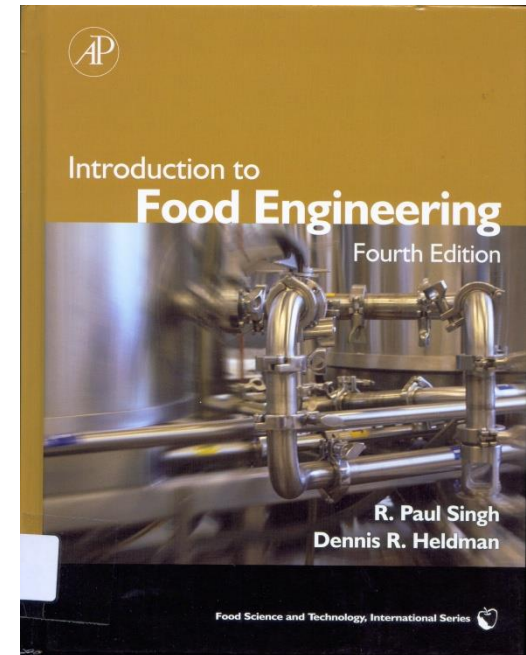
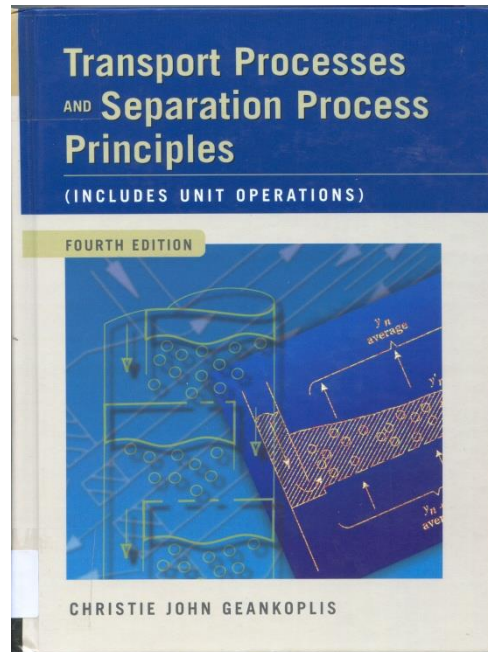
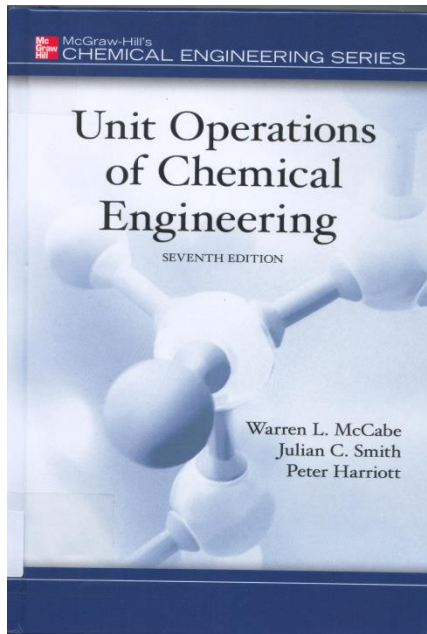


EVAPORADORES

1. Objetivo
2. Classificação de Evaporadores
3. Equações de Balanço
4. Exemplo de Evaporador de Simples Efeito
5. Exemplo de Evaporadores de Duplo Efeito
6. Exemplo de Evaporadores de Múltiplos Efeitos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:





McGraw-Hill's
CHEMICAL ENGINEERING SERIES

Unit Operations of Chemical Engineering

SEVENTH EDITION

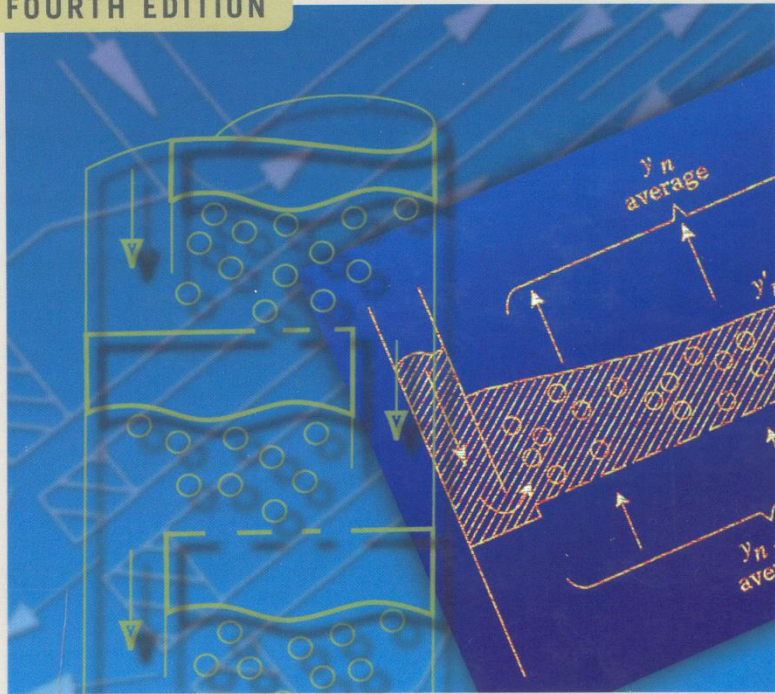
Warren L. McCabe
Julian C. Smith
Peter Harriott

Chapter 16: Evaporation
Pg. 486 - 519

Transport Processes AND Separation Process Principles

(INCLUDES UNIT OPERATIONS)

FOURTH EDITION



CHRISTIE JOHN GEANKOPLIS

Chapter 8: Evaporation
Pg. 527 - 558



Introduction to
Food Engineering

Fourth Edition

R. Paul Singh
Dennis R. Heldman

Food Science and Technology, International Series



Chapter 8: Evaporation
Pg. 543 - 570

Princípios das Operações Unitárias

Frost - Wentzel - Clump - Marrs - Andersen



Capítulo 19: Transferência
Simultânea de Calor e de Massa –
Evaporação
Pg. 435 - 454



Impactos das Tecnologias na Engenharia Química 2

Carmen Lúcia Voigt
(Organizadora)

CAPÍTULO 7 49

SÍNTESE E CARACTERIZAÇÃO DE METILCELULOSE A PARTIR DE BAGAÇO DE CANA

Luís Fernando Figueiredo Faria
Cláudia dos Santos Salim
Luís Gustavo Ferroni Pereira
Elisângela de Jesus Cândido Moraes

DOI 10.22533/at.ed.3641903047

CAPÍTULO 8 56

ESTUDO CINÉTICO DA PRODUÇÃO DE HIDROMEL PELAS CEPAS *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71b 1122 e *Saccharomyces bayanus* RED STAR PREMIER BLANK

Ana Katherine de Carvalho Lima Lobato
Lucas Gois Brandão
Victor Hoffmann Barroso

DOI 10.22533/at.ed.3641903048

CAPÍTULO 9 73

FILTRAÇÃO APLICADA AO PROCESSO DE CONCENTRAÇÃO DA VINHAÇA

Fernando Oliveira de Queiroz
Jéssica Oliveira Alves
Marcelo Bacci da Silva

DOI 10.22533/at.ed.3641903049

CAPÍTULO 10 95

CARACTERIZAÇÃO E TRATAMENTO, EM ESCALA INDUSTRIAL, DO LICOR NEGRO GERADO PELA ETAPA DE DESLIGNIFICAÇÃO DO ALGODÃO

Lucrécio Fábio dos Santos
Flávio Teixeira da Silva
Teresa Cristina Brasil de Paiva

DOI 10.22533/at.ed.36419030410

CAPÍTULO 11 111

Saccharomyces cerevisiae FED-BATCH FERMENTATION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHOD FOR ADJUSTING MODEL PARAMETERS TO EXPERIMENTAL DATA

Marco César Prado Soares
Gabriel Fernandes Luz
Aline Carvalho da Costa
Matheus Kauê Gomes
Beatriz Ferreira Mendes
Lucimara Gaziola de la Torre
Eric Fujiwara

DOI 10.22533/at.ed.36419030411

FILTRAÇÃO APLICADA AO PROCESSO DE CONCENTRAÇÃO DA VINHAÇA

Fernando Oliveira de QueirozUniversidade Federal do Triângulo Mineiro,
Programa de Mestrado Profissional em Inovação
Tecnológica, Uberaba – MG**Jéssica Oliveira Alves**Universidade Federal do Triângulo Mineiro,
Departamento de Engenharia Química, Uberaba
– MG**Marcelo Bacci da Silva**Universidade Federal do Triângulo Mineiro,
Programa de Mestrado Profissional em Inovação
Tecnológica, Uberaba – MG

RESUMO: O setor sucroalcooleiro é caracterizado pela alta produtividade, alta demanda de água e pelas possibilidades de reutilização e reaproveitamento deste recurso natural. No atual contexto de sustentabilidade e uso racional de recursos hídricos devido à escassez, surgiram novas tecnologias para a produção sucroalcooleira, através do reaproveitamento hídrico da água gerada pelo processo de evaporação da vinhaça, pois plantas de evaporação de vinhaça são grandes consumidoras de energia. O objetivo deste trabalho foi estudar a operação de evaporação de vinhaça, propondo em escala laboratorial uma filtração simples de amostras de vinhaça de uma usina sucroalcooleira, visando reduzir o consumo energético no processo de

evaporação. Foram avaliadas características qualitativas da água recuperada da evaporação. Como resultado principal obteve-se, em amostras de vinhaça previamente filtradas, uma maior concentração em graus Brix, e consequentemente, maior geração de água para reuso. Assim, os resultados quantitativos e qualitativos encontrados em relação a filtração da vinhaça para a operação de evaporação, apontam para a viabilidade do reuso da água a partir da concentração da vinhaça, podendo utilizá-la para fins menos nobres, reduzindo a captação.

PALAVRAS-CHAVE: Filtração. Vinhaça. Evaporação. Água. Reuso.

ABSTRACT: The sugarcane industry is characterized by high productivity, high demand for water and the possibilities of reuse of this natural resource. In this actual context of sustainability and rational use of water resources due to the scarcity, innovative technologies appeared, especially for sugar and alcohol production, through the reuse of water generated by the process of evaporation of vinasse, as vinasse evaporation plants are great consumers of energy. The objective of this work was to study the vinasse evaporation process, proposing in a laboratory scale a simple filtration of vinasse samples from a sugar-alcohol plant, aiming to reduce the energy consumption in the

evaporation process. It also evaluates the qualitative characteristics of water recovered from evaporation. As a main result, a higher concentration of the brix was obtained in previously filtered vinasse samples, therefore, a greater reduction in vinasse volume, and a higher generation of water for reuse. Thus, the quantitative and qualitative results obtained related the filtration of the vinasse to the evaporation operation, point to the viability of the water reuse form the vinasse concentration, being able to use it for less noble purpose, reducing the uptake.

KEYWORDS: Filtration. Vinasse. Evaporation. Water. Reuse.

1 | INTRODUÇÃO

Historicamente, a atividade da agroindústria da cana-de-açúcar possui relevante importância, contribuindo para o desenvolvimento econômico, social, geração de emprego e renda nas regiões onde estão instaladas. A crescente demanda energética, aliada a uma forte conscientização ambiental, fez com que o bioetanol se consolidasse como uma fonte de energia renovável muito atrativa. Embasada principalmente nos conceitos de sustentabilidade, como já tinha sido previsto na década de 70, marcada pela criação do Programa nacional do Alcool (Proálcool), este combustível surgiu como alternativa à diminuição da dependência dos combustíveis fósseis, ou seja, substituir parte da gasolina por etanol (AMORIM & LEÃO, 2005).

O Brasil ocupa atualmente a segunda colocação no ranking em produção de etanol, sendo superado pelos Estados Unidos. A principal matéria-prima no país é a cana-de-açúcar, enquanto que no líder mundial essa produção se dá pelo processamento do milho (LEITE, 2011).

A principal utilização do bioetanol no Brasil é como combustível e chega a representar 44% do total de gasolina consumida no país (BASSO et al., 2008). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), foi colhida na safra 2015/16 uma área de 9.004 milhões de hectares, com total de cana-de-açúcar moída de 685.586,2 milhões de toneladas, 40,4 % para produção de açúcar, com produção de etanol total em 30.461.524,5 bilhões de litros; sendo 22,5% de etanol anidro e 37,1% de etanol hidratado.

Devido as mudanças climáticas globais, faz-se necessário o uso de medidas de responsabilidade entre os agentes públicos e privados, visando evitar o agravamento das condições ambientais e, consequentemente, queda na produção e qualidade de vida da população. Assim, a agroindústria da cana-de-açúcar cumpre seu dever em contribuir efetivamente para proteção da água com a utilização de tecnologias para o aproveitamento hídrico de seus resíduos.

