

# UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS À BASE DE RECICLAGEM DE PILHAS NA ÁREA TÊXTIL<sup>1 2</sup>

Adrielle Tamanini Campiotti<sup>3</sup>  
João Batista Giordano<sup>4</sup>

## RESUMO

Este trabalho é referente à pesquisa na área de química têxtil que procura mostrar as possibilidades de utilização de produtos à base de reciclagem de pilhas na área têxtil. Mostra a história da pilha, os tipos existentes e os seus funcionamentos, os impactos gerados com o descarte incorreto. Os processos de reciclagem de pilhas, as rotas existentes e as áreas de aplicação. Explica as características, formações e aplicações de produtos que possam ser utilizados na área têxtil.

**Palavras-chave:** Reciclagem de pilha ; Sustentabilidade ; Têxtil

## ABSTRACT

*This work is related to research in the field of textile chemistry which seeks to show the possibilities of use of products based battery recycling in the textile area. Shows the history of the stack, the existing workings and their types, the impact created by incorrect disposal. The process of recycling batteries, existing routes and areas of application. Explains the characteristic formations and products that can be used in textile field applications.*

**Keywords:** Battery recycling ; Sustainability ; Textile

## INTRODUÇÃO

A primeira pilha surgiu por volta de 1800, pelo cientista Alessandro Volta na tentativa de provar que o contato de diferentes metais podem conduzir energia, e que a mesma poderia ser aproveitada. A pilha foi batizada com este nome devido sua estrutura, onde os metais de espécies químicas eram empilhados um em cima do outro.

Hoje em dia, são comercializadas em torno de 1 bilhão de pilhas e 400 milhões de baterias por ano no Brasil, e este número tende a aumentar cada vez mais, sendo que 33% das pilhas consumidas são de origem ilegal, pois não estão dentro das normas estabelecidas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) no art.º 257. A decomposição de uma pilha leva em torno de 40 anos, não haveria riscos no descarte, se o aterro tiver estrutura para receber materiais como a pilha, porém no Brasil menos de 10% dos aterros estão adequados para receber estes tipos de materiais. Então, o descarte irregular das pilhas pode gerar impactos no ambiente e para a saúde.

No Brasil, menos de 1% de todas as pilhas comercializadas são recicladas, devido ao alto custo, em torno de R\$ 1.000,00 reais para se reciclar uma tonelada de pilhas. Também pela falta de maiores incentivos do governo, e mesmo que hoje exista uma facilidade maior para se encontrar postos de recolhimento, a demanda ainda é pouca.

Todas as pilhas recolhidas por uma transportadora legalizada são levadas a uma fábrica especializada em reciclagem de pilhas e lixos tecnológicos. O resultado de todos o processo de reciclagem são produtos à base de sais e óxidos de metálicos inofensivos, pronto para serem vendidos para a fabricação de cerâmicas, tintas, fogos de artifícios, vidros e outros produtos químicos.

Dentro destes sais e óxidos metálicos, quatro podem ser utilizados na indústria têxtil, nas áreas de acabamento, tinturaria e estamparias, que são:

- Óxido de Ferro;
- Sulfeto de Cádmiio;
- Bicarbonato de Sódio; e,
- Carbonato de Sódio (Barrilha).

## 1 SUSTENTABILIDADE

<sup>1</sup> Artigo baseado em Trabalho e Conclusão de Curso (TCC) desenvolvido em cumprimento à exigência curricular do Curso Superior de Tecnologia Têxtil, depositado no 2º semestre de 2014

<sup>2</sup> Depósito na Biblioteca em 29/12/2014

<sup>3</sup> Tecnólogo em Tecnologia Têxtil – Fatec Americana – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza ; Contato: adrielle\_campiotti@hotmail.com

<sup>4</sup> Prof. da.Fatec Americana - Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas ; Contato: jbgordano@uol.com.br

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

Estamos diante de um momento crítico na história da Terra, numa época em que a humanidade deve escolher o seu futuro. À medida que o mundo tornou-se cada vez mais interdependente e frágil, o futuro enfrenta, ao mesmo tempo, grandes perigos e grandes promessas. Para seguir adiante, devemos reconhecer que no meio de uma magnífica diversidade de culturas e formas de vida, somos uma família humana e comunidade terrestre com um destino comum. Devemos somar forças para gerar uma sociedade sustentável global baseada no respeito pela natureza, nos direitos humanos universais, na justiça econômica e uma cultura da paz. Para chegar a este propósito, é imperativo que, nós, os povos da Terra, declaremos nossa responsabilidade uns para com os outros, com a grande comunidade da vida, com as futuras gerações. (ONU apud MOURA 2008, p. 1)

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU) através da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), sustentabilidade é aquilo que atende às necessidades presentes sem comprometer a possibilidade de que as gerações futuras satisfaçam as suas próprias necessidades.

Trata-se de um conceito desenvolvido a partir do “Eco Desenvolvimento”, estudo proposto em 1970, por Maurice Strong e Ignacy Sachs, durante a primeira conferência da ONU sobre meio ambiente. Em 1987, houve a adoção do conceito desenvolvimento sustentável, criando-se um relatório com tais ideias: “*Our common future*” (Nosso futuro comum) por Gro Harlem Brundtland a então primeira ministra da Noruega e presidente da CMMAD. Este conceito foi definitivamente aceito em 1992 na ECO-92, uma conferência internacional, sediada pela ONU sobre meio ambiente.

O Projeto de Implementação Internacional (PII) apresenta quatro elementos principais do Desenvolvimento Sustentável:

- Sociedade: uma compreensão das instituições sociais e seu papel na transformação e no desenvolvimento;
- Ambiente: a conscientização da fragilidade do ambiente físico e os efeitos sobre as atividades humanas e as suas decisões;
- Economia: sensibilidade aos limites e ao potencial do crescimento econômico e seu impacto na sociedade e no ambiente, com o comprometimento de reavaliar os níveis de consumo pessoais e da sociedade; e,
- Cultura: é geralmente omitido como parte do Desenvolvimento Sustentável (DS). Entretanto, valores, diversidade, conhecimento, línguas e visões de mundo associados à cultura formam um dos pilares do DS e uma das bases da Educação para o Desenvolvimento Sustentável (EDS).

Conta-se que Mahatma Gandhi, ao ser perguntado se, depois da independência, a Índia perseguiria o estilo de vida britânico, teria respondido: “a Grã-Bretanha precisou de metade dos recursos do planeta para alcançar sua prosperidade; quantos planetas não seriam necessários para que um país como a Índia alcançasse o mesmo patamar?”

O desenvolvimento econômico é vital para os países mais pobres, mas não se deve adotar o mesmo caminho dos países industrializados. Mesmo porque não seria possível. Caso contrário seria necessário queimar 10 vezes a quantidade de combustíveis fósseis consumida atualmente e 200 vezes o consumo dos recursos naturais.

O crescimento econômico e populacional das últimas décadas tem sido marcado por disparidades no mundo todo. Embora os países do hemisfério norte possuam apenas um quinto da população do planeta, eles detêm quatro quintos dos rendimentos mundiais, e consomem 70% da energia, 75% dos metais e 85% da produção de madeira mundial.

## 2 PILHAS E BATERIAS

### 2.1 História da origem das pilhas

A primeira pessoa a estudar o processo de corrente elétrica foi o anatomista Luigi Galvani. Em 1786, enquanto estava dissecando uma rã sobre sua mesa, onde se encontrava uma máquina eletrostática, Galvani observou que todas as vezes que encostava a ponta do bisturi no nervo interno da coxa da rã, os músculos se contraíam. Ou seja, isso acontecia no momento em que os tecidos da rã eram tocados por dois metais diferentes, do bisturi e da mesa.

Galvani passou a defender uma teoria que tentava explicar esse fenômeno: a teoria da eletricidade animal. Segundo ele, os metais eram apenas condutores da eletricidade, que na realidade estaria contida nos músculos da rã.

Porém, sua teoria estava errada e isso foi visto pelo físico e cientista Alessandro Volta (1745-1827), que realizou vários experimentos e percebeu que quando a placa e o fio eram construídos com o mesmo metal, as contrações não apareciam, mostrando que não havia corrente elétrica. Assim, Volta passou a defender o conceito que permanece correto até hoje, de que a eletricidade não se originava dos músculos da

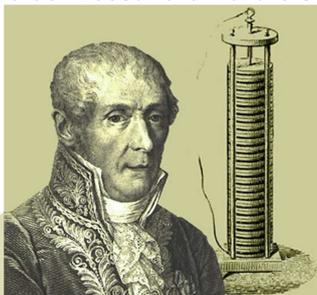
R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

ã, mas sim dos metais, que eram de espécies químicas diferentes, e os tecidos do animal que conduziam eletricidade.

Para provar que sua teoria estava correta, Volta construiu em 1800 a primeira pilha elétrica, um dispositivo que transformava energia química em energia elétrica, ou seja, uma reação de oxirredução entre diferentes metais que transferem elétrons uns para os outros, gerando uma corrente elétrica que podia ser aproveitada.

A invenção ficou conhecida como a Pilha de Volta, ou Pilha Voltaica, ou ainda Pilha Galvânica. Ela foi tão importante que Volta jurou fidelidade ao governo de Napoleão Bonaparte, e, em 1801, realizou uma demonstração a ele da pilha na Academia de Ciências de Paris. Além de ganhar uma medalha de ouro e um prêmio de 2000 escudos de ouro, foi nomeado senador do Reino da Itália em 1810, com o título de conde.

