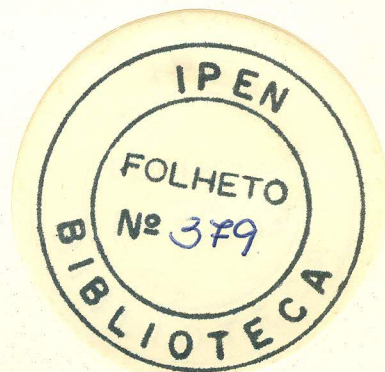


ATIVIDADES DO CENTRO DE APLICAÇÕES DE RADIOISÓTOPOS  
E RADIAÇÕES NA ENGENHARIA E NA INDÚSTRIA (CARREI)



Antonio C. Castagnet  
Gerente do CARREI

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES (IPEN)

SEMINÁRIO JETRO-IPEN  
Março, 1981

ATIVIDADES DO CENTRO DE APLICAÇÕES DE RADIOISÓTOPOS  
E RADIAÇÕES NA ENGENHARIA E NA INDÚSTRIA (CARREI)

O CARREI, unidade subordinada à Diretoria Executiva I do IPEN, vem desenvolvendo, há vários anos, pesquisas próprias e prestação de serviços para terceiros, nas áreas de:

- 1) aplicações na preservação e aproveitamento de recursos naturais;
- 2) aplicações de radioisótopos na indústria;
- 3) operação e utilização de aceleradores e fontes gama;
- 4) danos de radiação.

SOLUÇÕES NOVAS PARA VELHOS PROBLEMAS

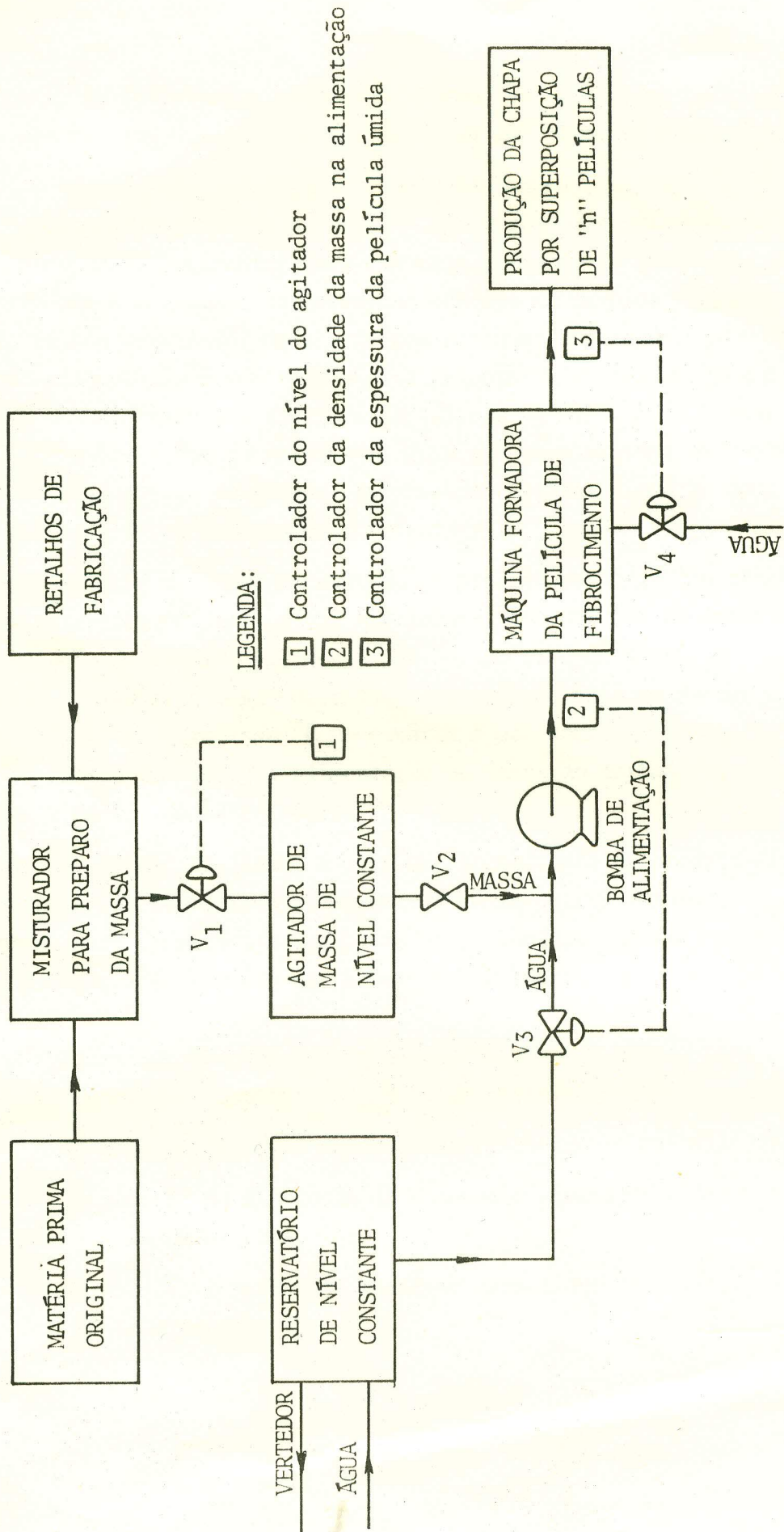
Existem problemas relacionados com o estudo de processos de engenharia e controle da qualidade dos materiais, onde a aplicação de técnicas radioisotópicas oferece vantagens sobre os métodos clássicos, constituindo, as vezes, a única solução praticável.