Para as várias etapas de transformação da cana-de-açúcar nas usinas, necessita-se consumir uma grande quantidade de água, conceito este fomentado pelos valores de captação praticados no passado e que, graças a técnicas de reuso da água, vem diminuindo abruptamente nas últimas décadas. O consumo do recurso estimado em

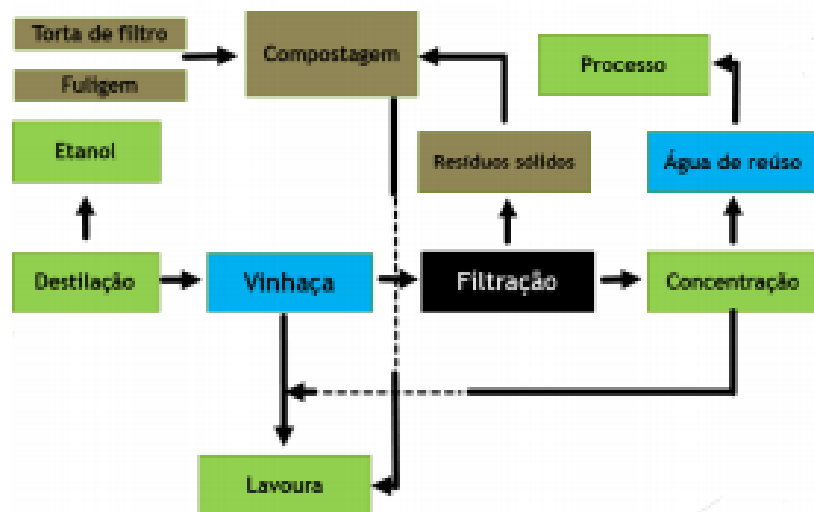


Figura 9: Etapa de filtração da vinhaça na indústria sucroalcooleira.

Fonte: Elaborado pelo autor, (2017).

5 | CONCLUSÃO

No estudo desenvolvido, foram realizadas etapas de filtração e evaporação da vinhaça em escala laboratorial, analisando-se as propriedades físico-químicas da água gerada, onde verificou-se que a etapa de filtração da vinhaça não alterou as propriedades da água de reúso. Entretanto, foi notório a maior concentração dos sólidos solúveis, 15,03 °Brix, na vinhaça filtrada, contra 9,53 °Brix na vinhaça *in natura*,

após as etapas de evaporação. Indica-se, assim, a filtração simples da vinhaça para uma maior elevação do °Brix e, consequentemente, maior geração de água para reúso.

Os resultados obtidos no trabalho mostram que existe a viabilidade do reúso da água a partir do processo de concentração da vinhaça de cana-de-açúcar. Pode-se utilizá-la com fins menos nobres, tais como limpeza geral, reposição de água em torres de resfriamento, ou submetida aos tratamentos para atender as necessidades dos equipamentos ou das etapas do processo.

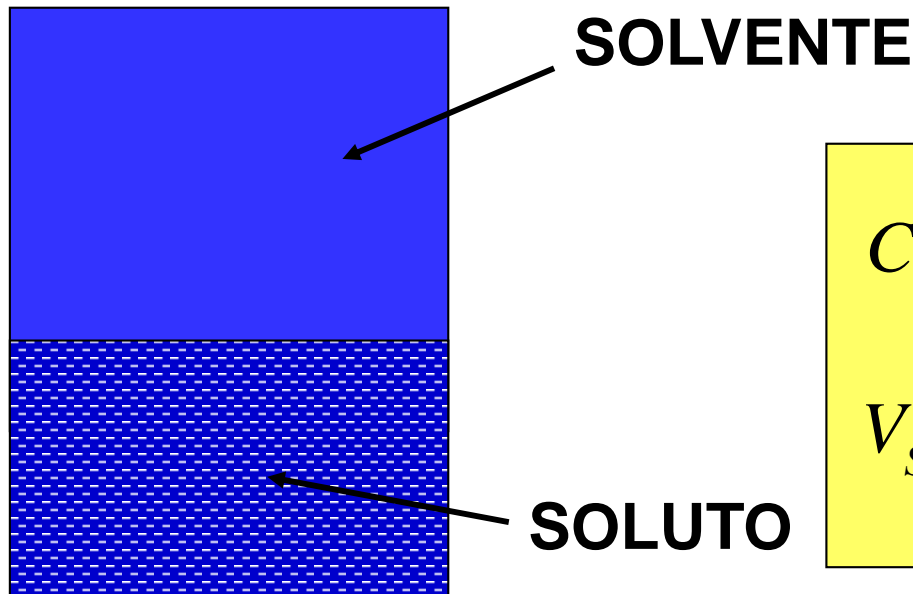
O pH manteve-se na faixa ácida de 4,5 e dureza total de 75 ppm, enquanto recomendam-se faixas de 6 a 8 para o pH e no máximo, 40 ppm de dureza total. O consumo energético mostrou-se idêntico.

Enfim, o desenvolvimento sustentável e inovador da indústria canavieira, deve ser delineado com base no triângulo economia-sociedade-meio ambiente, e para atender à demanda de água os efluentes devem ser usados como uma ferramenta para a proteção das fontes, maximizando a eficiência e reduzindo a captação nas fontes. Os efluentes devem ser vistos como uma oportunidade, em vez de subproduto.

Evaporadores

1. Objetivo:

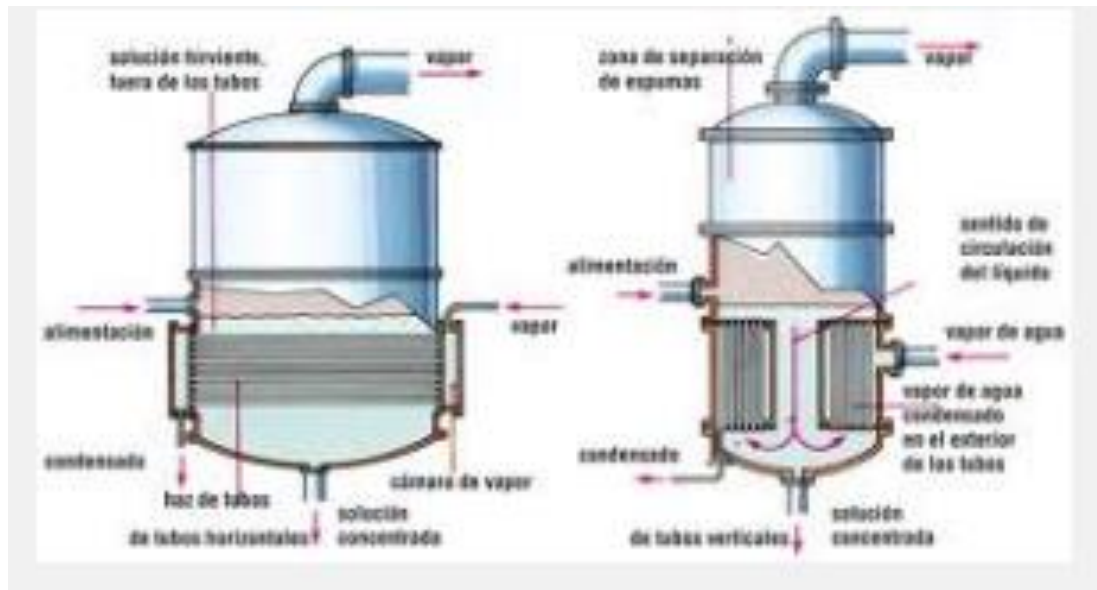
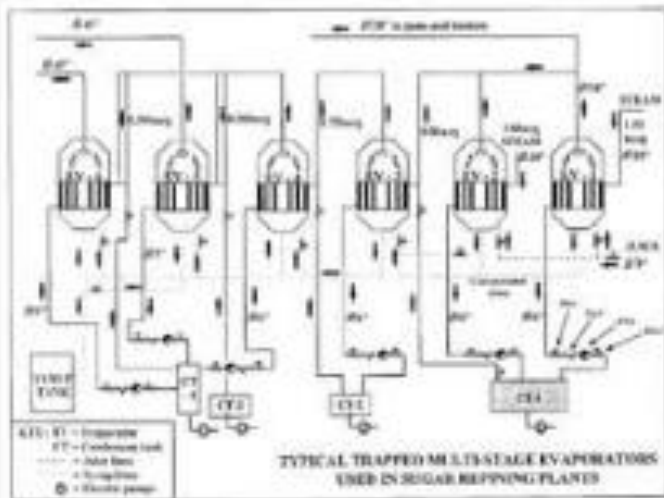
- A evaporação é uma operação unitária que visa concentrar uma **solução** composta de um **soluto** não-volátil e de um **solvente** volátil.



$$C = \frac{m_{SOLUTO}}{V_{SOLUÇÃO}}$$

$$V_{SOLUÇÃO} = V_{SOLUTO} + V_{SOLVENTE}$$

EQUIPAMENTOS





$$C \uparrow = \frac{m_{SOLUTO}}{V_{SOLUÇÃO} \downarrow}$$

É possível diminuir o volume da solução através da evaporação do solvente.

- ✓ Na maioria das aplicações o solvente é a água.
- ✓ Normalmente o líquido concentrado é o produto valioso (de interesse) e o vapor eliminado da solução é condensado e descartado.

➤ Características do Líquido

a) Concentração

b) Sensitividade térmica

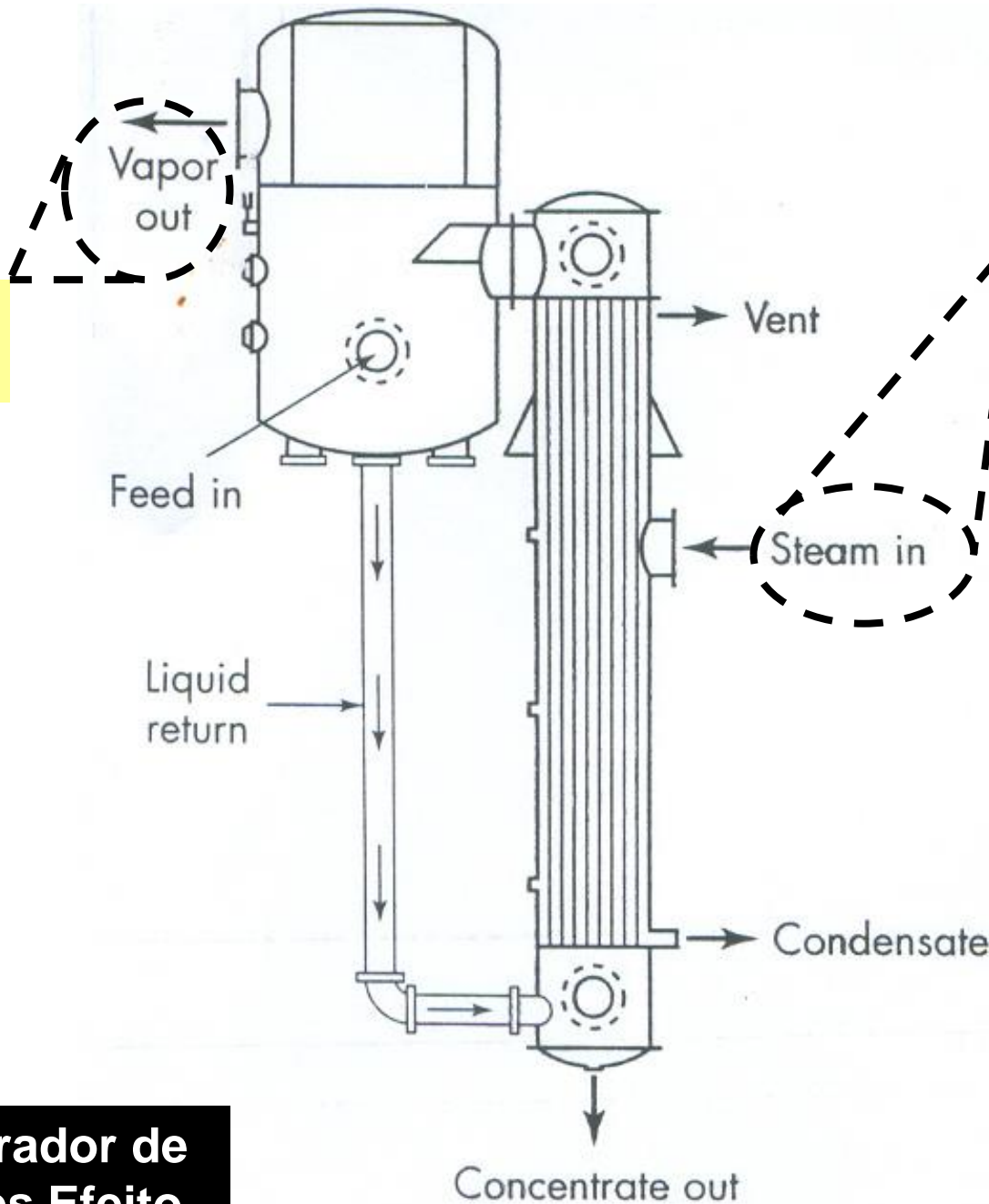
➤ Materiais de construção

Sempre que possível, evaporadores são feitos de certos tipos de aço, cobre, níquel, alumínio.