Figura 2: Retrato de Alessandro Volta e sua pilha voltaica



Fonte: Brasil Escola

## 2.2 Modelos de pilhas

### Pilha de Volta

Foi a primeira pilha elétrica a ser construída, seu circuito era formado por uma solução eletrolítica, ou seja, uma solução de íons dissolvidos, que foi chamada de “condutores úmidos” ou “condutores de segunda classe”, colocados em contato com dois eletrodos metálicos. Esses eletrodos, Volta nomeou de “condutores secos” ou “condutores de primeira classe”.

Figura 3: Pilha de Volta esquematizada



Fonte: Brasil Escola

O circuito da pilha elétrica construída com discos de cobre e zinco (condutores secos) intercalados entre si, e separados por um tecido embebido em ácido sulfúrico (condutor úmido). Uma corrente elétrica era gerada quando um fio condutor era ligado aos discos de cobre e zinco das extremidades. Dependendo dos metais que era utilizado, o fluxo da corrente poderia ser maior ou menor.

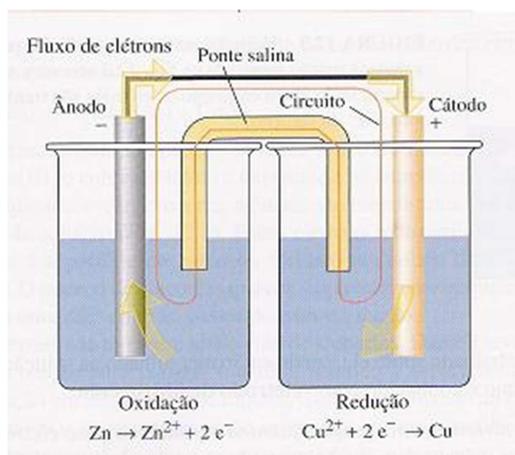
### Pilha de Daniell

John Daniell desenvolveu a primeira pilha eletroquímica que produzia uma corrente elétrica contínua, que se baseava na tendência de ceder e receber elétrons das espécies químicas. A Pilha de Daniell era construída com uma placa de zinco (Zn) em uma solução de sulfato de zinco ( $ZnSO_4$ ), e uma placa de cobre (Cu) mergulhada em sulfato de cobre ( $CuSO_4$ ). As placas eram ligadas por uma ponte salina ou uma parede porosa.

Os elétrons do zinco com o maior potencial de oxidação migram para os eletrodos de menor potencial de oxidação, que são de cobre. E a ponte salina tem função de manter estável a concentração de íons positivos e negativos, enquanto a pilha estiver funcionando.

Figura 4: Esquema da pilha de Daniell

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

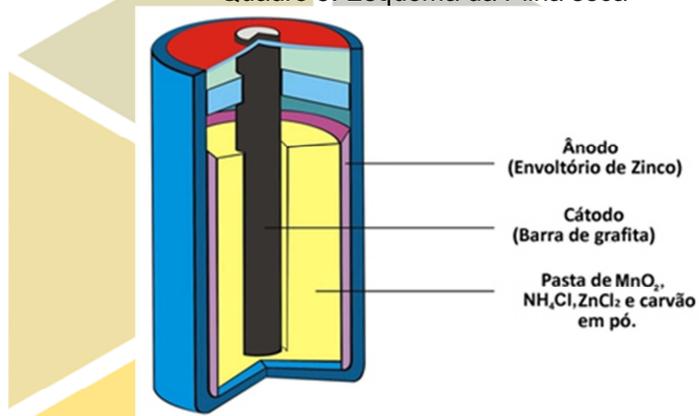


Fonte: Info Escola

### Pilha Seca

Também conhecida como pilha de Leclanché, ou pilha ácida, foi a primeira pilha a não utilizar soluções aquosas, como as pilhas de Daniell.

Quadro 5: Esquema da Pilha seca



Fonte: Brasil Escola

Formada por um envoltório de zinco que é isolada das demais espécies químicas que compõem a pilha por um papel poroso. O zinco forma o lado negativo da pilha, pois quando está no processo de oxidação, perde dois elétrons no eletrodo. O lado negativo da pilha é chamado de ânodo.

O lado positivo ou cátodo é composto por uma barra de grafita inserida no meio da pilha, envolvida por dióxido de manganês ( $\text{MnO}_2$ ), carvão em pó (C) e uma pasta úmida contendo cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), cloreto de zinco ( $\text{ZnCl}_2$ ) e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

A barra de grafita conduz os elétrons de zinco até o dióxido de manganês ( $\text{MnO}_2$ ), ocorrendo a redução do mesmo a Trióxido de Manganês ( $\text{MnO}_3$ ). A pasta úmida tem a função de ponte salina, permitindo a migração dos ânions hidroxilas ( $\text{OH}^-$ ) da grafita para o zinco.

### Pilha Alcalina

As pilhas alcalinas têm como base de funcionamento muito parecido com a pilha seca de Leclanché, a pilha comum. A diferença entre as duas consiste no fato de que a pilha de Leclanché ser ácida devido a hidrólise do cloreto de amônio ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ).

Já nas pilhas alcalinas o composto utilizado é o hidróxido de potássio (KOH) ou hidróxido de sódio (NaOH). Essa alteração faz com que a pilha dure mais, cerca de 5 a 8 vezes mais que a pilha de Leclanché. Isso se deve principalmente a três consequências do uso do hidróxido de potássio (KOH):

Quadro 6: Fatores que fazem uma pilha alcalina durar mais que uma de Leclanché

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

Como não tem cloreto de amônio, não haverá formação da amônia que se envolve no bastão de grafita, atrapalhando o trânsito dos elétrons e, conseqüentemente, diminuindo a voltagem da pilha;

O hidróxido de potássio tem maior condutividade elétrica que o cloreto de amônio;

O eletrodo de zinco sofre desgaste mais lento em meio básico.

Fonte: Mundo Educação

São pilhas mais seguras, pois, o eletrólito alcalino impede que ocorram reações quando não está sendo usado. As pilhas alcalinas pode ser de:

- Ferro – níquel;
- Prata – zinco;
- Mercúrio – zinco;
- Zinco – manganês; e,
- Níquel – Cádmiio.

#### Pilhas de lítio

As pilhas e baterias que utilizam lítio como principal condutor de corrente elétrica, possui uma característica o fato de ser um metal menos denso encontrado até hoje. O lítio possui apenas 3 prótons e 3 nêutrons, por isso, o fato dele ser tão leve.

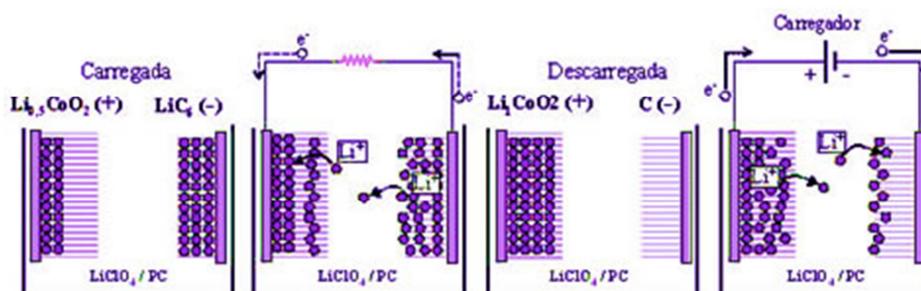
Existem dois tipos de pilhas lítio, que são denominadas de pilha lítio-iodo e as pilhas íons lítio. As pilhas lítio-iodo são usadas em marca-passos cardíacos, pois são muito leves, seguras devido a não liberação de gases tóxicos, prejudicando a saúde do indivíduo, além de durar cerca de 8 à 10 anos.

Os eletrodos são formados por camadas de lítio e um complexo de iodo, que são separados por uma camada cristalina de iodeto de lítio, que faz o papel de ponte salina, permitindo a passagem de correntes elétricas. O lítio metálico funciona como ânodo, ou seja, o lado negativo da pilha, que se oxida perdendo elétrons. E o complexo de iodo é o cátodo, o lado positivo que reduz recebendo os elétrons.

O outro tipo de pilha é os íons lítio, ela possui esse nome porque o seu funcionamento se baseia no movimento de íons lítio ( $\text{Li}^+$ ), os ânodos e cátodos são formados por átomos dispostos em planos como se fossem lâminas com espaços onde os íons de lítio se inserem.

O ânodo é formado por uma grafita envolvida com metal de cobre (Cu) e os íons se intercalam nos planos de estruturas hexagonais de carbono (C), formando uma substância  $\text{Li}^+\text{C}^6$ . E o cátodo é formado pelos íons lítios intercalados num óxido de estrutura laminar,  $\text{Li}^+\text{CoO}_2$ .

Quadro 7: Esquema do funcionamento da pilha de lítio



Fonte: Mundo Educação

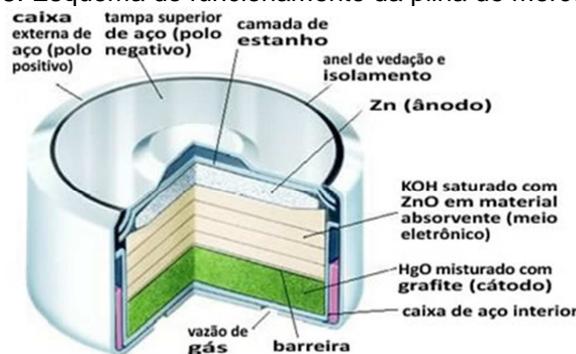
Pilhas e baterias que são de íons lítios possuem as características de serem recarregáveis, por isso basta usar uma corrente elétrica externa que provoca a migração dos íons lítios no sentido inverso, ou seja, do óxido para a grafita.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

### Pilhas de mercúrio

Hoje os aparelhos estão ficando cada vez menores e com isso surge a necessidade de pilha menores, como a de mercúrio-zinco.

