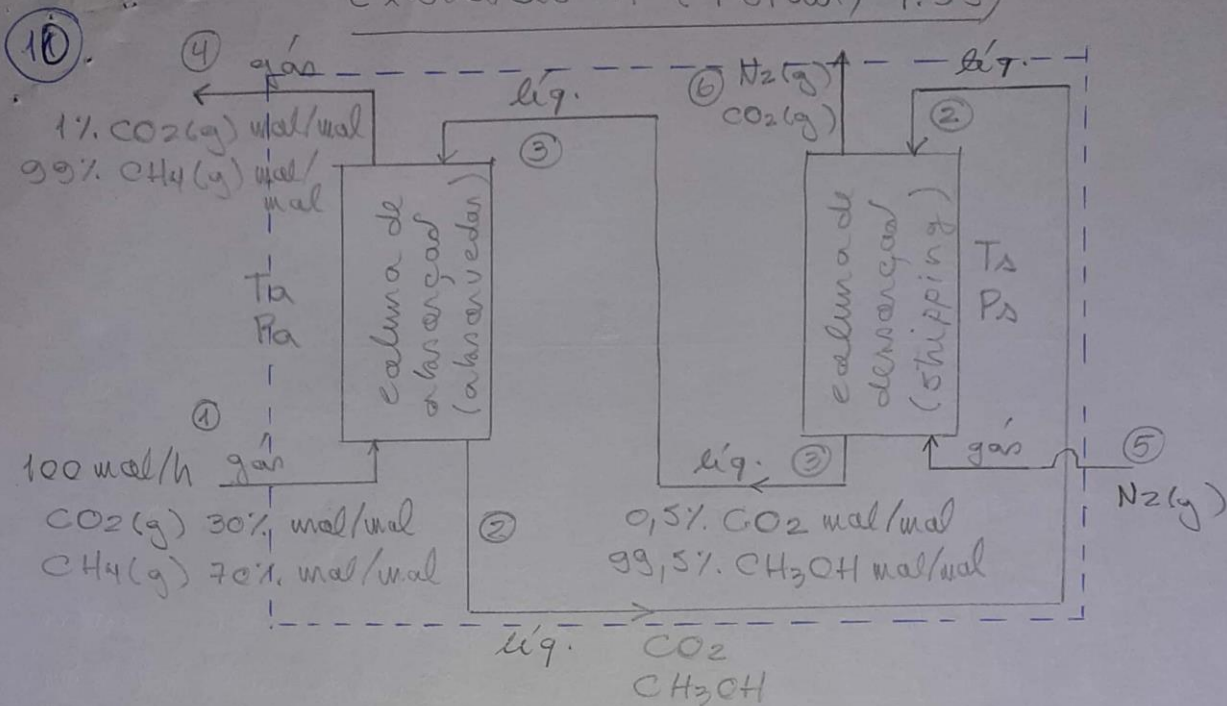


Exercício 11 (Felder, 4.35)

1/2



R1: 90% do CO₂ na alimentação líq. do desorvedor são retirados nesta coluna

Obs: admitir o metanol (CH₃OH) não volátil.
admitir N₂ insolúvel no metanol.

- O objetivo do processo consiste em separar os componentes da mistura (CO₂, CH₄), recuperar o CH₄ e liberar o CO₂ p/a atmosfera. No absorvedor ocorre a separação do CO₂ do CH₄, enquanto no desorvedor (stripper) há remoção do CO₂ dissolvido no solvente líquido (metanol), sendo este reutilizado no absorvedor.
- as correntes de alimentação de topo das colunas são líquidas, enquanto as correntes de alimentação do fundo das colunas são gases. Enquanto os gases sobem pelas colunas, as líquidas descem, ocorrendo a transferência de massa entre essas fases.

c) análise de GL

	absorvedor	desorvedor	produto	global
NVCI	8	7	11	7
NVEI	4	1	4	3
NBNI	3	3	6-1	3
NRI	0	1	1	0
GL	1	2	1	1

