

A implementação do projeto compreende etapas de reavaliações e, quando necessário, de reestruturações das atividades subsequentes. Neste sentido, reuniões de trabalho entre as equipes da UFPE e da UTC deverão continuar a acontecer para troca de experiências e desenvolvimento integrado da estrutura do curso.

8 - Referências bibliográficas:

Rolim, F. S. C., de Melo, L. C. P., Novo ciclo de investimentos e inovação tecnológica no Nordeste: o setor de serviços de saúde nos estados de Pernambuco e Piauí, Relatório de Pesquisa, BNB, setembro, 1999

White J. L.; Plonsey R.; Research look at undergraduate biomedical engineering education; IEEE Eng. Med. & Biol. 1, 9-13, 1982.

Glouhova, M.; Pallikarakis, N ; IFMBE News, 42, 4-5, 2000.

Acumuladores Moura: Desenvolvimento Tecnológico e Meio Ambiente

Flamarion Borges Diniz¹

Resumo:

Este trabalho relata os melhoramentos realizados pela empresa Acumuladores Moura na área ambiental/ocupacional e alguns desenvolvimentos tecnológicos associados. Investimentos realizados nos últimos anos tanto na área ambiental como em tecnologia permitiram que a empresa obtivesse resultados expressivos em ambos os aspectos, tais como a liderança de mercado e descontaminação de seus funcionários.

Palavras chaves: baterias de chumbo-ácido, meio ambiente, ISO 14000.

Abstract:

This article reports the achievements of Acumuladores Moura in the environmental/occupational area and some associated technological developments. Investments in the past few years, both in environmental and technological areas, allowed expressive results, such as market leadership and labor decontamination.

Key word: lead acid batteries, environment, ISO 14000.

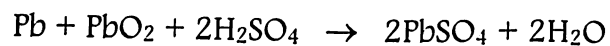
1 - Introdução

A bateria de chumbo-ácido foi inventada por Gaston Planté em 1860 (Planté, 1860), período que remonta aos primórdios das células galvânicas. Durante estes 141 anos esta bateria sofreu aprimoramentos tecnológicos os mais diversos

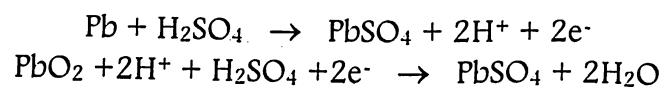
¹ Doutor em Química (Eletroquímica) e Professor do Departamento de Química Fundamental da UFPE

possíveis, fazendo com que a bateria de chumbo-ácido continue sendo uma das baterias mais confiáveis do mercado, atendendo a aplicações as mais diversas. Ela é usada como bateria de arranque e iluminação em automóveis, como fontes alternativas em no breaks, em sistemas de tração para veículos e máquinas elétricas, etc.

A composição básica da bateria é essencialmente, chumbo, ácido sulfúrico e materiais plásticos. O chumbo está presente na forma de chumbo metálico, ligas de chumbo, bióxido de chumbo e sulfato de chumbo. O ácido sulfúrico se encontra na forma de solução aquosa com concentrações variando de 27% a 37% em volume. O funcionamento da bateria se baseia na seguinte reação:



que é por sua vez é resultado das duas semi-reações:



Sendo assim, na bateria existe um ânodo de chumbo e um cátodo de bióxido de chumbo. Durante a descarga tanto o ânodo quanto o cátodo são convertidos à sulfato de chumbo. No processo de recarga o sulfato de chumbo é convertido à chumbo e bióxido de chumbo, regenerando o ânodo e o cátodo, respectivamente. Nas baterias automotivas atuais, este material é suportado em grades de ligas de chumbo.