Quadro 8: Esquema do funcionamento da pilha de mercúrio-zinco



Fonte: Mundo Educação

O ânodo da pilha de mercúrio é formado por uma cápsula de zinco metálico ( $Zn^{(s)}$ ), e o cátodo por um óxido de mercúrio II ( $HgO^{(s)}$ ). Os dois compostos químicos são transformados em pó e compactados para que a pilha fique o menor possível. O eletrólito é feito de uma solução de hidróxido de potássio saturado ( $KOH^{(aq)}$ ).

O zinco (Zn) se oxida, perdendo seus elétrons, que são doados para o óxido de mercúrio ( $HgO$ ). As pilhas de mercúrio são utilizadas em relógios digitais, relógios de pulso, máquinas fotográficas, calculadoras, agendas eletrônicas, aparelhos auditivos e outros aparelhos portáteis que exigem trabalho eficiente e durabilidade.

### 2.3 Consumos

Em 1980, a fabricação de pilha era 1,2 bilhões de unidades/ano. Foi o início do crescimento econômico desse ramo no mundo. Em 1994, apenas no Brasil era consumido cerca 680 milhões de unidade/ano de pilha zinco-carbono e 60 milhões de unidades/ano de pilhas alcalinas, nesse ano as pilhas alcalinas não eram tão populares. No Brasil houve um consumo de 85% da produção nacional de pilhas e baterias, sendo que 15% eram exportados, inclusive para Europa.

O mercado de pilhas e baterias sofreu um grande crescimento nas últimas décadas, movimentando nos dias de hoje bilhões de dólares em escala global. De 1990 à 1996, o mercado consumidor mundial de pilhas passou de 23 para 33 milhões de dólares.

A Associação Nacional Norte-Americana dos Fabricantes Elétricos (NEMA) estima que 3,25 pilhas zinco-carbono per capita são vendidas ao ano no Estados Unidos das América. Já as pilhas recarregáveis representam hoje 8% do mercado europeu de pilha e baterias, e o volume mundial vem crescendo cerca de 15% ao ano.

### 2.4 Impactos

Existem algumas substâncias químicas nas pilhas que podem ser potencialmente perigosas e prejudiciais ao organismo dos seres vivos. Especificamente, chumbo, cádmio e o mercúrio.

Essas substâncias químicas como o mercúrio podem provocar doenças neurológicas; o cádmio afeta a condição motora, assim como o mercúrio. Porém, não há registros de ocorrências sobre contaminação ou prejuízo à saúde, que esteja ligado ao uso de pilhas. Também não há ocorrências registradas de qualquer dano causado ao meio ambiente decorrente da deposição de pilhas em lixões.

Empresas como Duracell, Energizer, Eveready, kodak, Panasonic, Phillips, Rayovac e Varta, compõem o Grupo Técnicos de Pilhas da Associação Brasileira da indústria elétrica e eletrônica (ABINEE) que têm investido nos últimos anos somas consideráveis de estudos e recursos para minimizar ou eliminar estes materiais químicos das pilhas consumidas.

Hoje as empresas de pilhas já estão atendendo as exigências do artigo 6º da Resolução 257 do CONAMA que estabelece os níveis máximos que cada substancia química das pilhas podem atingir.

#### CONAMA 257

Art. 1º - As pilhas e baterias que contenham em suas composições chumbo, cádmio, mercúrio e seus compostos, destinados a quaisquer tipos de aparelhos, veículos ou sistemas, móveis ou fixos, que as requeiram para seu pleno funcionamento, bem como os produtos eletroeletrônicos que as contenham

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

integradas em sua estrutura de forma não substituível deverão, após o seu esgotamento energético, ser 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 este adotem, diretamente ou através de terceiros, os procedimentos de reutilização, reciclagem, tratamento ou disposição final ambientalmente adequada.

Art. 5º - A partir de 1º de janeiro de 2000, a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias deverão atender aos limites estabelecidos a seguir.

- I. Com até 0,025% em peso de mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;
- II. Com até 0,025% em de cádmio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;
- III. Com até 0,400% em peso chumbo, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;
- IV. Com até 25 mg de mercúrio por elemento, quando forem do tipo miniaturas e botão;

Art. 6º - A partir de 1º de janeiro de 2001, a fabricação, importação e comercialização de pilhas e baterias deverão atender aos limites estabelecidos a seguir:

- I. Com até 0,010% em peso mercúrio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;
- II. Com até 0,010% em peso de cádmio, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;
- III. Com até 0,200% em peso de chumbo, quando forem do tipo zinco-manganês e alcalina-manganês;
- IV. Com até 25 mg de mercúrio por elemento, quando forem do tipo miniaturas e botão;

Art. 13º - As pilhas e baterias que atenderem aos limites previstos no art. 6º poderão ser dispostas, juntamente com os resíduos domiciliares, em aterros sanitários licenciados.

Parágrafo Único – Os fabricantes e importadores deverão identificar os produtos descritos no *caput* desse artigo, mediante a aposição nas embalagens e, quando couber, nos produtos, de símbolos que permita ao usuário distingui-los dos demais tipos de pilhas e baterias comercializados.

#### **Efeitos do cádmio**

O cádmio é uma substância química muito utilizada em países industrializados, os maiores consumidores são os EUA, Japão, Bélgica, Alemanha, Grã-Bretanha e França, que corresponde 80% de todo o consumo mundial. É utilizado na fabricação de revestimento contra corrosão, pigmentos de tintas, estabilizante, além de ser elemento de liga para indústria eletrônica.

Os efeitos do cádmio em relação à saúde começaram a ser divulgados nos anos 40, mas, foi nos anos 60 que estudos foram intensificados devido a identificação de cádmio como a principal responsável pela Doença itai-itai. Essa doença atingiu várias mulheres japonesas que tinham sua dieta contaminada por cádmio. A meia-vida do cádmio em seres é de 20-30 anos, ele se acumula principalmente nos rins, no fígado, nos ossos, podem causar disfunções renais e osteoporose.

#### **Efeitos do mercúrio**

O mercúrio é um elemento químico natural que se encontra na natureza, pode ser encontrado no ar, na água e no solo em baixas concentrações. O mercúrio é único metal líquido à temperatura ambiente.

Consequentemente o mercúrio pode estar presente nas plantas, animais e tecidos humanos. Porém quando há uma concentração que exceda os valores que é o normal presente na natureza, há o risco de contaminação do meio ambiente e dos seres vivos, inclusive o homem.

Embora muitos fabricantes afirmem que não utilizam mercúrio como componente da pilha, a maioria das pilhas de zinco-carbono possui mercúrio em sua composição. Apenas alguns fabricantes atualmente têm encontrado formas de evitar o uso deste metal.

O mercúrio quando está sob a forma de vapor é facilmente absorvido pelas vias respiratórias e ou pela pele. O sistema nervoso é muito sensível a qualquer forma de mercúrio. Respirar vapores ou ingeri-lo é extremamente prejudicial, pois, atinge diretamente o cérebro, causando irritabilidade, timidez, tremores, distorções da visão e audição, e problemas na memória. Pode haver também, problemas nos pulmões, náuseas, vômitos, diarreia, elevação da pressão arterial, irritação nos olhos, pneumonia, dores no peito, dispneia, tosse, gengivite e salivação.

## **2.5 Reciclagens de pilhas**

### **Situação atual**

Atualmente no Brasil são comercializadas mais de 1 bilhão de pilhas e 400 milhões de baterias por ano no país, segundo dados da ABINEE. Assim, como essa grande quantidade consumida, há uma quantidade enorme de descarte de pilhas e baterias. E a maioria de pilhas que são descartadas vão para o lixo comum.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

Tal informação não deveria ser alarmante, já que, desde 2000 todas as pilhas produzidas no Brasil, possuem porcentagens mínimas ou quase nulas de metais pesados como cádmio, mercúrio e zinco, estabelecido pela resolução 257 do CONAMA. Pela lei, o perigo da poluição por metais pesados é mínimo, muitas fábricas afirmam que as pilhas usadas podem ser jogadas no lixo comum. O problema não são os descartes de pilhas nos aterros sanitários, mas, que apenas 10% de todos os aterros no Brasil, estão adequados para receber esse tipo de resíduo. Além disso, 33% de pilhas consumidas são “pilhas e baterias ilegais”, pois não seguem o padrão estabelecidos pela CONAMA, ou seja, cerca de 400 milhões de pilhas e baterias vêm de contrabando.

No Brasil, a reciclagem de pilhas e baterias, ainda é um ramo pouco explorado, apenas 6 milhões de pilhas e baterias, menos que 1% comercializado, é reciclado segundo a CONAMA. A única empresa no Brasil que realiza esse tipo de reciclagem, é a Suzaquim Indústria Química Ltda. que, tem como missão cooperar com a preservação de meio ambiente através do reprocessamento e da destinação final de resíduos industriais, pilhas, baterias e lixo tecnológico para a produção de sais e óxidos metálicos.

Há também outras empresas de baterias de celulares, por exemplo, que recolhem o material que foi descartado e enviam para recicladoras fora do Brasil.