Para ilustrar onde, como e porque se utilizam os radioisótopos e as radiações ionizantes na indústria, consideraremos, dentre os muitos exemplos possíveis, o processo de fabricação de chapas de fibro-cimento, esquematizado na figura 1.

Nesse processo, a massa preparada com a mistura de asbesto, cimento, água e retalhos de produção, alimenta de maneira contínua a máquina formadora da película úmida de fibrocimento que, por superposição de "n" voltas num rolo prensa, haverá de constituir o laminado básico para a conformação das chapas por corte, moldagem (se forem telhas onduladas) e curado da massa.

Obviamente, um dos requisitos relacionados com a qualidade do produto final é que as variações da espessura média ou do peso das chapas, perma-

EXEMPLO DA APLICAÇÃO INDUSTRIAL DE RADIOISÓTOPOS



LEGENDA:

- 1 Controlador do nível do agitador
- 2 Controlador da densidade da massa na alimentação
- 3 Controlador da espessura da película úmida

Figura 1.- Diagrama de blocos do processo de fabricação de chapas de fibrocimento

neçam dentro de tolerâncias restritas. Outro dos requisitos da qualidade refere-se a boa mistura dos componentes da massa que alimenta a máquina.

A espessura, ou melhor, o peso das chapas, dependerá, em última análise, do peso por unidade de superfície (gramagem) dos sólidos contidos na película úmida de fibrocimento. Para que essa gramagem se mantenha constante é necessário que a densidade da massa, na entrada da máquina formadora da película, seja também constante. De acordo com o esquema da figura 1, a densidade do fluido de alimentação é controlada pela relação de vazões de água e massa na sucção da bomba, fixando a abertura da válvula  $V_2$  e atuando apenas sobre  $V_3$  em função das variações de densidade. Para que esse sistema de controle seja independente de outras variáveis, as pressões hidrostáticas de água e massa na sucção da bomba devem permanecer constantes.

No caso da água, a condição de pressão estática (ou altura de líquido) constante pode estabelecer-se facilmente, por derrame do depósito de água e recirculação do líquido excedente. Porém, no caso da massa, que requer agitação contínua para evitar sua decantação, a solução está em manter constante o nível do agitador. Para isso, é necessário atuar sobre a válvula  $V_1$  regulando, assim, em função do nível, a alimentação de massa ao agitador que é feita por gravidade a partir do misturador.

O exemplo analisado mostra que a qualidade do produto final, neste caso as chapas de fibrocimento, dependerá entre outros fatores, de soluções satisfatórias para os seguintes problemas relacionados com a engenharia do processo e a medição e controle de parâmetros de fabricação:

- 1) estudo do processo de homogeneização da massa, para otimizar o projeto e o funcionamento do misturador;
- 2) medição do nível da massa de fibrocimento no agitador contínuo;
- 3) medição da densidade da suspensão aquosa de sólidos na alimentação da máquina;
- 4) medição contínua da gramagem de sólidos na película úmida de fibrocimento.

### Estudo de processos: traçadores radioativos

O item 1 pode ser resolvido incorporando ao misturador uma certa quantidade de fibras de asbesto "marcadas" por adsorção superficial com um radioisótopo que emita raios gama, e registrando a distribuição temporal da concentração dessas fibras, na saída do misturador, mediante um detector de radiações.

A forma da curva obtida permitirá saber se as fibras "marcadas" tem se distribuído homogeneamente na massa de fibrocimento ou seguido um caminho preferencial (curto-circuito) dentro do misturador. O teste, repetido para diferentes regimes de operação do misturador ou após modificação de suas características construtivas, permitirá saber quando se atingem as condições de mistura ótima.

Essas técnicas, em que o radioisótopo acompanha a dispersão e evolução do produto "marcado" ao longo de um processo qualquer, denominam-se técnicas de traçadores radioativos, e servem para o estudo de uma extensa variedade de processos de engenharia. Oferecem a vantagem de que o traçador pode ser detectado em baixas concentrações, a distância e através das paredes das tubulações e equipamentos que compõem uma instalação industrial. Por outra parte, a medição é específica do produto marcado, eliminando-se problemas de interferência de outros elementos.

