

TECNOLOGIA ALTERNATIVA PARA PRODUÇÃO DE BERÍLIO METÁLICO

Roberto Ottoni Portela Couto

MCT

CNPq

CETEM

PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Fernando Henrique Cardoso
VICE-PRESIDENTE DA REPÚBLICA: Marco Antonio Maciel
MINISTRO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA: José Israel Vargas

PRESIDENTE DO CNPq: José Galizia Tundisi
DIRETOR DE DESENV. CIENT. E TECNOLÓGICO: Marisa B. Cassim
DIRETOR DE PROGRAMAS: Eduardo Moreira da Costa
DIRETOR DE UNIDADES DE PESQUISA: José Ubyrajara Alves
DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO: Edmundo Antonio Taveira Pereira

CETEM - CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

CONSELHO TÉCNICO-CIENTÍFICO (CTC)

Presidente: Roberto C. Villas Bôas

Vice-presidente: Juliano Peres Barbosa

Membros Internos: Fernando Freitas Lins; Paulo Sérgio M. Soares; Vicente Paulo de Souza

Membros Externos: Antonio Dias Leite Junior; Arthur Pinto Chaves; Antônio Eduardo Clark Peres; Celso Pinto Ferraz e Achilles Junqueira (suplente)

DIRETOR: Roberto C. Villas Bôas

DIRETOR ADJUNTO: Juliano Peres Barbosa

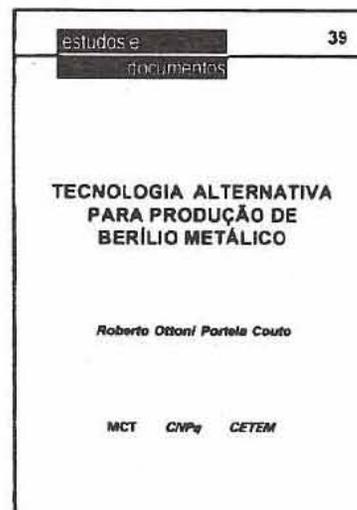
DEPTº DE TRATAMENTO DE MINÉRIOS (DTM): Fernando Freitas Lins

DEPTº DE METALURGIA EXTRATIVA (DME): Ronaldo Luiz C. dos Santos

DEPTº DE QUÍMICA INSTRUMENTAL (DQI): Luis Gonzaga S. Sobral

DEPTº DE ESTUDOS E DESENVOLVIMENTO (DES): Carlos César Peiter

DEPTº DE ADMINISTRAÇÃO (DAD): Antônio Gonçalves Dias



ISSN - 0103-6319

Roberto Ottoni Portela Couto

Químico Industrial, pela antiga Escola Nacional de Química, ex-Universidade do Brasil. É bolsista PCI-CETEM. Atualmente concentra suas atividades de pesquisa em sínteses de produtos químicos orgânicos funcionalizados, capazes de agirem como extratantes de metais em tecnologia mineral.

MCT - Ministério da Ciência e Tecnologia



CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

1997

SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

CONSELHO EDITORIAL

Editor

Ronaldo Luiz C. dos Santos

Conselheiros Internos

Maria Laura T. M.G. C. Barreto, Carlos César Peiter, Francisco E. de Vries Lapidio Loureiro, Francisco R. C. Fernandes

Conselheiros Externos

Luís Henrique Sanchez (USP), J. R. Andrade Ramos (UFRJ), Eduardo C. Damasceno (USP), Saul Barisnik Suslick (UNICAMP), Abraham Benzaquem Sicsu (Fundação Joaquim Nabuco), Helena Maria Lastres (IBICT), Hildebrando Herrmann (UNICAMP), Rupen Adamian (COPPE/UFRJ)

A **Série Estudos e Documentos** publica trabalhos que busquem divulgar estudos econômicos, sociais, jurídicos e de gestão e planejamento em C&T, envolvendo aspectos tecnológicos e/ou científicos relacionados à área minero-metalúrgica.

Celso de O. Santos COORDENAÇÃO EDITORIAL

Vera Lúcia Ribeiro e Fátima da Silva C. Engel EDITORAÇÃO ELETRÔNICA

Couto, Roberto Ottoni Portela

Tecnologia alternativa para produção de berílio metálico/
Roberto Ottoni Portela Couto. - Rio de Janeiro: CETEM/CNPq,
1997.

39p. (Série Estudos e Documentos, 39)

1. Berílio metálico - produção. I. Centro de Tecnologia Mineral.
II. Título. III. Série.

ISBN 85-7227-106-6

ISSN 0103-6319

CDD 553.4923

APRESENTAÇÃO

Berílio: *pode-se produzir ou não no Brasil? Quais são os impedimentos para isso, além do mercado?*

É esta história, já de resto, quanto à sua parte geopolítica abordada em recente publicação dos Cadernos da UNICAMP, que nos é contada pelo autor, Eng. Roberto Couto, participe que foi de uma das tentativas experimentais voltadas à finalidade do domínio da tecnologia do berílio em nosso País.

Rio de Janeiro, Agosto de 1997.

Roberto C. Villas Bôas
Diretor

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. HISTÓRIA DA INDÚSTRIA	5
2.1 No Mundo	5
2.2 No Brasil	5
3. ESTADO DA ARTE DAS TECNOLOGIAS ATUAIS	7
3.1 Processo Sulfato	7
3.2 O Processo Fluoreto	8
3.3 Produção de Berílio Metálico	9
3.4 Refino Eletrolítico	13
4. PROPOSTA DE TECNOLOGIA ALTERNATIVA	14
5. O ESTADO DA ARTE DA TECNOLOGIA ALTERNATIVA	16
5.1 Vantagens	16
5.2 Desvantagens	17
6. O PROCESSO TECNOLÓGICO/PATENTE	19
7. TOXIDEZ DO BERÍLIO/PADRÕES AMBIENTAIS	20
7.1 Toxidez	20
7.2 Padrões Ambientais	21
8. PROPOSTA DE PROJETO DE INSTALAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BERÍLIO METÁLICO	23
9. USOS E APLICAÇÕES DO BERÍLIO METÁLICO E DE SEUS COMPOSTOS E LIGAS	29
9.1 Berílio Metálico	29
9.2 Óxido de Berílio	29
9.3 Ligas de Cobre-Berílio	30
10. DEMANDA E PREÇOS	31
11. MERCADO INTERNACIONAL	33
11.1 Conjuntura	33
11.2 Novas Tendências	34
12. COMENTÁRIOS FINAIS	37
BIBLIOGRAFIA	38

1. INTRODUÇÃO

Sem nenhuma pretensão de esgotar o assunto, de per si, bastante amplo e complexo, o presente trabalho procura mostrar as tecnologias industriais convencionais praticadas pelos principais produtores de berílio, e ao mesmo tempo, apresentar tecnologia alternativa, baseada na aplicação de patente registrada (1986), referente à redução aluminotérmica do mineral berilo, óxidos e compostos, que contenham berílio.

O Brasil está entre os países do mundo que possuem minérios de berílio, em quantidade e teor de BeO, que justificam seu aproveitamento econômico.

Apesar disto, até o presente momento, o país não tem tirado proveito desta situação privilegiada, porquanto vem atuando, historicamente, como mero exportador do mineral berilo, sendo obrigado a importar do exterior componentes ou equipamentos que contém Be e/ou suas ligas, tais como, computadores, instrumentos industriais, chaves elétricas sem fagulhamento etc, pagando um preço consideravelmente maior do que o do minério.

As razões que inibem o desenvolvimento da indústria do berílio no país, e que também desestimulam os pesquisadores, são atribuídas a dois fatos principais: a falta de tecnologia autóctone e a toxidez do metal.

O presente trabalho apresenta como alternativa às tecnologias convencionais, tecnologia baseada na aplicação de uma patente de 1986, cujo procedimento constitui-se na redução aluminotérmica do minério berilo, óxidos e compostos que contém Be.⁽⁵⁾

A tecnologia proposta neste trabalho tem dois objetivos principais: ser testada em escala pré-industrial e avaliar técnica e economicamente a rota escolhida.

A tecnologia alternativa é mais segura do que as convencionais, porquanto não passa por intermediários químicos, cuja toxidez é bastante conhecida. A simplicidade de seus equipamentos e sua disponibilidade no mercado interno (à exceção do pulverizador), permite inferir que seu custo de instalação será bastante modesto quando comparado com o preço de venda do Be metálico e sua ligas, sendo previsto um tempo de retorno muito baixo (3 a 4 meses após o início da produção).

A tecnologia alternativa foi demonstrada, à nível de bancada laboratorial, tendo atingido índice de recuperação de 96,5% de Be, em relação ao teor contido na matéria-prima utilizada (carbonato básico de berílio, produzido em Governador Valadares-MG).

São apresentados fluxogramas de processo das tecnologias convencionais e uma proposta alternativa, assim como são descritos, detalhadamente, os procedimentos industriais, permitindo ao leitor, uma comparação preliminar entre ambas.

A toxidez do berílio é registrada através de suas manifestações como doença ocupacional, assim como são mostrados como se estabeleceram os limites permissíveis de Be no ar atmosférico.^(6,8)

São apresentadas indicações sobre preço de berílio e suas ligas, assim como são abordados alguns dos aspectos relativos às aplicações na indústria e mostradas novas tendências de uso.

Por fim, é apresentado o projeto básico de um laboratório de segurança, no qual será possível testar de maneira sistemática a tecnologia alternativa, preservando-se adequadamente o meio ambiente em áreas próximas, assim como proporcionando condições de segurança e higiene do trabalho, compatíveis com a legislação vigente nos países desenvolvidos. Este laboratório, conforme projetado, tem a capacidade de produzir 1000 kg de Be metálico/mês, sendo o retorno do investimento previsto para os primeiros meses de operação.

2. HISTÓRICO DA INDÚSTRIA

2.1 No Mundo⁽³⁾

O berílio foi descoberto em 1797, por Vauquelin, como um elemento constituinte do mineral berilo. Em 1828 foi produzido como metal impuro na França. Em 1921, surgiu nos EUA a primeira produção comercial de lingotes. A BRUSH LABORATORIES passou a liderar os desenvolvimentos no setor que culminaram em 1926 com a descoberta da vantagem de se ligar cobre com berílio. Até a II Guerra foi pequeno o crescimento no uso do berílio e seus compostos. Após a Guerra, as propriedades do metal levaram a uma intensificação no esforços de aumentar a oferta e desenvolver técnicas de fabricação para a produção do berílio dúctil que pudesse ser trabalhado, moldado e usado para estruturas e outras aplicações na área de defesa, energia nuclear e espacial.

Hoje o processamento e produção do berílio e seus compostos é dominado pela NGK e BRUSH WELLMAN, cujas capacidades instaladas são mantidas em segredo. A BRUSH WELLMAN além das unidades nos EUA, controla uma subsidiária no Japão para a qual exporta óxido de berílio que é convertido em ligas cobre-berílio.

2.2 No Brasil⁽⁴⁾

A história do berílio no país está ligada principalmente ao setor governamental. Desenvolvimentos tecnológicos iniciais possibilitaram a instalação da PROBERIL em Resende, RJ., que após um ano de operação encerrou suas atividades por razões desconhecidas.

Em 1968 um grupo de empresas contratou o Minas Instituto de Tecnologia de Governador Valadares, hoje Fundação

Percival Farquhar, para implantar o processamento piloto do berílio. Hoje existe uma unidade com capacidade para produzir 50 kg/mês de carbonato de berílio, segundo processo convencional. Existem planos para a instalação de uma planta com capacidade para 700 kg de BeO/mês, equivalente a 60 toneladas anuais de cobre-berílio.

