbo. Dissertação de mestrado apresentada à comissão de Pós Graduação da

Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas como requisito para obtenção do título de Mestre Engenharia Mecânica 2008.

Monitoramento de Poluentes Atmosféricos. Disponível em:

<http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/artigos/monitoramento_de_poluentes_atmosfericos.html>.

Acesso em: 06 abr. 2010.

Poluição do Ar. Disponível em:

< http://www.achetudoeregiao.com.br/ANIMAIS/poluicao_no_ar.htm> Acesso em: 14 mar. 2010.

RINO, F. A. C. Avaliação da Gestão Ambiental de Recicladoras de Baterias e Proposta de Nova Metodologia. Disponível em: <<http://www.cepis.ops-oms.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/bergh.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2010.

Resolução nº 257, de junho de 1999 – CONAMA. Disponível em: 14 mar. 2010.

Resolução SESMA nº 054/06: Disponível em: Acesso em 13 mar. 2010

SADALA, A. R. Estudo Experimental do Desempenho do Ciclone Lavador na Absorção de SO₂. Dissertação de mestrado apresentada à comissão de Pós Graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade Estadual de Campinas como requisito para obtenção do título de Mestre Engenharia Mecânica 2008.

WIKIPÉDIA. Desenvolvido pela Wikimedia Foundation. Apresenta conteúdo enciclopédico. <http://pt.wikimedia.org/wiki/Di%C3%B3xido_de_enxofre>. Acesso em: 29 abr 2010.