### Medidores de nível

A medição do nível da massa de fibrocimento, sob agitação contínua, apresenta dificuldades sérias para qualquer método que implique na colocação de dispositivos no interior do agitador, em contato com o fluido. Porém, esses inconvenientes podem ser obviados mediante a utilização de um sistema externo de medição, composto por um emissor de raios gama e um detector de radiações. Ambos os elementos são instalados fora do agitador, perto de suas paredes, no plano do nível que se deseja controlar, de maneira tal que os raios gama emitidos pela fonte radioativa devam atravessar, para atingir o detector, uma determinada espessura do fluido. Toda vez que o nível do líquido descer por debaixo da altura controlada, o detector receberá uma maior inten-

sidade de radiação gama (por ter desaparecido a atenuação parcial provocada pela espessura do fluido), e esse sinal poderá ser aproveitado para atuar sobre a válvula que regula a alimentação de massa ao agitador (válvula  $V_1$  da figura 1).

Nessa e noutras aplicações de equipamentos radioisotópicos, como as que se descreverão seguidamente com relação aos itens 3 e 4, o material radioativo está confinado numa cápsula metálica selada herméticamente (fonte selada), e rodeado por uma blindagem que serve, ao mesmo tempo, para a proteção radiológica dos operadores e para focalizar as radiações na direção do detector, formando, assim, o denominado "feixe de medição".

#### Medidores de densidade

No caso do item 3, a medição contínua da densidade do fluido que alimenta a máquina formadora da película, opõe obstáculos praticamente insuperáveis para qualquer método clássico, em virtude das propriedades hidrodinâmicas da massa diluída, que obrigam fazer a medição de densidade em regime de fluxo turbulento.

Num densímetro nuclear, em que a fonte radioativa e o detector são montados na parede externa da tubulação, por onde circula o fluido, de modo que o feixe de medição atravesse diametralmente a seção transversal, a intensidade de radiação detectada dependerá, para outras condições fixas, da atenuação provocada pela massa de fluido interposta no percurso do feixe. Como esse percurso é definido e, no caso suposto, igual ao diâmetro interno da tubulação, a atenuação do feixe dependerá da densidade e da composição química do fluido. Mediante a escolha de um emissor de radiação gama de energia adequada, os efeitos das variações de composição química sobre a atenuação do feixe podem ser negligenciados de maneira que, em última análise, a intensidade de radiação detectada será, somente, função da densidade do fluido.

#### Medidores de espessura e gramagem

Finalmente, o item 4 representa uma condição de medição que exclui, por completo, a aplicabilidade de equipamentos tradicionais. No entanto, os medidores radioisotópicos de espessura, também chamados calibradores nucleares (

ou "nuclear thickness gauges"), permitem resolver satisfatoriamente esse problema. Com efeito; nos calibradores nucleares o material cuja espessura se deseja medir passa, sem contato físico, entre um sistema fonte-detector cujo feixe de medição atravessa, continuamente, a lâmina em movimento. A atenuação da radiação dependerá da massa de material interposta, a cada instante, na seção transversal do feixe de medição, isto é, do peso da película por unidade de superfície, nessa seção.

Como a película úmida contém essencialmente fibrocimento e água, e esta última, além do baixo poder de atenuação para a radiação gama, representa apenas uma pequena fração da gramagem total, pode construir-se um sistema radioisotópico de medição que seja sensível só às variações do peso por unidade de superfície dos sólidos presentes na película. Conforme se indica na figura 1 esse medidor permite regular a gramagem da película controlando, por exemplo, a entrada adicional de água na máquina, isto é, a diluição final da massa.

Observa-se que uma característica comum dos medidores radioisotópicos aplicáveis à solução de problemas como os mencionados nos itens 2, 3 e 4 acima, é que em todos eles a medição se realiza em forma contínua, sem contato físico com os produtos inspecionados. Desse modo, os equipamentos radioisotópicos permitem a medição de nível, densidade e espessura independentemente da natureza dos produtos e das condições do processo, por severas ou desfavoráveis que sejam (materiais viscosos, pegajosos, abrasivos ou corrosivos sob temperatura e/ou pressão elevadas etc.)

#### Secagem de tintas aplicadas sobre painéis e chapas planas

Suponha-se, por último, que uma determinada percentagem da produção de chapas lisas deve ser submetida a um processo de pintura, numa das faces, para conferir-lhes um acabamento superficial decorativo.

Para essa finalidade pode recorrer-se ao processo clássico de aplicação de tintas sobre painéis, com secagem em estufa. Esses processos, além de implicar num dispendio de energia, ocupam muito espaço da fábrica e poluem o ambiente, em decorrência da evaporação de solventes orgânicos.

