

DESENVOLVIMENTO DE UMA UNIDADE DE CIMENTAÇÃO

Roberto VICENTE, José C. DELLAMANO, Luiz A. LUNKES
Inst. de Pesq. Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP
Caixa Postal 11049 CEP 05499 - São Paulo - SP

RESUMO

A quantidade dos rejeitos radioativos líquidos gerados no IPEN, que não podem ser gerenciados pelo método do decaimento/descarga está aumentando. Além disso não é seguro manter armazenados rejeitos sólidos úmidos sem tratamento e imobilização. Por esse motivo, projetou-se e construiu-se uma unidade experimental de cimentação de rejeitos, com a qual se pudesse também tratar de forma rotineira alguns rejeitos de baixa atividade. Neste trabalho descreve-se o trabalho de concepção, construção e operação da unidade.

INTRODUÇÃO

A imobilização de rejeitos líquidos é uma necessidade em praticamente todos os sistemas de gerência de rejeitos. Talvez com poucas exceções, das quais podemos citar como exemplo a Alemanha [1], em geral os países exigem que os rejeitos estejam imobilizados para serem aceitos nos repositórios. Como exemplo de repositórios modernos para rejeitos de atividade baixa e intermediária com o requisito de imobilização dos rejeitos, podemos citar o repositório francês de L'Aube [2], o espanhol de El Cabril [3,4], e o japonês de Rokkasho [5].

Embora matrizes de imobilização tais como betume ou polímeros orgânicos sejam aceitos, o cimento pode ser considerado como material de referência para a imobilização de rejeitos. As duas grandes desvantagens do cimento em relação às outras matrizes, são a taxa de lixiviação elevada e o aumento, em geral duplicação, do volume do rejeito. A relevância da primeira foi diminuída porque nos repositórios construídos dentro do conceito de barreiras múltiplas, o risco de intrusão pelo homem, e não pela água, é o principal vetor de exposição acidental [2]. A segunda desvantagem deve ser balanceada no processo de avaliação das alternativas de imobilização pelas vantagens que apresenta [6]. Estas vantagens da cimentação, tais como baixo custo de investimento e operação, simplicidade e segurança do processo, compatibilidade da matriz com a maioria dos rejeitos e a sua estabilidade a longo prazo acabam por prevalecer.

Desse modo, na maioria das instalações onde geram-se rejeitos líquidos ou sólidos úmidos e onde exista um programa mínimo de gerência de rejeitos, existe em geral uma unidade de cimentação experimental ou operacional.

Por uma série de razões, no IPEN o desenvolvimento desta tecnologia está atrasado, embora exista neste instituto quantidade suficiente de rejeitos para justificar o investimento necessário. Desta forma o IPEN, a partir de 1992, iniciou um programa de desenvolvimento de uma unidade piloto de cimentação.

A tecnologia é relativamente simples e optou-se por fazer-se uma unidade experimental mas que pudesse ser utilizada também para imobilizar alguns rejeitos já existentes.

A pressão de demanda pela tecnologia de cimentação ocorre em duas vertentes no IPEN: rejeitos líquidos de atividade intermediária contendo produtos de fissão que serão gerados na produção de Mo-99 de fissão ou na operação dos laboratórios de química quente; e, rejeitos já existentes gerados na operação de plantas do ciclo do combustível ou no reator de

pesquisa, com atividade baixa mas contendo radionuclídeos de meia-vida longa ou intermediária, tais como tortas com radionuclídeos das famílias de decaimento do U e do Th, resinas de troca iônica e filtros do reator IEA-R1.

Para atender à primeira é necessário construir plantas para tratar os rejeitos específicos de cada projeto institucional. Contudo, a falta de experiência anterior com esta tecnologia torna muito oportuna a construção e operação de uma unidade experimental.

O segundo conjunto exerce uma pressão maior, porque os rejeitos já existem e estão armazenados aguardando uma solução de tratamento, sendo a cimentação a alternativa mais atraente.

A instalação que descrevemos nesta comunicação tem caráter experimental. Pôde-se, contudo, utilizá-la para tratar alguns rejeitos com atividade suficientemente baixa de modo que requisitos de segurança radiológica fossem cumpridos.

A experiência adquirida com a planta resultou da produção de mais de 30 tambores gerados na imobilização de cerca de 3 toneladas de tortas silicosas e outros rejeitos sólidos úmidos. Os resultados do trabalho de imobilização estão descritos em outras comunicações apresentadas neste congresso por Dellamano et al. e Endo et al.

ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Seleção da Tecnologia. O projeto da unidade experimental de cimentação foi precedido de um processo de seleção de alternativas levando-se em conta o elenco de rejeitos que se queria tratar e os equipamentos disponíveis, uma vez que havia pouca disponibilidade de recursos para investimento no desenvolvimento da unidade.

Em uma análise anterior já havia sido determinado que a solução dos problemas de rejeito existentes seria a imobilização em uma matriz sólida; dispunha-se de um misturador de eixo vertical que se prestaria muito bem à mistura de pasta de cimento em tambores de 200 litros; havia uma larga experiência e infra-estrutura suficiente para o desenvolvimento e caracterização de matrizes de cimento na instituição; os rejeitos existentes ou previstos apresentam uma grande compatibilidade química com a matriz de cimento. Desta forma, a cimentação foi a opção natural.

A opção por um processo em batelada, não contínuo, e por mistura diretamente dentro do tambor foi possível porque as quantidades de rejeitos a serem tratados é relativamente pequena e porque decidiu-se pela utilização dos equipamentos disponíveis. Optou-se por imobilizar os rejeitos diretamente em tambores de 200 litros, que são a embalagem padrão para o depósito intermediário e que representa a situação mais desfavorável do ponto de vista de domínio da tecnologia. O processo de "scale down" é mais simples que de "scale up". A utilização de recipientes menores é necessária quando os rejeitos tem atividade intermediária e a análise de otimização indica que a melhor alternativa é a imobilização do rejeito dentro de um recipiente menor e sua colocação dentro de um tambor de 200 litros revestido previamente com concreto.

Por fim o processo de seleção de alternativas segue na escolha do tipo de pá de mistura e na definição do processo de cimentação de cada tipo de rejeito. Se a unidade precisa ter flexibilidade para tratar tipos variados de rejeito, é possível que diferentes seqüências de alimentação sejam necessárias tanto do ponto de vista operacional, facilidade de homogeneização ou de qualidade do produto final. As escolhas estão descritas a seguir.

Processo. O processo de cimentação tal como concebido é realizado de acordo com as seguintes etapas: pesagem e alimentação do rejeito; pesagem e alimentação do cimento; pesagem e alimentação da água; mistura; cura da pasta de cimento.

Os objetivos principais do estudo do processo foram avaliar as etapas de alimentação e a sua influência nas operações e no desempenho do misturador. Um esquema de processo é mostrado na figura 1.

As alternativas para a seqüência de alimentação são: a alimentação simultânea dos três componentes; a alimentação de cimento precedendo à de rejeito e água; a alimentação de rejeito e água precedendo à de cimento.

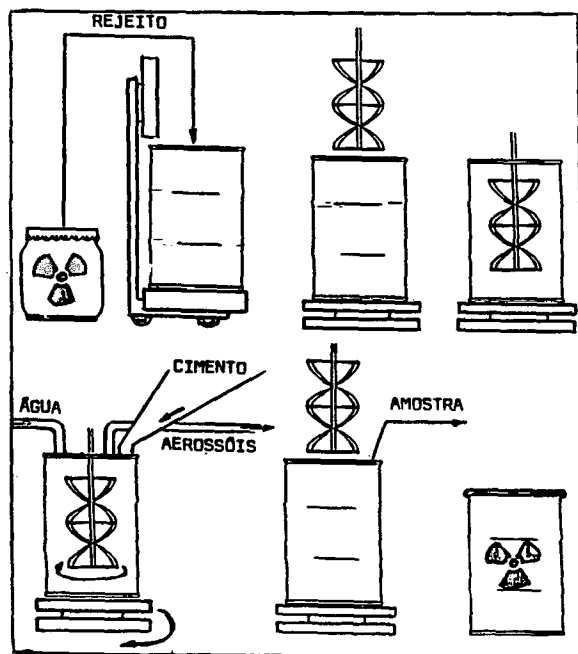


Figura 1 Esquema do processo de imobilização, com alimentação de cimento durante a mistura

A experiência mostrou que do ponto de vista do desempenho do misturador e do tempo de execução da mistura, a alimentação simultânea é a mais vantajosa. Do ponto de vista operacional e de equipamento, esta alternativa apresenta algumas dificuldades. A mais evidente e conhecida está relacionada com a natureza do pó de cimento, cujo transporte e carga envolve sempre a geração de uma grande quantidade de aerossóis que sedimentam sobre as superfícies e criam dificuldades de manutenção da limpeza da instalação. Porém o problema principal é o entupimento dos filtros de ar no sistema de ventilação. Além disso, a alimentação do rejeito durante o processo de mistura aumenta o tempo de manipulação do material radioativo.