3. ESTADO DA ARTE DAS TECNOLOGIAS ATUAIS

3.1 Processo Sulfato⁽³⁾

O processo sulfato de Kjellgren - Sawyer é a base do processamento do berílio na BRUSH WELLMAN. O minério é completamente fundido à 1600-1650° C e então resfriado abruptamente num banho de água fria. A energia requerida para fusão do berílio limita a competitividade ao minério que contém mais do que 10% de BeO. O berílio obtido após a etapa de fusão é de natureza vítrea. O reaquecimento à 900-950° C causa a sua devitrificação parcial, sendo em seguida moído a pó, com granulometria menor do que 74 µm (-200 mesh).

Uma lama formada pelo pó e por ácido sulfúrico concentrado é aquecida à 250-300° C, convertendo berílio e alumínio em sulfatos, enquanto que a fração de sílica é retida na forma insolúvel no meio reacional.

O pó sulfatado quase seco é lixiviado com água, e a solução de sulfato de berílio é recuperada por um sistema de lavagem e decantação em contracorrente.

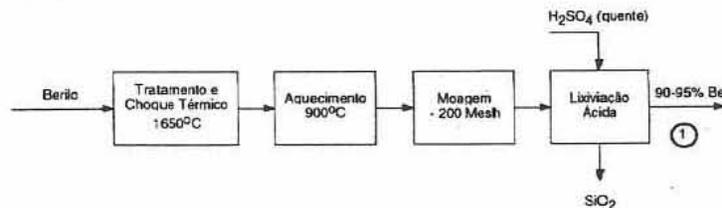
Uma etapa de neutralização com amônia separa a maior parte do alumínio como alúmem de amônio, $\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, que tem solubilidade limitada na solução de sulfato de berílio. Os cristais de alúmem de amônio são removidos por centrifugação.

Agentes quelantes orgânicos, tais como o sal de sódio do ácido etilenodiaminotetracético e trietanolamina, são adicionados à solução livre do alúmem, que é combinada com solução aquosa de hidróxido de sódio para formar uma solução de berilato de sódio, também contendo aluminato de sódio residual. O aquecimento da solução, um pouco abaixo da ebulição, precipita o hidróxido de berílio granular que é prontamente recuperado por centrifugação contínua; embora uma fração de hidróxido de berílio permaneça em solução, baixando um pouco o rendimento de obtenção de berílio precipitado.

Separação líquido-sólido numa lagoa de decantação ajuda a resolver os problemas ecológicos de lançamento de efluentes líquidos por retenção dos contaminantes, alumínio e berílio. O processo sulfato recupera aproximadamente 80% do berílio contido de um minério de berílio com o mínimo de 10% de BeO.

A Figura 1 ilustra o processamento do berílio via a rota sulfato.

a) Tratamento térmico pelo processo Kjellgren



b) Separação de Alúmen

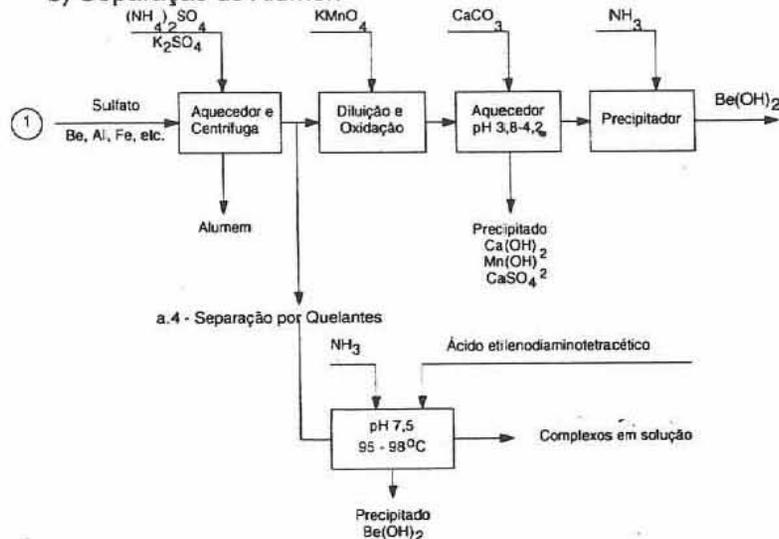


Figura 1 - Processo sulfato (BRUSH WELLMAN INC.)

3.2 O Processo Fluoreto⁽³⁾

As alternativas ao processo sulfato são baseados na calcinação de berílio com fluxos para converter o minério numa forma solúvel em água. No processo original de Copaux, minério de berílio pulverizado era reagido com fluorsilicato de sódio à aproximadamente 750° C para formar fluorberilato de sódio pouco solúvel, apresentando, entretanto, perdas muito altas de flúor.

Kawecki melhorou o processo, usando fluorferrato de sódio, Na_3FeF_6 , em vez de fluorsilicato de sódio. Até poucos anos atrás, este processo foi usado pela KAWECKI BERYLCO INDUSTRIES, Inc. Uma quantidade estequiométrica de Na_3FeF_6 era adicionada ao minério pulverizado, para reagir com o óxido de berílio contido, numa reação altamente seletiva. A mistura era extrudada sob a forma de briquetes úmidos, que eram sinterizados a 750° C. Os produtos da reação eram moídos, a úmido, num moinho de bolas. O fluorberilato de sódio resultante era lixiviado com água à temperatura ambiente.

A solução filtrada era tratada com hidróxido de sódio para formar solução de berilato de sódio, de onde um hidróxido de berílio filtrável era precipitado à temperatura de ebulição. O rendimento de recuperação do berílio era acima de 90% neste processo. O melhoramento crucial foi introduzido por Kawecki, de maneira que a solução diluída de fluoreto de sódio, remanescente após a separação do hidróxido de berílio, era tratada com sulfato férrico. Fluorferrato de sódio era precipitado, recuperado por filtração, e reciclado à etapa de calcinação.

3.3 Produção de Berílio Metálico⁽³⁾

Um certo número de métodos são conhecidos para redução de compostos de berílio à metal. A maior parte deles é baseada na eletrólise de cloretos e fluoretos, que não são tão complicados de implementar em escala de laboratório.

3.3.1 Redução de Fluoreto de Berílio com Magnésio

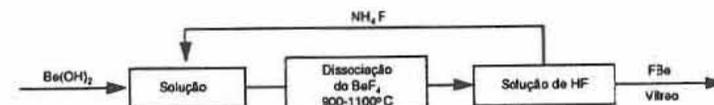
Na sua planta em Elmore, Ohio, a BRUSH-WELLMAN usa o processo de purificação de Schwenzfeier-Pomelle. Hidróxido de berílio, produzido pelo processo de sulfato é dissolvido em solução de bifluoreto de amônio para resultar numa solução de concentração de 20 g/l de Be. Após uma série de tratamentos com carbonato de cálcio e dióxido de chumbo para remover as impurezas de alumínio, manganês e cromo, fluorberilato de amônio é produzido por evaporação concorrente e cristalização sob vácuo. É então carregado em fornos de indução revestidos de grafite, de onde fluoreto de amônio é vaporizado em coletores de vapores para reciclagem ao processo de dissolução.

Fluoreto de berílio flui continuamente do fundo do forno e é solidificado como um produto vítreo em rodas de moldagem resfriadas à água. Muitas dificuldades técnicas atrasaram a produção de berílio pela simples redução de fluoreto de berílio com magnésio. O calor de reação provoca um rápido aumento na temperatura, que deve ser controlada para prevenir uma volatilização repentina do magnésio não reagido.

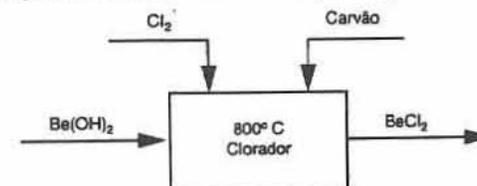
Diferentemente da maioria dos metais, o berílio flutua na sua escória, perdendo a proteção da atmosfera disponível em outros sistemas metal-escória. Uma complicação a mais é causada pelo ponto de fusão (1284°C) do fluoreto de magnésio formado, aproximando-se do ponto de fusão do berílio (1283°C). Berílio e fluoreto de magnésio fundidos são muito ativos quimicamente a estas altas temperaturas, portanto a seleção do material do cadinho se torna um problema adicional.

A Figura 2 mostra esquematicamente, o processo de redução metalotérmica para a produção de berílio metálico.

a) Produção do Fluoreto de Berílio (BeF_2)



b) Produção do Cloreto de Berílio (BeCl_2)



c) Redução Metalotérmica (BRUSH WELLMAN INC.)

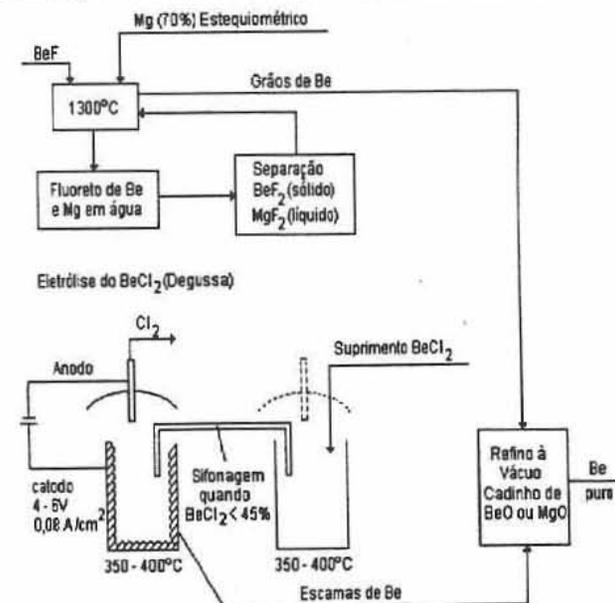


Figura 2 - Produção do metal

No processo desenvolvido por Kjellgren, um excesso de fluoreto de berílio é usado em relação à quantidade de magnésio. A reação é conduzida num forno revestido de grafite aquecido à cerca de 900° C e é controlada por carregamentos em bateladas de magnésio metálico e fluoreto de berílio em forma sólida. A quantidade de magnésio usada na reação é aproximadamente 70% da requerida estequiometricamente pelo fluoreto de berílio. O calor de fusão do excesso de fluoreto de berílio ajuda controlar a temperatura pela absorção de algum calor liberado pela reação de magnésio e fluoreto de berílio. O excesso de fluoreto de berílio produz uma escória composta de magnésio e fluoreto de berílio que tem um ponto de fusão substancialmente mais baixo que o do berílio. A viscosidade da escória misturada no ponto de fusão do berílio é tal que promove a coalescência das partículas de berílio formadas pela reação. O excesso de fluoreto de berílio também dissolve o óxido de berílio, que previne a formação de um filme de óxido nas partículas de berílio e ajuda na coalescência do metal.

Após o término da reação de magnésio e fluoreto de berílio, o conteúdo do cadinho é aquecido a cerca de 1300° C. Nesta temperatura, a escória é muito líquida e o berílio fundido flutua nela. Escória e metal são então vazados juntos num cadinho receptor de grafite onde eles solidificam. O berílio forma pelotas grosseiramente esféricas, distribuídas pela escória de fluoreto de magnésio-fluoreto de berílio. Este produto de reação misturado é britado e lixiviado em água num moinho de bolas. O excesso de fluoreto de berílio é dissolvido rapidamente, liberando o berílio metálico.

