



PROCESSOS QUÍMICOS INDUSTRIAIS I

LOQ4022 – Turma 20211D1 – Engenharia Química

Apresentação 04

FÓSFORO E ÁCIDO FOSFÓRICO

PROF. ANTONIO CARLOS DA SILVA



FÓSFORO

HISTÓRICO

- **O fósforo é o primeiro elemento objeto de descoberta de que há registo histórico.**
- **Em 1669, um comerciante alemão de Hamburgo, chamado Henning Brand, alquimista, conseguiu obter fósforo elementar através da destilação da urina, tendo escrito uma carta a Leibniz para relatar a sua descoberta.**
- **É bastante provável que, já no século XII, os alquimistas árabes tenham obtido o elemento por este processo. No entanto, o respectivo crédito é dado a Brand.**
- **O nome do fósforo tem origem grega e significa "possui brilho" devido à sua propriedade de brilhar no escuro quando exposto ao ar (antigo nome do planeta Vênus).**

FÓSFORO

HISTÓRICO

- **Investigações posteriores, levadas a cabo por experimentalistas contemporâneos de Brand, revelaram que a adição de areia ou carvão à urina ajudava a libertação do fósforo nela presente.**
- **Cerca de um século após os originais trabalhos de Brand, descobriu-se que o fósforo é um importante constituinte dos ossos, introduzindo-se então um novo método de produção industrial de fósforo.**
- **A reação dos ossos com ácido nítrico ou ácido sulfúrico produz ácido fosfórico que aquecido com carvão dá fósforo elementar. Este foi o primeiro método de produção comercial de fósforo.**

FÓSFORO

HISTÓRICO

- **Em finais do século XIX, James Readman desenvolveu o primeiro processo de produção do elemento com uma fornalha elétrica.**
- **Apesar de se terem feito muitos melhoramentos de design e operação das fornalhas elétricas, os princípios básicos do método de Readman para obter fósforo elementar mantêm-se na tecnologia atual.**

FÓSFORO

ABUNDÂNCIA

- Devido a sua reatividade, o fósforo não é encontrado nativo na natureza, porém forma parte de numerosos minerais.
- A **Apatita** é uma importante fonte de fósforo, existindo jazidas relevantes deste mineral em Marrocos, Rússia, EUA e em outros países.
- A forma alotrópica branca pode ser obtida de várias maneiras. Uma delas é a obtenção do fosfato tricálcico a partir das rochas. Aquecido em um forno a 1450°C em presença de sílica e carbono, o fosfato é reduzido a fósforo, que se libera na forma de vapor.



- O fósforo branco obtido na forma de vapor é então condensado em água, evitando-se a presença de ar para que não inflame.

FÓSFORO

PRECAUÇÕES

- **O fósforo branco é extremamente venenoso - uma dose de 50 mg pode ser fatal - e muito inflamável, por isso, deve ser armazenado submerso em água. Em contato com a pele provoca queimaduras. A exposição contínua ao fósforo provoca a necrose da mandíbula.**
- **O fósforo vermelho, espontaneamente, se inflama em presença de ar e não é tóxico, porém deve-se manuseá-lo com cuidado, já que pode transformar-se em fósforo branco e produzir emissões de vapores tóxicos se aquecido.**

FÓSFORO

ROCHA FOSFÁTICA

- São minerais constituídos por alguns compostos complexos de fósforo, como a fluorapatita, $\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.
- Existem diversos processos para a utilização das rochas fosfáticas, que geram diversos produtos, a maioria empregada como fertilizantes.

FÓSFORO

ROCHA FOSFÁTICA



Mina da Serrana em Cajati - SP, de onde se extrai rocha fosfática ígnea

FÓSFORO

FERTILIZANTES



FÓSFORO

ROCHA FOSFÁTICA

Processo: Acidulação

- **Matéria-prima e reagentes:** Rocha fosfática, ácido sulfúrico, ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido clorídrico, amônia, cloreto de potássio
- **Produtos principais:** Superfosfato, ácido fosfórico, superfosfato triplo, fosfato de amônio, fosfato de potássio.

FÓSFORO

ROCHA FOSFÁTICA

Processo: Redução em forno elétrico

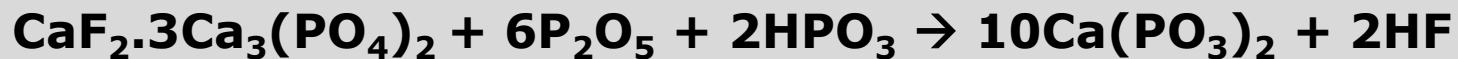
- **Matéria-prima e reagentes: Rocha fosfática, silício, coque, energia elétrica, água para condensação**
- **Produtos principais: Fósforo, ácido fosfórico, superfosfato triplo, sais de Na, K, Ca e NH_4 , pentóxido de fósforo e haletos de fósforo**

FÓSFORO

ROCHA FOSFÁTICA

Processo: Metafosfato de cálcio

- **Matéria-prima e reagentes: Rocha fosfática, fósforo, ar ou oxigênio, combustível**
- **Produtos principais: Metafosfato de cálcio**



FÓSFORO

ROCHA FOSFÁTICA

Processo: Calcinação ou desfluoração

- **Matéria-prima e reagentes: Rocha fosfática, água ou vapor de água, combustível**
- **Produtos principais: Fosfato desfluorado.**