#### **Recolhimentos de pilhas no Brasil em geral**

Hoje no Brasil há uma facilidade maior de encontrar posto de recolhimento de pilhas, exemplo, mercados, postos de gasolinhas, bancos e etc. Em 5 de novembro de 2010, iniciou-se a implantação do programa de Logísticas Reversa de pilhas e baterias de uso doméstico, conforme a resolução 401 da CONAMA. O programa prevê o recebimento, em todo o território nacional, das pilhas usadas, devolvidas pelo consumidor ao comércio, e seu encaminhamento, por meio de transportadora certificada, a uma empresa que faz a reciclagem desse material. (segundo a Abinee).

O objetivo da logística reversa é fazer com que esse material, sem condições de ser reutilizado, retorne ao seu ciclo produtivo ou para o de outra indústria como insumo, evitando uma nova busca por recursos na natureza e permitindo um descarte ambientalmente correto.

A empresa GM&C, contratada pelos fabricantes e importadores legais, que cuida do recolhimento de pilhas do programa de logística reversa, cumprindo inteiramente todas as exigências para o transporte dos produtos. É responsabilidade das empresas fabricantes e importadores arcar o custo do transporte de pilhas pós-uso recolhidas dos postos de coletas. As pilhas e baterias que são recolhidas dos postos, então sendo encaminhadas à empresa Suzaquim Indústria Química, e os custos desta destinação final também são arcados pelos fabricantes e importadores.

Os programas hoje dispõem de várias parcerias com o setor varejista, bancos (exemplo, o Banco Santander com o programa Papa-pilhas), só em 2011 contava com mais de mil postos de coleta espalhados por capitais e grandes cidades do país, atualmente a quantidade de postos aumentaram, para atender cada vez melhor a demanda. O processo abrange todos os tipos de pilhas e baterias de uso doméstico comercializadas no país. As pilhas das marcas que participam do programa e que fazem parte do grupo da ABINEE (Bic, Carrefour, Duracell, Energizer, Elgin, Kodak, Panasonic, Philips, Pleomax, Qualita, Rayovac e Red Force) seguirão todos os procedimentos.

#### **Rotas para o processo de reciclagem de pilhas**

Existem basicamente três tipos de rotas para o processo de reciclagem de pilhas: a rota minero metalúrgica, a rota hidro metalúrgica e a rota piro metalúrgica.

- **Rota minero metalúrgica:** é uma rota que separa os componentes utilizando operações unitárias de Tratamento de Minério, aplica-se principalmente para baterias industriais de grande porte. Inicialmente o produto de entrada passa por um processo de separação, ou seja, separar os materiais interesses do restante ou concentrar o mesmo, para que, posteriormente será recuperado por outro processo. Na maioria das vezes esse tratamento, é considerado a primeira etapa da reciclagem, ou seja, é o processo inicial da sucata para uma posterior reciclagem do produto. As operações da rota minero metalúrgica usam apenas mecanismos físicos, sendo assim, mais barata que outros processos. Assim, mesmo sendo limitadas quanto aos resultados, podem baratear substancialmente o custo de procedimento seguinte.
- **Rota hidro metalúrgica:** os processos de reciclagens dessa rota consistem basicamente em uma lixação dos resíduos mergulhados em uma solução com produtos ácidos ou básicos. Uma vez que mergulhados na solução, os metais podem ser recuperados por precipitação, ou seja, formando metais sólidos, de acordo com a variação do pH, dos reagentes utilizados, ou eletrólise. Um exemplo de processo hidro metalúrgico para a reciclagem de pilhas e baterias é o TNO da Holanda. A principal vantagem do processo hidro metalúrgico está no fato deste utilizar menor quantidade de energia durante o processo, mas ele gera resíduos que precisam ser tratados posteriormente.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

- **Rota piro metalúrgica:** este processo consiste no uso de alta temperatura para a recuperação dos materiais de interesse. É possível eliminar metais pesados, exemplo, o mercúrio (Hg), por descontaminação podendo recuperar o zinco (Zn) por destilação. E no caso das baterias de NiCd o cádmio pode ser também destilado. Exemplos de processos piro metalúrgico atualmente em operação no mundo são o Snam na França, o Sab Nife da Suécia e o Inmetco nos EUA. A vantagem desta rota em relação a hidro metalúrgica está no fato destes processos não gerarem resíduos perigosos que necessitem de tratamento para serem dispostos. A desvantagem é o consumo de energia, uma vez que são utilizadas temperaturas da ordem de 800 a 1000°C. A comparação energética em relação ao processo hidro metalúrgico não é simples, uma vez que, processos hidro metalúrgicos utilizam eletrólise para a recuperação dos metais e, portanto, consomem energia elétrica.

#### Processos de reciclagens

Atualmente existem vários processos consagrados para a reciclagem de pilhas e baterias no mundo. Alguns processos são especificados para apenas reciclagem de pilhas e baterias, outros são reciclados juntamente com outros tipos de materiais.

Alguns desses processos estão mencionados a seguir:

- **Sumitomo:** processo japonês, totalmente piro metalúrgico, de custo bastante elevado, que é utilizado na reciclagem de todos os tipos de pilhas.
- **Recytec:** processo suíço que combina piro metalúrgica, hidro metalúrgica e tratamento físico. É utilizado na reciclagem de todos os tipos de pilhas e também lâmpadas fluorescentes e tubos diversos que contenham mercúrio. O investimento deste processo é menor que o Sumitomo, entretanto os custos de operação são maiores.
- **Atech:** baseado em tratamento físico da sucata de pilhas e, portanto, com custo inferior aos processos hidro metalúrgico ou piro metalúrgicos, utilizado na reciclagem de todas as pilhas.
- **Snam-Savam:** processo francês, totalmente piro metalúrgico para a reciclagem de baterias de NiCd.
- **Sab-Nife:** processo sueco, totalmente piro metalúrgico para a reciclagem de baterias de NiCd.
- **Internacional Metal Reclamation Company (Inmetco):** processo norte americano da *The international Nickel Company (Inco)*, desenvolvido inicialmente com o objetivo de se recuperar poeiras metálicas provenientes de fornos elétricos. Entretanto, o processo pode ser utilizado para recuperar também resíduos metálicos provenientes de outros processos.
- **Waelz:** processo piro metalúrgico para a recuperação de metais provenientes de poeira. Basicamente o processo se dá através de fornos rotativos. É possível recuperar metais com Zn, Pb e Cd.
- **TNO:** processo hidro metalúrgico holandês para a reciclagem de pilhas e baterias. Este processo desenvolveu duas rotas de reciclagem, uma das pilhas de Zn-C e alcalinas e outra para a reciclagem de baterias NiCd.
- **Accurec:** processo piro metalúrgico alemão para a reciclagem de pilhas e baterias. Trata baterias de NiCd separadamente.

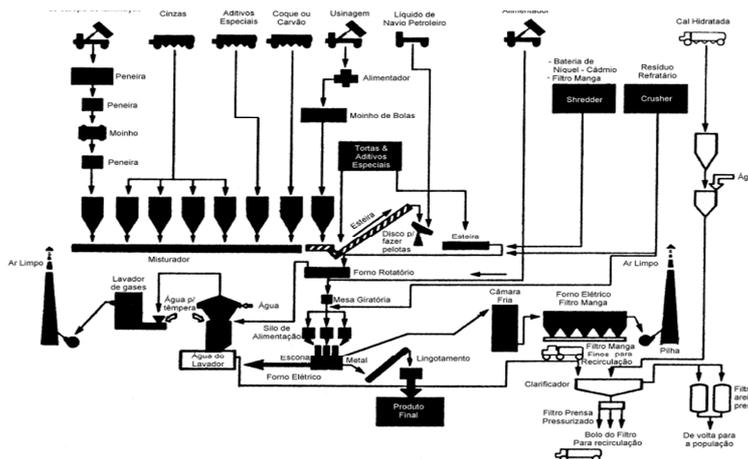
#### Processo de reciclagem Inmetco

O trabalho será realizado a partir do processo de reciclagem Inmetco, devido a sua maior abrangência de resíduos a serem utilizados e produtos finais.

O processo Inmetco surgiu inicialmente para recuperar ferro (Fe), zinco (Zn) e chumbo (Pb). O projeto consiste em fazer a pelletização dos resíduos, juntamente com um agente redutor a base de carbono. As pelotas autorredutoras são colocadas em forno de redução de soleira rotativa, onde as temperaturas podem chegar até 1350°C. As pelotas possuem diâmetro de cerca de 12 mm e a altura do leito do forno corresponde a três camadas de pelotas.

Quadro 9: Esquema do processo Inmetco

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------



Fonte: Reciclagem de baterias, análise da situação atual no Brasil

**Etapas da reciclagem por processo Inmetco**

- **Descarregamento, seleção e preparação:** depois de coletadas as pilhas e baterias, as mesmas são levadas à fábrica, onde serão selecionadas e separadas por semelhança de matéria-prima. Essa primeira etapa é muito importante que a separação seja feita corretamente, para que os materiais para que sejam destinadas para o grupo certo.

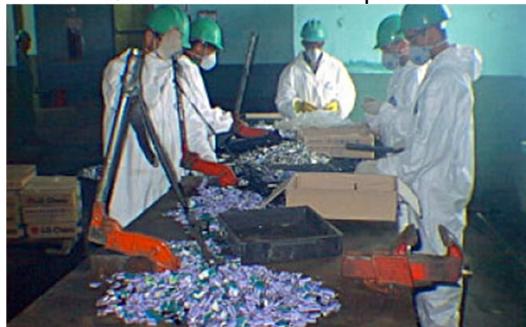
Quadro 10: Momento do descarregamento das pilhas.