2. Classificação de Evaporadores

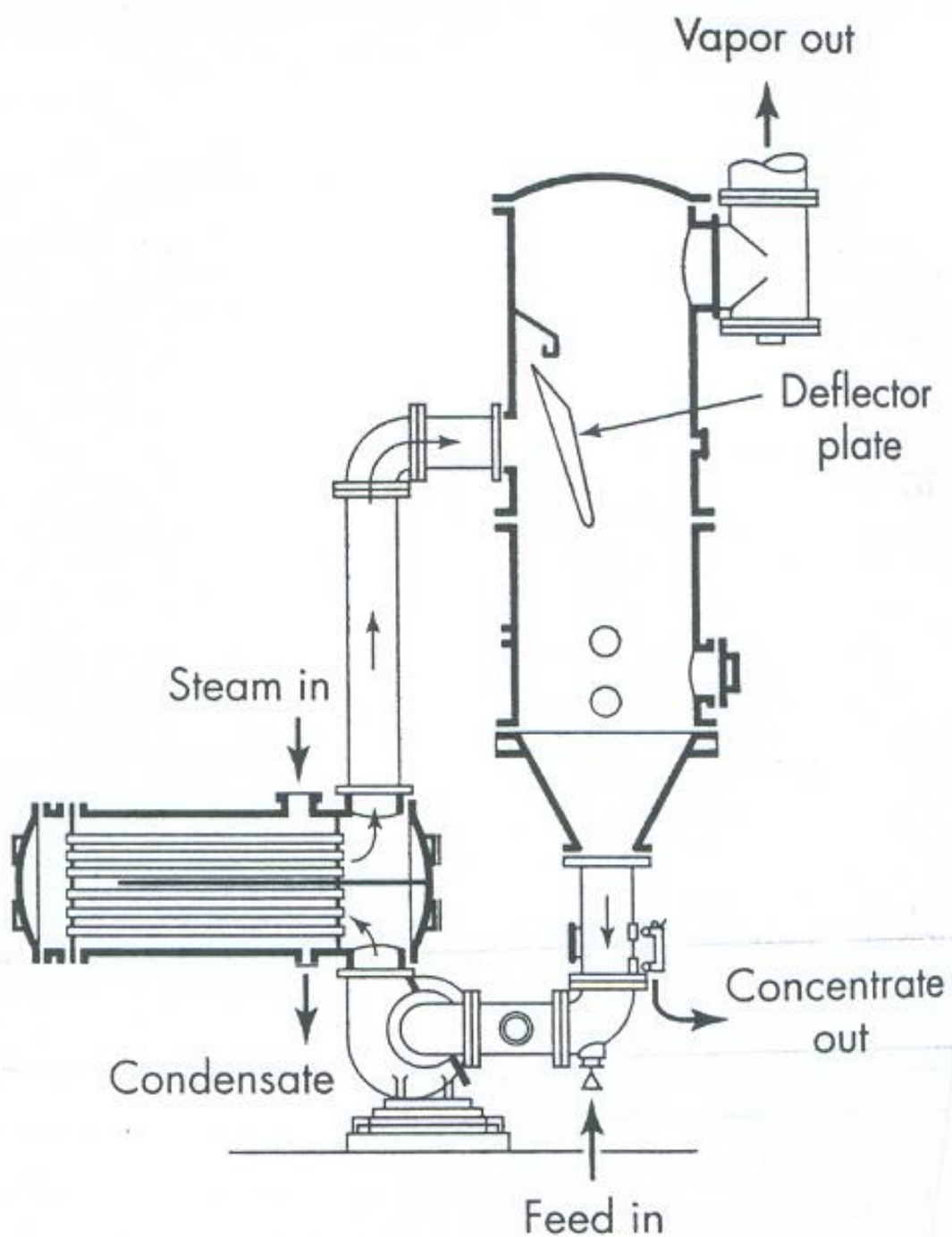
- ✓ Simples Efeito
- ✓ Duplo Efeito
- ✓ Triplo Efeito (múltiplos efeitos)
 - Cada efeito corresponde a um equipamento que funciona como um trocador de calor do tipo casco-tubo.
 - Em cada efeito tem-se fluxos de entradas e saídas.