FÓSFORO

ROCHA FOSFÁTICA

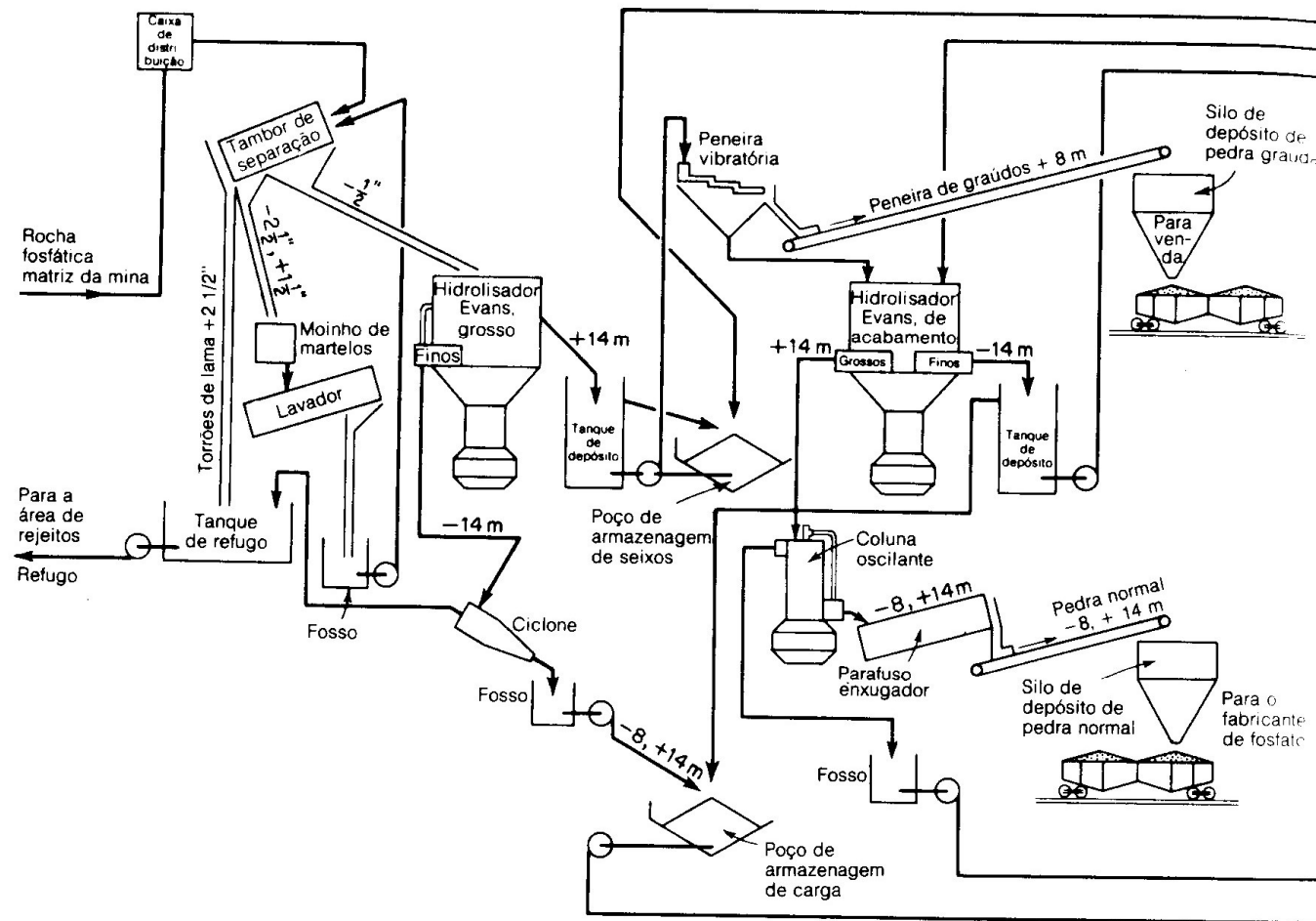
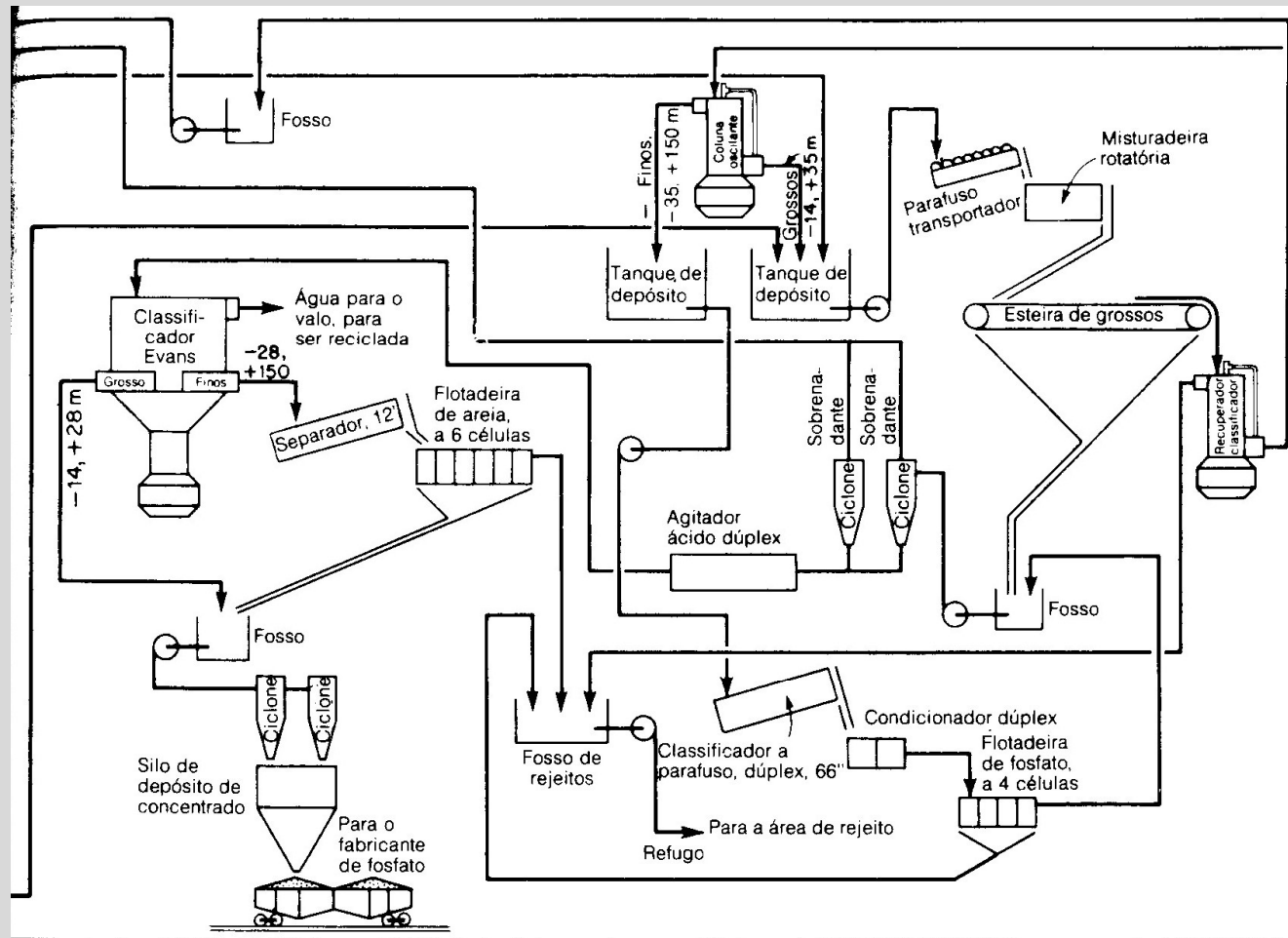


Fig. 16.1 Fluxograma do beneficiamento do minério fosfático da Flórida.