O chumbo tem sido utilizado pelo homem desde a antiguidade. Já era conhecido pelos antigos egípcios, tendo sido mencionado diversas vezes no Antigo Testamento (Mellor, 1967). Era utilizado na fabricação de manilhas, tintas e cosméticos. Até tempos recentes, foi utilizado em: tubulações de água, revestimento de cabos elétricos, chapas para pias, tintas, vidros, projéteis bélicos, baterias, combustíveis, etc. No entanto, a descoberta de que o chumbo e seus derivados são danosos à

saúde, fez com que seu uso fosse reduzido drasticamente, sendo hoje sua principal aplicação em baterias de chumbo-ácido.

Imaginar que em 1957 no agreste pernambucano estaria sendo fundada uma fábrica de baterias de chumbo-ácido, que 40 anos depois se tornaria líder no mercado nacional pode ser meio esdrúxulo. No entanto, esta é a história de Acumuladores Moura, empresa que produz anualmente 2,5 milhões de baterias. No fornecimento a baterias para montadoras de automóveis, dominado por 3 grandes empresas, ela é detém uma fatia de 55% do mercado. No mercado de reposição aonde 50% é pulverizado por diversas fábricas de pequeno porte, a outra metade é abastecida pelas mesmas 3 grandes empresas, a fatia de Acumuladores Moura é de 20%. Para se manter nesta condição a empresa deve atender às exigências de mercado no tocante a custo e qualidade, através de constante aprimoramento tecnológico de seus processos/produtos satisfazendo também às crescentes exigências de controle ambiental/ocupacional que estão na pauta do desenvolvimento contemporâneo.

2 - Chumbo e meio ambiente

O chumbo e seus compostos estão associados a disfunções no sistema nervoso, problemas ósseos, circulatórios, etc (Tong, 1998, Cary, 1997, Staessen, 1995, Otto, 1993 Folinsbee, 1993) Devido sua baixa solubilidade, a absorção se dá principalmente por via oral ou respiratória. Crianças são mais suscetíveis à problemas de contaminação por causa da relação contaminação/peso como também por estarem em fase de desenvolvimento do sistema neurológico e pelos hábitos de higiene pouco sedimentados.

O chumbo se encontra na natureza acumulado em minas como resultado dos processos de diferenciação que

ocorreram durante a evolução do planeta. Sua disseminação no ambiente é resultado da atividade humana. Durante muitos anos foram utilizados compostos de chumbo em tintas, tubulações e como antidetonante em combustíveis, usos estes banidos em praticamente todos os países. Seu uso em tubulações foi muito freqüente em tempos passados devida à fácil processabilidade do chumbo associada à passivação de sua superfície (formação de camada inerte e resistência à corrosão) uma vez que boa parte de seus compostos são altamente insolúveis em água. O emprego como pigmento em tintas leva à contaminação de crianças que têm o hábito de caminhar pelo chão e eventualmente ingerir cascas de tintas que se soltam naturalmente das paredes. Como antidetonante (chumbo tetraetila) foi disseminado na atmosfera urbana em grandes quantidades durante muitos anos. Caçadores e pescadores são basicamente os únicos usuários fora de indústrias que ainda se expõem ao contato com chumbo.

Como já foi mencionado o principal uso de chumbo nos dias atuais é na fabricação de baterias de chumbo-ácido. Quando se discute o impacto ambiental desta atividade, deve-se levar em consideração desde a extração de chumbo nas minas até sua utilização na indústria. O Brasil praticamente não possui reservas minerais deste elemento. Assim, a maior parte do chumbo existente no país procede de importações.

O chumbo utilizado pela indústria de baterias pode ser classificado como primário (proveniente de minas) e secundário (obtido pelo refino através de material reciclado). Um dos bens com maior índice de reciclagem no mundo é a bateria de chumbo, superando em muito o papel e o vidro, atingindo em alguns países números próximos a 100%.