Vapor Gerado

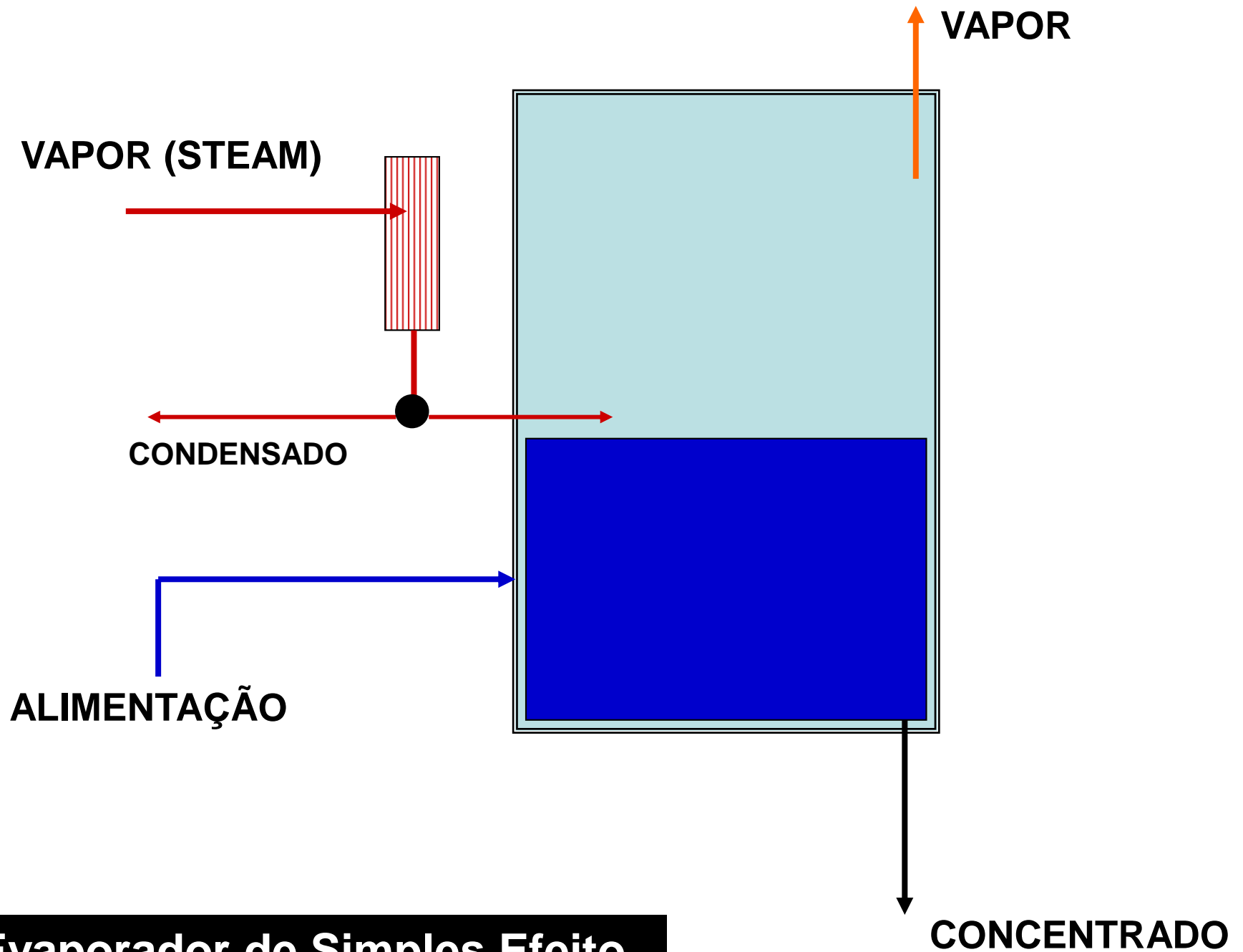


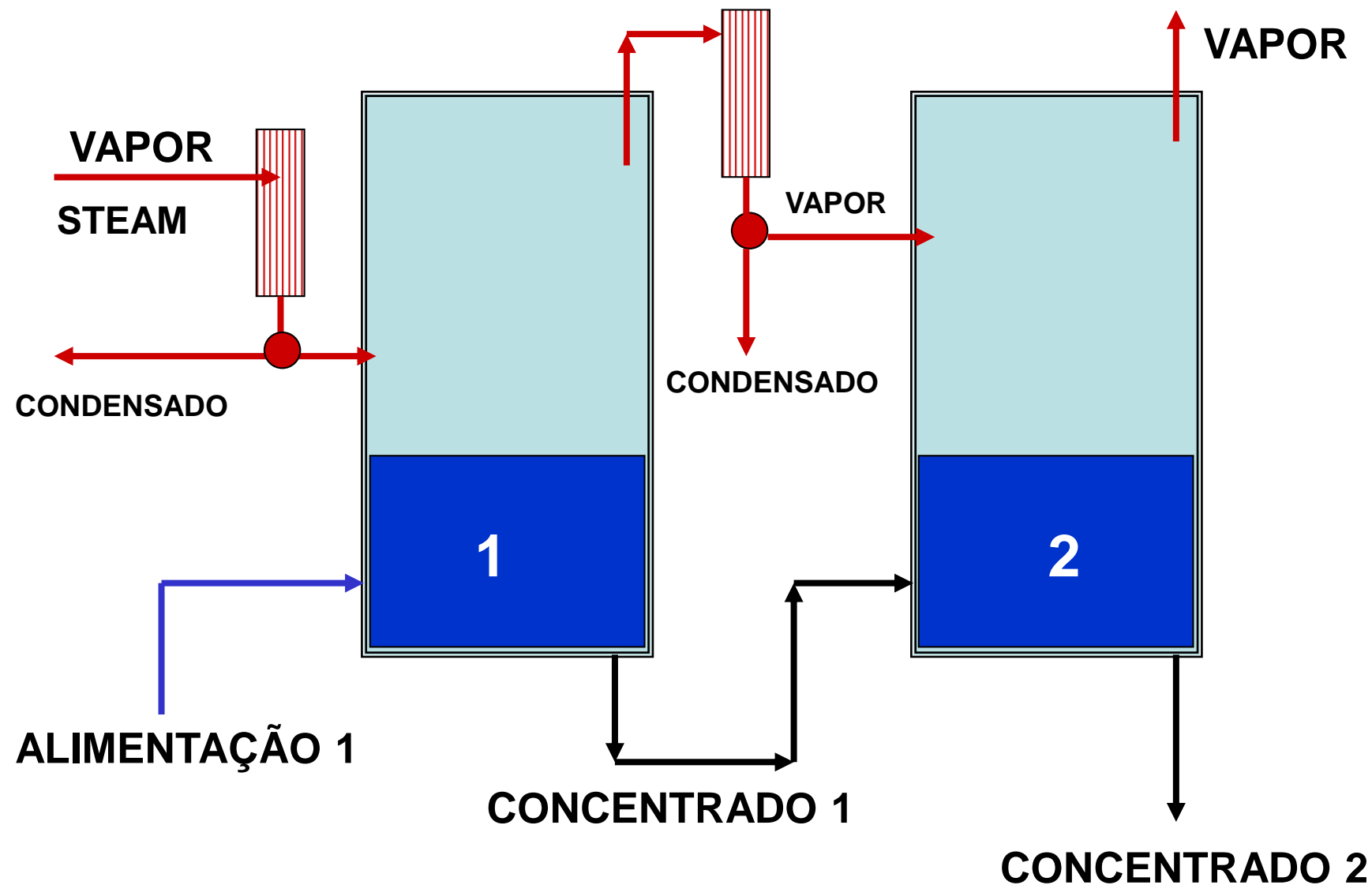
Vapor Alimentado

**Evaporador de
Simples Efeito**



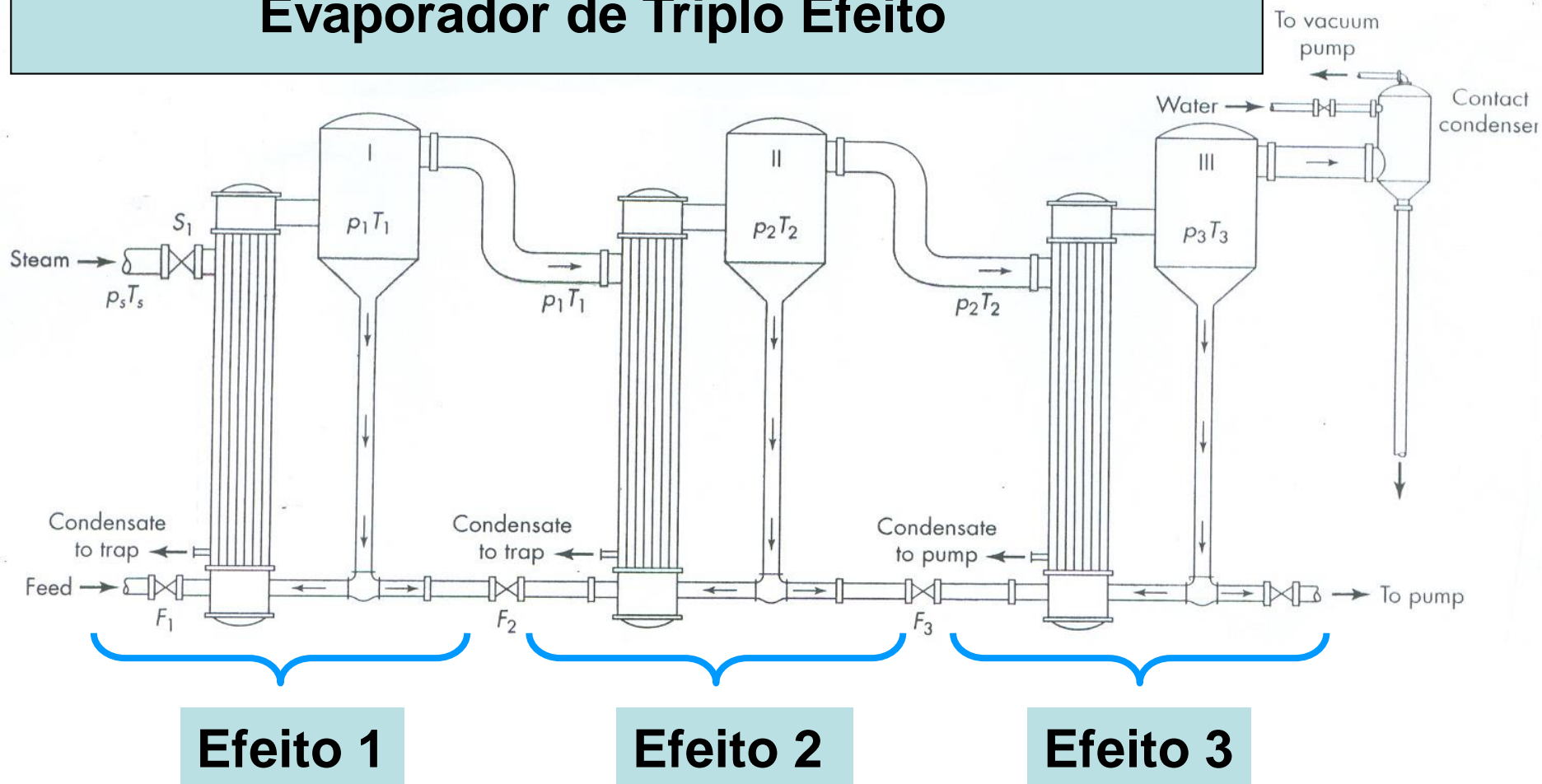
**Evaporador de
Simples Efeito**





Evaporador de Duplo Efeito

Evaporador de Triplo Efeito





Evaporador de Triplo Efeito.

Entradas

- **Vapor** (Steam): proveniente de uma caldeira – é o fluido que vai fornecer energia para aquecer a solução diluída até sua temperatura de ebulição.
- **Alimentação**: solução diluída que deverá ser concentrada através da ebulição de seu solvente.

Saídas

- **Vapor gerado** na ebulição da alimentação.
- **Concentrado**: corresponde à solução concentrada.

3. Equações de Balanço

- ✓ Balanço de massa
- ✓ Balanço de sólidos
- ✓ Balanço de energia

Finalidades:

- a) Determinar a Área de troca térmica
- b) Especificar as vazões necessárias
- c) Determinar o fluxo de vapor necessário

- **Desempenho de Evaporadores**

a) Capacidade : $\frac{kg \text{ de } \acute{a}gua \text{ vaporizada}}{h}$

b) Economia : $\frac{kg \text{ de vapor gerado}}{kg \text{ de vapor alimentado}}$

Consumo de Vapor = $\frac{Capacidade}{Economia}$

- Ponto de ebulição de uma solução – é afetado por 2 fatores:
 - a) Elevação do ponto de ebulição
 - b) Carga do líquido

Elevação do Ponto de Ebulição (**BPR** – Boiling Point Raise)

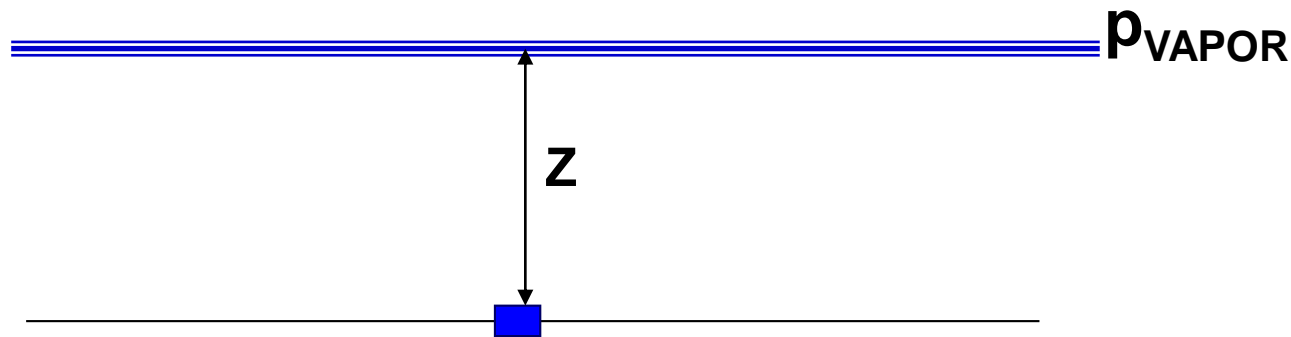
A pressão de vapor da solução aquosa é menor que da água na mesma T. Consequentemente, para uma dada pressão o ponto de ebulição da solução é mais alto que da água pura.

$$p_{VAPOR} \text{ da solução} < p_{VAPOR} \text{ da água}$$

- Para soluções concentradas **BPR** é melhor estimado por uma regra empírica chamada **Regra de Duhring**, a qual afirma que o ponto de ebulição de uma dada solução é uma função linear do ponto de ebulição da água pura na mesma pressão.

Efeito da Carga do Líquido no ΔT

- Se a profundidade de líquido num evaporador é apreciável, o ponto de ebulição correspondente à P_{vapor} é o ponto de ebulição da superfície livre do líquido.
- Uma massa de líquido a uma distância Z abaixo da superfície está a uma pressão igual a:



$$p = p_{\text{VAPOR}} + \rho g Z$$

Essa massa tem um ponto de ebulição maior. O aumento na T_{eb} diminui ΔT entre o vapor e o líquido e reduz sua capacidade.

Diagrama de Duhring: T de ebulição da solução de NaOH.