FÓSFORO

ROCHA FOSFÁTICA



FÓSFORO

ROCHA FOSFÁTICA

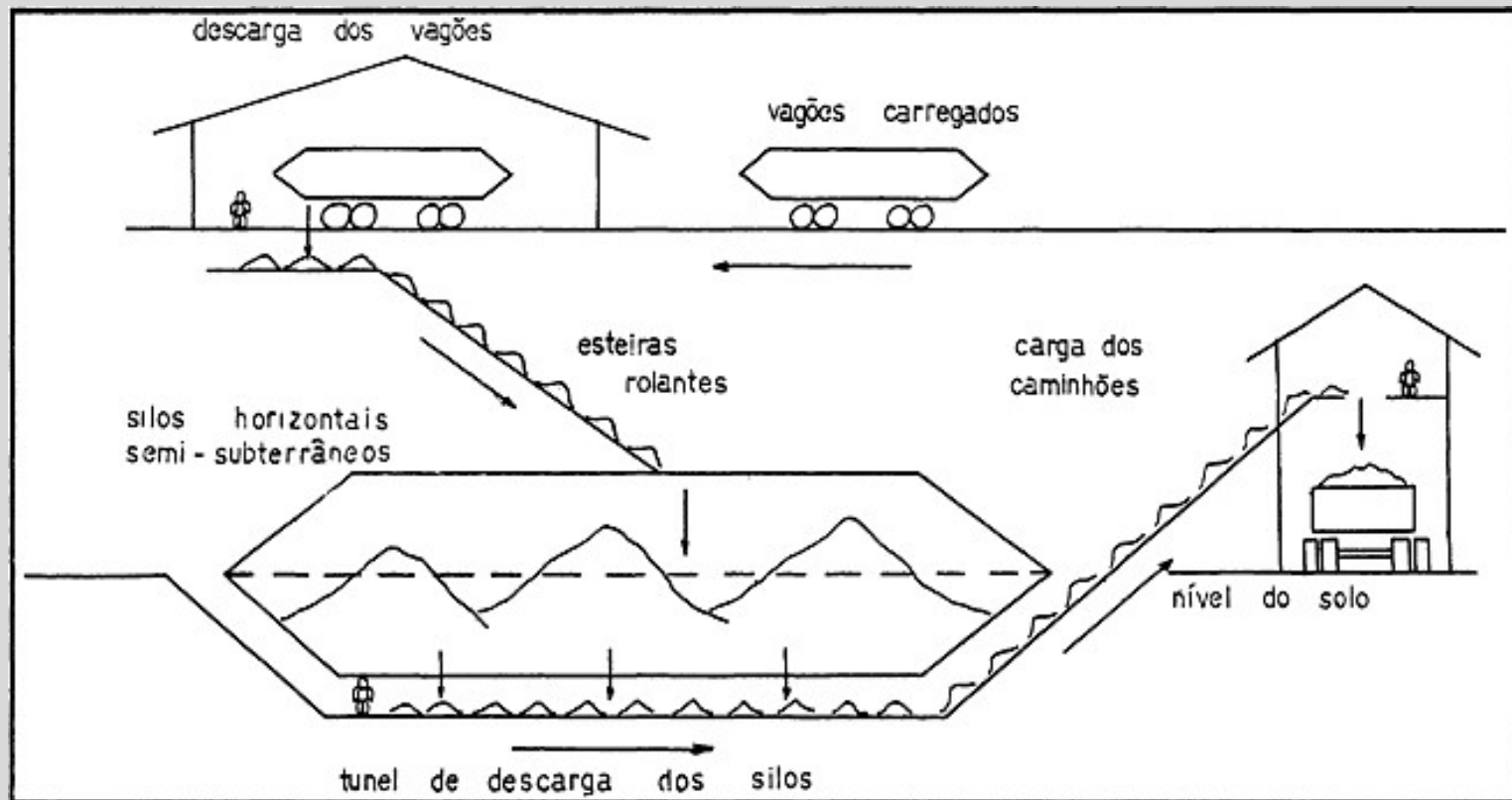


Fig. - Fluxograma do sistema de armazenagem de rocha fosfática.

PROCESSO DE TRATAMENTO DE ROCHA FOSFÁTICA

Processo utilizado pela empresa Serrana e descrito no site:

<http://www.serrana.com.br/nutricaoanimal/processodeproducao.asp>



Mineração: desmonte da rocha fosfática (apatita) com explosivos

PROCESSO DE TRATAMENTO DE ROCHA FOSFÁTICA

Processo utilizado pela empresa Serrana e descrito no site:

<http://www.serrana.com.br/nutricaoanimal/processodeproducao.asp>



Britagem primária, desmagnetização e flotação

PROCESSO DE TRATAMENTO DE ROCHA FOSFÁTICA

Processo utilizado pela empresa Serrana e descrito no site:

<http://www.serrana.com.br/nutricaoanimal/processodeproducao.asp>



Cura e secagem

PROCESSO DE TRATAMENTO DE ROCHA FOSFÁTICA

Processo utilizado pela empresa Serrana e descrito no site:

<http://www.serrana.com.br/nutricaoanimal/processodeproducao.asp>



Ensacamento e expedição

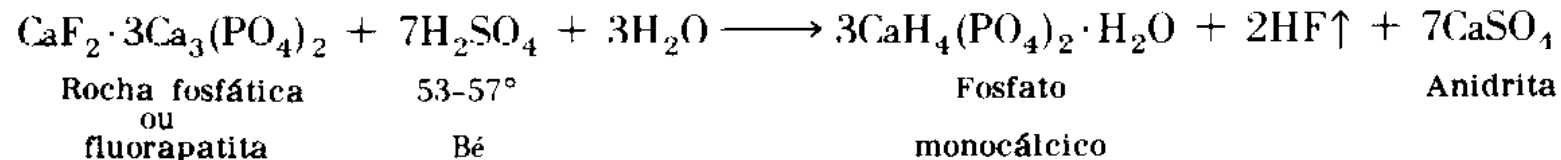
FÓSFORO

SUPERFOSFATOS

- São importantes fertilizantes.
- Método de obtenção:
acidulação da rocha fosfática.
- Reações:



- $\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2 \rightarrow$ fosfato monocalcico
- $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow$ gesso