O líquido lixiviado nesta operação flui continuamente através do moinho de bolas, arrastando as partículas finas de fluoreto de magnésio do moinho, e deixando as pelotas de berílio no corpo do moinho. O berílio é decapado com ácido acético, e representa um rendimento de recuperação 50%, baseado na quantidade inicial de fluoreto de berílio utilizada.

O fluoreto de magnésio é separado do licor lixiviado e descartado. O licor lixiviado é reciclado como parte do insumo para preparar fluorberilato de amônio.

As pelotas de berílio metálico contêm 97% de Be, contaminadas por escória e magnésio não reagidos. Para remover estas impurezas, o metal é fundido à vácuo em fornos de indução. O magnésio e o fluoreto de berílio liberados da escória, vaporizam e são coletados em filtros no sistema de vácuo. Não voláteis, tais como carbeto de berílio, óxido de berílio e fluoreto de magnésio, separam do metal fundido como uma escória que adere ao fundo do cadinho. O metal purificado é vazado e moldado em lingotes de 150-200 kg.

3.4 Refino Eletrolítico⁽²⁾

O refino eletrolítico é usado para preparar um produto mais puro do que o normalmente obtido na redução do fluoreto de berílio anidro por magnésio. A operação de refino eletrolítico é conduzida em um banho de sal fundido (exemplo, LiCl-KCl, SrCl₂-NaCl ou NaCl-KCl) usando pelotas e/ou aparas de berílio como insumos. Uma célula eletrolítica típica industrial é construída, usualmente, de níquel. A célula é provida de um anodo em forma de uma cesta anular e um catodo cilíndrico, também construído de níquel. O berílio migra do anodo para o catodo e deposita-se em sua superfície nas formas dendrítica ou laminar. A densidade de corrente catódica pode variar até 93 A/m². A temperatura de operação é tipicamente 550° C em banho de LiCl-KCl.

Uma mistura de berílio e sal (cerca de 2 kg de sal por kg de berílio) é obtida no catodo; cuja limpeza e remoção do sal é efetuada por lavagem com água e lixiviação com ácido nítrico. O restante do sal contaminante é removido quando o metal é moldado por vácuo em grandes lingotes. As especificações do metal refinado eletroliticamente disponível comercialmente indicam as seguintes impurezas:

Metal	ppm
Fe	300
Al	100
Si	100
C	300
Ni	200
Mg	60
Cu	50

4. PROPOSTA DE TECNOLOGIA ALTERNATIVA

Uma das maiores dificuldades na produção do berílio em escala industrial deve-se ao fato de que o berílio possui uma alta toxidez, principalmente quando se encontra na forma de compostos voláteis, especialmente cloreto de berílio, BeCl_2 e fluoreto de berílio, BeF_2 .

Um dos méritos da tecnologia alternativa, refere-se à redução do minério de berílio, seus sais ou óxidos, sem a necessidade de formação de compostos intermediários de halogenetos de berílio, representando, portanto, avanço no que se refere aos aspectos de proteção ambiental e saúde ocupacional.

O fluxograma mostrado na Figura 3, representa as diversas etapas do processo de obtenção do berílio metálico, compreendendo o beneficiamento do berílio, mistura do minério beneficiado com carbonato de cálcio micronizado, calcinação da mistura em forno à 1200°C , lixiviação ácida, filtração à vácuo, neutralização, secagem, pulverização do concentrado metálico reduzido, solubilização em solução de cloreto de amônio em amoníaco líquido, precipitação do silício metálico em câmara frigorífica, cristalização do complexo $\text{BeCl}_2(\text{NH}_3)_4$, redissolução do complexo em amoníaco líquido e eletrólise com deposição do berílio no catodo.

A etapa final da separação do berílio de uma solução amoniacal é realizada por cristalização do sal complexo $\text{Be}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2$, seguida de dissolução em amônia líquida e refino eletrolítico. No complexo cristalizado, cada átomo de berílio se encontra quimicamente ligado à dois átomos de cloro e quatro grupos funcionais amônio (NH_3). Tanto na forma cristalizada como em solução, o complexo é estável nas temperaturas de trabalho (-40 até 30°C).

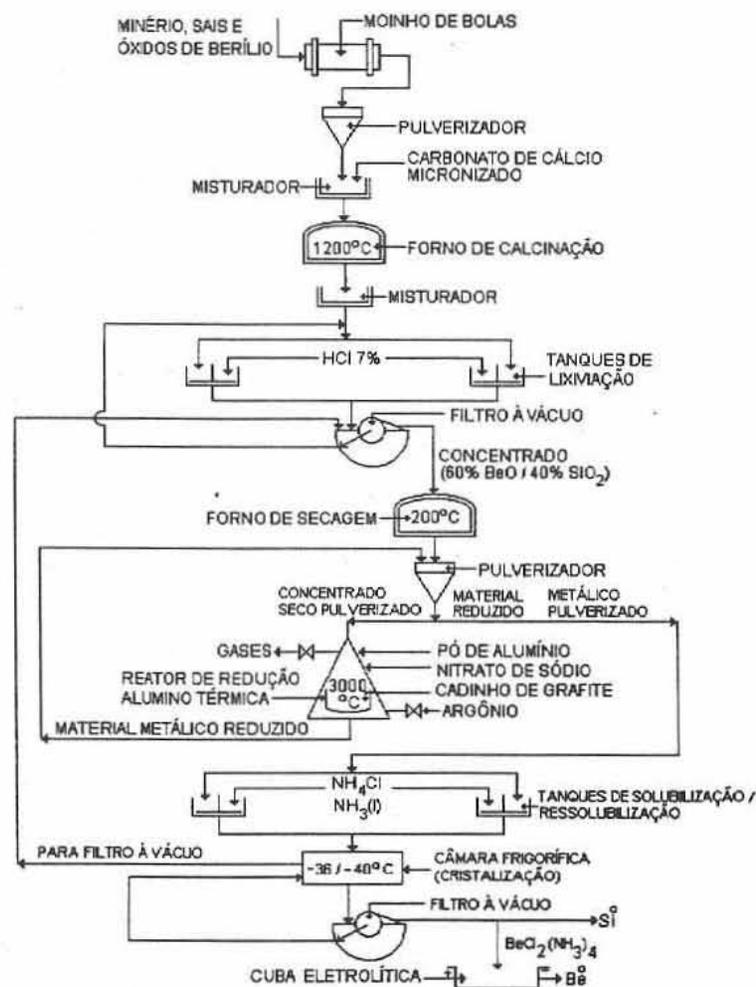


Figura 3 - Fluxograma da proposta de tecnologia alternativa

5. O ESTADO DA ARTE DA TECNOLOGIA ALTERNATIVA

Em 1986 foi demonstrada praticamente em escala de bancada laboratorial, o processo apresentado como alternativa aos processos convencionais atualmente usados na indústria. A demonstração foi realizada nas instalações da CARBOMIL MINERAÇÃO E INDÚSTRIA, em Fortaleza, Ceará.

Partiu-se do carbonato básico de berílio produzido pela Fundação Percival Farquhar em Governador Valadares, que contém 53% de Be em peso. A recuperação de berílio foi da ordem de 96,5%, peso por peso, em relação ao teor de berílio metálico contido na matéria-prima. Constatou-se uma perda da ordem de 6% em peso, durante o processo, provavelmente devido a um arraste do concentrado pelos gases durante a redução aluminotérmica.

Para permitir ao leitor, uma comparação, ainda que subjetiva, entre as tecnologias em uso na indústria (item 3) e a tecnologia alternativa (item 4), tentou-se relacionar as principais vantagens e desvantagens desta opção, conforme a seguir:

5.1 Vantagens

- redução das fontes de contaminação ocupacional e ambiental;
- reduzida possibilidade de toxidez;
- alto rendimento de berílio recuperado;
- baixo índice de perdas (\cong 6%);
- equipamentos nacionais (exceto o pulverizador);
- baixo investimento de capital em relação ao valor agregado dos produtos;

- tecnologia inovadora;
- compatível com padrões de controle ambiental;
- existência de mercado atraente para exportação;
- metal estratégico;
- possibilidade de acesso a fontes de crédito oficiais para implantação industrial.

5.2 Desvantagens

- necessidade de cuidado no manuseio dos materiais durante a moagem e pulverização;
- necessidade de rigoroso controle da higiene do trabalho;
- disciplina operacional;
- controle da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)

Os processos apresentados no item 3, mostram claramente a passagem pelos sais de berílio, tais como sulfato de berílio (BeSO_4), cloreto de berílio (BeCl_2) e fluoreto de berílio (BeF_2), produzidos como intermediários.

Os vapores de fluoreto de berílio são altamente tóxicos, e deve ser tomado extremo cuidado para evitar inalação quando o sólido é aquecido.

Os cuidados com o manuseio de compostos tóxicos, implica em investimentos adicionais em equipamentos de proteção ambiental e instalações que sejam compatíveis com as exigências da legislação ambiental vigente nos países que processam os minérios de berílio para obtenção de berílio metálico.

Observa-se, também, que as rotas de processamento convencionais são bastante mais complicadas do que a rota proposta na tecnologia alternativa. O mesmo pode ser dito, no

que se refere à complexidade dos equipamentos existentes nas instalações industriais que fabricam o berílio metálico pelos métodos atuais. É válido inferir, pelo simples exame dos fluxogramas, que o custo do investimento para implementação de indústrias que utilizam as tecnologias convencionais, certamente será mais elevado de que o referente ao processo sugerido na tecnologia alternativa, desde que se considere a mesma capacidade de produção.

No que se refere ao custo operacional, é possível dizer que o processo apresentado como tecnologia alternativa, permite o desenvolvimento de sistemas de automatização por controle remoto, o que certamente reduzirá consideravelmente a mão-de-obra direta, causando redução de custo.

Por fim, no que se refere ao refino eletrolítico, pode-se afirmar que o processo utilizado na tecnologia alternativa, por partir de um composto complexo cristalizado $\text{Be}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2$ deverá produzir um berílio metálico com teores de impurezas menores do que o obtido pela eletrólise em banho de sais fundidos, procedimento adotado pela tecnologia atual.

6. O PROCESSO TECNOLÓGICO/PATENTE⁽⁵⁾

O processo tecnológico proposto como alternativa aos processos atualmente em uso na indústria foi sistematizado pelo autor deste trabalho, baseado nos procedimentos realizados na CARBOMIL, em 1986, durante a demonstração da Patente americana US 4.581.065, de 8 de abril de 1986, através do seu inventor, o Sr. Manfredi Orgera, químico italiano.

A patente acima citada refere-se à redução aluminotérmica de minério de berílio, sais e compostos que contenham berílio. A patente é baseada no princípio de adicionar ao alumínio em pó, compostos químicos ricos em oxigênio tais como cloratos, percloratos, peróxidos e persulfatos, para obter uma fusão completa da massa reacional, devido às temperaturas extremamente elevadas que são alcançadas causadas por reações simultâneas, que ocorrem entre um determinado excesso de pó de alumínio e os compostos ricos em oxigênio.

De acordo com ensinamentos da patente alemã nº 41063, de 10 de Março de 1925, deve ser reconhecido que, quando uma mistura de quantidades equivalentes de óxido de berílio com, por exemplo, pó de alumínio é colocada em ignição, a formação de berílio metálico é de fato observada; entretanto o desenvolvimento exotérmico desta reação é muito baixo para produzir a completa fusão da mistura resultante de berílio metálico e óxido de alumínio.

7. TOXIDEZ DO BERÍLIO/PADRÕES AMBIENTAIS

7.1 Toxidez⁽⁸⁾

Quase todos os compostos conhecidos de berílio são considerados como sendo tóxicos em ambas as formas solúveis e insolúveis.