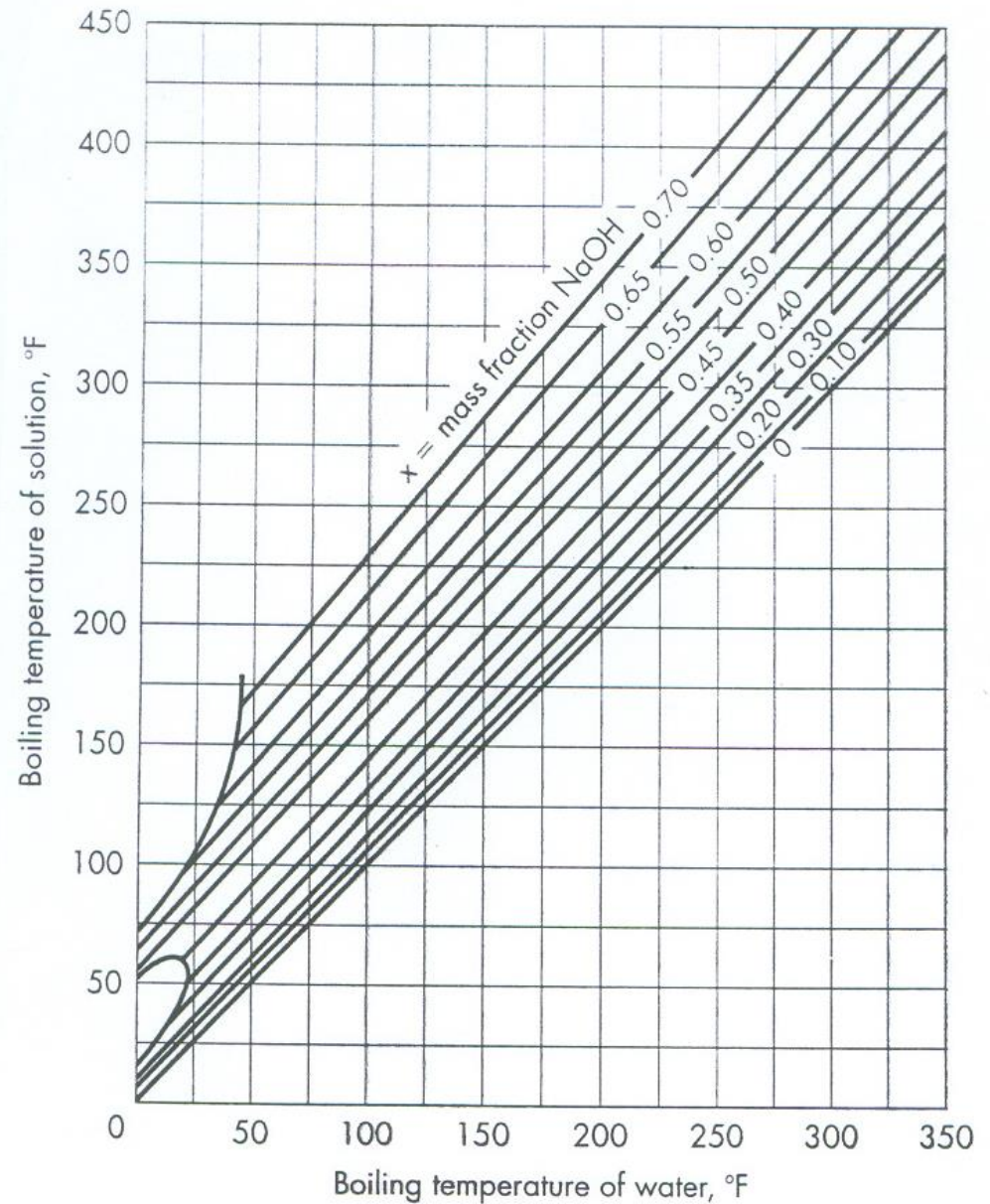
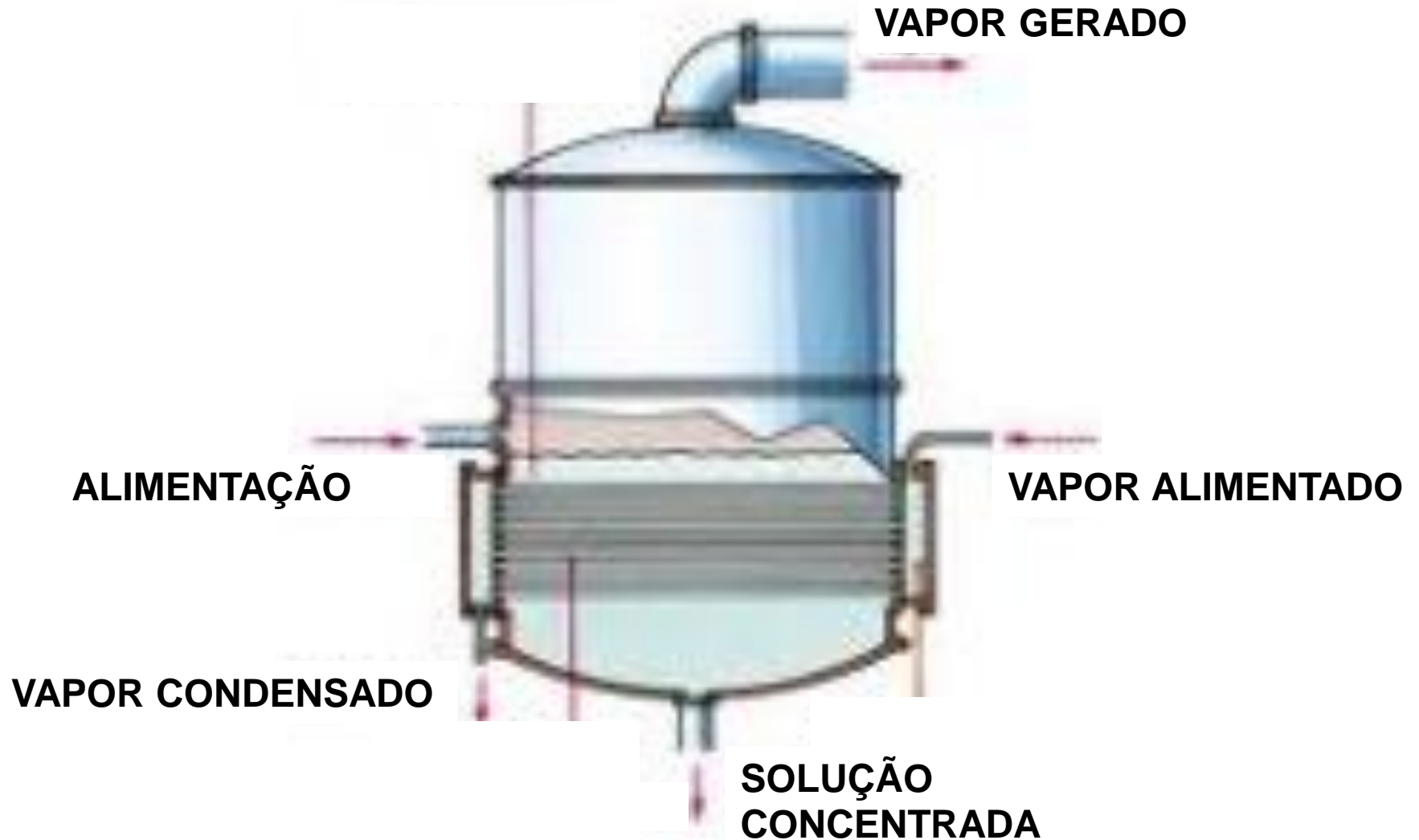
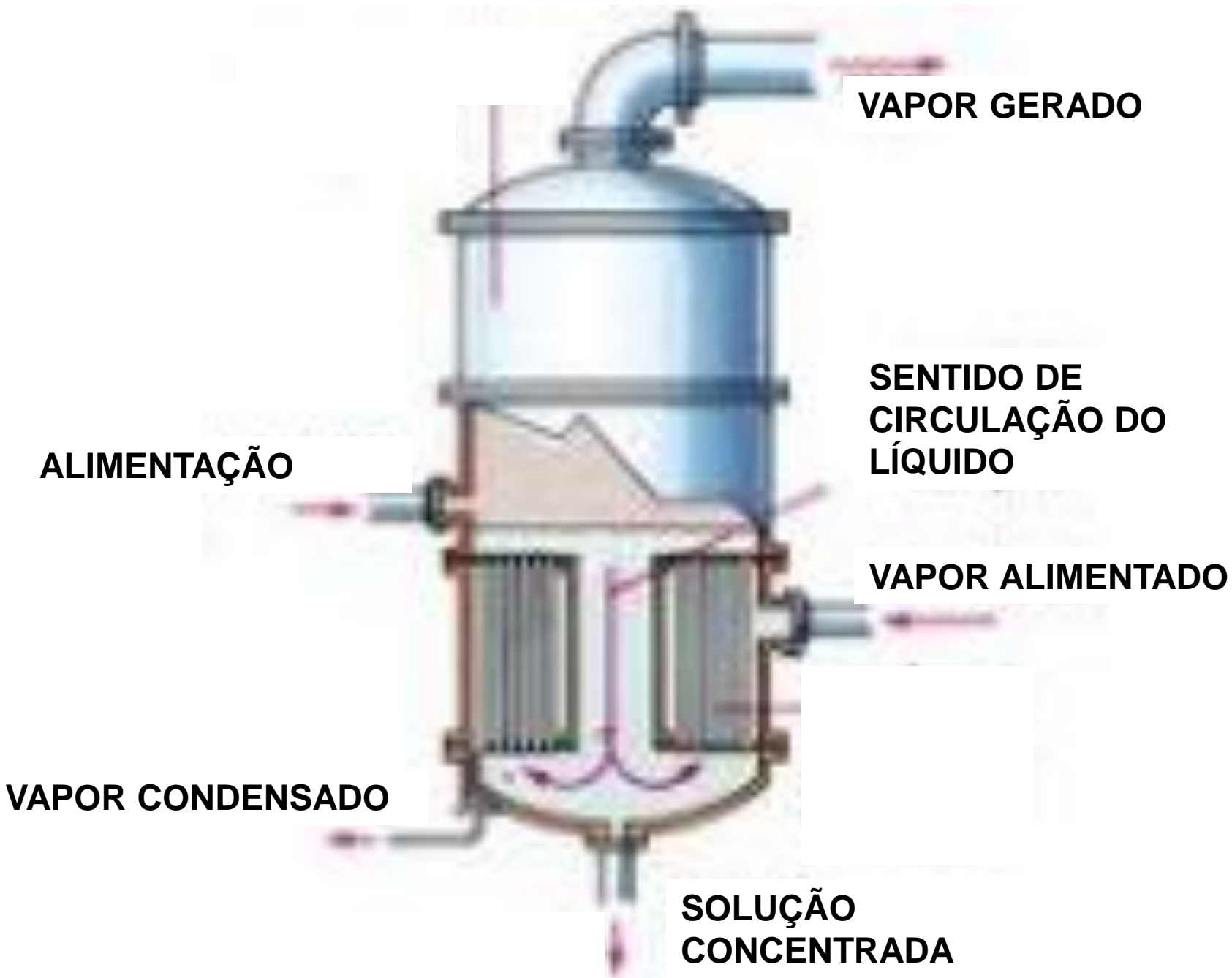


FIGURE 16.3

Dühring lines, system sodium hydroxide–water. (After McCabe.⁸)

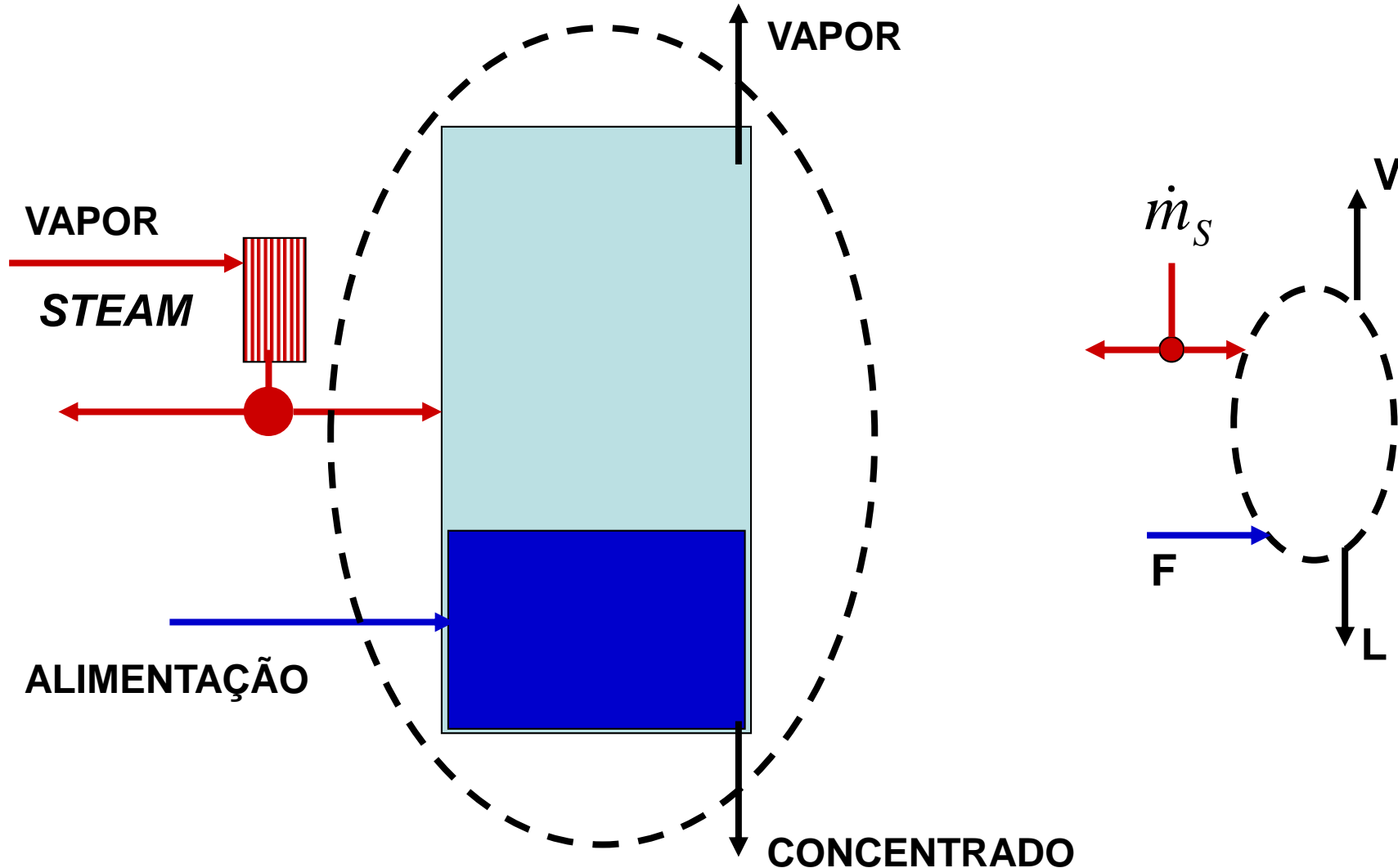
Evaporador de Simples Efeito





Equações para Evaporadores de Simples Efeito

- É realizado um balanço de **massa** e de **energia** em um volume de controle que envolve o Evaporador.



- **Nomenclatura utilizada:**

\dot{m}_s = vazão de vapor (steam): kg/s

F = vazão da alimentação : kg/s

V = vazão do vapor gerado : kg/s

L = vazão de concentrado : kg/s

x_f = fração mássica do soluto na alimentação : %

x_L = fração mássica do soluto no concentrado : %

H_f = entalpia da alimentação : kJ/kg

H_L = entalpia do concentrado : kJ/kg

- **Balanço de Massa**

$$m_{ENTRA} = m_{SAI}$$

$$\dot{m}_S + F = \dot{m}_S + V + L$$

$$F = V + L$$

- **Balanço de Sólidos**

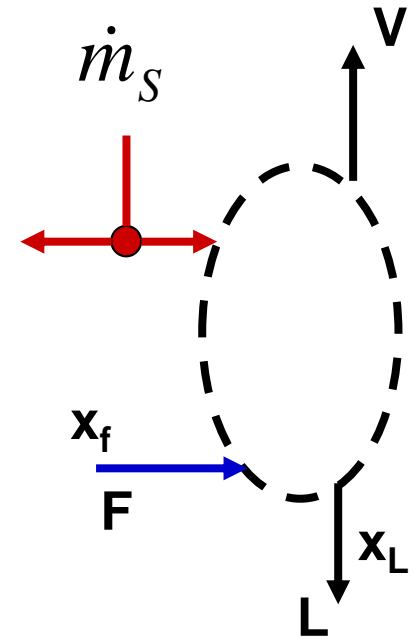
$$x_f F = x_L L$$

- **Balanço de Energia**

$$\dot{m}_S \lambda + FH_f = LH_L + VH_V$$

$$\left. \begin{aligned} H_f &= cp_f (T_f - 0) \\ H_L &= cp_L (T_L - 0) \end{aligned} \right\}$$