FÓSFORO SUPERFOSFATOS

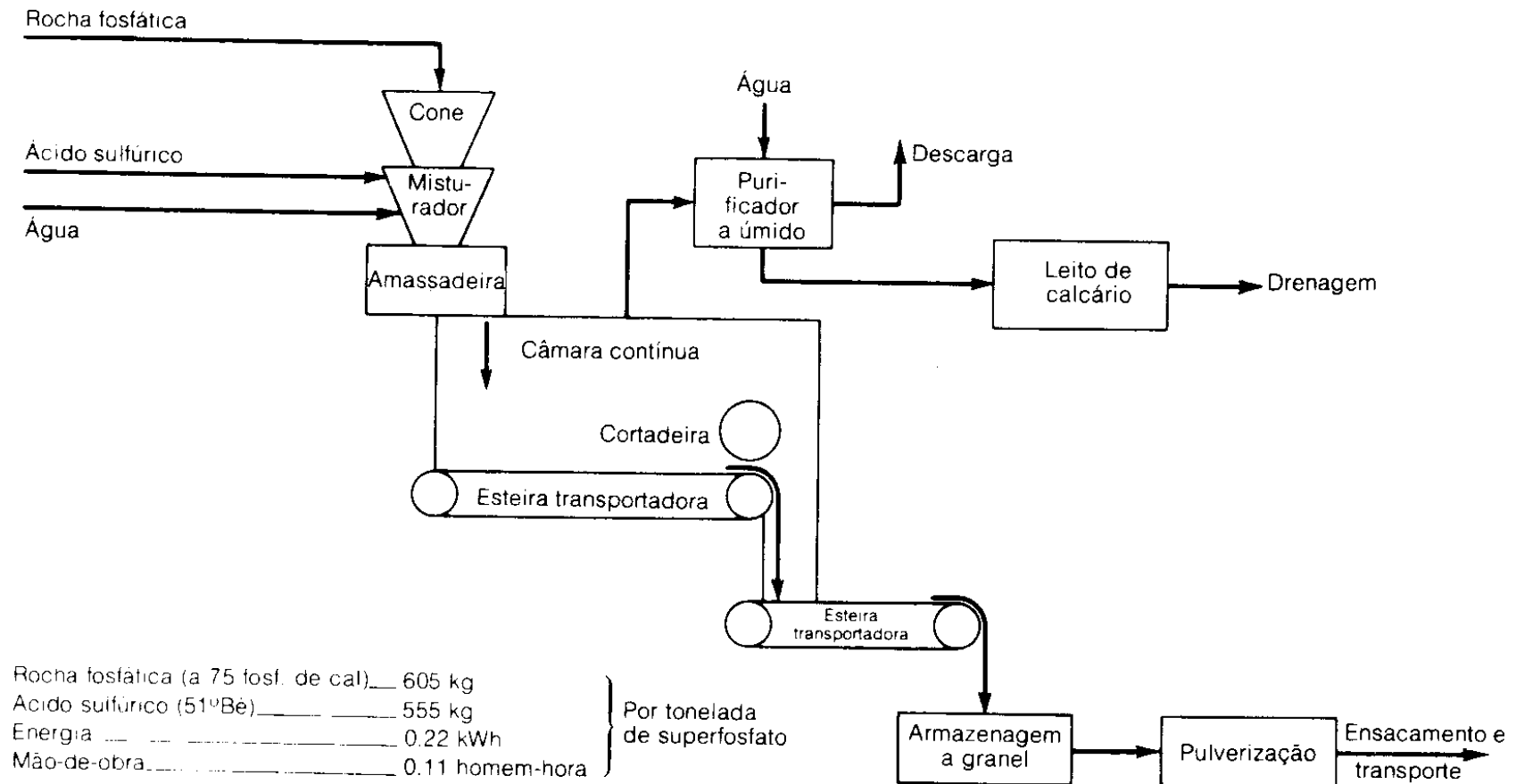


Fig. 16.2 Fluxograma da fabricação do superfosfato pelo processo de câmara contínua. (*Austin Co.*)

FÓSFORO

SUPERFOSFATOS

- **SUPERFOSFATO TRIPLO**
- **Fertilizante que fornece o triplo de P_2O_5 solúvel que o superfosfato.**
- **Reação:**



FÓSFORO SUPERFOSFATOS

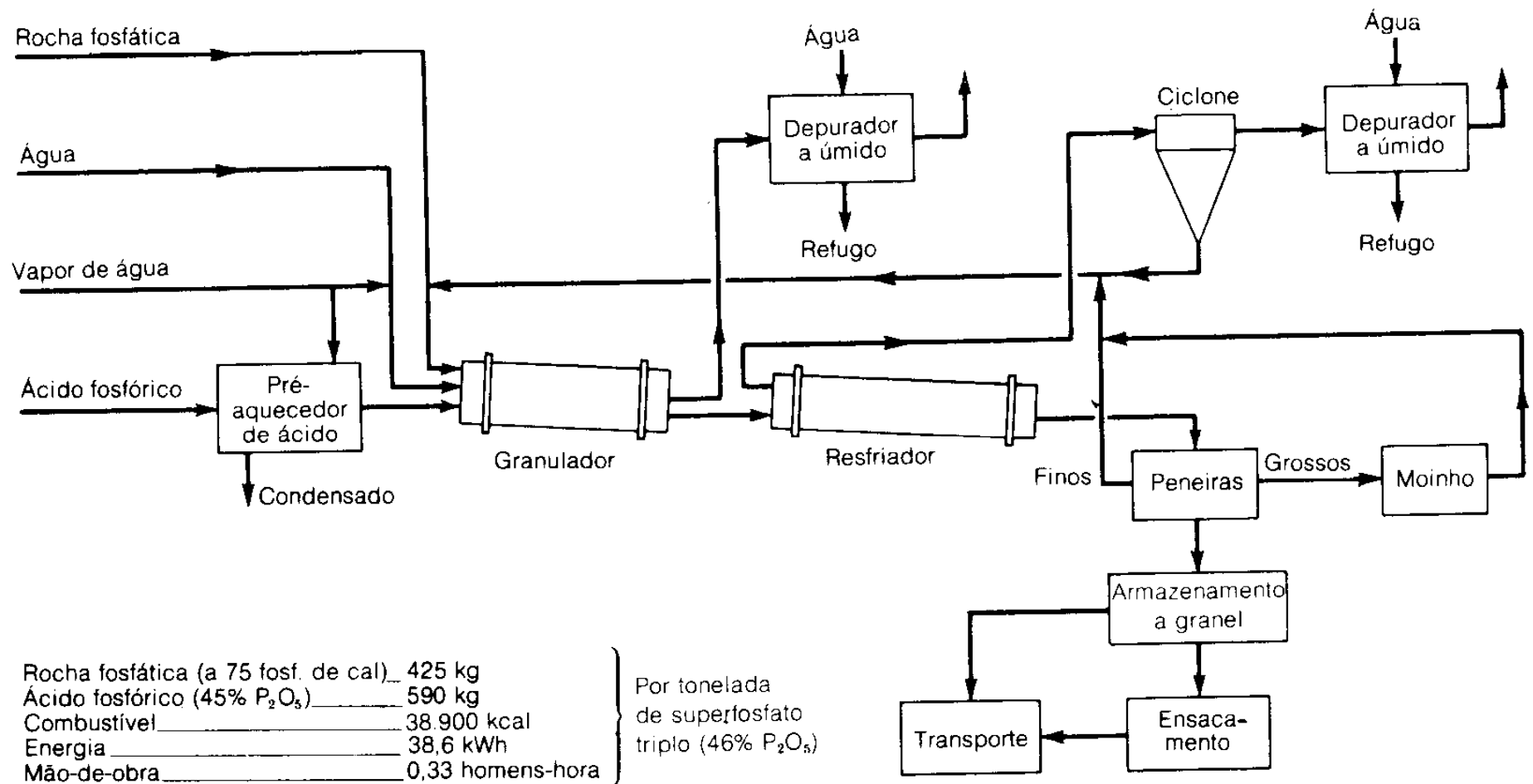
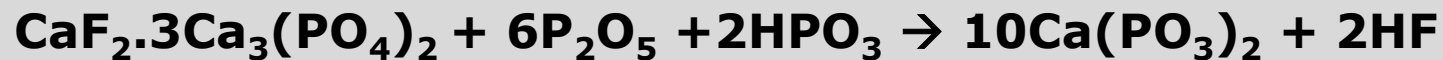


Fig. 16.3 Fluxograma ilustrando o processo de superfosfato triplo. (Austin Co.)