Compostos de berílio solúveis, tais como sulfato de berílio e cloreto de berílio, normalmente produzem pneumonite aguda; compostos insolúveis, tais como berílio metálico e óxido de berílio, podem produzir doença pulmonar crônica (Beriliose). Entretanto deve ser observado que o efeito tóxico do berílio não é limitado a beriliose, mas ao contrário, é uma doença sistêmica que atinge todo o corpo.

No caso do berílio há um registro clássico de risco à saúde pública e ocupacional. Este fato tornou-se evidente em 1949, quando a Comissão de Energia Atômica dos EUA, descobriu que uma de suas maiores fábricas de berílio, causou contaminação atmosférica com concentrações de até 0,1 microgramas/metro cúbico de ar, até 3/4 de milha de distância da fábrica. Investigações posteriores descobriram 10 casos de envenenamento por berílio, sendo um fatal, entre residentes da área, que não eram empregados da fábrica.

Deve ficar claro, entretanto que, não obstante às constatações acima, fartamente documentadas na literatura, as técnicas de engenharia industrial, resolveram satisfatoriamente os problemas de manuseio e produção industrial do berílio, no que diz respeito à saúde ocupacional e proteção ambiental.

O problema de saúde do trabalho representado pelo berílio, encontra-se, atualmente sob rigoroso controle nos EUA, e há muito tempo não ocorrem notícias sobre novas vítimas entre

empregados e residentes nas proximidades das fábricas e/ou unidades de processamento de berílio.

Registre-se que a metalurgia do berílio nos EUA, é, sem dúvida, uma das indústrias melhor equipadas no que diz respeito a sistemas de controle de poluição ambiental e de proteção ao trabalho. Embora, com sistemas não tão sofisticados, porém igualmente eficientes, na Rússia e CEI, as instalações industriais que processam o berílio, encontram-se devidamente equipadas para proteger a contaminação ambiental.

7.2 Padrões Ambientais⁽⁶⁾

Antes de 1947 era virtualmente impossível correlacionar sintomas observados pelos médicos com os níveis de exposição, ao berílio, pelos trabalhadores. Uma razão para a falta de tais dados era que, naquele tempo, os métodos analíticos sensíveis para berílio não tinham sido plenamente desenvolvidos ainda, tampouco estavam disponíveis instrumentos para amostragem do ar.

Devido ao crescimento constante dos casos de doenças respiratórias e mortes resultantes da exposição ao berílio, e por causa das aparentes similaridades com a pneumoconiose, um simpósio aconteceu em Saranac Lake, New York no final de 1947 para rever inteiramente o problema do berílio. Este foi o sexto Simpósio Saranac e as informações apresentadas nas sessões, junto com as pesquisas e recomendações de Eisenbud e colaboradores, proveram a base para os Requerimentos de Controle da Comissão de Energia Atômica dos EUA, estabelecidos em 1949.

As investigações de Eisenbud sugeriram que a máxima concentração à que um trabalhador da indústria de berílio tenha sido exposto não excedeu $15 \mu\text{g Be}/\text{m}^3$ de ar. Para controle da doença aguda, um valor de $25 \mu\text{g Be}/\text{m}^3$ foi recomendado por Eisenbud, como o máximo de exposição permissível. Adicionalmente, os estudos de casos não ocupacionais da

doença, resultaram na conclusão que na população humana ao redor de uma planta de produção de berílio, a menor concentração capaz de produzir doença causada por exposição ao berílio na atmosfera, era maior do que $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e provavelmente menor do que $0,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Como resultado do Simpósio de Saranac e as recomendações de Eisenbud, os seguintes limites de concentrações permissíveis de berílio foram adotados pela Comissão de Energia Atômica dos EUA, segundo recomendação ao comitê *ad-hoc*:

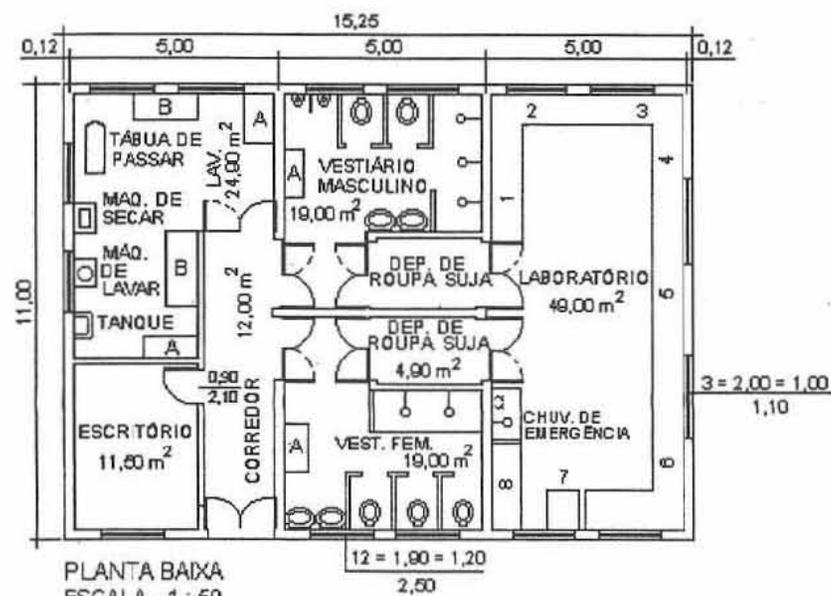
- 1) Na atmosfera no interior da fábrica, a concentração de berílio não deverá exceder 2 microgramos por metro cúbico, como uma média durante 8 horas por dia.
- 2) Mesmo que a média diária seja menor do que 2 microgramos por metro cúbico, nenhuma pessoa deve ser exposta a concentração maior do que 25 microgramos por metro cúbico a qualquer tempo, mesmo curto.
- 3) Nas vizinhanças de uma fábrica que manuseia compostos de berílio, a média mensal da concentração ao nível de zona de respiração, não deve exceder $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

8. PROPOSTA DE PROJETO DE INSTALAÇÃO PARA PRODUÇÃO DE BERÍLIO METÁLICO

As Figuras 4, 5, 6, 7 e 8 mostram as plantas baixa, diagrama de blocos simplificado do sistema de proteção do ar, sistema de controle ambiental/proteção do ar, sistema de controle ambiental/proteção de solo e subsolo e sistema de tratamento de efluentes de uma instalação piloto para processamento de berílio metálico.

A instalação prioriza os cuidados com a proteção ambiental e as condições de higiene do trabalho. As seguintes providências serão implementadas na montagem desta unidade:

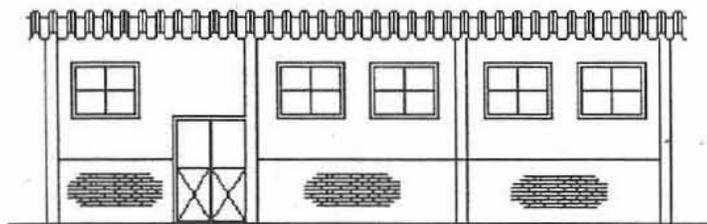
- a) O ambiente interno deve ser vedado com plástico nas portas, janelas e teto.
- b) O ar externo deve ser filtrado ao entrar no laboratório, exaurido por sucção mecânica e conduzido a uma torre de lavagem de gases localizada na área externa onde deverá ser lavado, antes de ser lançado à atmosfera, restando na torre eventuais poeiras metálicas.
- c) A instalação deverá possuir lavanderia própria e nenhuma pessoa poderá sair com roupas ou sapatos usados.
- d) Os resíduos sólidos (lixo, etc) devem ser descartados em trincheiras de concreto impermeáveis à entrada de água e aparelhadas com exaustão dotada de filtros.
- e) Os efluentes líquidos devem ser monitorados e avaliados, antes do lançamento no corpo receptor.
- f) As águas pluviais e de combate à incêndio, deverão ser conduzidas à uma bacia de acumulação e analisadas antes do lançamento ao corpo receptor.
- g) Em caso de contaminação por berílio, as águas pluviais e os efluentes líquidos, deverão ser usados como água de *make-up* da torre da lavagem de gases, cujo destino final será o aterro sanitário.



PLANTA BAIXA
ESCALA - 1 : 50

LEGENDA:

- | | |
|---|-------------|
| 1 - MOAGEM E CLASSIFICAÇÃO (CAPELA) | A - ARMÁRIO |
| 2 - CALCINAÇÃO, FORNO (CAPELA) | B - BANCADA |
| 3 - SECAGEM, ESTUFA (300°C) | |
| 4 - NEUTRALIZAÇÃO (CAPELA) | |
| 5 - PESAGEM E MISTURA | |
| 6 - REDUÇÃO ALUMINOTÉRMICA (CAPELA DUPLA) | |
| 7 - CRISTALIZAÇÃO/RESFRIAMENTO | |
| 8 - LIMPEZA E ESTOCAGEM | |



FACHADA PRINCIPAL
ESCALA - 1 : 50

Figura 4 - Lay-out do laboratório

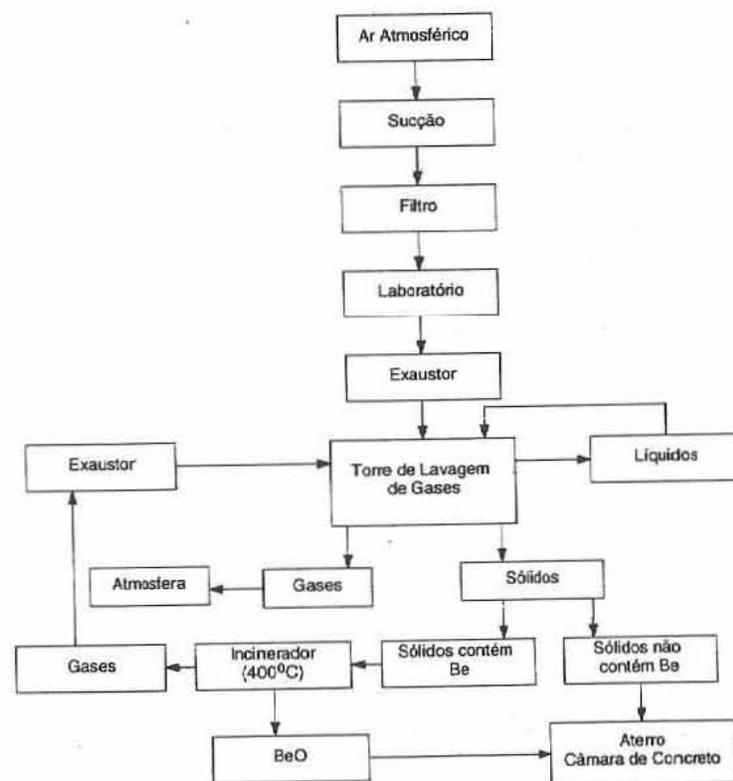
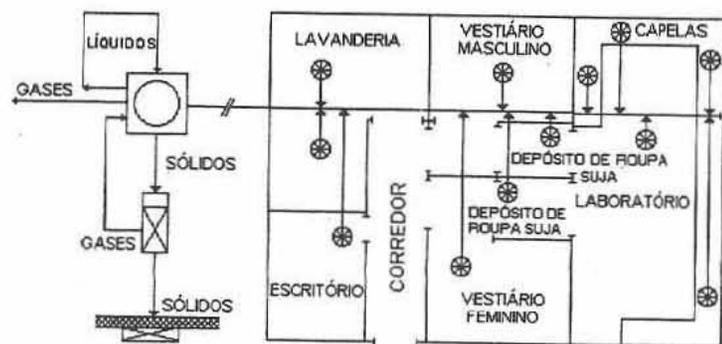