Fonte: Ebah – Imagem cedida pela Suzuquim

- **Cortes de pilhas:** depois de selecionadas, começa o processo de separação da carcaça do restante das pilhas. Os materiais que não podem ser aproveitados durante o processo, são enviados as empresas especializadas, exemplo, reciclagem de plástico.

Quadro 11: Cortes de pilhas.



Fonte: Ebah – Imagem cedida pela Suzuquim

- **Moagens:** removida a carcaça de plástico, o material passa novamente por uma separação, onde será retirado metais com o aço, que não é possível ser reaproveitado durante o processo, então segue para outras empresas que reciclam o material. Depois o material restante é moído, é nesse processo que surge o pó químico.

Quadro 12: Maquinário que realiza a primeira moagem do processo de reciclagem.



Fonte: Ebah – Imagem cedida pela Suzaquim

- **Reator químico:** o pó químico passa por diversas reações químicas como a precipitação que pode ser transformar em diferentes compostos químicos. A escolha do produto final vai depender da necessidade do mercado.

Quadro 13: Reator químico que realiza a precipitação das partículas da pilha



Fonte: Ebah – Imagem cedida pela Suzaquim

- **Filtragem e prensagem:** após o processo de precipitação no reator químico, o material agora será passado em filtros e prensas, onde é feita uma nova separação entre líquidos e sólidos.

Quadro 14: Filtragem e prensagem dos produtos resultantes da precipitação



Fonte: Ebah – Imagem cedida pela Suzaquim

- **Calcinador:** é uma espécie de forno, ou caldeirão, onde os elementos sólidos que foram aproveitados do processo acima são aquecidos.

Quadro 15: Processo de calcinação, os elementos sólidos resultantes são aquecidos



Fonte: Ebah – Imagem cedida pela Suzaquim

- **Nova moagem:** quando os elementos sólidos passam pelo calcinador, forma-se uma espécie de borra, ou seja, um produto condensado, que será novamente moído, essa é a etapa final, onde o produto final está neutralizado e atóxico.

Quadro 16: Novo processo de moagem, após o processo de calcinação



Fonte: Ebah – Imagem pela Suzaquim

- **Produtos finais e tratamentos de efluentes:** no final da reciclagem, são obtidos sulfato de níquel, sulfeto de cádmio, sulfato de cádmio, carbonato e bicarbonato de sódio, carbonato de cobre, carbonato de níquel e óxidos de ferro, ou seja, sais e óxidos metálicos inofensivos, pronto para serem vendidos para a fabricação de cerâmicas, tintas, fogos de artifícios, vidros e outros tipos de produtos químicos. Com a preocupação de torna um processo mais limpo a empresa Suzaquim, paralelamente, com a reciclagem de pilhas recebe um tratamento de efluentes e gases. A grande parte dos gases que são reaproveitados são utilizados durante o processo de reciclagem, eliminando o mínimo possível na atmosfera.

**Quadro 17:** Produtos finais e tratamento de efluentes

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------



Fonte: Ebah – Imagem pela Suzaquim

### 3 PRODUTOS RESULTANTES DA RECICLAGEM UTILIZÁVEIS NA ÁREA TÊXTIL

Dentre os setes compostos químicos resultantes da reciclagem de pilhas, segue abaixo a tabela de produto que podem ser utilizáveis na área têxtil

Quadro 18: Produtos que podem ser utilizáveis na área têxtil

Produtos Finais	SIM	NÃO
Sulfato de níquel		X
Sulfato de cádmio		X
Sulfeto de cádmio	X	
Carbonato de sódio	X	
Bicarbonato de sódio	X	
Carbonato de níquel		X
Carbonato de cobre		X
Óxido de ferro	X	

Fonte: Elaborado pela autora

#### 3.1 Óxidos de ferro

É um composto químico formado por ferro (Fe) e oxigênio (O), é encontrado na forma hidratada ou anidra, ou seja, sem composição de moléculas de água, sua unidade básica é octaedro, onde cada átomo de ferro está cercado por seis átomos de hidrogênio e hidrogênio, formando uma espécie de camada. Os principais compostos de óxidos de ferro são Izonita (FeO), Hematita ( $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Magnetita (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> ou FeO.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Maghemita ( $\gamma$ - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Akaganeita ( $\beta$ -FeOOH), Goetita ( $\alpha$ -FeOOH), Lepidrocita ( $\gamma$ -FeOOH) e Limonita (2Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.3H<sub>2</sub>O).

##### Pigmentos de óxidos de ferro

O óxido de ferro é de grande importância no mercado de pigmento, pois, seus pigmentos naturais ou sintéticos, possui uma ampla variedade de cor, baixo custo, estabilidade e não são tóxicos.

- **Óxidos de ferro natural:** os pigmentos naturais de óxido de ferro podem se apresentar nas cores amarelas, vermelhos e marrons, conforme as tabelas abaixo:

Quadro 19: Classificação dos óxidos de ferro naturais amarelo

Natureza	Tipo mais comum	Observações
Limonita (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .xH <sub>2</sub> O)	Óxido amarelo natural (Amarelo claro)	Chamado ocre africano Chamado ocre indiano
	Ocre (Amarelo claro a escuro)	De alta qualidade Depósito recente

	Siena (Amarelo médio a escuro)	Extraído como <i>terra de Siena</i>
--	-----------------------------------	-------------------------------------

Fonte: Tintas Ciência e Tecnologia (2009, p. 347)

Quadro 20: Classificação dos óxidos de ferro naturais vermelho

Natureza	Tipo mais comum	Observações
Hematita (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	Óxido vermelho natural ou hematita vermelha (Vermelho claro a médio)	Chamado de óxido espanhol, é o mais brilhante dos óxidos vermelhos naturais
Limonita calcinada	Siena queimada (laranja avermelhado)	

Fonte: Tintas Ciência e Tecnologia (2009, p. 347)

Quadro 21: Classificação dos óxidos de ferro naturais marrons

Natureza	Tipo mais comum	Observações
Limonita, carbono e MnO <sub>2</sub>	Umber, Bruto (Marrom esverdeado)	Conteúdo MnO <sub>2</sub> 6-16%
	Umber, queimado (Marrom intenso)	Calcinação leva limonita a hematita e a queima do carbono ao clareamento da cor
Limonita ou siderita calcinada	Marrom metálico (avermelhado claro a marrom escuro)	

Fonte: Tintas Ciência e Tecnologia (2009, p. 347)

A nomeação de cada tipo de óxido de ferro (tabela acima) utilizada pelas indústrias muitas vezes são baseados no nome da região de onde eles são extraídos, ou derivados, mas não em uma classificação mineral exata. Os óxidos de ferro naturais são usados como pigmentos de cores primárias em tintas industriais, plásticos, papel e cerâmica. Os óxidos de ferro marrom metálico são usados em tintas para estruturas metálicas, conferindo cobertura de baixo custo, e também como pigmento que protege o veículo orgânico da degradação de luz, intemperismo ácido e álcalis. Em alguns casos, o pigmento promove uma barreira que ajuda a evitar a passagem de umidade até o substrato. As propriedades dos óxidos de ferro natural variam de acordo com a fonte de onde são extraídos. Alguns minérios de ferro estão associados, por exemplo, com quartzo, que é muito difícil de ser moído; outros com sulfato ou matéria orgânica. Assim, estes devem ser submetidos a tratamentos específicos com calcinação, moagem aquosa, etc. para a eliminação das impurezas indesejadas. (FAZENDA. 2009, p.352)

- **Óxidos de ferro vermelho sintético:** é o maior segmento de óxidos de ferro sintéticos existente, pode ser produzido por processo de decomposição do sulfato ferroso, ou, precipitação da hematita, calcinação do Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O e, ou, calcinação da magnetita (FeO.Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). As propriedades do minério variam de acordo com o processo de fabricação, como apresentado na tabela a seguir:

Quadro 22: Propriedades químicas e físicas dos óxidos de ferro sintético

Cor	Vários tipos de vermelhos (do claro ao escuro)				Amarelo
Fórmula química	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O
Classe mineral	Hematita	Hematita	Hematita	Hematita	Goetita
Método de fabricação	Decomposição do FeSO <sub>4</sub>	Precipitação	Calcinação do Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .H <sub>2</sub> O	Calcinação do FeO.Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-
Absorção de óleo (g/100g)	13-24	16-24	48	24	35-55
Tamanho médio de uma partícula (µm)	0,25-0,30	0,35-0,90	0,75	0,50	0,2-1,5
Tipo de Partícula	Esferoidal	Romboédrica	Acicular	Esferoidal	Acicular
Área Superficial (m <sup>2</sup> /g)	2,2-10	3,7-9,4	9,0	5,4	7-15
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	99,0	97,5	97,5	99,3	99,0
SiO <sub>2</sub> (%)	0,03	0,05	0,10	0,01	0,05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	0,03	0,01	0,01	0,05	0,04
SO <sub>2</sub> (%)	0,50	0,8	0,60	0,10	1,0

Fonte: Tintas Ciência e Tecnologia (2009, p. 347)

- **Óxidos de ferro amarelo sintético:** os primeiros amarelos foram obtidos a partir do minério de ferro, principalmente ocre e sienas. Para superar as desvantagens existentes nos depósitos do produto natural, como a mudança de cor e pureza química, desenvolveu-se a síntese dos óxidos amarelos. (2009, p. 350). Os principais métodos de produção dos óxidos amarelos são: Processo Penniman-Zoph: são formados pequenos núcleos ou germes cristalinos, obtidos por uma reação de um álcali com uma solução de sulfato ferroso, sob condições ambientes, e na presença de ar, são produzidos núcleos extremamente finos. Os núcleos são transferidos a solução contendo limalhas de aço e sulfato ferroso diluído. (2009, p.350) “Em presença de ar, o sulfato ferroso é oxidado ao óxido amarelo que precipita sobre os núcleos, causando seu crescimento. A oxidação leva à produção de ácido sulfúrico, que reage com o ferro metálico, regenerando o sulfato ferroso.” O a reação continua até os cristais atingir o tamanho adequado para a cor desejada. Depois então, o produto é lavado, seco, moído e embalado.