FÓSFORO

METAFOSFATO DE CÁLCIO

- **Fertilizante concentrado.**
- **É muito insolúvel e deve ser hidrolisado para se tornar eficaz.**
- **Reação:**



FÓSFORO PURO

- Produzido pelo método do forno elétrico.
- Reação:



Ou, de forma mais simples:



FÓSFORO PURO

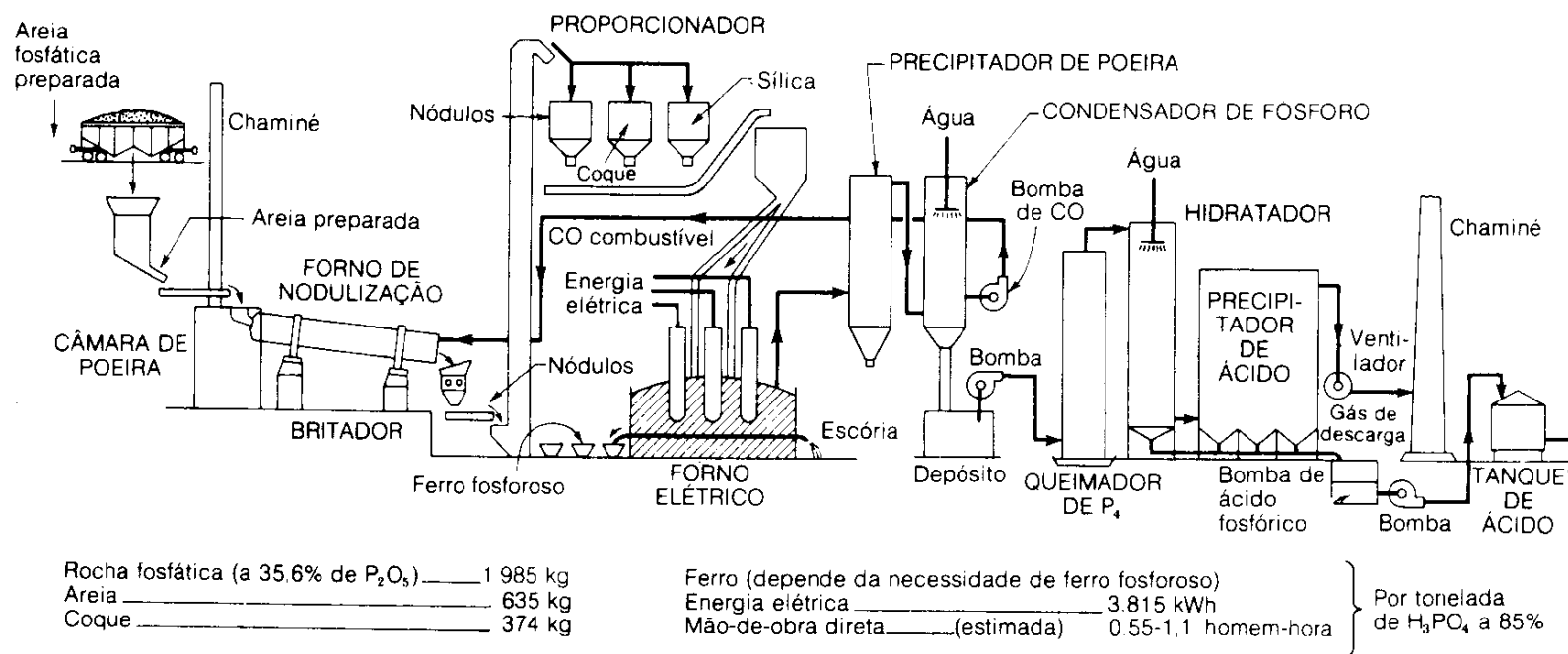
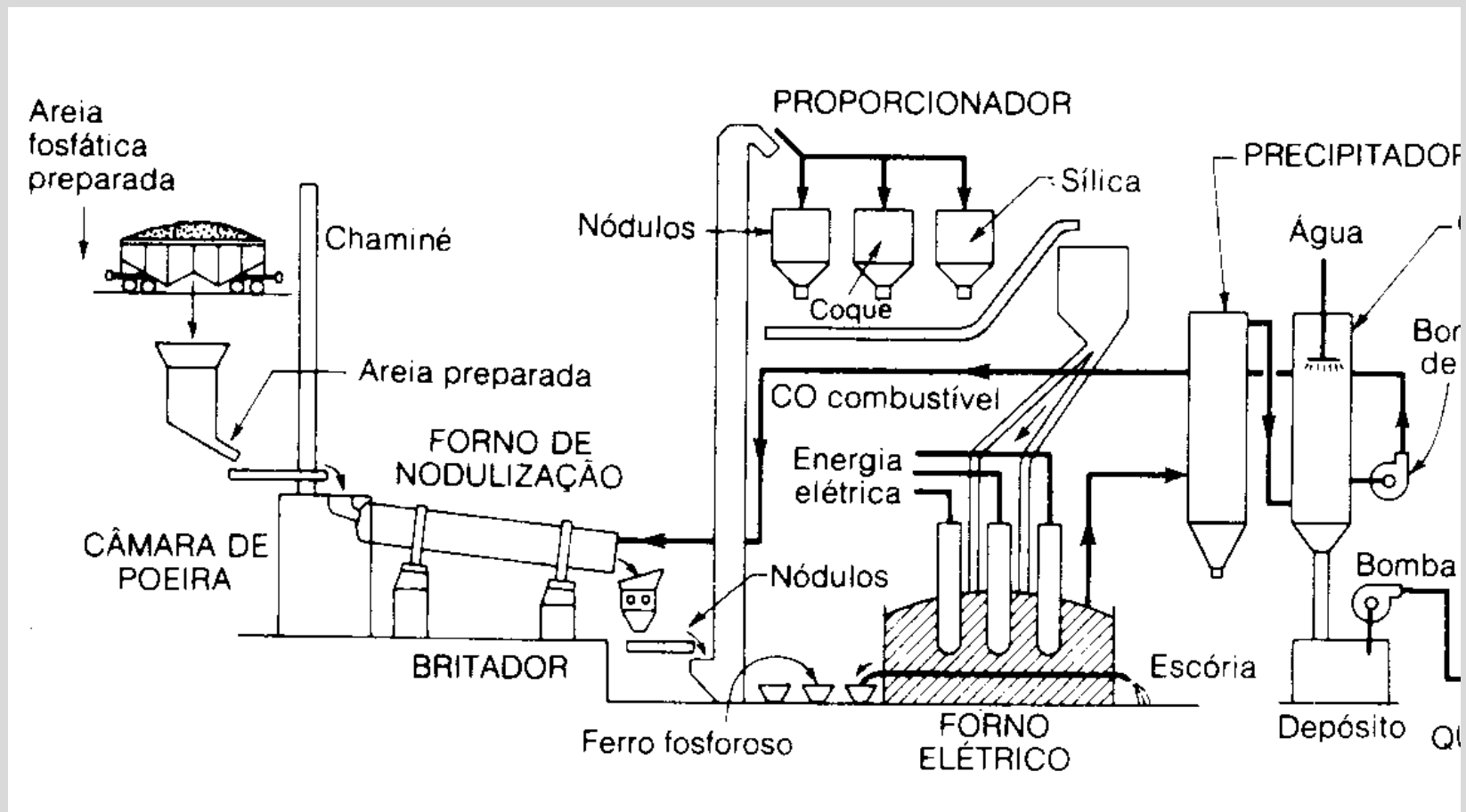
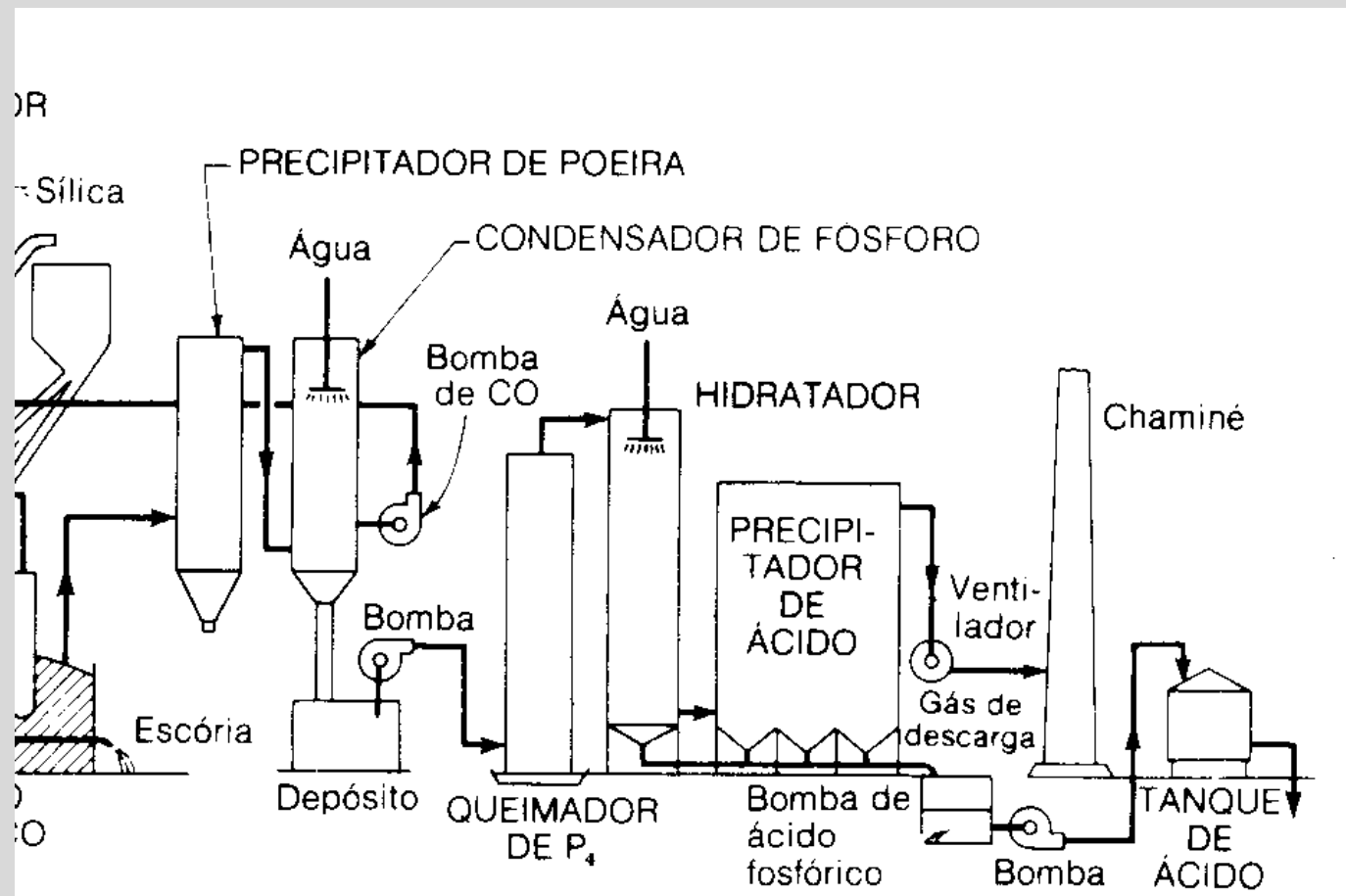