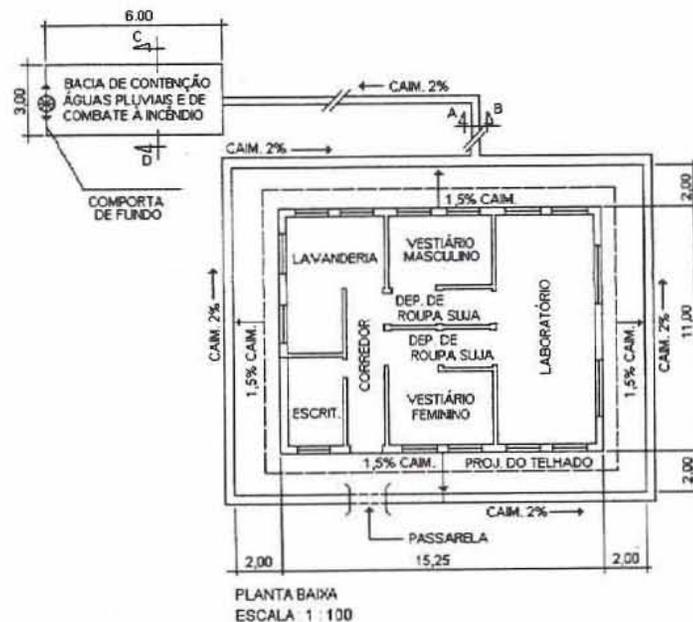
Figura 5 - Sistema de controle ambiental:
proteção do ar diagrama de blocos simplificado do processo



LEGENDA

-  — EXAUSTOR
-  — TORRE DE LAVAGEM DE GASES
-  — INCINERADOR
-  — TRINCHEIRA DE CONCRETO (ATERRO)

Figura 6 - Sistema de controle ambiental de proteção do ar



PLANTA BAIXA
ESCALA 1:100

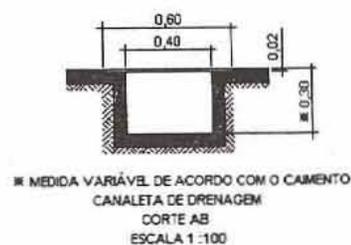


Figura 7 - Sistema de controle ambiental, proteção do solo e sub-solo

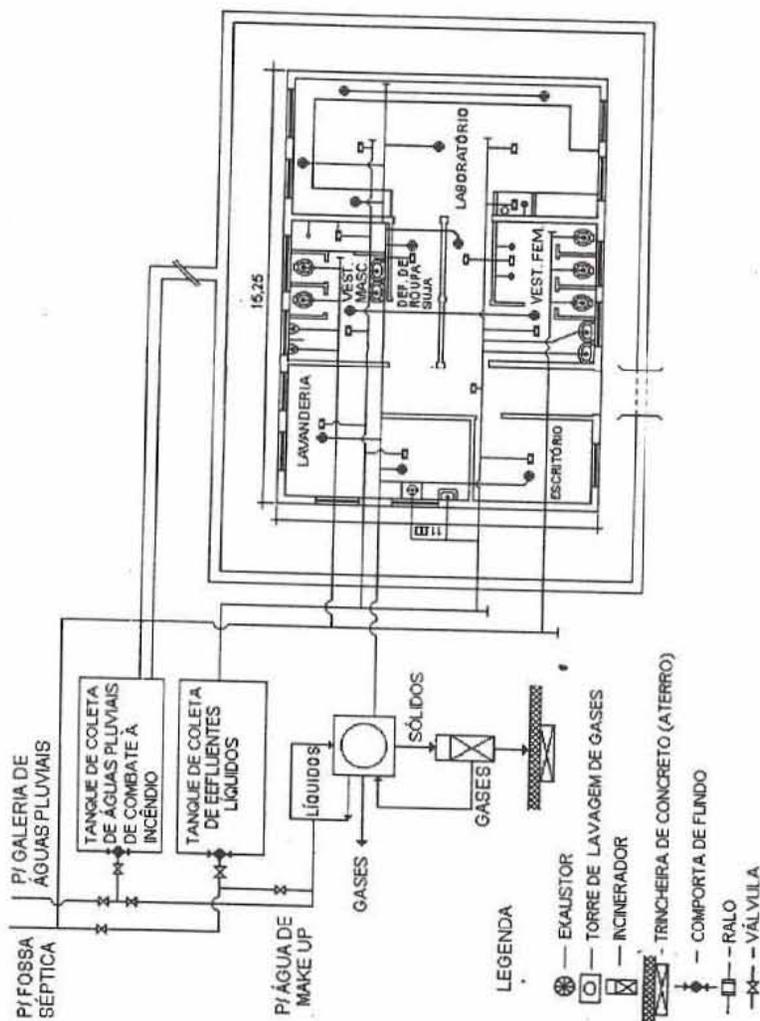


Figura 8 - Sistema de tratamento de efluentes, proteção do ar, solo e sub-solo

9. USOS E APLICAÇÕES DO BERÍLIO METÁLICO E DE SEUS COMPOSTOS E LIGAS⁽⁷⁾

9.1 Berílio Metálico

Os usos do berílio metálico estão, em sua maioria, relacionados às suas características de elevada condutividade térmica, alto calor específico, baixa densidade e alto módulo específico.

O metal é usado em:

- dissipadores de calor e freios de aviões de alto desempenho;
- escudos de calor em naves espaciais;
- aplicações estruturais na indústria aeroespacial;
- sistemas de navegação inercial de foguetes (ex.: míssil *Minuteman*) e aviões;
- aditivos para propelentes de foguetes (Be em pó);
- janelas em tubos de raios-X, com penetrabilidade bastante superior a dos outros metais;
- peças de giroscópio.

9.2 Óxido de Berílio

O óxido de berílio, BeO, é de grande interesse para a área nuclear. Tem baixa seção de choque, altíssimo ponto de fusão, muito baixa pressão de vapor à altas temperaturas e alta capacidade moderadora.

As cerâmicas de berílio têm alta condutividade térmica, alta resistência elétrica, excelentes propriedades dielétricas, boa resistência a choques térmicos, alta resistência química e transparência a micro-ondas.

São usadas como:

- dissipadores de calor;
- isolantes elétricos (em substratos para microcircuitos e componentes semicondutores);
- cadinhos;
- poços para termopares;
- partes de equipamentos à base de micro-ondas;
- suportes de ignição eletrônica de automóveis.

9.3 Ligas de Cobre-Berílio

As ligas de Cu-Be podem ser divididas em duas categorias principais: de alta resistência mecânica e de alta condutividade elétrica.

As ligas de alta resistência mecânica contêm de 1,6 a 2,0% de Be e cerca de 0,25% de Co.

Devido a sua alta resistência mecânica, boa condutividade elétrica e formabilidade, são usadas em:

- contatos elétricos;
- interruptores;
- molas;
- partes de instrumentos de precisão;
- ligações em circuitos integrados de segurança (anti-centelha).

A categoria das ligas de alta condutividade é formada por ligas com 0,3 a 0,8% de Be e 1,4 a 2,7% de Co.

São usadas em aplicações semelhantes às das ligas de alta resistência, sendo, no entanto, especificadas para uso quando as características de alta condutividade têm maior importância e a resistência não necessita ser muito elevada.

10. DEMANDA E PREÇOS^(1,9)

O consumo de berílio nos EUA em 1994 atingiu 191 toneladas correspondente a US\$ 67 milhões, e o seguinte perfil de aplicações:

- ligas e óxidos para componentes eletrônicos (56%);
- ligas, óxidos e metal para as indústrias aeroespacial e bélica (18%);
- ligas e óxidos para componentes elétricos (16%);
- ligas, metal e óxidos para outras aplicações (10%).

No mundo, 65% do berílio foi consumido sob a forma de Cu-Be, ligas que contêm cerca de 2% de Be.

Os minérios de berílio de valor comercial, se restringem ao berilo, na maior parte do mundo e a bertrandita, cuja única jazida em operação encontra-se nos EUA. Devido sua ocorrência errática e amplamente dispersa na natureza, a avaliação de suas reservas torna-se tarefa extremamente difícil e de alto custo. Por estas razões, o mercado mundial de berílio é diretamente influenciado pela produção e pela oferta de seus minérios. O reflexo desta situação é que o preço do berílio tem variado muito ao longo do tempo.

Sendo um metal estratégico, as cotações de berílio e seus derivados não são divulgadas habitualmente, a não ser em publicações de órgãos governamentais e algumas revistas especializadas.

Recorre-se, portanto, ao preço das ligas de Cu-Be, o que permite ilustrar uma boa avaliação indireta do preço do Be. Por exemplo, em fevereiro de 1993 o preço do semi-acabado *Casting Alloy* na forma de *slab* era de US\$ 5.51/kg, correspondendo à seguinte especificação: Cu (98%), Be (1,92%) e outros (0,08%), preço praticado nos EUA, por um dos

laminadores de ligas que abastece o mercado americano. Conhecendo-se o preço da liga e também o do cobre, foi possível calcular o preço do Be metálico: US\$ 300/kg. Este valor, refere-se ao preço pago pela empresa laminadora, ao adquirir o *Casting Alloy* para laminação final.

As oscilações de preço em função da produção mineral e sua oferta, são ilustradas pela revista "Elements", que no seu nº de Agosto/Setembro de 1995, apresenta preços de minérios de Be, Be metálico e de suas ligas referentes ao ano de 1994, conforme mostrado abaixo:⁽⁹⁾

Produtos	Preços (US\$/lb)
Berilo	78-85 (t/BeO)
Lingotes (98,5%)	308
Pó de Be metálico (98,5%)	295
Ligas de Be-Al	260
Ligas de Be-Cu:	
Liga-mãe	160
<i>Casting Alloy</i>	5.52-6.30
Tarugo, barra, vergalhão	10.24
Chapa	9.25

Fonte: Elements, ago/set, 1995.

Se compararmos os preços praticados em fevereiro de 1993, com os preços de 1994, para o produto *Casting Alloy*, verificaremos, feita a conversão de unidades, que os preços mais do que dobraram no período de aproximadamente 2 anos, conforme mostrado a seguir:

Produtos	Período	Preços (US\$/kg)
<i>Casting Alloy</i>	Fev. 1993	5.51
<i>Casting Alloy</i>	Jan.-Dez. 1994	12.16 -13.88

Fonte: Elements, ago/set, 1995.

11. MERCADO INTERNACIONAL

11.1 Conjuntura

O mercado mundial de Be metálico, suas ligas e produtos que contém Be, é fortemente dominado pelos EUA e Japão, países que o controlam, e cuja característica principal se constitui na formação de um oligopólio formado pelas empresas BRUSH WELLMAN e NGK. Ambas possuem fábricas nos EUA e a NGK está instalada no Japão, sob a forma de subsidiária.

Por razões estratégicas, ao longo de várias décadas, os EUA compraram minérios de Be, de todo o mundo, para formação de estoque de segurança, o que permitiu ao país, planejar e executar projetos na área de defesa.

Por via de consequência, com o surgimento das aplicações civis do Be, a BRUSH WELLMAN, pioneira na fabricação de Be, acabou se tornando a principal fornecedora de Be e seus produtos no mercado americano.

Este mercado está bem organizado e estruturado nos EUA, Japão e países ocidentais politicamente alinhados com os EUA.