Neste contexto, a sucata de baterias é um material estratégico para a indústria de baterias no Brasil. A Convenção

de Genebra proíbe a exportação de lixos perigosos, incluindo-se aí sucatas de baterias. Para um país como o nosso isso significa que para aumentarmos nossa produção, somos obrigados a importar chumbo refinado (primário ou secundário). Apesar de contarmos com instalações de reciclagem, por força desta Convenção, elas praticamente são impedidas de reciclar sucata internacional. Com isto, o custo da matéria prima se torna mais elevado, e nossa competitividade de exportação é diminuída. Estes problemas têm afetado bastante a empresa, Acumuladores Moura, que produz as baterias, mas também possui uma unidade de refino com sistema de reciclagem, e também produz as caixas plásticas de polipropileno que compõem a bateria.

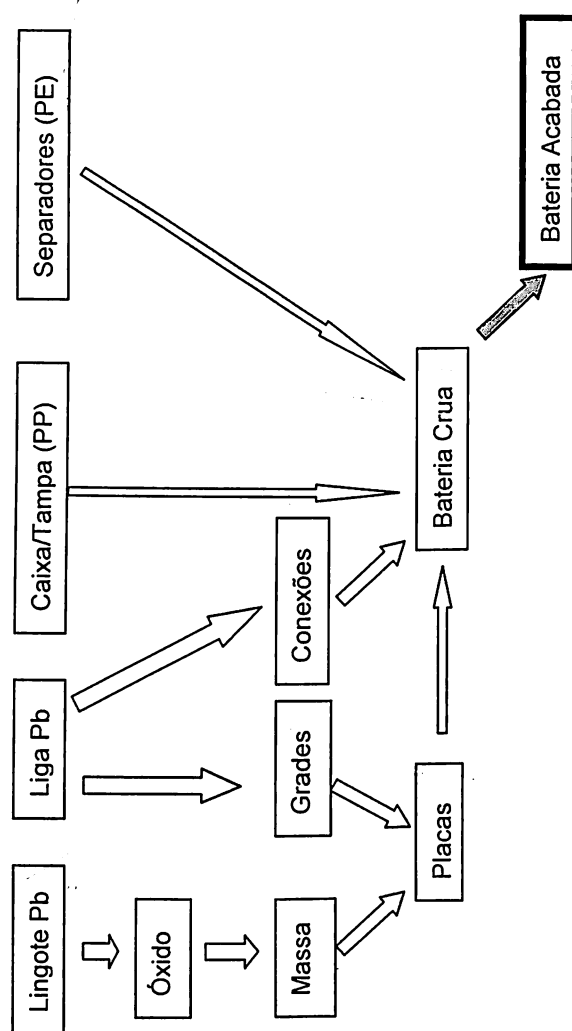
3 - A questão ambiental e o desenvolvimento tecnológico

O efeito da produção de baterias sobre o ambiente pode ser dividido em dois aspectos: ocupacional, devido à contaminação do ambiente interior à fábrica e ambiental, devido à emissão de efluentes para as regiões externas à fábrica.

A primeira delas está sujeita a regulamentação por órgãos ligados a questões trabalhistas, tais como as delegacias regionais de trabalho e em última instância o Ministério do Trabalho. A segunda é regulamentada por órgãos de preservação do meio ambiente, tais como CPRH a nível estadual e CONAMA a nível federal.

O risco de exposição a compostos de chumbo no interior das fábricas de baterias existe em praticamente todos os setores diretamente ligados à produção. Com isto, em praticamente todos os setores o uso de equipamento de proteção individual é obrigatório. Além disto, por questões da

legislação trabalhista um acompanhamento do nível de chumbo na circulação sanguínea é realizado periodicamente em todos os funcionários da fábrica. Para um melhor entendimento destes riscos, vejamos o fluxograma de produção:



O chumbo metálico em lingotes praticamente não apresenta risco de contaminação. Em sua primeira etapa, a produção de óxido de chumbo, surgem aspectos aonde a relação tecnologia/meio ambiente é evidenciada. O processo de produção de óxido de chumbo a partir de chumbo metálico e oxigênio é extotérmico e em princípio, não deveria consumir energia. Existem basicamente dois processos para a realização desta oxidação. No processo Barton, chumbo fundido é agitado na presença de ar. Em moinhos de atrito, pedaços de chumbo são atritados em um tambor, na presença de ar. As características físico-químicas dos óxidos obtidos pelos dois processos são distintas, cada uma apresentando suas vantagens e desvantagens. Os europeus utilizam mais frequentemente o óxido de atrito, enquanto que os americanos empregam o óxido de Barton. A Moura emprega ambos os processos, com prioridade ao óxido de Barton. Como o chumbo precisa ser fundido neste processo, existe um custo adicional de energia e a emissão de vapores de chumbo que necessitam ser contidos em coifas. O isolamento térmico do cadinho aonde o chumbo é fundido é fundamental para uma eficiência energética do processo. Os dois processos resultam em um pó que necessita ser corretamente armazenado. Este pó possui uma fração apreciável de chumbo não oxidado, e portanto é um material sujeito a posterior oxidação no ambiente.

Até tempos recentes a Moura armazenava o óxido em tambores de 300 Kg. Do ponto de vista tecnológico isto requeria um transporte constante desde o local de produção até o local de uso posterior, variação indesejável e descontrolada nas propriedades do óxido de tambor para tambor e ocupação desnecessária de espaço. Do ponto de vista ambiental, o transporte desse material aumentava o risco de exposição a chumbo. O óxido de chumbo é um pó e portanto pode ocorrer na atmosfera na forma de partículas suspensas e de poeira espalhada pelo piso. O uso de silos de armazenagem é comum em diversas fábricas no mundo inteiro existindo diversos sistemas disponíveis no mercado. Apesar disto, a Moura desenvolveu seu próprio projeto de ensilagem. O óxido produzido por diversos reatores é automaticamente trans-

portado em esteiras fechadas e misturados em diversos silos de maior capacidade. Com isto ganhou-se espaço físico, estabilizaram-se as propriedades físico-químicas do óxido utilizado e diminuiu-se o risco de exposição a chumbo no setor. Os ganhos de qualidade com a estabilização das propriedades desse importante insumo são imensos. Das características físico-químicas do óxido depende toda a seqüência de processos seguintes, que irão determinar em última instância, o desempenho do produto final: a bateria.

A etapa seguinte é o processamento deste óxido. Na masseira, o óxido de chumbo é transformado em uma massa que será aplicada sobre as grades de chumbo. O óxido armazenado nos silos é pesado automaticamente e transferido para a masseira sem contato com o operário. Isto torna o processo mais confiável e minimiza os riscos de contaminação. A massa é manuseada por operadores de empastadeira e neste setor além de máscara é obrigatório o uso de luvas. As placas obtidas nesse processo são acondicionadas pelos operários em cavaletes que são transportados por empilhadeiras para estufas de cura e secagem. Em todo este setor, nos postos de trabalho existem coifas exaustoras para aspiração contínua de pó para minimizar a exposição do operário a compostos de chumbo. Este pó é filtrado e o ar emitido é isento de chumbo. Como o transporte de placas leva inevitavelmente à dispersão de pó no piso da fábrica, a mesma é varrida e aspirada continuamente. A lavagem do piso também é um procedimento freqüente.

A produção de grades de chumbo é feita por fundição e à gravidade. Ou seja, o chumbo fundido escorre para os moldes que são resfriados. Aqui novamente, a emissão de vapores é uma fonte de contaminação, minimizada pelo resfriamento ambiente dos mesmos.

A próxima etapa, o processamento das placas, é realizada com exaustão para aspiração dos pós liberados. Existem ainda alguns pontos aonde vapores de chumbo são emitidos (fabricação de conexões e levantamento de bornes), mais uma vez controlados com exaustão e resfriamento.