Fig. 16.7 Fluxograma da produção de fósforo. Na maior parte dos casos, o fósforo quente é bombeado para um carro-tanque termicamente isolado e transportado para a usina de oxidação, onde se transforma em ácido fosfórico e diversos fosfatos. Observação: na maioria das usinas de ácido fosfórico dos Estados Unidos, o eliminador de névoa Brink substituiu os precipitadores eletrostáticos da névoa ácida.

FÓSFORO PURO



FÓSFORO PURO

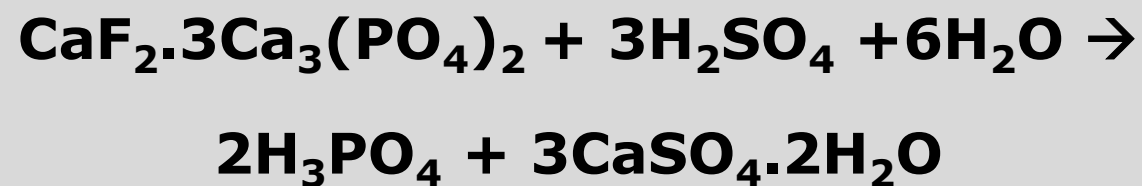


ÁCIDO FOSFÓRICO

- Em épocas antigas, a maior parte do ácido fosfórico era obtida pela ação do ácido sulfúrico diluído, 50°Bé (62% em peso) sobre rocha fosfática moída ou sobre ossos.
- Esse método foi suplantado pelo processo Dorr, a ácido sulfúrico concentrado, que leva à produção de um ácido concentrado barato. O equipamento deve ser revestido com chumbo, ou aço inox ou tijolo à prova de ácido. O ácido obtido é utilizado quase inteiramente na produção de fertilizantes, onde impurezas não têm importância.
- O ácido fosfórico puro é obtido a partir do fósforo elementar, no processo do forno elétrico.