No bloco oriental, Rússia, Casaquistão e China são países, que fabricam Be metálico, ligas e compostos que contém Be, originalmente visando sua utilização em projetos militares. Com o término da chamada "Guerra Fria" e o desmembramento da ex-URSS, começaram a sobrar estoques de produtos intermediários e finais, que paulatinamente, foram sendo transferidos para indústrias civis.

Ocorre que nestes países, o mercado de Be para uso civil, não está organizado, como no ocidente, devido sua orientação fortemente voltada para defesa.

A existência de estoques disponíveis nestes países, ocorre de maneira esporádica e tem provocado perturbações no mercado ocidental, causadas por intervenções que se caracterizam por ofertas de grandes quantidades e preços abaixo dos praticados nos EUA.

Entretanto, observações locais na Rússia e Casaquistão, indicam que não há iniciativas organizadas tendentes a mudar esta situação. Tudo leva a crer, que ainda por algum tempo, o mercado terá que se submeter a estas oscilações de oferta e preços.

Observa-se, que qualquer progresso nas negociações de paz verificada em regiões de conflito no mundo, sinalizam com a possibilidade de perturbação no mercado a médio prazo, por aumento de oferta. A recíproca é verdadeira, no que refere ao aumento das hostilidades em qualquer região conflituosa, por diminuição da oferta e aumento de preços.

A situação descrita acima, explica, em parte, as grandes variações de preços que se verificam neste mercado, em períodos relativamente curtos. Trata-se, portanto, de um mercado de difícil previsibilidade, pelo fato de ser fortemente influenciado pela produção mineral e estar sujeito a variações bruscas da conjuntura provocadas por situações de confronto ou normalização das relações entre países e regiões em conflito.

11.2 Novas Tendências⁽¹⁾

Em anos recentes um dos mercados mais emergentes para ligas de berílio tem sido o dos equipamentos para perfuração de petróleo e gás. O uso da perfuração horizontal pode aumentar a quantidade de reservas que podem ser economicamente exploradas em campos novos ou já existentes. Ligas de CuBe são também usadas em sistemas de perfuração convencionais.

A alta resistência à abrasão, imunidade à corrosão por fadiga devida à cloretos, e a transparência magnética das ligas de CuBe, atendem aos requisitos técnicos da perfuração horizontal.

Como as aplicações das ligas de CuBe em defesa declinaram, tem havido um interesse crescente no desenvolvimento de outras aplicações industriais e de consumo popular. Na indústria de plásticos, ligas de berílio são usadas em moldes de precisão para fabricação de produtos plásticos, tais como brinquedos, copos, *containers*, embalagens para cosméticos e aplicações de uso doméstico.

Nos mercados de consumo de lazer, ligas de berílio são usadas em cabeças de tacos de golfe de alta qualidade, assim como em equipamentos eletrônicos, tais como: sistema estéreo, *VCR's*, telefones portáteis, rádios miniaturizados e câmeras de vídeo.

Apesar da demanda na indústria automobilística ter caído como conseqüência da recessão ocorrida no início de 1990, há alguns avanços otimistas neste setor. A tendência de utilização de controles eletrônicos, está aumentando a demanda por ligas de alto desempenho.

Um dos mais avançados usos das ligas de berílio está representado nos projetos de pesquisa de fusão nuclear. Grandes componentes de CuBe são usados nos geradores que produzem os elevados campos magnéticos necessários para iniciar e controlar uma reação de fusão de alta temperatura.

Outra liga de berílio está atraindo algum interesse. A ELETROFUSION CORPORATION, baseada na Califórnia (agora uma subsidiária da BRUSH WELLMAN), tem desenvolvido um número de ligas de alumínio-berílio para projetos espaciais, incluindo o Plano Aeroespacial Nacional dos EUA. Está havendo um certo número de aplicações destas ligas na indústria. Numa liga contendo apenas 25% de Be, há uma significativa redução de peso. A ELETROFUSION CO. tem feito cabines especiais para discursantes de alta qualificação e está prevendo

aplicações na fabricação de rodas para carros, raquetes de tênis, cadeiras de rodas, dispositivos protéticos e carros de corrida, onde o peso leve e a resistência da liga são características que definem a sua aplicabilidade.

Cerca de 20% de todo o consumo de Be metálico nos EUA, está baseado nas suas propriedades de alta resistência mecânica, baixo peso e estabilidade dimensional sobre uma grande variação de temperatura, tornando viável a sua utilização nas estruturas de satélites e outras estruturas espaciais, em sistemas de orientação inercial e componentes óticos espaciais.

Pós cerâmicos de berílio são usados em aplicações onde sua alta condutividade térmica pode ser utilizada. Mesmo a elevadas temperaturas, sua condutividade térmica é quatro vezes maior do que a da alumina densa; na faixa de temperaturas ambientes até 500° C, elas são sete a oito vezes maior.

As cerâmicas à base de berílio, são formadas em moldes de grafite em fornos de indução por fundição por escoamento, pressão à seco e extrusão.

Os maiores mercados para cerâmicas de BeO são partes de tubos de microondas, tais como suportes de catodos, envelopes, espaçadores, suportes de hélice, coletores isoladores, dissipadores de calor e janelas. Elas são também usadas em dispositivos eletrônicos de estado sólido, poços ou envelopes de plasma para gás *laser*.

12. COMENTÁRIOS FINAIS

A proposta de tecnologia alternativa aos procedimentos atualmente em uso na indústria, apresentada acima, intencionalmente sugere a demonstração sistemática do processo baseado na Patente americana US 4.581.065, de 8 de abril de 1986, com as finalidades de avaliação técnica e econômica do mesmo, além de permitir uma comparação crítica em relação às tecnologias convencionais, no que diz respeito a custo, segurança e saúde ocupacional.

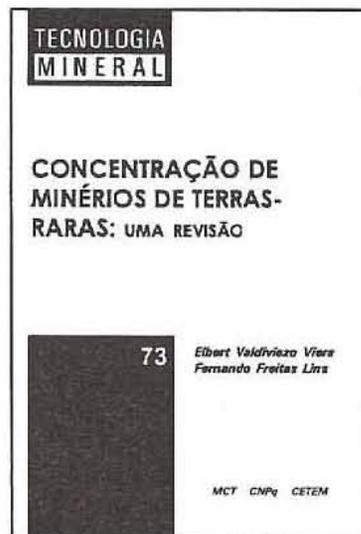
Estudos preliminares, no entanto, indicam que a produção de Be metálico, na escala de 1000kg/mês, conforme o projeto básico mostrado neste trabalho, é por si só auto-sustentável, com tempo de retorno previsto para os primeiros meses após o início de produção.

Com base no cenário de tendências e aspectos mercadológicos apresentados anteriormente, justificam-se plenamente as expectativas de implantação de uma tecnologia alternativa menos poluidora para a produção de Be metálico, uma vez que vislumbra-se a sua possibilidade de uso em variados segmentos industriais, de tecnologia de ponta.

Assim sendo, as inversões realizadas para implantação do laboratório, serão remuneradas em tempo exíguo, mediante a venda do Be metálico produzido.

BIBLIOGRAFIA

1. CHEGWIDDEN, J. *Beryllium, metals and minerals annual review*. London. Roskill Informations Services. 1992
2. CONSIDINE, D. M. *Chemical and process technology encyclopedia*. 1st ed. New York: McGraw Hill, 1974. p. 163-166.
3. KIRK-OTHMER Encyclopedia Of Chemical Technology, 3rd ed. New York: John Wiley, 1982. v. 3, p. 803-829.
4. II PLANO de Metais Não-Ferrosos, Berílio. Brasília: MME, 1972. 6 p.
5. ORGERA, M. Process for metallo-thermic reduction of beryllium ore, beryllium minerals as well as mixture containing beryllium oxide, US Patent, n-4 581 065, April 8, 1986. 5 p..
6. EISENBUD, M. *Origins of the standards for control of beryllium disease. (1947-1949)*. *Environmental Research*, v. 27. p. 79-88, 1982.
7. DIAS, J. *Perfil analítico do berílio*, Rio de Janeiro: DNPM, 1972. (MME. DNPM. Boletim, 5).
8. EISENBUD, M., BERGHOUT, C.F., STEADMAN, L.T. *Environmental studies in plants and laboratories using beryllium - the acute disease*. *Journal of Industrial Hygiene and Toxicology*, v. 30, n. 5, 281-285, 1948.
9. ELEMENTS, ago/set, 1995.



NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE TECNOLOGIA MINERAL

1. Flotação de Carvão: Estudos em Escala de Bancada - Antonio R. de Campos, Salvador L. M. de Almeida e Amílcar T. dos Santos, 1979. (esgotado)
2. Beneficiamento de Talco: Estudos em Escala de Bancada - Nelson T. Shimabukuro, Carlos Adolpho M. Baltar e Francisco W. Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
3. Beneficiamento de Talco: Estudos em Usina Piloto - Nelson T. Shimabukuro, Carlos Adolpho M. Baltar e Francisco W. Hollanda Vidal, 1979. (esgotado)
4. Flotação de Cianita da Localidade de Boa Esperança (MG) - Ivan O. de Carvalho Masson e Tulio Herman A. Luco, 1979. (esgotado)
5. Beneficiamento de Diatomita do Ceará - José A. C. Sobrinho e Adão B. da Luz, 1979. (esgotado)
6. Eletrorecuperação de Zinco: uma Revisão das Variáveis Influentes - Roberto C. Villas Bôas, 1979. (esgotado)
7. Redução da Gipsita com Carvão Vegetal - Ivan O. de Carvalho Masson, 1980. (esgotado)
8. Beneficiamento do Diatomito de Canavieira do Estado do Ceará - Franz Xaver H. Filho e Marcello M. da Veiga, 1980. (esgotado)
9. Moagem Autógena de Itabirito em Escala Piloto - Hedda Vargas Figueira e João Alves Sampaio, 1980. (esgotado)
10. Flotação de Minério Oxidado de Zinco de Baixo Teor - Carlos Adolpho M. Baltar e Roberto C. Villas Bôas, 1980. (esgotado)
11. Estudo dos Efeitos de Corrente de Pulso Sobre o Eletrorefino de Prata - Luiz Gonzaga dos S. Sobral, Ronaldo Luiz C. dos Santos e Delfin da Costa Laureano, 1980. (esgotado)
12. Lixiviação Bacteriana do Sulfeto de Cobre de Baixo Teor Carafba - Vicente Paulo de Souza, 1980. (esgotado)
13. Flotação de Minérios Oxidados de Zinco: uma Revisão de Literatura - Carlos Adolpho M. Baltar, 1980. (esgotado)
14. Efeito de Alguns Parâmetros Operacionais no Eletrorefino do Ouro - Marcus Granato e Roberto C. Villas Bôas, 1980. (esgotado)
15. Flotação de Carvão de Santa Catarina em Escala de Bancada e Piloto - Antonio R. de Campos e Salvador L. M. de Almeida, 1981. (esgotado)
16. Aglomeração Seletiva de Finos de Carvão de Santa Catarina: Estudos Preliminares - Lauro Santos N. da Costa, 1981. (esgotado)
17. Briquetagem e a sua Importância para a Indústria - Walter Shinzel e Regina Célia M. da Silva, 1981. (esgotado)
18. Aplicação de Petrografia no Beneficiamento de Carvão por Flotação - Ney Hamilton Porfírio, 1981. (esgotado)
19. Recuperação do Cobre do Minério Oxidado de Caraiíba por Extração por Solventes em Escala Semipiloto - Ivan O. C. Masson e Paulo Sérgio M. Soares, 1981. (esgotado)
20. Dynawhirpool (DWP) e sua Aplicação na Indústria Mineral - Hedda Vargas Figueira e José Aury de Aquino, 1981. (esgotado)