Todo o pó, massa, lama produzido no interior da fábrica têm essencialmente dois destinos: filtros e tanques. Os filtros

são limpos periodicamente e os tanques são decantados. Todo o material sólido assim obtido é encaminhado à metalúrgica para reciclagem. Este sistema de contenção e aspiração exigiu investimentos da ordem de US\$ 500.000,00, e consome cerca de US\$ 100.000,00 na sua manutenção. Como resultado, a fábrica tem mantido com freqüência o índice de 100% dos trabalhadores com teor de chumbo na circulação sanguínea dentro dos níveis estipulados pela legislação.

O segundo rejeito mais importante da fábrica é o ácido sulfúrico. Ele é empregado na produção de massa, na formação das baterias e no acabamento. Todo o ácido é recolhido e neutralizado antes de ser descartado como efluente. Para a produção de baterias seladas o controle de impurezas dos componentes é bastante rígido, apesar disto, a empresa conseguiu adotar um sistema de reaproveitamento de soluções de ácido sulfúrico que anteriormente era perdido como rejeito através de um monitoramento constante dos níveis de contaminação nos estoques de ácido, sem alteração das tolerâncias nas especificações de impureza. Este procedimento minimiza custos e permite que menos efluentes sejam produzidos.

Como já foi dito, a fábrica possui um sistema de drenagem onde todo líquido em seu interior (incluindo águas pluviais) é direcionado para tanques de decantação e neutralização. A decantação remove partículas sólidas contendo compostos de chumbo (principalmente óxidos e sulfatos). A neutralização reduz a acidez e abaixa a solubilidade de compostos de chumbo resultando em um efluente praticamente isento de chumbo. Existem basicamente duas opções para neutralização: com sonda cáustica e com cal. No primeiro processo o subproduto é sulfato de sódio enquanto que no segundo é sulfato de cálcio. Em ambos, alguns hidróxidos também são formados, incluindo-se aí hidróxido de ferro originário dos diversos equipamentos e instalações. Todo esse efluente é jogado em lagoas de decantação. Como ainda não foi encontrado uso comercial para os subprodutos sólidos, eles são acondicionados em aterros apropriados. No caso

específico, como o custo da cal é bastante inferior ao da soda cáustica, a primeira vem sendo empregada.

A emissão de compostos de chumbo e efluentes ácidos ao exterior da fábrica, como já foi mencionado, é controlada no Estado de Pernambuco pela CPRH. Além disto, existe uma norma industrial, a ISO 14000 que trata deste assunto (Cajazeira, 1997). A ISO 14000 trata especificamente da questão ambiental exterior à fábrica, não se preocupando com a questão ocupacional, ou seja, a contaminação no interior. Para que a empresa se certifique segundo esta norma a mesma deve estabelecer um rígido sistema de controle de emissões, e passar por um processo de auditoria.

A motivação para esta certificação é dupla: a melhoria da qualidade ambiente no interior da fábrica (de forma indireta) e uma conformidade com a legislação ambiental. Isto resulta indiretamente em maior aceitação do produto no mercado, tanto por parte dos consumidores finais, como por parte dos clientes industriais (montadoras de veículos, por exemplo). A empresa estará em condições de obter esta certificação (que deverá custar cerca de US\$ 100.000,00 adicionais) em 2002. A maior parte dos investimentos necessários para se obter este certificado já foi realizada.

Como foi dito anteriormente, a empresa detém quase todo o ciclo fabril: produção de chumbo, caixas plásticas e baterias. Os únicos componentes que não são produzidos pela própria empresa são separadores de polietileno, empregados para separar o ânodo do cátodo. A unidade responsável pela produção do chumbo, na forma de chumbo refinado ou de ligas, também é responsável pelo reaproveitamento de sucatas. Este processo, que no passado era feito manualmente, atualmente é feito de forma automática. As sucatas de baterias são quebradas e passam por um processo de separação baseada na densidade: o material é flotado: os compostos de chumbo são separados da matéria plástica e o efluente líquido é neutralizado. O material plástico é reaproveitado na fábrica de caixas e tampas e o material contendo compostos de chumbo segue para o refino. Como na fábrica de baterias, todo efluente é contido no interior da planta e redirecionado para uma

estação de tratamento de efluente que essencialmente faz a neutralização e decantação do mesmo. O resíduo sólido consiste em sua quase totalidade de sulfato de cálcio.