ÁCIDO FOSFÓRICO

- **Reação:**



ÁCIDO FOSFÓRICO

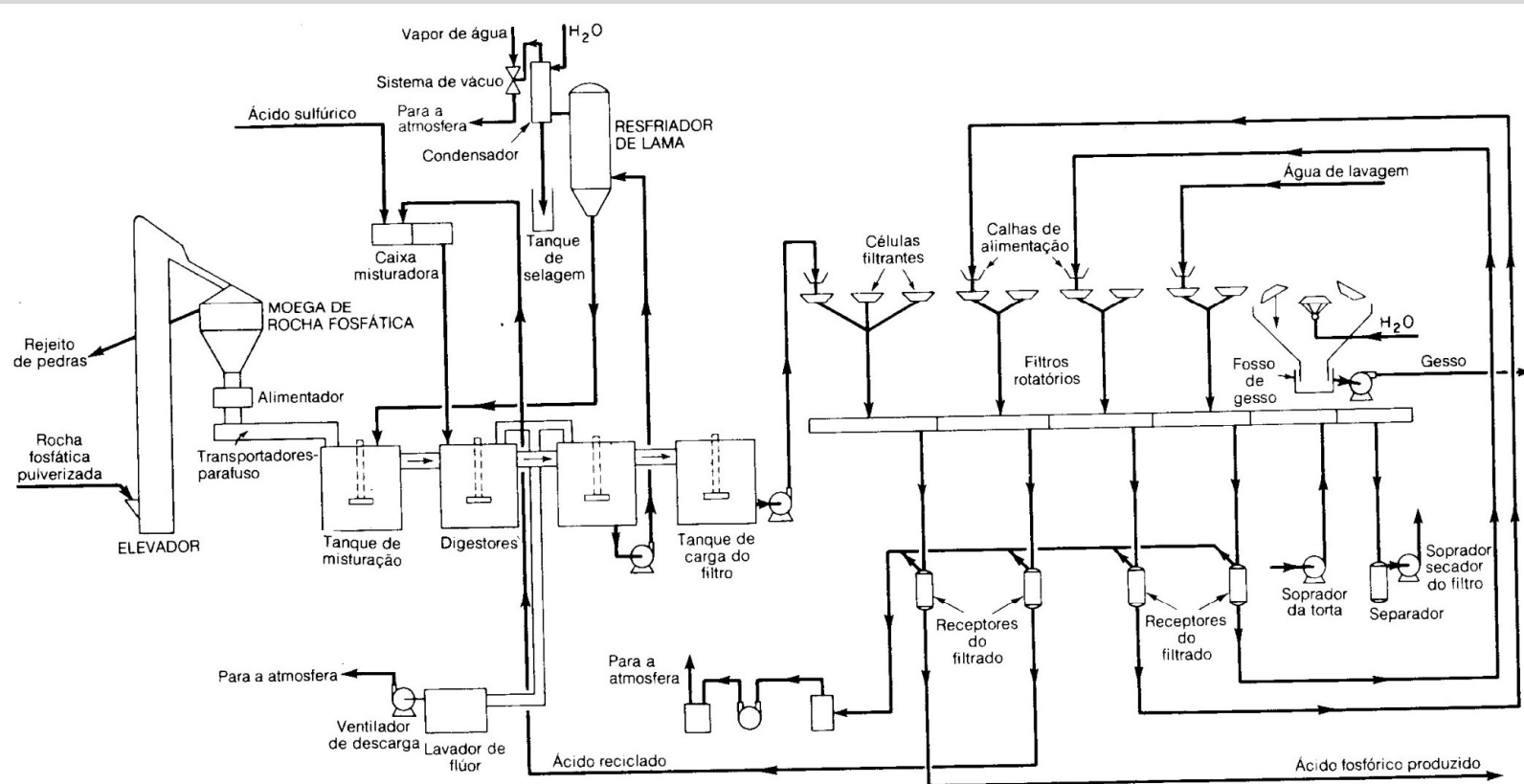
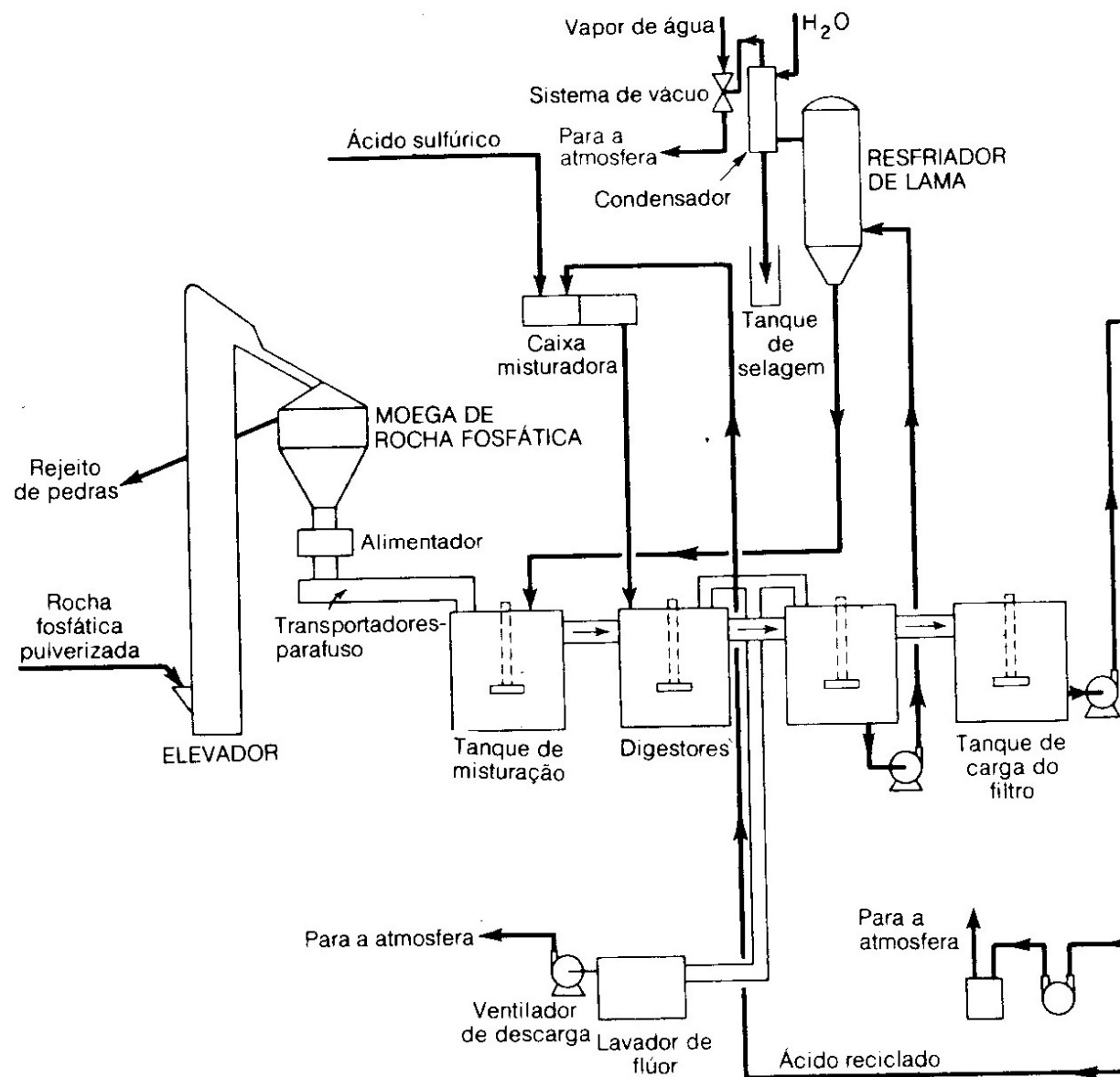
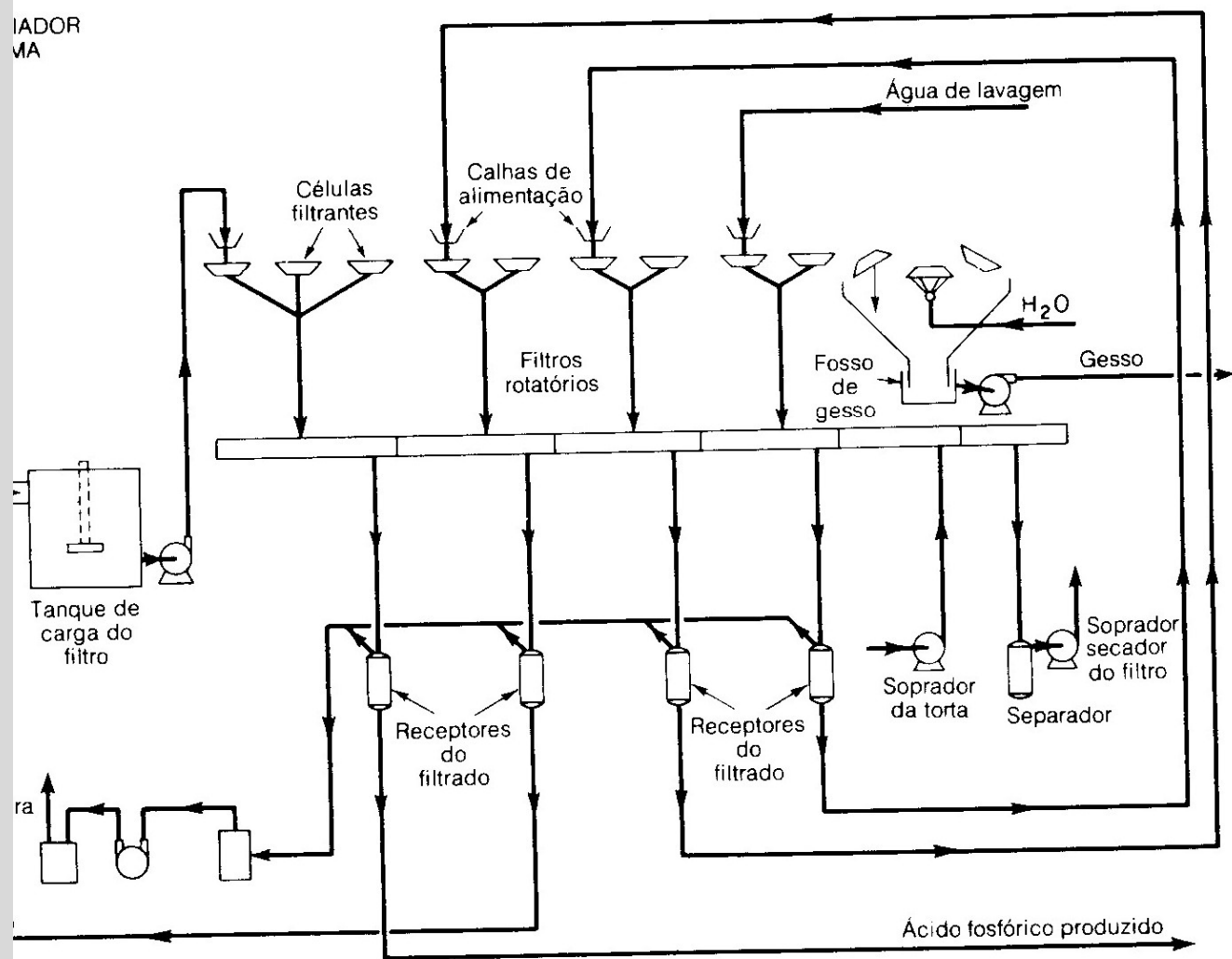