21. Flotação de Rejeitos Finos de Scheelita em Planta Piloto - José Farias de Oliveira, Ronaldo Moreira Horta e João Alves Sampaio, 1981. (esgotado)
22. Coque de Turfa e suas Aplicações - Regina Célia M. da Silva e Walter Schinzel, 1982.
23. Refino Eletrolítico de Ouro, Processo Wohlwill - Juliano Peres Barbosa e Roberto C. Villas Bôas, 1982. (esgotado)
24. Flotação de Oxidados de Zinco: Estudos em Escala Piloto - Adão Benvindo da Luz e Carlos Adolpho M. Baltar, 1982.
25. Dosagem de Ouro - Luiz Gonzaga S. Sobral e Marcus Granato, 1983.
26. Beneficiamento e Extração de Ouro e Prata de Minério Sulfetado - Márcio Torres M. Penna e Marcus Granato, 1983.
27. Extrações por Solventes de Cobre do Minério Oxidado de Caraíba - Paulo Sérgio M. Soares e Ivan O. de Carvalho Masson, 1983.
28. Preparo Eletrolítico de Solução de Ouro - Marcus Granato, Luiz Gonzaga S. Sobral, Ronaldo Luiz C. Santos e Delfin da Costa Laureano, 1983. (esgotado)
29. Recuperação de Prata de Fixadores Fotográficos - Luiz Gonzaga dos Santos Sobral e Marcus Granato, 1984. (esgotado)
30. Amostragem para Processamento Mineral - Mário V. Possa e Adão B. da Luz, 1984. (esgotado)
31. Indicador de Bibliotecas e Centros de Documentação em Tecnologia Mineral e Geociências do Rio de Janeiro - Subcomissão Brasileira de Documentação em Geociências - SBDG, 1984.
32. Alternativa para o Beneficiamento do Minério de Manganês de Urucum, Corumbá-MS - Lúcia Maria Cabral de Góes e Silva e Lélío Fellows Filho, 1984.
33. Lixiviação Bacteriana de Cobre de Baixo Teor em Escala de Bancada - Teresinha R. de Andrade e Francisca Pessoa de França, 1984.
34. Beneficiamento do Calcário da Região de Cantagalo-RJ. - Vanilda Rocha Barros, Hedda Vargas Figueira e Rupen Adamian, 1984.
35. Aplicação da Simulação de Hidrociclones em Circuitos de Moagem - José Ignácio de Andrade Gomes e Regina C. C. Carriso, 1985. (esgotado)
36. Estudo de um Método Simplificado para Determinação do "Índice de Trabalho" e sua Aplicação à Remoagem - Hedda Vargas Figueira, Luiz Antonio Pretti e Luiz Roberto Moura Valle, 1985. (esgotado)
37. Metalurgia Extrativa do Ouro - Marcus Granato, 1986. (esgotado)
38. Estudos de Flotação do Minério Oxidado de Zinco de Minas Gerais - Francisco W. Hollanda Vidal, Carlos Adolpho M. Baltar, José Ignácio de A. Gomes, Leonardo A. da Silva, Hedda Vargas Figueira, Adão B. da Luz e Roberto C. Villas Bôas, 1987.
39. Lista de Termos para Indexação em Tecnologia Mineral - Vera Lúcia Vianna de Carvalho, 1987.
40. Distribuição de Germânio em Frações Densimétricas de Carvões - Luiz Fernando de Carvalho e Valéria Conde Alves Moraes, 1986.
41. Aspectos do Beneficiamento de Ouro Aluvionar - Fernando A. Freitas Lins e Leonardo A. da Silva, 1987. (esgotado)
42. Estudos Tecnológicos para Aproveitamento da Atapulgita de Guadalupe-PI - Adão B. da Luz, Salvador L. M. de Almeida e Luciano Tadeu Silva Ramos, 1988.
43. Tratamento de Efluentes de Carvão Através de Espessador de Lamelas - Francisco W. Hollanda Vidal e Franz Xaver Horn Filho, 1988.
44. Recuperação do Ouro por Amalgamação e Cianetação: Problemas Ambientais e Possíveis Alternativas - Vicente Paulo de Souza e Fernando A. Freitas Lins, 1989. (esgotado)

45. Geopolítica dos Novos Materiais - Roberto C. Villas Bôas, 1989. (esgotado)
46. Beneficiamento de Calcário para as Indústrias de Tintas e Plásticos - Vanilda da Rocha Barros e Antonio R. de Campos, 1990. (esgotado)
47. Influência de Algumas Variáveis Físicas na Flotação de Partículas de Ouro - Fernando A. Freitas Lins e Rupen Adamian, 1991.
48. Caracterização Tecnológica de Caulim para a Indústria de Papel - Rosa Malena Fernandes Lima e Adão B. da Luz, 1991.
49. Amostragem de Minérios - Maria Alice C. de Goes, Mário V. Possa e Adão B. da Luz, 1991.
50. Design of Experiments in Planning Metallurgical Tests - Roberto C. Villas Bôas, 1991. (esgotado)
51. Eletrorecuperação de Ouro a partir de Soluções Diluídas de seu Cianeto - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
52. Talco do Paraná - Flotação em Usina Piloto - Salvador Luiz M. de Almeida, Adão B. da Luz e Ivan F. Pontes, 1991.
53. Os Novos Materiais e a Corrosão - Roberto C. Villas Bôas, 1991.
54. Aspectos Diversos da Garimpagem de Ouro - Fernando Freitas Lins (coord.), José Cunha Cotta, Adão B. da Luz, Marcello M. da Veiga, Fernando Freitas Lins, Luiz Henrique Farid, Márcia Machado Gonçalves, Ronaldo Luiz C. dos Santos, Maria Laura Barreto e Irene C. M. H. Medeiros Portela, 1992. (esgotado)
55. Concentrador Centrífugo - Revisão e Aplicações Potenciais - Fernando Freitas Lins, Lauro S. Norbert Costa, Oscar Cuéllar Delgado, Jorge M. Alvares Gutierrez, 1992. (esgotado)
56. Minerais Estratégicos: Perspectivas - Roberto C. Villas Bôas, 1992. (esgotado)
57. O Problema do Germânio no Brasil - Roberto C. Villas Bôas, Maria Dionísia C. dos Santos e Vicente Paulo de Souza, 1992.
58. Caracterização Tecnológica do Minério Aurífero da Mineração Casa de Pedra-Mato Grosso - Ney Hamilton Porphírio e Fernando Freitas Lins, 1992.
59. Geopolitics of the New Materials: The Case of the Small Scale Mining and New Materials Developments - Roberto C. Villas Bôas, 1992. (esgotado)
60. Degradação de Cianetos por Hipoclorito de Sódio - Antonio Carlos Augusto da Costa, 1992.
61. Paládio: Extração e Refino, uma Experiência Industrial - Luiz Gonzaga S. Sobral, Marcus Granato e Roberto B. Ogando, 1992.
62. Desempenho de Ciclones e Hidrociclones - Giulio Massarani, 1992.
63. Simulação de Moagem de Talco Utilizando Seixos - Regina Coeli C. Carriso e Mário Valente Possa, 1993.
64. Atapulgita do Piauí para a Indústria Farmacêutica - José Pereira Neto, Salvador L. M. de Almeida e Ronaldo de Miranda Carvalho, 1993.
65. Caulim: um mineral industrial importante - Adão B. da Luz e Eduardo C. Damasceno, 1993.
66. Química e Tecnologia das Terras-Raras - Alcídio Abrão, 1994.
67. Tiouréia e Bromo como Lixivantes Alternativos à Cianetação do Ouro. Roberto de Barros E. Trindade, 1994.
68. Zeólitas: Propriedades e Usos Industriais - Adão Benvindo da Luz, 1994.
69. Caracterização Tecnológica de Lascas de Quartzo - Marília Inês Mendes Barbosa e Ney Hamilton Porphírio, 1994.
70. Froth Flotation: Relevant Facts and the Brazilian Case - Armando Corrêa de Araújo e Antônio Eduardo Clark Peres, 1995.
71. Uma revisão da Síntese de Pós Cerâmicos Via Alcóxidos - Estudo de Caso: alcóxidos de Terras-Raras - Plínio Eduardo Praes e Maurício Moutinho da Silva, 1995.
72. Bleaching of Brazilian Kaolins by using Organic Acids and Fermented Medium - Luciana Maria S. de Mesquita, Terezinha Rodrigues e Sandro de S. Gomes, 1996.

**DETERMINAÇÃO
POTENCIOMÉTRICA DE
CIANETOS EM EFLUENTES
DE MINERAÇÃO**

15 *Razane Valente Marins*

MCT CNPq CETEM

**NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE
TECNOLOGIA AMBIENTAL**

1. Poconé: Um Campo de Estudos do Impacto Ambiental do Garimpo - Marcello M. da Veiga, Francisco R. C. Fernandes, Luiz Henrique Farid, José Eduardo B. Machado, Antônio Odilon da Silva, Luís Drude de Lacerda, Alexandre Pessoa da Silva, Edinaldo de Castro e Silva, Evaldo F. de Oliveira, Gercino D. da Silva, Hélcias B. de Pádua, Luiz Roberto M. Pedroso, Néilson Luiz S. Ferreira, Saete Kiyoka Ozaki, Rosane V. Marins, João A. Imbassahy, Wolfgang C. Pfeiffer, Wanderley R. Bastos e Vicente Paulo de Souza (2ª edição), 1991. (esgotado)

2. Diagnóstico Preliminar dos Impactos Ambientais Gerados por Garimpos de Ouro em Alta Floresta/MT: Estudo de Caso (versão Português/Inglês) - Luiz Henrique Farid, José Eduardo B. Machado, Marcos P. Gonzaga, Saulo R. Pereira Filho, André Eugênio F. Campos, Néilson S. Ferreira, Gersino D. Silva, Carlos R. Tobar, Volney Câmara, Sandra S. Hacon, Diana de Lima, Vangil Silva, Luiz Roberto M. Pedroso, Edinaldo de Castro e Silva, Laís A. Menezes, 1992.

3. Mercúrio na Amazônia: Uma Bomba Relógio Química? - Luis Drude Lacerda e Win Salomons, 1992. (esgotado)

4. Estudo dos Impactos Ambientais Decorrentes do Extrativismo Mineral e Poluição Mercurial no Tapajós - Pré-Diagnóstico - Rita Maria Rodrigues et al., 1994.

5. Utilização do Aguapé no Tratamento de Efluentes com Cianetos - Marcus Granato, 1995.

6. Are Tropical Estuaries Environmental Sinks or Sources? - Egbert K. Duursma, 1995.

7. Assessment of the Heavy Metal Pollution in a Gold "Garimpo" - Saulo Rodrigues Filho e John Edmund L. Maddock, 1995.

8. Instrumental Multielement Analysis in Plant Materials - A Modern Method in Environmental Chemistry and Tropical Systems Research - Bernd Market, 1995.

9. Heavy Metals in Estuarine Sediments: Mangrove Swamps of the Subaé and Paraguaçu Tributary Rivers of Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil - J. F. Paredes, A. F. S. Queiroz, I. G. Carvalho, M. A. S. B. Ramos, A. L. F. Santos e C. Mosser, 1995.

10. Metais Pesados nas Sub-bacias Hidrográficas de Poconé e Alta Floresta - Saulo Rodrigues Pereira Filho, 1995.

11. Diagnóstico Ambiental das Áreas Submetidas à Garimpagem de Ouro em Rio Preto - MG - Antonio José L. de A. Ramos e Saulo Rodrigues Pereira Filho, 1996.