**Valores
Estimados**



λ : é obtido a partir das Tabelas de Vapor

$$\lambda = H_V - H_C$$

λ = calor latente de condensação

H_V = entalpia do vapor

H_C = entalpia do condensado

• Cálculo da Área do evaporador

$$q_{CEDIDO} = \dot{m}_S \lambda$$

$$\dot{m}_S \lambda = UA \Delta T$$

$$\Delta T = T_S - T_V$$

$$U = \frac{1}{\sum R_e}$$

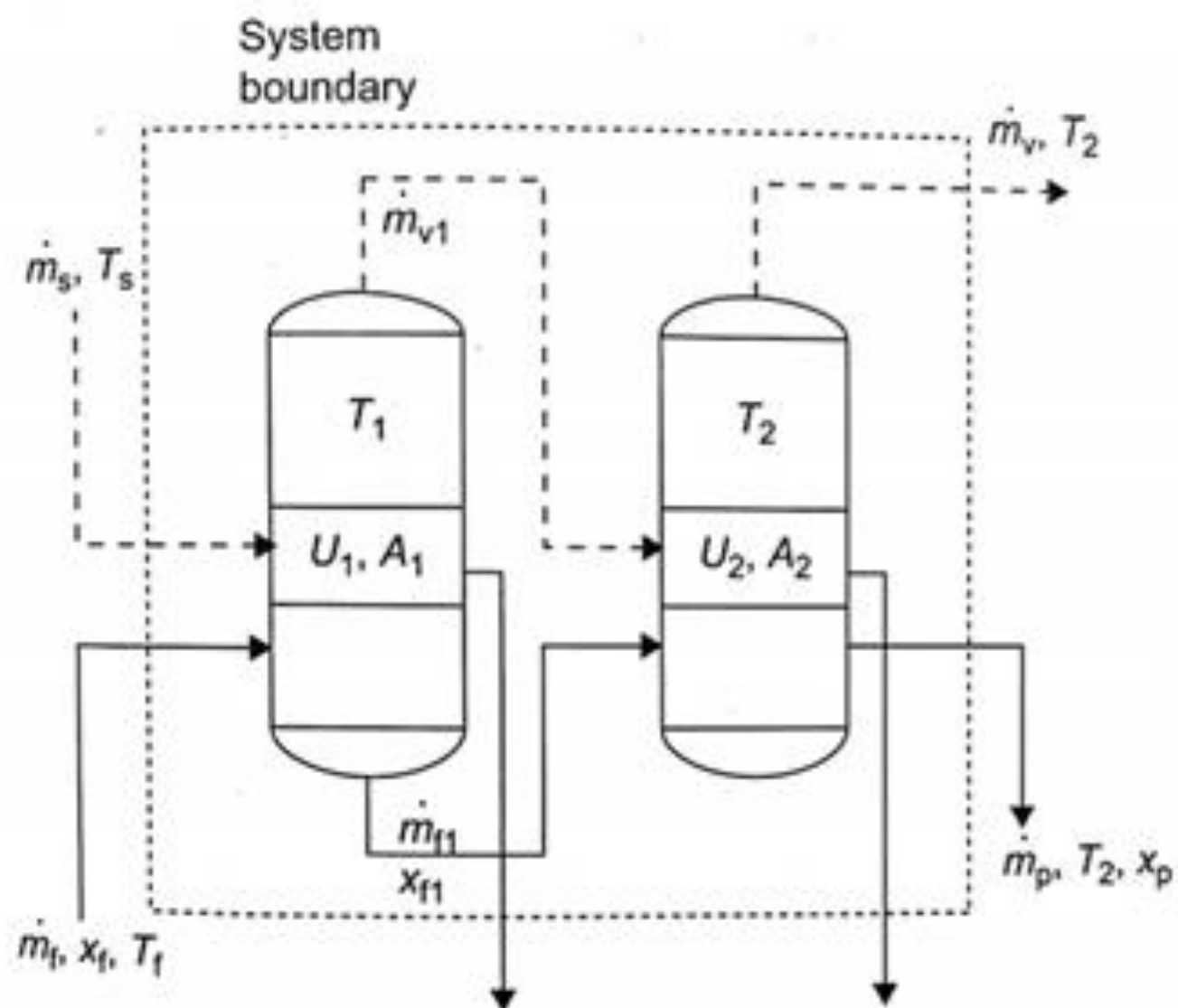
T_S = T do vapor da Caldeira

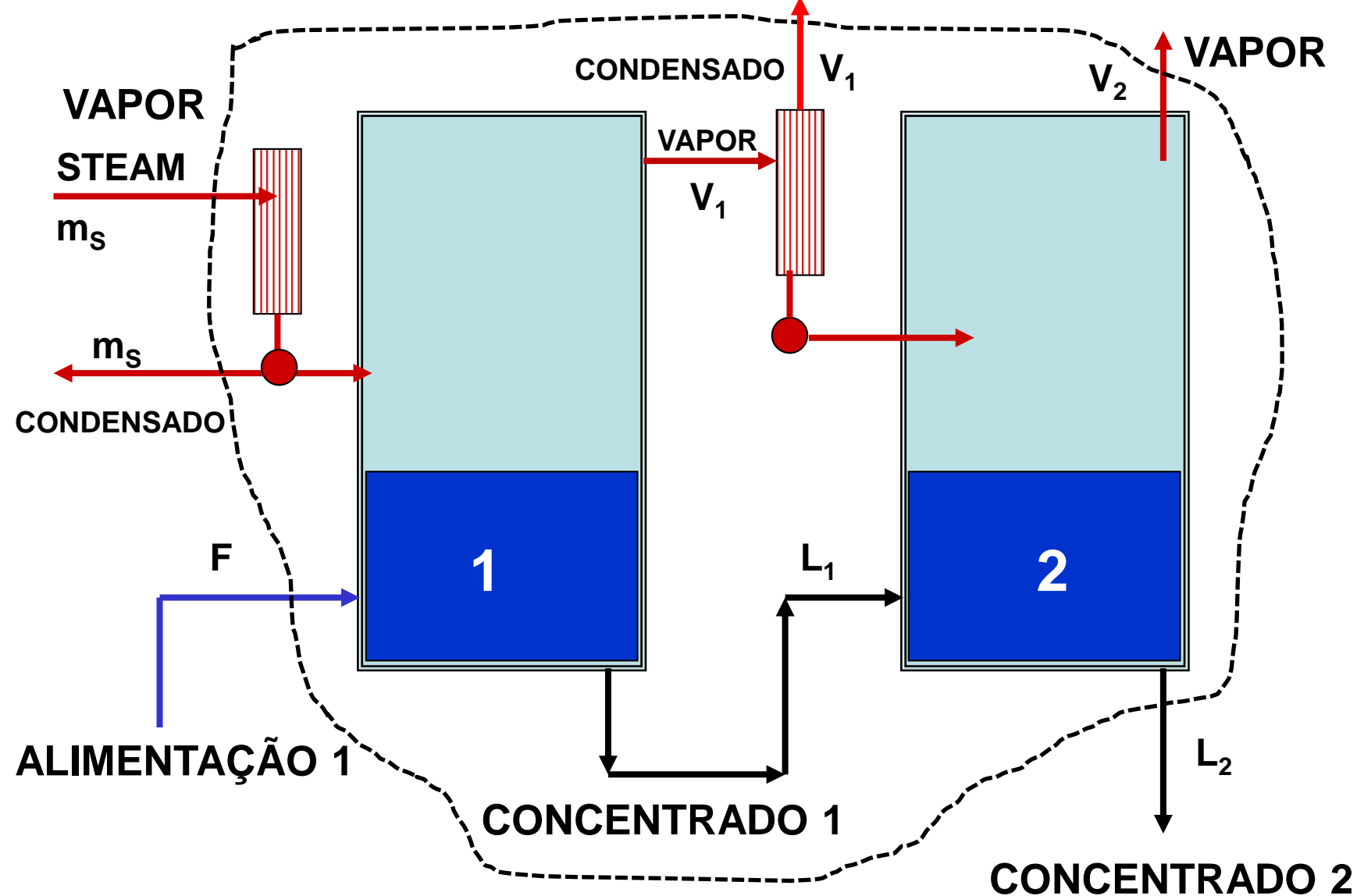
T_V = T do vapor gerado

Evaporador de duplo efeito com alimentação direta:

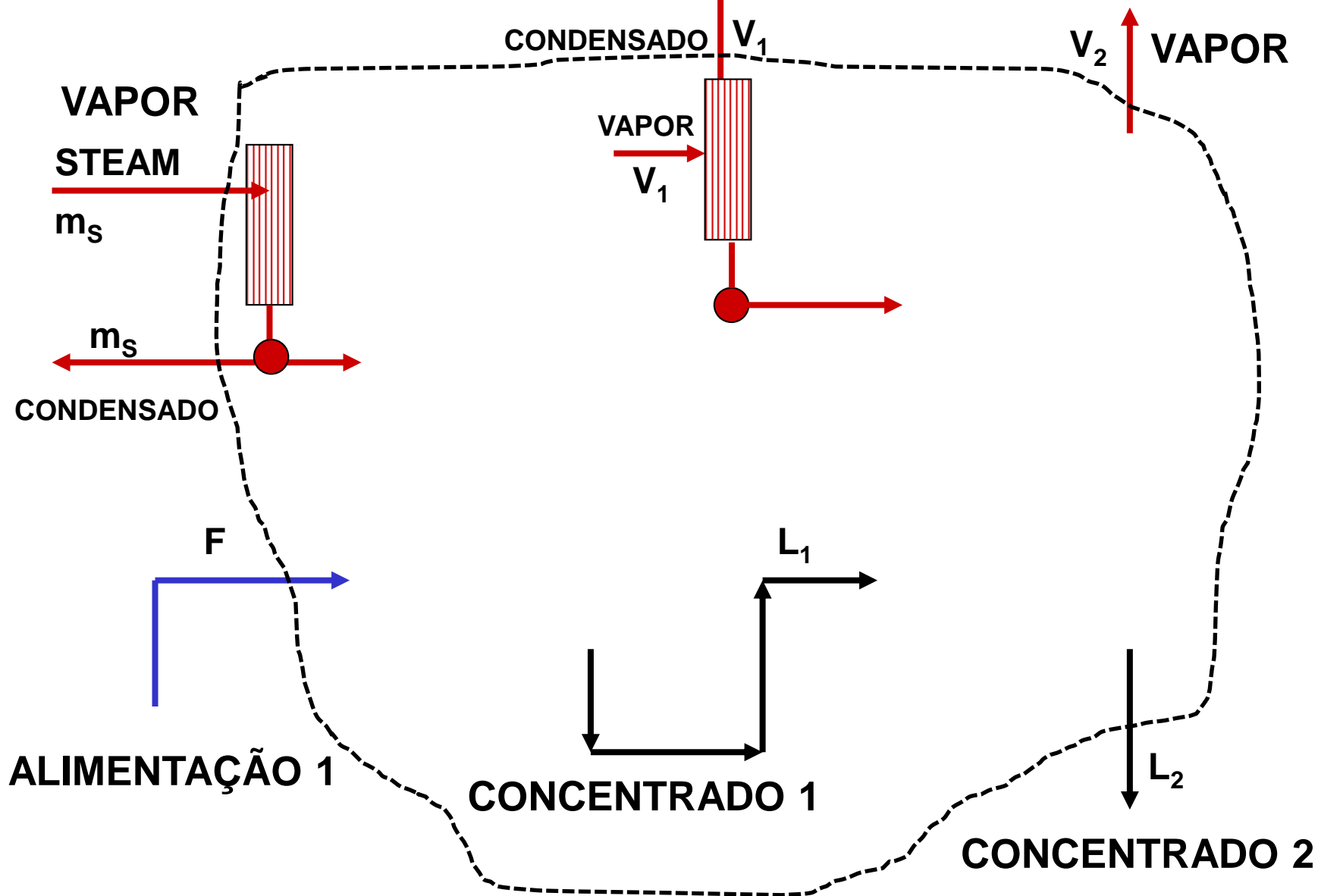
Calcule a quantidade de vapor requerida para alimentar um evaporador de duplo efeito (*forward feed*), usado para concentrar uma solução líquida de 11% em sólidos totais até a concentração de 50% em sólidos totais. A taxa de alimentação é de 10000kg/h a 20°C. Considere que a ebulição do líquido dentro do segundo efeito ocorre no vácuo a 70°C. O vapor é suprido ao evaporador de primeiro efeito a 198,5 kPa. O condensado do primeiro efeito é descartado a 95°C e no segundo efeito a 70°C. O coeficiente global de transferência de calor no primeiro efeito é 1000 W/m².°C e no segundo efeito é de 800 W/m².°C. Os calores específicos dos líquidos são conhecidos e iguais a 3,80 kJ/kg.°C na alimentação, 3,00 kJ/kg.°C na saída do primeiro efeito (entrada do segundo efeito) e 2,5 kJ/kg.°C na saída final do segundo efeito.

Assuma áreas e gradientes de temperatura iguais em cada efeito.