A alimentação de cimento no tambor precedendo outras etapas é normalmente utilizada porque pode ser feita em uma área livre evitando-se a manipulação do cimento em pó na mesma área onde são manipulados materiais radioativos, em geral uma célula quente.

A alimentação de cimento posterior à de rejeito apresenta o mesmo problema da alimentação simultânea em relação à geração de aerossóis, não apresentando a desvantagem da manipulação prolongada do rejeito.

Do ponto de vista do desempenho do equipamento, as duas últimas seqüências de alimentação discutidas apresentam resultados equivalentes, exigindo maior tempo de mistura que na alimentação simultânea para atingir o mesmo grau de qualidade do produto com relação à homogeneidade.

Instalação. O sistema desenvolvido pode ser descrito pelos seguintes componentes: misturador; alimentador de cimento; recipiente de mistura (tambor); mesa giratória; tampa do recipiente de mistura; exaustor; balança. Na figura 2 apresenta-se uma ilustração da instalação como foi construída.

A escolha do tipo de misturador recaiu sobre um "helical ribbon blade mixer" tendo em vista que ensaios preliminares indicaram que um misturador tipo "gate" exige um torque elevado e a homogeneidade da mistura é insatisfatória. Outros tipos de misturadores foram descartados "a priori" em função da alta viscosidade da mistura e por questões de custo.

O misturador empregado é composto de três subunidades: um moto-reductor, um sistema de movimentação vertical e um conjunto de pás de mistura.

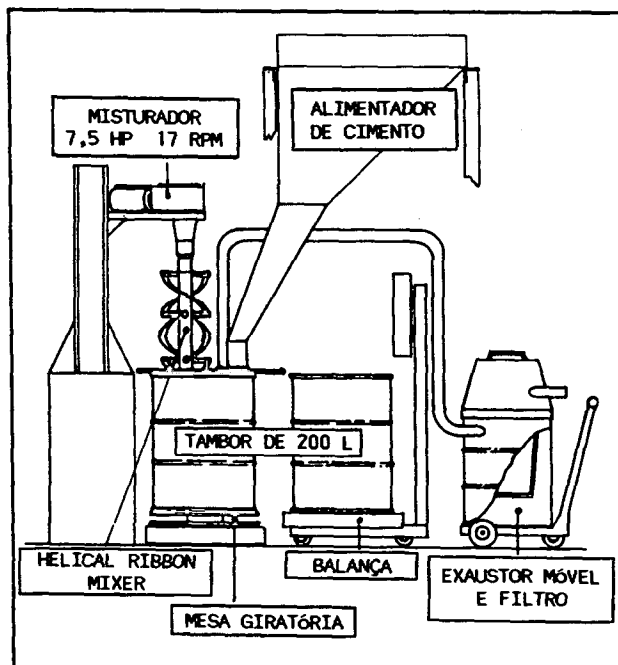


Figura 2 Esboço do arranjo dos equipamentos como foram montados e operados

O moto-reductor tem uma potência nominal de 7,5 HP e uma velocidade de 17 rpm. O sistema de movimentação vertical é constituído de um volante e de uma cremalheira atuados manualmente. As pás de mistura são constituídas de pares de lâminas retorcidas dispostas diametralmente ao eixo em três secções do comprimento do eixo. Cada par forma uma superfície helicoidal ao longo do eixo. Este tipo de misturador promove um movimento vertical e horizontal do material misturado. As pás foram desenhadas de forma que o material na parte superior seja forçado para baixo e na parte inferior e média seja forçado para cima.

Um misturador com movimento planetário é altamente recomendável para misturas de materiais muito viscosos utilizando equipamento de baixa potência. Tendo em vista que era inexequível modificar o equipamento já existente em um misturador planetário optou-se por instalar o eixo do misturador excêntrico em relação ao eixo do tambor e utilizar uma mesa giratória para o recipiente de mistura de modo que pela conjugação do movimento das pás e do recipiente fosse simulado o movimento planetário. Optou-se também por verificar se a força de arraste das pás de mistura sobre a pasta de cimento seria suficiente para fazer o tambor girar antes de instalar um motor na base giratória.

A mesa giratória é constituída de uma base em aço carbono suspensa por três rolamentos radiais e um rolamento axial que permitem o movimento de rotação quando do acionamento do misturador. A base é provida com dispositivos de trava para fixação do tambor e de uma guia para facilitar o posicionamento do tambor na base.

O alimentador de cimento constitui-se basicamente de um funil de metal galvanizado onde o cimento é alimentado manualmente e atinge o recipiente de mistura por gravidade. Este dispositivo permite que o cimento seja alimentado independentemente do misturador estar acionado ou não.