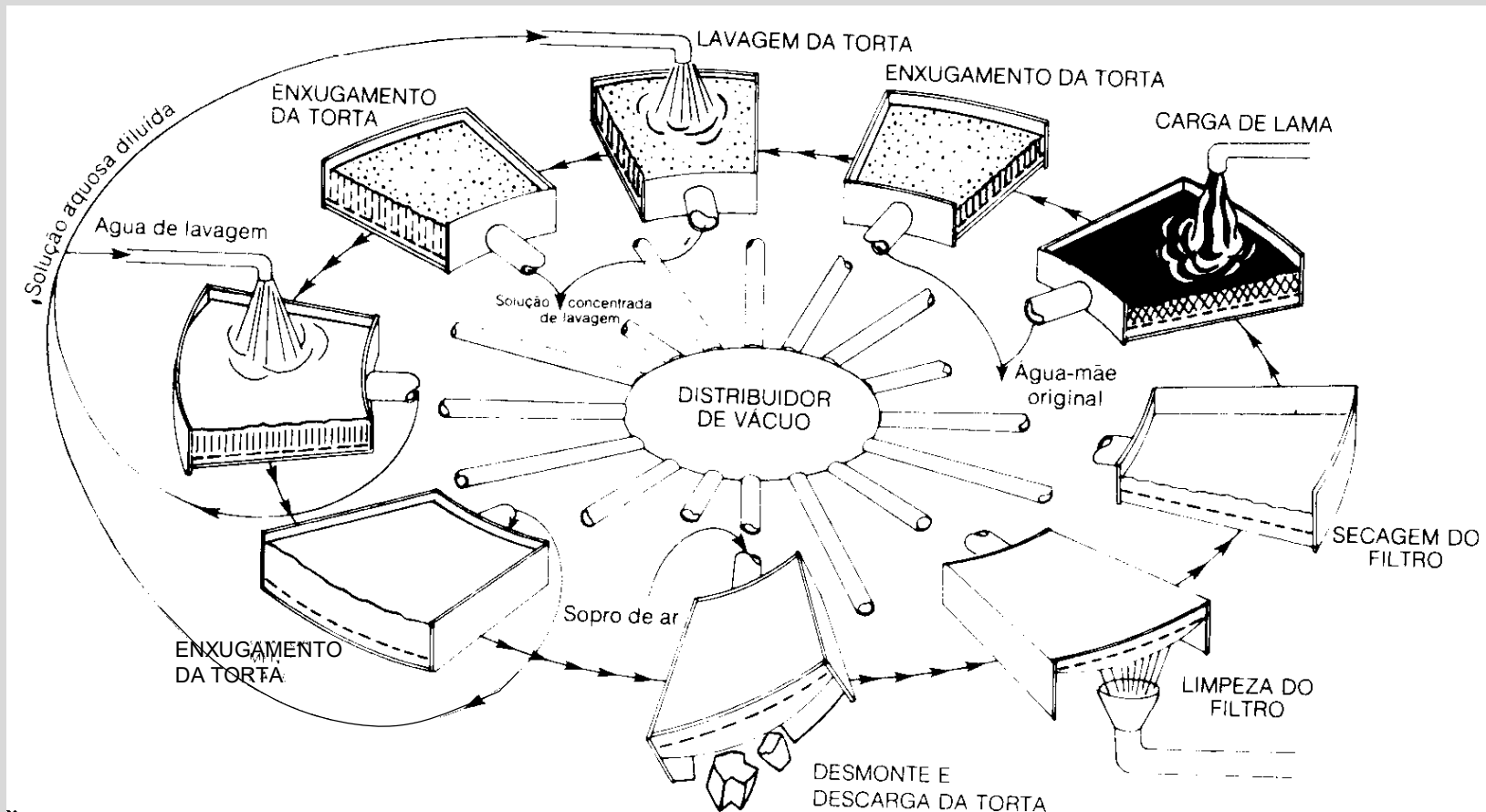
Fig. 16.4 Fabricação do ácido fosfórico por via úmida, com os filtros lavadores a bandeja basculante Bird-Prayon. A eficiência global é de 94 a 98%, produzindo-se um ácido de 30 a 32% em concentração de P_2O_5 . (Chemical and Industrial Corp.) Ver a Fig. 16.5.



IAADOR
MA



ÁCIDO FOSFÓRICO



Filtro de bandeja basculante (a vácuo)

ÁCIDO FOSFÓRICO



Planta de Ácido Fosfórico
na empresa Serrana.