**Precipitação direta:** esse processo se inicia com um germe cristalino, igual ao processo anterior. Que são transferidos para uma solução de sulfato de ferroso. Em presença de ar, e um álcali (amônia ou soda cáustica) que são acrescentados sob condições controladas. O oxigênio em contato com o sal ferroso, há um processo de oxidação, formando uma união ao óxido amarelo, que precipita os núcleos, e começam a expandir os cristalinos. O ácido sulfúrico produzido na reação de oxidação é neutralizado com a adição do álcali. A diferença entre o processo de precipitação direta e o Penniman-Zoph, é que na direta não é adicionado limalha na etapa de crescimento cristalino.

**Processo anilina:** o processo envolve uma redução nitrobenzeno, utilizando o ferro como um agente redutor, ou seja, formando a anilina, pois o nitrobenzeno sofre uma oxidação facilmente, passando a se apresentar cor diferente. Os produtos que são obtidos pelos processos anteriores apresentam diferenças em suas propriedades físico-químicas.

- **Óxidos de ferro na indústria têxtil:** o óxido de ferro é um pigmento inorgânico ideal para ser aplicado na estamperia têxtil, mas que também pode ser utilizado na área de tingimento. Por ser tratar de um pigmento mineral ainda está em fase de aceitação comercial em consequência de crescente conscientização ecológica. Visando diminuir os impactos ambientais provocados pelo processo de produção sintético. Os óxidos de ferro (CASQUEIRA; 2008) podem ser encontrados em uma ampla faixa de cores, dependendo do tipo de mineral e do tratamento aplicado a este. Por exemplo, os óxidos naturais de ferro são encontrados em tons de marrom (siderita calcinada), vermelho (hematita, pirita), amarelo (goetita, limonita) e preto (magnetita). E em casos raros pode se encontrar os óxidos de ferro azul.

Quadro 23: Tonalidades que são possíveis ser encontrados de óxido de ferro

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------



Fonte: Astral Química

O óxido de ferro possui características positivas para serem aderidas na área têxtil, que são: opacidade elevada; alto poder de cobertura do substrato; vantajosa relação de custo benefício; facilidade de uso e extrema resistência à luz.

O óxido de ferro, não, necessariamente, pode ser aplicado apenas com pigmento na área têxtil, mas, como agente de tratamento de efluentes também. A indústria têxtil consome grandes quantidades de água e produtos químicos, principalmente na área de tinturaria e acabamento, os efluentes desses processos, apresentam grandes concentrações e complexas composições de corantes. Hoje, já existem vários estudos visando melhorar o tratamento de efluentes, e o óxido de ferro, é um dos elementos mais utilizado, pois, ele possui uma grande capacidade de oxidação e catalisação, eliminando a maior parte de produtos que contaminam os efluentes.

Um estudo visionário é utilização de óxido de ferro e óxido de nióbio para tratamento de efluentes, pois são dois produtos de grande abundância e de fácil acesso no Brasil.

### 3.2 Sulfetos de cádmio

O cádmio é um metal azul claro, subproduto da mineração de zinco, facilmente cortado com uma lâmina, ou seja, maleável e dúctil. Seus compostos têm propriedades semelhantes aos compostos de zinco.

É um metal raro, mas que pode ser encontrado facilmente em ambientes aquáticos principalmente, em águas de superfície subterrâneas. É um elemento químico insolúvel, podendo se acumular em animais e vegetação.

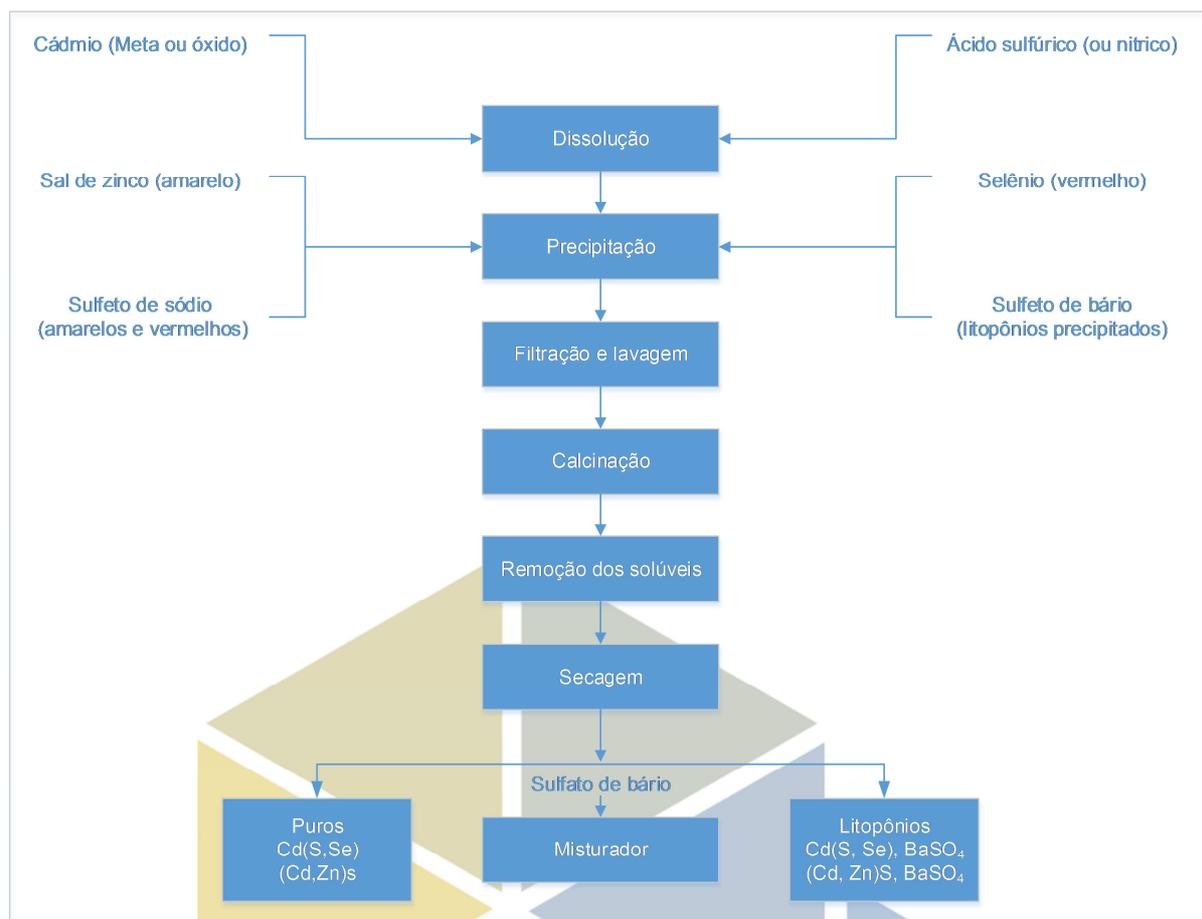
#### Pigmentos de sulfeto de cádmio

Esta é uma classe de pigmentos inorgânicos bastante específica, fornecendo uma gama de cores que vai desde o amarelo claro até o marrom. Estes pigmentos são produtos da reação entre cádmio e enxofre, produzindo o cristal básico de sulfeto de cádmio. Quando o látice cristalino é propositalmente afetado pela inclusão de outro sulfeto metálico e/ou selênio, obtêm-se as variações cromáticas desejadas. Essa família de pigmentos apresenta propriedades que a distingue das outras classes de pigmentos inorgânicos e que compete fortemente com as classes de pigmentos orgânicos. Eles apresentam tipos brilhantes, estabilidade a altas temperaturas, resistência à luz ultravioleta (UV), durabilidade, resistência a álcalis e a ácidos diluídos, boa dispersibilidade e bom poder de tingimento. (FAZENDA. 2009, p. 352)

O pigmento de cádmio é composto por quatro elementos base para sua formação: cádmio, enxofre, selênio e zinco. É uma composição estequiométrica, onde a escolha de processo leva a produção de compostos químicos como sulfetos de cádmio, sulfoselenetos de cádmio e sulfeto cádmio/zinco. Em algumas produções há incorporação do bário que modifica a qualidade e o custo do pigmento. O sulfato de bário introduzido ou formado durante o processo, produz um produto de baixo custo conhecido com litopônio, porém, possui baixo teor tintorial.

Quadro 24: Fluxograma do processo de formação do corante de sulfeto de cádmio

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------



Fonte: Tintas Ciência e Tecnologia (2009, p. 353)

No processo de pigmento de cádmio pode se obter produtos puros ou litopônios (adição de bário). (2009, p. 353) “A cor é a função da composição química, sendo amarelos claros compostos de sulfeto de cádmio e zinco; os amarelos médios e ouro são praticamente sulfeto de cádmio; os laranjas, vermelhos e púrpuras são compostos por sulfeto de seleneto de cádmio”.

O pigmento de cádmio apresenta estrutura hexagonal estável, que é obtida a partir da calcinação com temperaturas acima de 500°C, podendo suportar temperaturas de até 1.110°C.