O recipiente de mistura é a própria embalagem de armazenamento. Um tambor de 200 litros, fabricado em chapa 18 e revestido internamente com pintura epóxi é a embalagem padrão utilizada neste e em todos os outros processos de tratamento de rejeitos no IPEN.

A tampa do recipiente de mistura é feita de uma chapa com uma abertura que permite a entrada e saída das pás do misturador, um orifício para acoplamento com o alimentador de cimento, um orifício para acoplamento com o exaustor de ar e uma janela, fechada com acrílico, para visualização da mistura.

O exaustor utilizado é um aspirador industrial cujo motor e filtro acoplam-se a um tambor de 100 litros.

RESULTADOS

Os experimentos com esta instalação objetivavam verificar se a homogeneidade alcançada tem qualidade aceitável. A homogeneidade da mistura é a única propriedade do produto final de imobilização que está relacionada com o equipamento de mistura. Todas as outras são propriedades dependentes da matriz de imobilização e da sua interação com o rejeito.

Os resultados indicam que o equipamento utilizado produz misturas com homogeneidade satisfatória. O tratamento estatístico destes resultados poderá, quando realizado, demonstrar que o grau de homogeneidade alcançado atende aos padrões de aceitação.

Os resultados aludidos são referentes à cimentação de mais de 3 toneladas de tortas silicosas e outros rejeitos sólidos úmidos que deram origem a mais de 40 tambores de rejeito imobilizado.

A força de arraste das pás de mistura sobre a pasta de cimento faz com que o tambor gire com velocidade variável em torno de 5 rpm. A variação na velocidade era esperada porque depende essencialmente da viscosidade da pasta a qual muda bastante durante o processo.

CONCLUSÕES

A simulação de movimento planetário utilizando a base giratória, embora gere bons resultados de homogeneidade da mistura, implica em que o tambor não possa ser acoplado firmemente à mesa de uma célula quente para trabalho com rejeito radioativo real. Acredita-se, contudo, que esta é uma dificuldade técnica superável.

Os resultados obtidos nos permitiram um ganho de experiência operacional no processo de cimentação, principalmente no que se refere à manipulação e transferência do cimento e dos rejeitos que serão muito úteis no projeto de futuras unidades para trabalho a quente.

Para os próximos experimentos, buscaremos estudar a dosagem e alimentação automática de cimento e desenvolver um sistema para dosagem e alimentação de rejeitos líquidos.

REFERÊNCIAS

- [1] LEMPert, J.P.; CZAJKOWSKI, U. German disposal concept for LLW/ILW. In: *Proceedings of the Conference on Nuclear waste management and environmental remediation*. (Prague, Czech Republic, September 5-11, 1993). New York, American Society of Mechanical Engineers, 1993, Vol.III. p.13-16.
- [2] RINGEARD, C. Ultimate disposal of low and medium radioactive waste in France. In: *Proceedings of the Conference on Nuclear waste management and environmental remediation*. (Prague, Czech Republic, September 5-11, 1993). New York, American Society of Mechanical Engineers, 1993, Vol.III. p.17-24.
- [3] ZULOAGA, P.; GRAVALOS, J.M. El Cabril: A near surface repository of I/LLW in Spain. In: *Proceedings of the Conference on Nuclear waste management and environmental remediation*. (Prague, Czech Republic, September 5-11, 1993). New York, American Society of Mechanical Engineers, 1993, Vol.III. p.25-30.
- [4] MORALES, A.; GRAVALOS, J.M. Acceptance criteria for waste packages at El Cabril repository: Waste quality verification laboratory. In: *Proceedings of the Conference on Nuclear waste management and environmental remediation*. (Prague, Czech Republic, September 5-11, 1993). New York, American Society of Mechanical Engineers, 1993, Vol.III. p.841-4.
- [5] NAKANISHI, Z.; TOMOZAWA, T.; MAHARA, Y.; IIMURA, H. Operation and management plan of Rokkasho low level radioactive waste disposal center. In: *Proceedings of the Conference on Nuclear waste management and environmental remediation*. (Prague, Czech Republic, September 5-11, 1993). New York, American Society of Mechanical Engineers, 1993, Vol.III. p.37-42.
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. *Treatment and conditioning of spent ion exchange resins from research reactors, precipitation sludges and other radioactive concentrates*. IAEA. Vienna, 1993. (IAEA-TEC-DOC-689).

ABSTRACT

Liquid wastes arising from the operation of IPEN laboratories are increasing and some of them can not be discarded. Such wastes must be immobilized for final disposal. Consequently, a cementation process is being developed at IPEN and some preliminary results of this development are presented in this paper.