Evaporador de Duplo Efeito



Evaporador de Duplo Efeito

Temperature (°C)	Vapor pressure (kPa)	Specific volume (m ³ /kg)		Enthalpy (kJ/kg)	
		Liquid	Saturated vapor	Liquid (H _l)	Saturated vapor (H _v)
0.01	0.6113	0.0010002	206.136	0.00	2501.4
3	0.7577	0.0010001	168.132	12.57	2506.9
6	0.9349	0.0010001	137.734	25.20	2512.4
9	1.1477	0.0010003	113.386	37.80	2517.9
12	1.4022	0.0010005	93.784	50.41	2523.4
15	1.7051	0.0010009	77.926	62.99	2528.9
18	2.0640	0.0010014	65.038	75.58	2534.4
21	2.487	0.0010020	54.514	88.14	2539.9
24	2.985	0.0010027	45.883	100.70	2545.4
27	3.567	0.0010035	38.774	113.25	2550.8
30	4.246	0.0010043	32.894	125.79	2556.3
33	5.034	0.0010053	28.011	138.33	2561.7
36	5.947	0.0010063	23.940	150.86	2567.1
40	7.384	0.0010078	19.523	167.57	2574.3
45	9.593	0.0010099	15.258	188.45	2583.2
50	12.349	0.0010121	12.032	209.33	2592.1
55	15.758	0.0010146	9.568	230.23	2600.9
60	19.940	0.0010172	7.671	251.13	2609.6
65	25.03	0.0010199	6.197	272.06	2618.3
70	31.19	0.0010228	5.042	292.98	2626.8
75	38.58	0.0010259	4.131	313.93	2635.3
80	47.39	0.0010291	3.407	334.91	2643.7
85	57.83	0.0010325	2.828	355.90	2651.9
90	70.14	0.0010360	2.361	376.92	2660.1
95	84.55	0.0010397	1.9819	397.96	2668.1
100	101.35	0.0010435	1.6729	419.04	2676.1
105	120.82	0.0010475	1.4194	440.15	2683.8
110	143.27	0.0010516	1.2102	461.30	2691.5
115	169.06	0.0010559	1.0366	482.48	2699.0
120	198.53	0.0010603	0.8919	503.71	2706.3
125	232.1	0.0010649	0.7706	524.99	2713.5
130	270.1	0.0010697	0.6685	546.31	2720.5
135	313.0	0.0010746	0.5822	567.69	2727.3
140	316.3	0.0010797	0.5089	589.13	2733.9
145	415.4	0.0010850	0.4463	610.63	2740.3
150	475.8	0.0010905	0.3928	632.20	2746.5
155	543.1	0.0010961	0.3468	653.84	2752.4
160	617.8	0.0011020	0.3071	675.55	2758.1

Tabela de Vapor

PRINCÍPIOS DE TERMODINÂMICA PARA ENGENHARIA

Michael J. Moran • Howard N. Shapiro
Daisie D. Boettner • Margaret B. Bailey

8ª Edição



Temperature (°C)	Vapor pressure (kPa)	Specific volume (m ³ /kg)		Enthalpy (kJ/kg)	
		Liquid	Saturated vapor	Liquid (H _c)	Saturated vapor (H _v)
0.01	0.6113	0.0010002	206.136	0.00	2501.4
3	0.7577	0.0010001	168.132	12.57	2506.9
6	0.9349	0.0010001	137.734	25.20	2512.4
9	1.1477	0.0010003	113.386	37.80	2517.9
12	1.4022	0.0010005	93.784	50.41	2523.4
15	1.7051	0.0010009	77.926	62.99	2528.9
18	2.0640	0.0010014	65.038	75.58	2534.4
21	2.487	0.0010020	54.514	88.14	2539.9
24	2.985	0.0010027	45.883	100.70	2545.4
27	3.567	0.0010035	38.774	113.25	2550.8
30	4.246	0.0010043	32.894	125.79	2556.3
33	5.034	0.0010053	28.011	138.33	2561.7
36	5.947	0.0010063	23.940	150.86	2567.1

Exemplo: T = 36 °C

$$\lambda = 2567,1 - 150,86 = 2416,24 \text{ kJ/kg}$$

O coeficiente global de transferência de calor de um evaporador de simples efeito , com área de 46,5 m², usado para concentrar uma pasta de tomate é relacionado à temperatura e concentração do produto por uma equação empírica escrita na forma:

$$U = \frac{(4,086.T_{v1} + 72,6)}{x_L} \quad (W / m^2 . ^\circ C)$$

São dados os seguintes valores:

$$F = 2,58 \text{ kg/s} \quad x_F = 0,05 \quad T_F = 71,1^\circ\text{C} \quad T_S = 126,7^\circ\text{C} \quad T_V = 93,3^\circ\text{C}$$
$$C_P \text{ da pasta de tomate} = 3676 \text{ J/kg.}^\circ\text{C}$$

Encontre o valor final da concentração x_L da pasta de tomate.

Calcule a quantidade de vapor requerida para alimentar um evaporador de duplo efeito (*forward feed*), usado para concentrar uma solução líquida de 11% em sólidos totais até a concentração de 50% em sólidos totais. A taxa de alimentação é de 10000kg/h a 20°C. Considere que a ebulição do líquido dentro do segundo efeito ocorre no vácuo a 70°C. O vapor é suprido ao evaporador de primeiro efeito a 198,5 kPa. O condensado do primeiro efeito é descartado a 95°C e no segundo efeito a 70°C. O coeficiente global de transferência de calor no primeiro efeito é 1000 W/m².°C e no segundo efeito é de 800 W/m².°C. Os calores específicos dos líquidos são conhecidos e iguais a 3,80 kJ/kg.°C na alimentação, 3,00 kJ/kg.°C na saída do primeiro efeito (entrada do segundo efeito) e 2,5 kJ/kg.°C na saída final do segundo efeito.

Assuma áreas e gradientes de temperatura iguais em cada efeito.

$$0,3x_1 + 0,52x_2 + x_3 = -0,01$$

$$0,5x_1 + x_2 + 1,9x_3 = 0,67$$

$$0,1x_1 + 0,3x_2 + 0,5x_3 = -0,44$$

Solução. O determinante D pode ser definido como [Equação (9.1)]:

$$D = 0,3 \begin{vmatrix} 1 & 1,9 \\ 0,3 & 0,5 \end{vmatrix} - 0,52 \begin{vmatrix} 0,5 & 1,9 \\ 0,1 & 0,5 \end{vmatrix} + 1 \begin{vmatrix} 0,5 & 1 \\ 0,1 & 0,3 \end{vmatrix} = -0,0022$$

A solução pode ser calculada como

$$x_1 = \frac{\begin{vmatrix} -0,01 & 0,52 & 1 \\ 0,67 & 1 & 1,9 \\ -0,44 & 0,3 & 0,5 \end{vmatrix}}{-0,0022} = \frac{0,03278}{-0,0022} = -14,9$$

$$x_2 = \frac{\begin{vmatrix} 0,3 & -0,01 & 1 \\ 0,5 & 0,67 & 1,9 \\ 0,1 & -0,44 & 0,5 \end{vmatrix}}{-0,0022} = \frac{0,0649}{-0,0022} = -29,5$$

$$x_3 = \frac{\begin{vmatrix} 0,3 & 0,52 & -0,01 \\ 0,5 & 1 & 0,67 \\ 0,1 & 0,3 & -0,44 \end{vmatrix}}{-0,0022} = \frac{-0,04356}{-0,0022} = 19,8$$



Management

Projects Symbols Files

Workspace

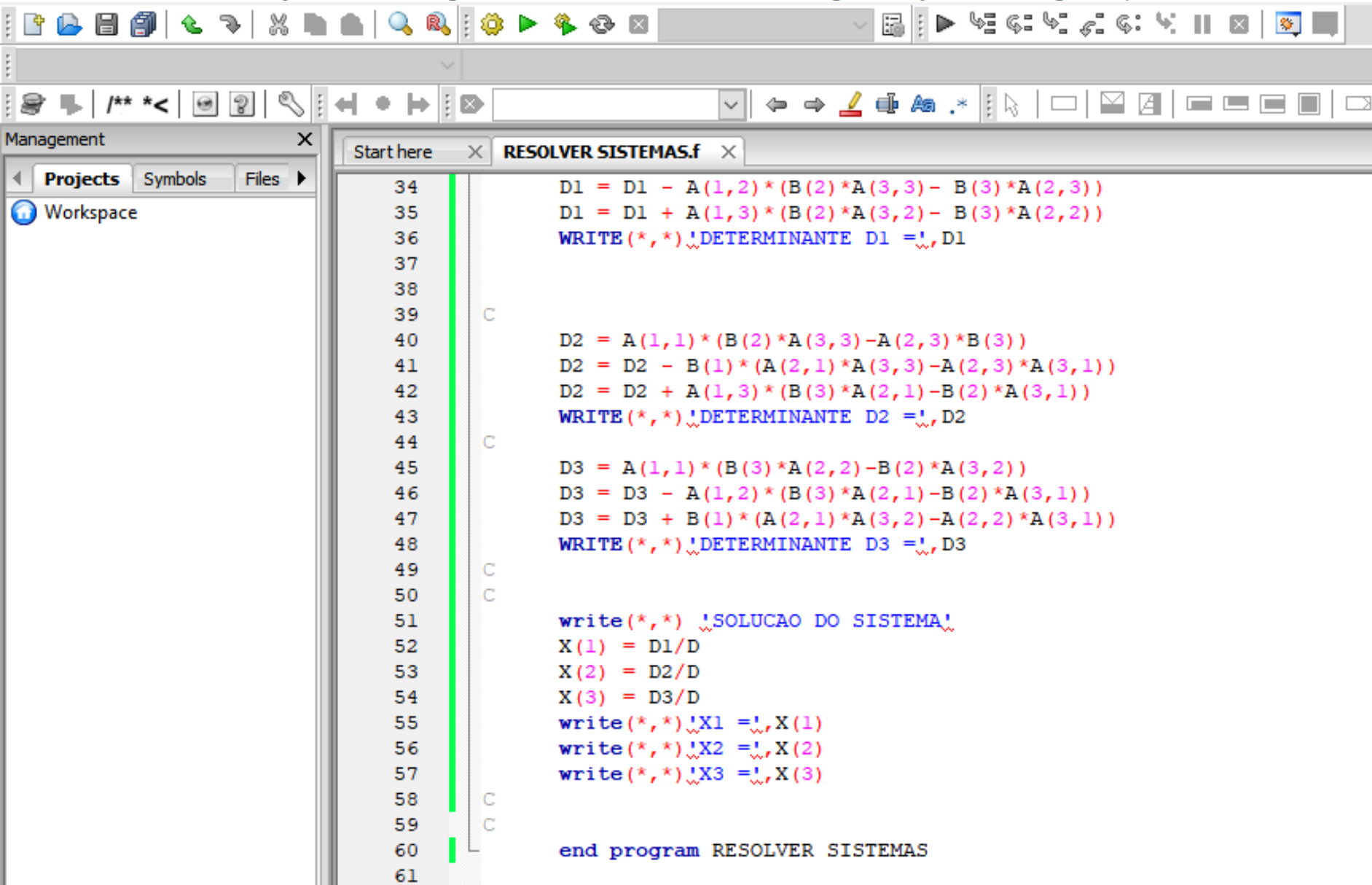
Start here

RESOLVER SISTEMAS.f

```

8      program Resolver Sistemas
9      implicit none
10     C
11     dimension A(3,3), B(3), X(3)
12     real A,B,X,D,D1,D2,D3
13     INTEGER I,J
14     C
15     C
16     write (*,*) 'DADOS DE ENTRA DO PROBLEMA - VARIAVEIS NO SI'
17     write (*,*) 'ENTRE COM OS COMPONENTES DA MATRIZ A'
18     read (*,10) ((A(I,J), J = 1,3), I = 1,3)
19     10  FORMAT(3(F9.2,3X))
20     write (*,*) 'ENTRE COM O VETOR INDEPENDENTE'
21     read (*,20) (B(I), I=1,3)
22     20  FORMAT(3(F9.2,3X))
23     C
24     C      CALCULO DO DETERMINANTE DA MATRIZ
25     C
26     D = A(1,1)*(A(2,2)*A(3,3)-A(2,3)*A(3,2))
27     D = D - A(1,2)*(A(2,1)*A(3,3)-A(2,3)*A(3,1))
28     D = D + A(1,3)*(A(2,1)*A(3,2)-A(2,2)*A(3,1))
29     WRITE(*,*)'DETERMINANTE DO SISTEMA: D = ',D
30     C
31     C      CALCULO DOS DETERMINANTES DAS VARIAVEIS
32     C
33     D1 = B(1)*(A(2,2)*A(3,3)-A(2,3)*A(3,2))
34     D1 = D1 - A(1,2)*(B(2)*A(3,3)-B(3)*A(2,3))
35     D1 = D1 + A(1,3)*(B(2)*A(3,2)-B(3)*A(2,2))
36     WRITE(*,*)'DETERMINANTE D1 = ',D1
37