Nota-se que o BM de CH_3OH escrito para o absorvedor é o mesmo escrito para o desorvedor, de modo que para o produto existe um BM redundante. Dessa forma, para o produto tem-se $GL=1$ e está sub-specificado. É possível obter uma solução parcial observando que todo o N_2 que alimenta o desorvedor deixa essa operação (N_2 é insolúvel no solvente metanol), $F_5 = F_{\text{N}_2,6}$. O BM de N_2 será ignorado. A contagem de GL fica:

	absorvedor	desorvedor	produto	global
NVCI	8	5	9	5
NVEI	4	1	4	3
NBNI	3	2	5-1	2
NRI	0	1	1	0
GL	1	1	0	0

d) a solução parte das balanços globais:

$$\text{BM total: } 100 = F_4 + F_{\text{CO}_2,6}$$

$$\text{BM CH}_4: 0,7 \cdot 100 = 0,99 \cdot F_4$$

2 eqs.
Zincog.

Resolvendo, vem: $F_4 = 70,707 \text{ mol/h}$

2/2

$F_{CO_2,6} = 100 - 70,707 = 29,293 \text{ mol/h}$

Atualizando as GL, vem:

	absorvedor	desorvedor
GL	1	1
	-1 (F_4)	-1 ($F_{CO_2,6}$)
	+1 (BM CH_4 usado)	
	<hr/>	
	1	0

A solução segue pelo desorvedor (stripper):

BM total: $F_2 = F_{CO_2,6} + F_3$

(1) $F_2 = 29,293 + F_3$

3 eqs;
3 incog.

(2) BM CH_3OH : $x_{CH_3OH,2} \cdot F_2 = 0,995 \cdot F_3$

R.L.: $F_{CO_2,6} = 0,9 \cdot (1 - x_{CH_3OH,2}) \cdot F_2$

(3) $29,293 = 0,9 \cdot (1 - x_{CH_3OH,2}) \cdot F_2$

Combinando (2) e (3), vem:

$$29,293 / 0,9 = F_2 - 0,995 \cdot F_3$$

Substituindo em (1):

$$29,293 / 0,9 + 0,995 \cdot F_3 = 29,293 + F_3$$

$$\hookrightarrow F_3 = 650,96 \text{ mol/h}$$

$$F_2 = 680,25 \text{ mol/h}$$

$$x_{CH_3OH,2} = 0,952$$

$$x_{CO_2,2} = 1 - 0,952 = 0,048$$

Fracção removida de CO_2 no absorvedor =

$$= \frac{0,3 \cdot 100 - 0,01 \cdot 70,707}{0,3 \cdot 100} = 0,976 \frac{\text{mal } \text{CO}_2 \text{ absorvidas}}{\text{mal } \text{CO}_2 \text{ alimentadas}}$$

e) para produção de 1000 Kg/h de produto gasoso no absorvedor (corrente 4):

$$\begin{aligned} \overline{MM}_4 &= y_{\text{CO}_2,4} \cdot MM_{\text{CO}_2} + y_{\text{CH}_4,4} \cdot MM_{\text{CH}_4} \\ &= 0,01 \cdot 44 + 0,99 \cdot 16 = 16,28 \frac{\text{Kg}}{\text{Kg mol}} \end{aligned}$$

$$\dot{m}_4 = F_4 \cdot \overline{MM}_4 = 70,707 \frac{\text{mal}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ Kg mol}}{10^3 \text{ mal}} \cdot 16,28 \frac{\text{Kg}}{\text{Kg mol}}$$

$$\dot{m}_4 = 1,151 \text{ Kg/h}$$

Rescalenando, vem:

$$F_1' = 100 \frac{\text{mal}}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ Kg/h}}{1,151 \text{ Kg/h}} = 86873 \frac{\text{mal}}{\text{h}}$$