12. Batch and Continuous Heavy Metals Biosorption by a Brown Seaweed - Antonio Carlos A. da Costa, Luciana Maria S. de Mesquita e João Tornovsky, 1996.

13. Emissões de Mercúrio na Queima de Amálgama: estudo da contaminação de ar, solos e poeira em Poconé, MT - Alexandre Pessoa da Silva, Volney Câmara, Osmar da Cruz N. Nascimento, Lázaro J. Oliveira, Edinaldo C. Silva, Fátima Piveta e Paulo R. G. e Barrocas, 1996.

14. Desativação de Minas - Adão Benvindo da Luz e Eduardo Camilher Damasceno, 1996.

**O SETOR MÍNERO-
METALÚRGICO
BRASILEIRO E A
TECNOLOGIA
INDUSTRIAL BÁSICA:
RESULTADOS DE UMA PESQUISA
DE CAMPO**

11 *Giljo de A. Sá C. de Albuquerque*

MCT CNPq CETEM

**NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE
QUALIDADE E PRODUTIVIDADE**

1. Qualidade na Formulação de Misturas - Roberto C. Villas Bôas, 1992. (esgotado)

2. La Importância del Método en la Investigación Tecnológica - Roberto C. Villas Bôas, 1992.

3. Normalización Minerometalúrgica e Integración Latinoamericana - Rômulo Genuino de Oliveira, 1993.

4. A Competitividade da Indústria Brasileira de Alumínio: Avaliação e Perspectivas - James M. G. Weiss, 1993. (esgotado)

5. O Gerenciamento Ambiental: Estudo de Caso de Cinco Empresas de Mineração no Brasil - José Antônio Parizotto, 1995.

6. Situação Atual e Perspectivas da Indústria Mineral no Brasil - Ulysses Rodrigues de Freitas, 1995.

7. The Profile of the Brazilian Mining Professionals - Arthur Pinto Chaves, 1995.

8. Certification and Use of Reference Materials - Maria Alice C. de Goes, 1995.

9. Arranjos Ortogonais de Taguchi: os $Ln(2^k)$ - Roberto C. Villas Bôas, 1996.

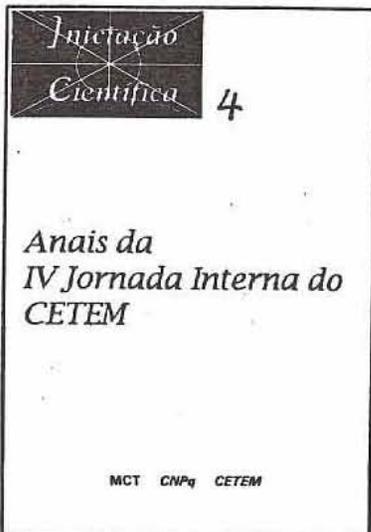
10. Notas Sobre o Laboratório da Produção Mineral: LPM/DNPM - Hedda Vargas de O. Figueira, 1996.



NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE ESTUDOS E DOCUMENTOS

1. Quem é Quem no Subsolo Brasileiro - Francisco R. C. Fernandes, Ana Maria B. M. da Cunha, Maria de Fátima Faria dos Santos, José Raimundo Coutinho de Carvalho e Maurício Lins Arcoverde, (2ª edição) 1987. (esgotado)
2. A Política Mineral na Constituição de 1967 - Ariadne da Silva Rocha Nodari, Alberto da Silva Rocha, Marcos Fábio Freire Montysuma e Luis Paulo Schance Heler Giannini, (2ª edição) 1987.
3. Mineração no Nordeste - Depoimentos e Experiências - Manuel Correia de Andrade, 1987. (esgotado)
4. Política Mineral do Brasil - Dois Ensaios Críticos - Osny Duarte Pereira, Paulo César Ramos de Oliveira Sá e Maria Isabel Marques, 1987. (esgotado)
5. A Questão Mineral da Amazônia - Seis Ensaios Críticos - Francisco R. C. Fernandes, Roberto Gama e Silva, Wanderlino Teixeira de Carvalho, Manuela Carneiro da Cunha, Breno Augusto dos Santos, Armando Álvares de Campos Cordeiro, Arthur Luiz Bernardelli, Paulo César de Sá e Maria Isabel Marques, 1987. (esgotado)
6. Setor Mineral e Dívida Externa - Maria Clara Couto Soares, 1987.
7. Constituinte: A Nova Política Mineral - Gabriel Guerreiro, Octávio Elísio Alves de Brito, Luciano Galvão Coutinho, Roberto Gama e Silva, Alfredo Ruy Barbosa, Hildebrando Herrmann e Osny Duarte Pereira, 1988. (esgotado)
8. A Questão Mineral na Constituição de 1988 - Fábio S. Sá Earp, Carlos Alberto K. de Sá Earp e Ana Lúcia Villas-Bôas, 1988. (esgotado)
9. Estratégia dos Grandes Grupos no Domínio dos Novos Materiais - Paulo Sá, 1989. (esgotado)
10. Política Científica e Tecnológica no Japão, Coreia do Sul e Israel. - Abraham Benzaquen Sicsú, 1989. (esgotado)
11. Legislação Mineral em Debate - Maria Laura Barreto e Gildo Sá Albuquerque (organizadores), 1990. (esgotado)
12. Ensaio Sobre a Pequena e Média Empresa de Mineração - Ana Maria B. M. da Cunha (organizadora) 1991. (esgotado)
13. Fontes e Usos de Mercúrio no Brasil - Rui C. Hasse Ferreira e Luiz Edmundo Appel, (2ª edição) 1991.
14. Recursos Minerais da Amazônia - Alguns Dados Sobre Situação e Perspectivas - Francisco R. C. Fernandes e Irene C. de M. H. de Medeiros Portela, 1991. (esgotado)
15. Repercussões Ambientais em Garimpo Estável de Ouro - Um Estudo de Caso - Irene C. de M. H. de Medeiros Portela, (2ª edição) 1991.
16. Panorama do Setor de Materiais e suas Relações com a Mineração: Uma Contribuição para Implementação de Linhas de P & D - Marcello M. Veiga e José Octávio Armani Pascoal, 1991.
17. Potencial de Pesquisa Química nas Universidades Brasileiras - Peter Rudolf Seidl, 1991.
18. Política de Aproveitamento de Areia no Estado de São Paulo: Dos Conflitos Existentes às Compatibilizações Possíveis - Hildebrando Hermann, 1991.

19. Uma Abordagem Crítica da Legislação Garimpeira: 1967-1989 - Maria Laura Barreto, 1993. (esgotado)
20. Some Reflections on Science in the Low-Income Economies - Roald Hoffmann, 1993. (esgotado)
21. Terras-raras no Brasil: depósitos, recursos identificados e reservas - Francisco Eduardo de V. Lápido Loureiro, 1994.
22. Aspectos Tecnológicos e Econômicos da Indústria de Alumínio, Marisa B. de Mello Monte e Rupen Adamian, 1994
23. Indústria Carbonífera Brasileira: conveniência e viabilidade - Gildo de A. Sá C. de Albuquerque, 1995.
24. Carvão Mineral: Aspectos Gerais e Econômicos - Regina Coeli C. Carriso e Mário Valente Possa, 1995.
25. "Sustainable Development: materials technology and industrial development in Brazil" - Roberto C. Villas Bôas, 1995.
26. Minerais e Materiais Avançados - Heloisa Vasconcellos de Medina e Luis Alberto Almeida Reis, 1995.
27. Poluição Mercurial: parâmetros técnico-jurídicos - Maria Laura Barreto e Anna Christiana Marinho, 1995.
28. Aspectos Técnicos e Econômicos do Setor de Rochas Ornamentais - Cid Chiodi Filho, 1995.
29. Mineração e Desenvolvimento Econômico: a questão nacional nas estratégias de desenvolvimento do setor mineral (1930-1964), Vol. I - Ana Lucia Villas-Bôas, 1995.
29. Mineração e Desenvolvimento Econômico: o projeto nacional no contexto da globalização (1964-1994), Vol. II - Ana Lúcia Villas-Bôas, 1995.
30. Elementos Estratégicos e Geopolíticos da Evolução Recente dos Materiais - Sarita Albagli, 1996.
31. A Produção de Fosfato no Brasil: uma apreciação histórica das condicionantes envolvidas - Gildo de A. Sá C. de Albuquerque, 1996.
32. Pequena Empresa: a base para o desenvolvimento da mineração nacional - Gilson Ezequiel Ferreira, 1996.
33. Gestão Ambiental: uma avaliação das negociações para a implantação da ISO 14.000 - Gisela A. Pires, do Rio, 1996.
34. Guias Prospectivos para Mineralizações em Rochas Granitoides - Cid Chiodi Filho, 1997.
35. Política e Administração da Exploração e Produção de Petróleo - Luiz Augusto Milani Martins, 1997.
36. Quartzo: efeitos da tecnologia sob sua demanda - Adão Benvindo da Luz e Eliezer Bras, 1997.
37. Magnesita: aspectos tecnológicos e econômicos - Mario Valente Possa e Eduardo Camilher Damasceno, 1997.
38. Atividades Garimpeiras no Brasil: aspectos técnicos, econômicos e sociais - Jocy Gonçalo de Miranda, Moacir Cipriani, Raimundo Augusto C. Mártires e Wagner José Giaconi, 1997.



NÚMEROS PUBLICADOS NA SÉRIE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA

1. Anais da I Jornada Interna do CETEM, 1994.
2. Anais da II Jornada Interna do CETEM, 1995.
3. Anais da III Jornada Interna do CETEM, 1996

PUBLICAÇÕES AVULSAS EDITADAS PELO CETEM OU EM CO-EDIÇÃO

1. Programação Trienal: 1989/1991. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq), 1989.
2. Manual de Usinas e Beneficiamento. Editor: Adão Benvindo da Luz, Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq), 1989. (esgotado)
3. Garimpo, Meio Ambiente e Sociedades Indígenas. Organizadores: Lívia Barbosa, Ana Lúcia Lobato, José Augusto Drummond (CETEM/CNPq/EDUFF), 1992. (esgotado)
4. Programação Trienal: 1992/1994. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq).
5. Impactos Ambientais. Editores: H. Rattner (SPRU/USP/CNPq), 1993.
6. Relatório de Atividades de 1993. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq), 1994.
7. Programação Trienal: 1995/1997. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq), 1995.
8. Relatório Anual de Atividades 1994. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq), 1995. (esgotado)
9. 2nd Swedish-Brazilian Workshop on Mineral Technology. Editores: Eric Forssberg and Roberto C. Villas Bôas, (CETEM/CNPq/LULEÅ/EPUSP), 1995. (esgotado)
10. Tratamento de Minério. Editores: Adão B. da Luz, Lauro N. Costa, Mário Valente Possa e Salvador Luiz M. de Almeida, (CETEM/CNPq), 1995. (esgotado)
11. Sustainable Development and the Advanced Materials: The Brazilian Case. Editor: Roberto C. Villas Bôas (IDRC/CRDI - CETEM/CNPq), 1995.
12. The Future of Extractive Metallurgy. Editor: Roberto C. Villas Bôas, (Laval/CETEM), 1996.
13. Relatório Anual de Atividades. Centro de Tecnologia Mineral (CETEM/CNPq), 1995.

Pedidos ao

CETEM / CNPq - Centro de Tecnologia Mineral

Biblioteca

Rua 4 - Quadra D - Cidade Universitária - Ilha do Fundão

21949-590 - Rio de Janeiro - RJ - Brasil

Solicita-se **permuta**

We ask for interchange