#### Aplicações

Cerca de 80% de toda a produção dos pigmentos de cádmio é destinado ao segmento de plásticos, devido a sua alta estabilidade térmica. O segmento de cerâmica consome cerca de 8% de toda a produção mundial, também é aplicada em vidros, vidros coloridos, esmaltes, tinturas têxteis e componentes eletrônicos. Boa afinidade com resinas epóxi, melaminas e silicone, pode ser usada como pintura de superfícies industriais, onde há necessidade de resistência ao calor e a álcalis.

#### Sulfetos de cádmio na indústria têxtil

Assim como o óxido de ferro, o sulfeto de cádmio pode ser utilizado na área têxtil no segmento de tingimento e estamparia, o pigmento apresenta uma grande variedade de cores, em escalas de amarelos, laranjas e vermelhos.

Porém o sulfeto de cádmio, conforme determina a OMS é considerado um produto tóxico, o que inviabiliza o uso do mesmo, de qualquer forma de se destacar as propriedades químicas deste material, sendo inclusive de pesquisas aprofundadas, afim, de se manter as propriedades físico-químico interessantes ao processo de acabamento, porém, com sua toxicidade neutralizada ou dentro de parâmetros aceitáveis pela OMS.

### 3.3 Bicarbonatos de sódio e carbonato de sódio

#### Bicarbonatos de sódio

A fórmula do composto de bicarbonato de sódio é  $\text{NaHCO}_3$ , um pó branco solúvel em água e com um sabor alcalino. Chamado também de hidrogeno carbonato de sódio, o  $\text{NaHCO}_3$  pertence à família dos sais, e

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

pode ser identificado facilmente aquecido: o composto quando em meio aquoso é aquecido, assim, perde o gás carbônico e no mesmo instante forma-se uma densa espuma branca.

Apesar de conter hidrogênio em sua estrutura ( $\text{NaHCO}_3$ ), não pertence à família dos sais ácidos, mas, do HIDROGENO-SAL. Pois, quando adicionado em meio aquoso, sua hidrólise salina (reação de um sal com a água), o mesmo apresenta o  $\text{pH} > 7$ , por seu um sal onde a base é forte ( $\text{NaOH}$ ) e ácido fraco ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ).

### Aplicações

O bicarbonato de sódio é um dos sais mais utilizados em várias áreas, as pessoas os utilizam para neutralizar a acidez estomacal (azia), porém, o uso abusivo causar a destruição da flora intestinal, já que precisa de um equilíbrio acidez-base no organismo. O desequilíbrio causa alcalose metabólica.

Muito empregado como fermento químico, excelente para o crescimento de pães e bolos, pois, quando misturado a massa libera gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), expandindo a mesma pela tentativa de escape do gás. O bicarbonato de sódio é usado também em extintores de incêndio, os que possuem  $\text{NaHCO}_3$ , junto a ele ha um ácido, o sulfúrico, que quando inativos estão separados por compartimentos, quando ativados os dois compostos são misturados formando uma espuma que libera  $\text{CO}_2$ .

Uma curiosidade do bicarbonato de sódio, é que são muito utilizados para clareamento dental caseiro, o  $\text{NaHCO}_3$  é um dos compostos químicos que estão na pasta de dentes, pois ele é um elemento abrasivo, polindo o esmalte dos dentes e removendo sujeiras do mesmo, visando prevenir carie dentaria e aftas.

### Carbonatos de sódio

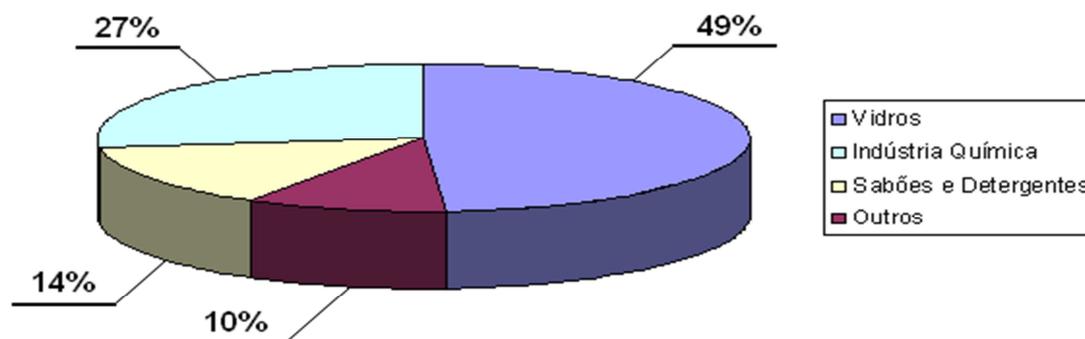
O carbonato de sódio, de fórmula química  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , pertence à função inorgânica dos sais, possui uma coloração branca e translúcida. Endurece facilmente quando em contato com o ar devido a sua formação de hidratos. Apresenta um pH alcalino quando em meio aquoso, devido a hidrólise básica sofrer reação química pelo ânion carbonato. O carbonato de sódio pode ser chamado de barrilha ou soda.

Pode ser obtido na natureza ou sinteticamente. Pode meio do processo Leblanc, reação química do sal comum ( $\text{NaCl}$ ) com o ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), formando o  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , que sofre outra reação com calcário ( $\text{CaCO}_3$ ) e carvão (C), e no final do processo se obtêm o carbonato de sódio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).

### Aplicações

Assim como o bicarbonato de sódio é utilizado em múltiplos campos, sua principal aplicação na produção de vidro comum, aplicado também na área de fotografia, controle de pH da água, aditivo alimentar, sabão, tintas, papel, corantes, tratamento da água de piscina e cerâmica.

Quadro 25: Gráfico de representatividade da aplicação do bicarbonato de sódio nas áreas industriais



Fonte: Ebah repositório USGS Minerals Yearbook, Agosto 2006

### Bicarbonatos de sódio e carbonato de sódio na indústria têxtil

Ambos os compostos químicos podem ser utilizados na área têxtil. Porém, o bicarbonato de sódio, foca na área doméstica, como remoção de manchas amareladas e de ferrugens, de tecidos e roupas.

O carbonato de sódio, ou barrilha, é muito utilizado na indústria têxtil, principalmente nas áreas de acabamento, tinturaria, estamparia e lavanderia, devido as suas várias características:

- Ajuste do pH/ neutralização dos ácidos;
- Tratamento de água;
- Substitui a soda caustica; e,
- Agente catalizador.

Na área de acabamento o carbonato de sódio, é aplicado no alvejamento por hipoclorito de sódio, sendo um agente auxiliar para o branqueamento do substrato. Na área de tinturaria, estamparia, controla o pH da reação, além de, a adição de um alcalino provoca a fixação do corante à fibra (ligação covalente), vale

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

lembrar que, o carbonato de sódio é utilizado no tingimento e estamparia por corantes reativos. A barrilha funciona como um eletrólito na reação. Na lavanderia pode ser usada nos dois segmentos dessa área, no descarregamento de cor do substrato (jeans), como agente catalizador e de alvejamento, para uma ação mais forte usa-se a soda, e para a mais leve, a barrilha, ambos os produtos é carbonato de sódio.

E a outra área seria a de tingimento, que é o agente de neutralização e fixação do corante na fibra do substrato. Outra aplicação do carbonato de sódio é em sabões e detergentes, atuando como emulsificante, alcalino e redutor da dureza da água, que são muito utilizados depois de processo de acabamento do substrato para a remoção de qualquer partícula que possa vir a danificar o produto final.

## 4 CONCLUSÃO FINAL

O objetivo deste trabalho foi desenvolver uma pesquisa sobre a reciclagem de pilhas e a utilização de seus produtos finais na área têxtil, visando todo o processo de reciclagem, desde o descarte aos produtos finais.

E foi concluído que é possível utilizar produtos reciclados da pilha na área têxtil, mesmo que, a diversidade de produtos seja pequena, ainda há uma vantagem em utilizá-los, pois em questões sustentáveis estaremos diminuindo os passivos ambientais, reaproveitando os recursos. Em questões econômicas não foi possível fazer comparações, mas acredita-se que com o desenvolvimento dessas tecnologias e o barateamento dos processos a reciclagem será mais atrativa que a extração dos recursos.

Outro ponto importante a ser estudado, são os produtos finais resultantes da reciclagem de pilhas, pois há alguns que podem ser utilizados na área têxtil. Porém não pode ser aplicado devido a sua toxicidade, como, por exemplo, o sulfeto de cádmio que possui uma grande variedade de corantes (amarelo claro a marrom), mas por determinação da OMS é considerado um produto tóxico, que inviabiliza de ser usado. Mas pôde-se perceber que com estudos e aperfeiçoamento do processo pode ser neutralizado ou estar dentro dos parâmetros aceitáveis.

Ao longo do trabalho surgiram novas possibilidades que não foram desenvolvidas, devido que o foco principal é a possibilidade do estudo dos processos de reciclagem de pilhas, pois somente através de mais pesquisas e conseqüentemente o aprimoramento, será possível a produção em maior escala e mais qualidade, possibilitando ampliar as matérias primas resultantes desses processos e aumentando a gama de recursos tanto para o setor têxtil como para demais setores que possam se valer destes produtos.

## REFERENCIAS

ABNEE. **Pilhas e baterias:** programa de recolhimento atende Resolução Conama 401. 2011. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/noticias/com78.htm>>. Acesso em: 11 out. 2014

ALVES, Líria. **Cádmio.** Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/quimica/cadmio.htm>>. Acesso em: 25 out. 2014.