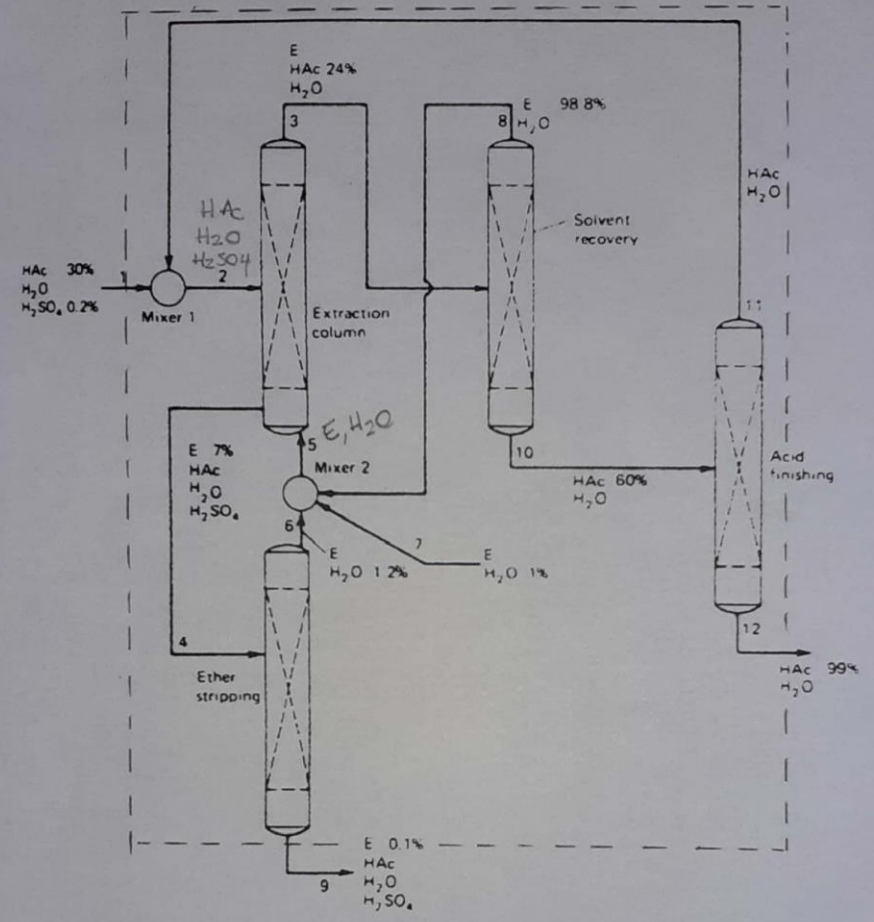
f) $T_s > T_m$: a temperatura maior no stripper favorece a descarga do $\text{CO}_2(\text{g})$
 $P_s < P_a$: a pressão maior no absorvedor favorece a absorção do $\text{CO}_2(\text{g})$ no solvente líquido.

g) propriedades desejadas p/o solvente (metanol): alta solubilidade do CO_2 , baixa solubilidade para CH_4 e N_2 , baixa volatilidade à temperatura T_s .

17

Exercício 12 (RK, 2.32)

1/4



informações adicionais:

- R1: 67,5% do ác. acético (HAc) alimentado à coluna de destilação IV são recuperadas no efluente de produto final (12)
- R2: 2,3 lb de solução aquosa de HAc (efluente 1) são alimentados ao processo por lb de solução aquosa de HAc reciclada a partir da coluna IV

a) Análise de GL

	M1 (mixer)	I (extractor)	II (stripper)	(salvort recov.) III (dest.)	(finishing) IV (dest.)	M2 (mixer)	proc.	gl
NVCI	8	12	10	7	6	8	31	11
NVEI	2	2	3	3	2	3	10	5
NBVI	3	4	4	3	2	2	18	4
NRI	1(R2)	0	0	0	1(R1)	0	2	0
GL	2	6	3	1	1	3	1	2

O processo está subespecificado ($GL=1$); não há nenhuma unidade c/ $GL=0$. Como não se especifica nenhuma vazão, pode-se estabelecer uma BC conveniente. Seja a BC $w_{12} = 1000 \text{ lb/h}$

b) Com a BC adotada, pode-se resolver o problema. O delineamento da solução está na tabela anexa. A recarga inicial e a adocçao da BC fica:

	M1	I	II	III	IV	M2	gl
GL	2	6	3	1	1	3	2
BC	-	-	-	-	-1	-	-1
GL	2	6	3	1	0	3	1

c) unidade IV (finishing)

1) BM total: $w_{10} = w_{11} + w_{12} \rightarrow 10 = 11 + 1000$

2) BM AA: $0,6 w_{10} = W_{AA,11} \cdot w_{11} + 0,33 \cdot 1000$

3) R1: $0,675 \cdot 0,6 \cdot w_{10} = 0,33 \cdot 1000$

$w_{10} = 2444,44 \text{ lb/h}$

$w_{11} = 1444,44 \text{ lb/h}$

$W_{AA,11} = 0,33$

- 1) BM total: $\dot{m}_1 + \dot{m}_{H_2O} = \dot{m}_2 \rightarrow \dot{m}_1 + 1444,44 = \dot{m}_2$
- 2) BM AA: $0,3 \cdot \dot{m}_1 + 0,33 \cdot 1444,44 = W_{AA,2} \cdot \dot{m}_2$
- 3) BM H₂O: $0,698 \cdot \dot{m}_1 + (1 - 0,33) \cdot 1444,44 = W_{H_2O,2} \cdot \dot{m}_2$
- 4) RZ: $\dot{m}_1 / \dot{m}_{H_2O} = 2,3$

De (4): $\dot{m}_1 = 3322,212 \text{ lb/h}$

De (4): $\dot{m}_2 = 4766,652 \text{ lb/h}$

Em (2): $0,3 \cdot 3322,212 + 0,33 \cdot 1444,44 = W_{AA,2} \cdot 4766,652$
 $W_{AA,2} = 0,3091$

Em (3): $0,698 \cdot 3322,212 + (1 - 0,33) \cdot 1444,44 = W_{H_2O,2} \cdot 4766,652$
 $W_{H_2O,2} = 0,6895$

Balances globalis

- 1) BM total: $3322,212 + \dot{m}_7 = \dot{m}_9 + 1000$
- 2) BM AA: $0,3 \cdot 3322,212 = W_{AA,9} \cdot \dot{m}_9 + 0,99 \cdot 1000$
- 3) BM E: $(1 - 0,01) \cdot \dot{m}_7 = 0,001 \cdot \dot{m}_9$
- 4) BM H₂SO₄: $(1 - 0,3 - 0,698) \cdot 3322,212 = (1 - 0,001 - W_{AA,9} - W_{H_2O,9}) \cdot \dot{m}_9$

De (2): $W_{AA,9} \cdot \dot{m}_9 = 6,6636$

De (3): $\dot{m}_9 = 990 \cdot \dot{m}_7$

Em (1): $3322,212 + \dot{m}_7 = 990 \cdot \dot{m}_7 + 1000$
 $\dot{m}_7 = 2,3480 \text{ lb/h}$

$\therefore \dot{m}_9 = 990 \cdot 2,3480 = 2324,52 \text{ lb/h}$

$$W_{AA,9} \cdot 2324,52 = 6,6636$$

$$W_{AA,9} = 0,002867$$

$$E_m(4): 6,6444 = (1 - 0,001 - 0,002867 \cdot W_{H_2O,9}) \cdot 2324,52$$

$$W_{H_2O,9} = 0,9933$$

unidade II (stripper)

1) BM total: $\dot{m}_4 = \dot{m}_6 + 2324,52$

2) BM E: $0,07 \cdot \dot{m}_4 = (1 - 0,012) \cdot \dot{m}_6 + 0,001 \cdot 2324,52$

3) BM AA: $W_{AA,4} \cdot \dot{m}_4 = 0,002867 \cdot 2324,52$

4) BM H₂O: $W_{H_2O,4} \cdot \dot{m}_4 = 0,012 \cdot \dot{m}_6 + 0,9933 \cdot 2324,52$

$$De(1) e (2), U_{em}: \dot{m}_4 = 2499,24 \text{ lb/h}$$

$$\dot{m}_6 = 174,719 \text{ lb/h}$$

$$De(3): W_{AA,4} = 0,002667$$

$$De(4): W_{H_2O,4} = 0,9247$$

unidade III (rec. solvente)