```



```
34      D1 = D1 - A(1,2)*(B(2)*A(3,3)-B(3)*A(2,3))
35      D1 = D1 + A(1,3)*(B(2)*A(3,2)-B(3)*A(2,2))
36      WRITE(*,*)'DETERMINANTE D1 =',D1
37
38
39      C
40      D2 = A(1,1)*(B(2)*A(3,3)-A(2,3)*B(3))
41      D2 = D2 - B(1)*(A(2,1)*A(3,3)-A(2,3)*A(3,1))
42      D2 = D2 + A(1,3)*(B(3)*A(2,1)-B(2)*A(3,1))
43      WRITE(*,*)'DETERMINANTE D2 =',D2
44
45      C
46      D3 = A(1,1)*(B(3)*A(2,2)-B(2)*A(3,2))
47      D3 = D3 - A(1,2)*(B(3)*A(2,1)-B(2)*A(3,1))
48      D3 = D3 + B(1)*(A(2,1)*A(3,2)-A(2,2)*A(3,1))
49      WRITE(*,*)'DETERMINANTE D3 =',D3
50
51      C
52      write(*,*) 'SOLUCAO DO SISTEMA'
53      X(1) = D1/D
54      X(2) = D2/D
55      X(3) = D3/D
56      write(*,*)'X1 =',X(1)
57      write(*,*)'X2 =',X(2)
58      write(*,*)'X3 =',X(3)
59
60      C
61      end program RESOLVER SISTEMAS
```

DADOS DE ENTRADA DO PROBLEMA - VARIÁVEIS NO SISTEMA
ENTRE COM OS COMPONENTES DA MATRIZ A

0.30 0.52 1.00

0.50 1.00 1.90

0.10 0.30 0.50

ENTRE COM O VETOR INDEPENDENTE

-0.01 0.67 -0.44

DETERMINANTE DO SISTEMA: D = -2.199999999E-03

DETERMINANTE D1 = 3.27800289E-02

DETERMINANTE D2 = 6.49000108E-02

DETERMINANTE D3 = -4.35600132E-02

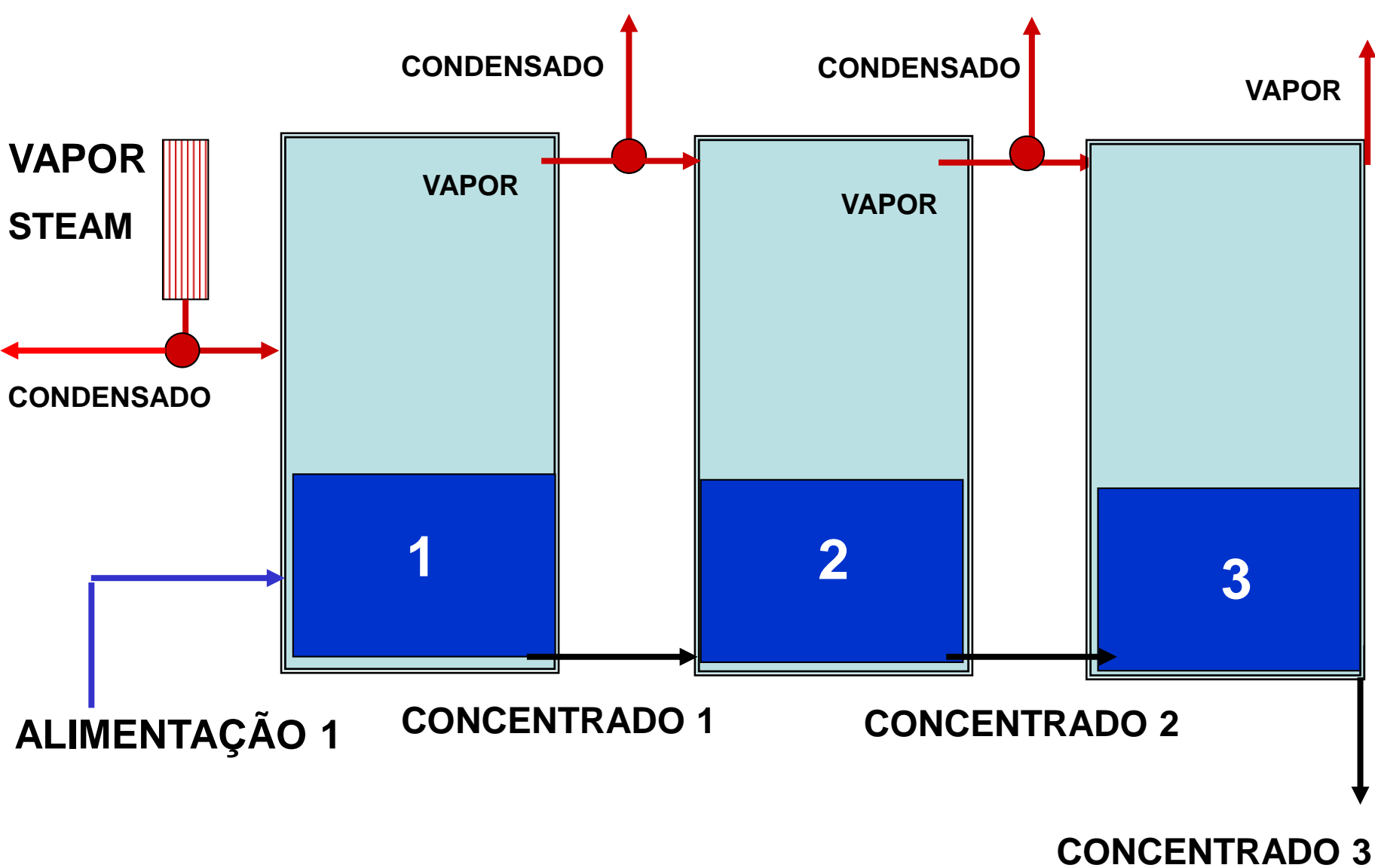
SOLUÇÃO DO SISTEMA

X1 = -14.9000130

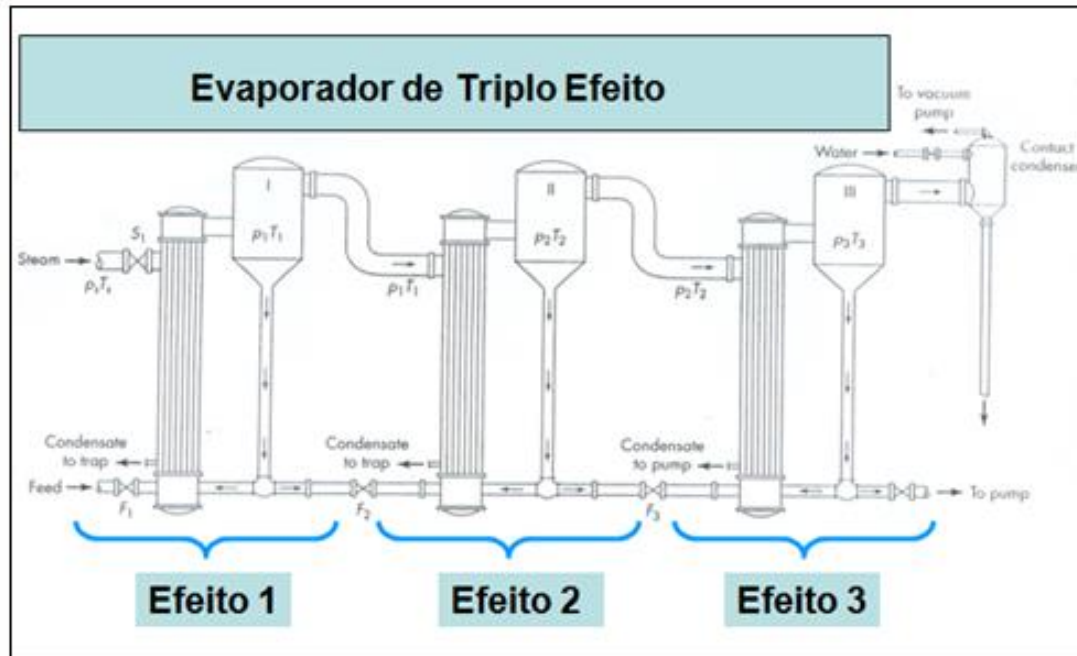
X2 = -29.5000057

X3 = 19.8000069

Process returned 0 (0x0)
Press any key to continue.



Evaporador de Triplo Efeito



1) FORWARD FEED: $q_1 = U_1 A_1 \Delta T_1$ onde $\Delta T_1 = T_s - T_{V1}$

- Considerações: Assumindo que as soluções não têm elevação de temperatura de ebulição e nenhum calor de solução, e desprezando o calor sensível que é necessário para aquecer a solução até o seu ponto de ebulição. Todo calor latente do vapor (*steam*) que condensa, aparece como calor latente no vapor do efeito seguinte.

$$q_2 = U_2 A_2 \Delta T_2$$

Considerando que: $q_1 = q_2 = q_3$ então $U_1 A_1 \Delta T_1 = U_2 A_2 \Delta T_2 = U_3 A_3 \Delta T_3$

Na prática comercial, as áreas em todos os efeitos são iguais:

$$\frac{q}{A} = U_1 \Delta T_1 = U_2 \Delta T_2 = U_3 \Delta T_3$$

$$\sum \Delta T = \Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3 = T_s - T_{r3}$$

$$\Delta T_1 = \frac{1}{U_1} \frac{\sum \Delta T}{\Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3} \approx \sum \Delta T \frac{\frac{1}{U_1}}{\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{1}{U_3}}$$

$$\Delta T_2 = \frac{1}{U_2} \frac{\sum \Delta T}{\Delta T_1 + \Delta T_2 + \Delta T_3} \approx \sum \Delta T \frac{\frac{1}{U_2}}{\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{1}{U_3}}$$

MÉTODO DE CÁLCULO

- 1) Determine T_{r3}
- 2) Determine: $V_1 + V_2 + V_3 \rightarrow V_1 = V_2 = V_3$ (1ª tentativa)
 - Obtenha: L_1, L_2, L_3 através de um balanço de sólidos
- 3) Estimativa de ΔT :

$$\Delta T_1 = \sum \Delta T \frac{\frac{1}{U_1}}{\frac{1}{U_1} + \frac{1}{U_2} + \frac{1}{U_3}} \quad \text{Calcule a TEMPERATURA em cada efeito.}$$

- 4) Usando balanços de massa e de energia em cada efeito, calcule a quantidade que é vaporizada e as vazões de líquido em cada efeito.
 - Verifique se: $V_1 = V_2 = V_3$

- Se $V_1 \neq V_2 \neq V_3$ repita os passos 2, 3 e 4.

5) Calcule o valor de q transferido em cada efeito.

- Usando $q = UA\Delta T$ para cada efeito, calcule as áreas: A_1, A_2, A_3

$$A_{MEDI\text{A}} = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3} \Rightarrow A_1 \approx A_2 \approx A_3 \text{ se } A_1 \neq A_2 \neq A_3 \text{ então:}$$

6) Inicie a segunda tentativa: use os novos valores de já calculados e calcule as novas concentrações dos sólidos em cada efeito realizando um balanço de sólidos em cada efeito.

7) Obtenha novos valores para $\Delta T_1, \Delta T_2$ e ΔT_3 , a partir de:

$$\Delta T_1' = \frac{\Delta T_1 A_1}{A_{MEDI\text{A}}} \quad \Delta T_2' = \frac{\Delta T_2 A_2}{A_{MEDI\text{A}}} \quad \Delta T_3' = \frac{\Delta T_3 A_3}{A_{MEDI\text{A}}}$$

Verifique a soma: $\Delta T_1' + \Delta T_2' + \Delta T_3' = \sum \Delta T_{ORIGINAL}$

- Se não, ajuste todos os valores de $\Delta T'$. Então calcule a temperatura de ebulição em cada efeito.
-

Um **Evaporador de Triplo Efeito** é usado para evaporar uma solução de açúcar contendo 10% de sólidos até 50%. A elevação da temperatura de ebulição é dada por:

$$\text{BPR} (^{\circ}\text{C}) = 1,78x + 6,22x^2$$

Vapor saturado em 205,5 kPa é usado na alimentação. A pressão do vapor no 3º efeito é 13,4 kPa. A alimentação entra na vazão de 22680 kg/h a 26,7°C. Se cada efeito tem a mesma área, calcule o valor da área e a vazão do vapor na alimentação.

Dados: $C_p (\text{kJ} / \text{kg.K}) = 4,19 - 2,35x$

$$U_1 = 3123 \text{ W} / \text{m}^2.\text{K}$$

$$U_2 = 1987 \text{ W} / \text{m}^2.\text{K}$$

$$U_3 = 1136 \text{ W} / \text{m}^2.\text{K}$$

COMPONENTES DA MATRIZ AP

2199.67	2688.84	0.00	0.00
0.00	2234.86	-2657.94	0.00
0.00	0.00	2286.57	-2600.90
2199.67	-453.98	-371.37	-2600.90

MATRIZ AP

2199.67	2688.84	0.00	0.00
0.00	2234.86	-2657.94	0.00
0.00	0.00	2286.57	-2600.90
2199.67	-453.98	-371.37	-2600.90

ENTRE COM O VETOR INDEPENDENTE

1870.56	-976.34	-749.89	-455.67
---------	---------	---------	---------

SOLUCAO DO SISTEMA

X1	=	0.713998079	=	m_s
X2	=	0.111572236	=	v_1
X3	=	0.461142212	=	v_2
X4	=	0.693730712	=	v_3