ALVES, Líria. **Carbonato de sódio.** 2011. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/quimica/carbonato-de-sodio.htm>>. Acesso em: 27 out. 2014.

AVILA-CAMPOS, Mario Julio. **Cádmio (Cd).** Disponível em: <[http://www.icb.usp.br/bmm/mariojac/index.php?option=com\\_content&view=article&id=42&Itemid=49&lang=br](http://www.icb.usp.br/bmm/mariojac/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=49&lang=br)>. Acesso em: 25 out. 2014.

BARSA. **Nova Enciclopédia Barsa.** São Paulo: Barsa, 2001. (Volumes 1,5,6,9 e 14)

BICARBONATO de sódio e suas mil e uma utilidades na limpeza e etc!: bicarbonato de sódio, onde posso usá-lo?. Disponível em:

<<http://www.agracadaquimica.com.br/index.php?&ds=1&acao=quimica/ms2&i=20&id=489>>. Acesso em: 27 out. 2014.

BIOGRAPHY of Dr Gro Harlem Brundtland. Disponível em: <<http://www.un.org/News/dh/hlpanel/brundtland-bio.htm>>. Acesso em: 16 out. 2014.

CABRERA, Luiz Carlos. **Afinal, o que é sustentabilidade?** 2009. Disponível em: <[http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo\\_474382.shtml](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/desenvolvimento/conteudo_474382.shtml)>. Acesso em: 16 out. 2014.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

- CASQUEIRA, Rui de Goes; SANTOS, Shirleny Fontes. **Pigmentos inorgânicos: propriedades, métodos de síntese e aplicações**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2008. Disponível em: <[http://www.cetem.gov.br/publicacao/series\\_srmi/srmi-12.pdf](http://www.cetem.gov.br/publicacao/series_srmi/srmi-12.pdf)>. Acesso em: 25 out. 2014.
- ESPINOSA, Denise Crocce Romano; TENÓRIO, Jorge Alberto Soares. **Reciclagem de baterias: análise da situação atual no Brasil**. 2005. Disponível em: <[http://www.rbciamb.com.br/images/online/02\\_artigo\\_2.pdf](http://www.rbciamb.com.br/images/online/02_artigo_2.pdf)>. Acesso em: 14 out. 2014.
- FAZENDA, Jorge M. R. et al. **Tintas: ciência e tecnologia**. 4. ed. São Paulo: Blücher, 2009.
- HILL W. J., & KOLB K D. **Química para el nuevo milenio**, 8.ed. México: Prentice Hall, 1999.
- INDRIUNAS, Luís. **Onde jogar fora as pilhas e baterias**. Disponível em: <<http://ambiente.hsw.uol.com.br/reciclagem-pilhas-baterias2.htm>>. Acesso em: 14 out. 2014.
- \_\_\_\_\_. **Como funciona a reciclagem de pilhas e baterias**. Disponível em: <<http://ambiente.hsw.uol.com.br/reciclagem-pilhas-baterias.htm>>. Acesso em: 14 out. 2014.
- MARQUES, Braulio. **Logística reversa (pilhas e baterias)**. São Vicente do Sul: Instituto Federal Farroupilha, 2013. Color. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/BrMarques/logstica-reversa-pilhas-e-baterias>>. Acesso em: 11 out. 2014.
- MASTERSON, W. L., & HURLEY, C. N. **Chemistry: principals and reactions**, 5.ed. Thomson Learning, Inc, 2004.
- MENEZES, Lúgia. **Como é feita a reciclagem de pilhas e baterias?** 2011. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/ciencia/como-feita-reciclagem-pilhas-baterias-667505.shtml>>. Acesso em: 21 out. 2014.
- MENEZES, Samara de Paula P. **Reciclagem de pilhas**. 2010. 1 v. Tese (Graduação) - Curso de Química, Universidade Federal do Pará, Belém, 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABFcUAA/trab-quimica-ambiental>>. Acesso em: 16 set. 2014.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Org.). **Resolução Nº 257, de 30 de junho de 1999**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25799.html>>. Acesso em: 15 out. 2014.
- MORAES, Cristine do C.S.B. **Template para trabalho de conclusão de curso da Faculdade de Tecnologia de Americana**. Americana, SP: FATEC, 2013.
- MOURA, Luiz Antônio Abdalla de. **Qualidade e gestão ambiental: Sustentabilidade e Implantação da ISO 14.001**. 5. ed. São Paulo: Juarez de Oliveira Ltda., 2008.
- NUNES, Anderson; COUTEIRO, Pedro; MELLO, Victor. **Carbonato de sódio**. 2010. 7 v. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Química, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfXMAI/carbonato-sodio>>. Acesso em: 29 out. 2014.
- O QUE é desenvolvimento sustentável? Disponível em: <[http://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/questoes\\_ambientais/desenvolvimento\\_sustentavel/](http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/)>. Acesso em: 22 set. 2014.
- PRODUTOS: ÓXIDO DE FERRO SINTÉTICO. Disponível em: <<http://www.astrallquimica.com.br/produtos.php>>. Acesso em: 23 out. 2014.
- SCS (São Paulo). **Carbonato de Sódio**. Disponível em: <[http://www.scsquimico.com.br/carbonato\\_de\\_sodio.php](http://www.scsquimico.com.br/carbonato_de_sodio.php)>. Acesso em: 27 out. 2014.
- SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Tinturaria e beneficiamento têxtil**. Florianópolis: SEBRAE-SC, [200-?]. Disponível em: <<http://www.sebrae-sc.com.br/ideais/default.asp?vcdtexto=2587&%5E%5E>>. Acesso em: 18 out. 2014.
- SILVA, Antonio Carlos da. **Processos químicos industriais I - cargas e pigmentos inorgânicos**. Lorena, [200-?]. Disponível em: <<http://www.dequi.eel.usp.br/~acsilva/7%20-%20Carga%20e%20pigmentos.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2014.
- SIQUEIRA, F.G et al. **Decomposição de corantes reativos por fotocatalise utilizando resíduo de beneficiamento de granito**. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/cbq/2008/trabalhos/5/5-194-4700.htm>>. Acesso em: 25 out. 2014.

R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------

SOUZA, Líria Alves de. **Bicarbonato de sódio**. Disponível em: <<http://www.mundoeducacao.com/quimica/bicarbonato-sodio.htm>>. Acesso em: 27 out. 2014.

SUZAQUIM Indústrias Químicas Ltda. Disponível em: <<http://suzaquim.com.br/abertura.htm>>. Acesso em: 17 set. 2014.

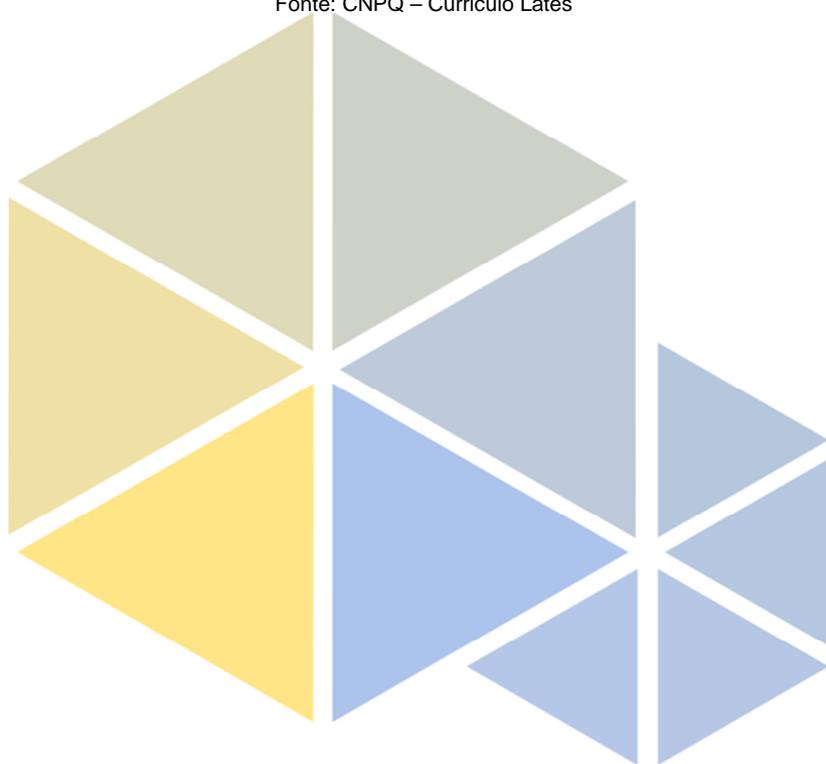
TAZZETTI, Paolo Luigi. **Esercitazioni di chimica tintoria e sostanze coloranti**. 2. ed. Torino: Libreria Editrice Universitaria Levrotto e Bella, 1966.

---

**João Batista Giordano**

Possui graduação em Bacharel em Ciências - Faculdades Osvaldo Cruz (1986), mestrado em engenharia química pela Universidade estadual de Campinas (2002) e doutorado em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Campinas (2007). Atualmente é professor pleno II da Faculdade de Tecnologia de Americana. Tem experiência na área de Engenharia Química, com ênfase em Engenharia Química, atuando principalmente nos seguintes temas: têxtil, estamparia, espessantes, resina, corantes, pigmento e acabamentos especiais

Contato: [jbgordano@uol.com.br](mailto:jbgordano@uol.com.br)  
Fonte: CNPQ – Currículo Lattes



R.Tec.FatecAM	Americana	v.3	n.1	p. 145-165	mar. / set. 2015
---------------	-----------	-----	-----	------------	------------------