1) BM total: $\dot{m}_3 = \dot{m}_8 + 2444,44$

2) BM AA: $0,24 \cdot \dot{m}_3 = 0,6 \cdot 2444,44$

3) BM E: $W_{E,3} \cdot \dot{m}_3 = 0,988 \cdot \dot{m}_8$

$$F_3 = 6111,1 \text{ lb/h}$$

$$F_8 = 3666,66 \text{ lb/h}$$

$$W_{E,3} = 0,5928$$

$$1) \text{ BM total: } 174,719 + 2,3480 + 3666,66 = \dot{m}_S$$

$$2) \text{ BM E: } (1 - 0,012) \cdot 174,719 + (1 - 0,01) \cdot 2,3480 \\ + 0,988 \cdot 3666,66 = \dot{m}_{E,S} \cdot \dot{m}_S$$

$$\dot{m}_S = 3843,727 \text{ lb/h}$$

$$\dot{m}_{E,S} = 0,9880$$

unidade I (extrator)

é dependente, permite verificar a segurança:

$$\text{BM total: } \dot{m}_2 + \dot{m}_S = \dot{m}_3 + \dot{m}_4 \\ 4766,652 + 3843,727 = 6111,1 + 2499,24 \\ 8610,379 = 8610,34 \text{ (OK)}$$

$$\text{BM AA: } 0,3071 \cdot 4766,652 = 0,24 \cdot 6111,1 + 0,002667 \cdot 2499,24 \\ 1473,372 = 1473,33 \text{ (OK)}$$

$$\text{BM H}_2\text{O: } 0,6895 \cdot 4766,652 + (1 - 0,9880) \cdot 3843,727 = \\ (1 - 0,24 - 0,5928) \cdot 6111,1 + 0,9247 \cdot 2499,24 \\ 3332,731 = 3332,823 \text{ (OK)}$$

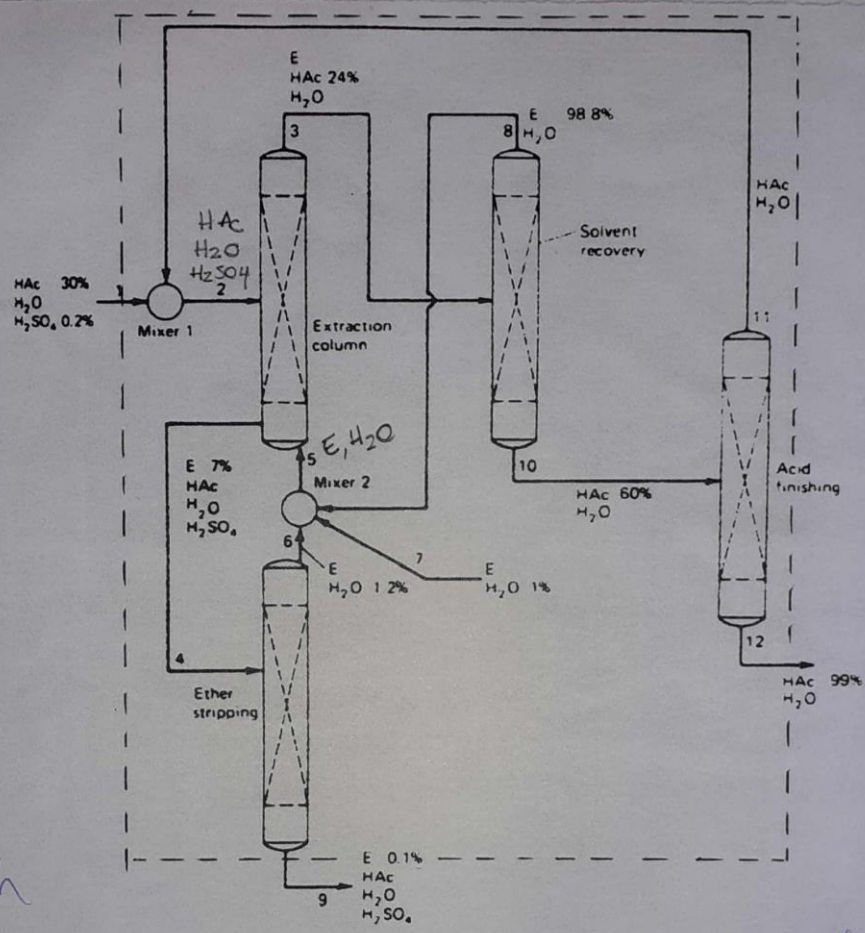
$$\text{BM H}_2\text{SO}_4: (1 - 0,3071 - 0,6895) \cdot 4766,652 = \\ (1 - 0,07 - 0,002667 - 0,9247) \cdot 2499,24 \\ 6,673 = 6,581 \text{ (} \neq 1,4\% \text{)}$$