Atualmente, o curado (endurecimento) instantâneo de tintas por irra-

dição com feixe de elétrons ("eletron beam curing") perfila-se como uma opção vantajosa sobre as técnicas de secagem em estufa, tanto nos aspectos técnicos quanto nos econômicos, dos processos envolvidos.

A irradiação induz à polimerização e reticulação das tintas formula das especialmente para essa aplicação, proporcionando um acabamento com propriedades e aspecto semelhantes aos laminados de fórmica, e uma excelente aderência ao substrato.

#### SERVIÇOS OFERECIDOS PELO CARREI

Especificamente, a assistência técnica que o CARREI pode prestar às empresas e instituições do País, por intermédio de suas quatro áreas, abrange os campos seguintes:

- Estudos e análises relacionadas com a poluição do ar e das águas: detecção de contaminantes; estudo da difusão e concentração de poluentes; medição do declínio bacteriano etc.
- Estudos hidrológicos de águas superficiais e subterrâneas: medições de vazão; tempos de trânsito; datação de águas, radioatividade natural das águas minerais etc.
- Prospecção e análise de minérios: perfilagem de poços (gama natural, gama-gama e neutrônica); análise por ativação e por fluorescência de raios-X etc.
- Engenharia de processos: medições de vazão, nível, densidade, tempo de permanência e eficiência de operações unitárias; localização de vazamentos e obstruções; determinação de pesos ou volumes por diluição isotópica etc.
- Controle da qualidade dos materiais: medição contínua ("on-line") e sem contato de espessura, densidade e umidade; ensaios não destrutivos de peças de grande espessura; análise de composição química etc.
- Estudo e implantação de processos por irradiação: polimerização e modificação de polímeros (reticulação e "grafting"); esterilização bacteriológica; projeto de instalações de irradiação; dosimetria de altas doses etc.

- Estudo e caracterização de metais, ligas metálicas, cimento e concreto em ambientes nucleares (ou não), por métodos elétricos, magnéticos, ópticos e mecânicos.
- Fabricação, preparação de amostras e tratamentos térmicos de novas ligas, visando à obtenção de materiais mais adequados às exigências da tecnologia nuclear.
- Treinamento de pessoal: cursos especializados sobre aplicação industrial de radioisótopos, efeitos das radiações e temas correlatos.

Para implementar essas atividades, o CARREI possui laboratórios de análise instrumental e instalações especiais de irradiação (acelerador de elétrons Dynamitron de 1,5 MeV e 25 mA; Ciclotron CV-28 da Cyclotron Corp, com energia variável de 0 MeV a 30 MeV para aceleração de prótons, deuteronos, íons de  $^3\text{He}$  e partículas alfa; irradiador gama de feixe externo com 5.000 Ci de  $^{60}\text{Co}$ ), assim como equipamentos para trabalhos de campo, e desenvolve, também, as técnicas de traçadores e os instrumentos radioisotópicos para uma aplicação determinada.

Entre os usuários dos serviços do CARREI incluem-se: Petrobrás S.A.; Cia Suzano de Papel e Celulose; Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro (SANBRA S.A.); Alba Indústrias Químicas S.A.; Alcan Alumínio do Brasil S.A.; PRO NOR Produtos Orgânicos S.A.; Ultrafértil S.A.; Mineração de Amianto S.A.; Brasilit S.A.; Spig S.A.; Celanese Fibras Químicas do Brasil Ltda; Melamina Ultra Indústria Química S.A.; CETESB; SABESP; IPT; Cia. Industrial e Comercial de Produtos Alimentares (NESTLÉ-MINALBA); Empresa de Águas São Lourenço S.A.; Instituto de Geociências da USP; DERSA; Dynapac Equipamentos Industriais; COSIPA S.A.; Indústrias Químicas Eletro Cloro S.A.; Carbocloro Indústrias Químicas S.A.; Champion S.A.; Eletroteno Indústrias Plásticas S.A. COMASP; Elma Telecomunicações S.A.; Pirelli S.A. Cia. Industrial Brasileira; Aços Villares S.A..

#### Formalização dos pedidos de assistência técnica

Pode obter-se a assistência técnica do CARREI mediante um simples pedido ou ordem de compra para a execução de um serviço determinado (incluindo a

construção de equipamentos) ou por meio de convênios de pesquisa. Estes últimos resultam mais apropriados para os casos que implicam no desenvolvimento e aplicação de métodos novos que exigem, geralmente, estudos de longa duração.

As solicitações de assistência técnica devem ser endereçadas, por carta, à Superintendência do IPEN que, após considerar a viabilidade de atender o pedido, enviará uma resposta ao interessado que incluirá, nos casos pertinentes, o orçamento ou a minuta de convênio respectivos.