Não existe processo de reciclagem com 100% de reaproveitamento. No caso da metalúrgica, existe como subproduto a escória. Esta escória poderá ser mais ou menos rica em chumbo, dependendo da eficiência do processo. Atualmente, esforços estão sendo direcionados para a obtenção da chamada escória verde: escória com mínimo teor de chumbo e que poderia ser reaproveitada em outros processos industriais (por exemplo, pavimentação), sem a necessidade de ser contida em aterros específicos.

Com a crescente conscientização por parte da sociedade de que os processos industriais necessitam ser ecologicamente corretos, as indústrias para sua própria sobrevivência, têm procurado soluções as mais diversas para seus problemas específicos. Na fabricação de baterias de chumbo-ácido que manuseia rotineiramente toneladas de um elemento tóxico, o chumbo, foram encontradas soluções que permitem colocar no mercado um produto de elevada competitividade. A abordagem adotada pela empresa aqui exemplificada, Acumuladores Moura, tem permitido, à mesma, avanços expressivos, resultando em descontaminação de seus funcionários e a liderança de mercado.

5 - Referências Bibliográficas

- Cajazeira, J. E. R.; ISO 14001 – Manual de implantação; Qualitymark Editora Ltda., Rio de Janeiro, 1997.
- Cary, R., Clarke, S., Delic, J.; Effects of combined exposure to noise and toxic substances - Critical review of the literature; Ann. Occup. Hyg. 41, 455-465, 1997.
- Folinsbee, L. J.; Human health effects of air pollution; Environ. Health Persp. 100, 45-56, 1993.

Mellor, J. W.; Química Inorgânica Moderna; Vol II, Editora Globo, Porto Alegre, 1967; p 843.

Otto, D. A., Fox, D. A.; Auditory and visual dysfunction following lead exposure; Neurotoxicology 14, 191-208, 1993.

Planté, G.; Nouvelle pile secondaire d'une grande puissance; Compt. Rend., 50, 640, 1860.

Staessen, J. A., Roels, H., Lauwerys, R. R, et al.; Low level lead exposure and blood pressure; J. Hum. Hypertens. 9, 303-328, 1995.

Tong, S; Lead exposure and cognitive development: Persistence and a dynamic pattern; J. Paediatr. Child. H 34, 114-118, 1998.

O Futuro das Indústrias e o Papel da Universidade no Desenvolvimento Sustentável

Valdinete Lins da Silva¹

Resumo:

Durante muitos anos as empresas têm agredido o meio ambiente, partindo do pressuposto de que este é o custo do desenvolvimento industrial, mesmo que isso signifique prejudicar o meio ambiente. Os desastres ecológicos, como consequência das atividades industriais, e as pressões da sociedade, levaram os empresários a repensar o seu contexto e a procurarem adotar um Desenvolvimento Sustentável. A Universidade vem contribuindo de maneira muito efetiva na pesquisa e implantação de tecnologias limpas e na formação de recursos humanos visando a preservação ambiental. Hoje, uma grande parte do setor produtivo já tem uma nova concepção de meio ambiente e a preservação ambiental tem sido o objetivo, para instalação de um Sistema de Gestão Ambiental, com certificação ambiental.

Abstract:

Industries have for a long time attached the environment, parting from the stand point that it was a price to pay to reach industrial development. Ecological disasters and pressure from the society have induced the industries to adopt a Sustainable Development, and the University has the tools to contribute, in an effective way, to implant and improve what is called clean technologies, and to prepare the human resources to cope with this challenge. Today industries have understood the problem and have a new concept of the environment *and its protection as has been the objective of the installation of Integrated Administrated Environmental System.*

¹ Doutora em Química e Professora do Departamanto de Engenharia Química e Química Industrial