	(extracção)	(stripper)	(rec. solv.)	(finishing)	MZ	BM glob.
M 1	I	II	III	IV	MZ	
2	6	3	1	1	3	2
-	-	-	-	-1	-	-1
2	6	3	1	0	3	1
unidade IV resolvida (finishing)	-	-	-1(\dot{w}_{10})	-	-	-
($\dot{w}_{10}; \dot{w}_{11}; WAA, 11$)	-2($\dot{w}_{11}; WAA, 11$)	-	-	-	-	-
M 1 resolvido	6	3	0	3	-	1
($\dot{w}_1; \dot{w}_2; WAA, 2; WH_2, 2$)	-3($\dot{w}_2; WAA, 2; WH_2, 2$)	-	-	-	-	-1(\dot{w}_1)
BM globais resolvidos	3	3	0	3	3	0
($\dot{w}_3; WAA, 3; WH_2, 3; \dot{w}_7$)	-	-3($\dot{w}_3; WAA, 3; WH_2, 3$)	-	-	-1(\dot{w}_7)	-
unidade II resolvida (stripper)	3	0	0	2	-	-
($\dot{w}_6; \dot{w}_4; WAA, 4; WH_2, 4$)	-3($\dot{w}_4; WAA, 4; WH_2, 4$)	0	0	-1(\dot{w}_6)	-	-
	+1(BM H ₂ SO ₄ usado)					
unidade III resolvida	1			1		
($\dot{w}_3; \dot{w}_8; WE, 3$)	-2($\dot{w}_3; WE, 3$)			-1(\dot{w}_8)		
	+1(BM AA usado)					
MZ resolvida	0			0		
($\dot{w}_5; WE, 5$)	-2($\dot{w}_5; WE, 5$)					
	+2(BM E e H ₂ O usados)					

13

Exercício 12 (RK, 2.32)

1/4



26/h

$\dot{m}_1 = 3222,2$ $\dot{m}_6 = 174,7$
 $\dot{m}_2 = 4766,65$ $\dot{m}_7 = 2,35$
 $\dot{m}_3 = 6111,1$ $\dot{m}_8 = 3666,6$
 $\dot{m}_4 = 2499,2$ $\dot{m}_9 = 2324,5$
 $\dot{m}_5 = 3843,7$ $\dot{m}_{10} = 2444$
 $\dot{m}_{11} = 1444,1$

$w_{AA,11} = 0,33$
 $w_{AA,2} = 0,3091$
 $w_{H_2O,2} = 0,6895$
 $w_{AA,9} = 0,002867$
 $w_{H_2O,9} = 0,997133$
 $w_{AA,4} = 0,002667$
 $w_{H_2O,4} = 0,997333$

$w_{E,5} = 0,9880$
 $w_{E,3} = 0,5028$

ingredientes adicionais: $w_{H_2O,9} = 0,997133$

R1: 67,5% do ác. acético (HAc) alimentado à coluna de destilação IV são recuperadas no efluente de produto final (12)

R2: 2,3 lb de solução aquosa de HAc (efluente 1) são alimentados ao processo por lb de solução aquosa de HAc reciclada a partir da coluna IV.