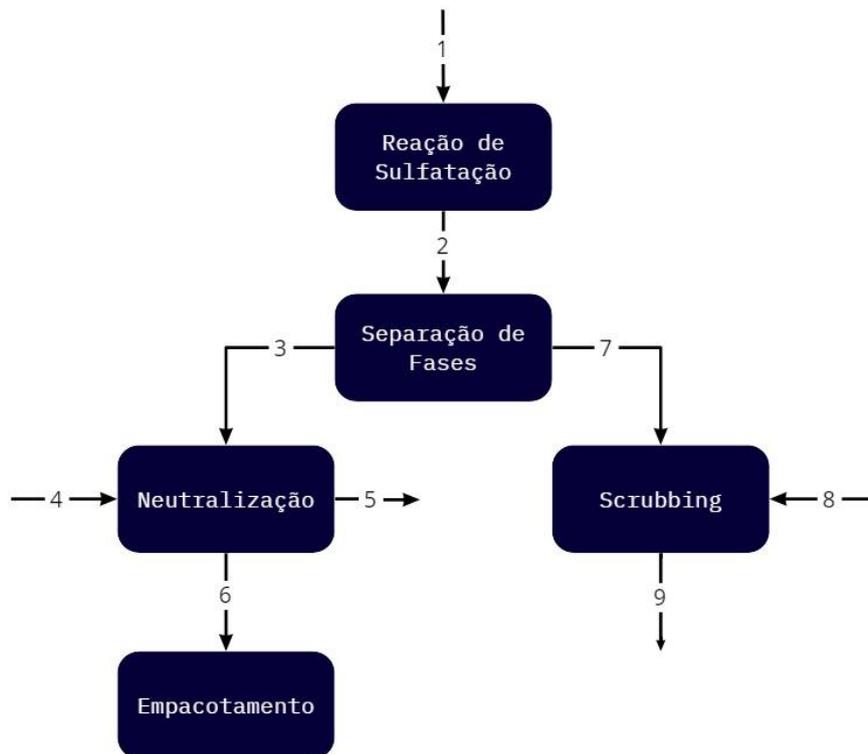


Diagrama de blocos:



	Corrente 1	Corrente 2	Corrente 3	Corrente 4	Corrente 5	Corrente 6	Corrente 7	Corrente 8	Corrente 9
Álcool Láurico	X	X	X		X				
Ácido Clorossulfônico	X	X	X						
Ácido Clorídrico (gasoso)		X					X		
Ácido Clorídrico (solução)									X
Lauril Sulfato de Hidrogênio		X	X						
Água				X	X			X	X
Hidróxido de Sódio				X	X				
Lauril Sulfato de Sódio						X			
Sulfato de Sódio					X				
Cloreto de Sódio					X				miro

Hipóteses:

- H1: A fábrica possui capacidade de produção de 100 toneladas de LSS por dia;
- H2: A fábrica não apresenta vazamentos nem acúmulo de materiais nas correntes. Não há perda de lauril sulfato de sódio produzido no reator até a etapa final do processo, onde há o envase. Este produto é considerado puro (100% de LSS);
- H3: Será utilizado álcool láurico purificado e anidro. Desta forma, não há necessidade de se realizar um pré-tratamento com esta matéria prima;
- H4: Será utilizado ácido clorossulfônico purificado e anidro. Desta forma, não há necessidade de se realizar um pré-tratamento com esta matéria prima;
- H5: Relação molar entre o álcool láurico que reage e o lauril sulfato de hidrogênio é de 1:1. O mesmo é válido para o ácido clorossulfônico que reage e o lauril sulfato de hidrogênio;

- H6: Todo o ácido clorídrico produzido na reação entre o álcool láurico e o ácido clorossulfônico estará em fase gasosa;
- H7: Ocorre separação total entre ácido clorídrico gasoso e solução de lauril sulfato de hidrogênio (mais impurezas);
- H8: A reação de neutralização do lauril sulfato de hidrogênio com hidróxido de sódio pode ser considerada 100%;
- H9: Ao final da reação de neutralização, tem-se: 75% de LSS; 0,6% de álcool láurico; 0,7% de sulfato de sódio; 0,2% de cloreto de sódio; 0,1% de NaOH e 23,4% de H₂O. Sendo assim, todo o ácido clorossulfônico é reagido.
- H10: Durante o processo do Scrubbing, acontecerá apenas uma lavagem com água, sem adição de nenhum composto alcalino. Além disso, ao final deste processo, a porcentagem em massa do HCl é de 33% e de água é 67%.
- H11: Todo o álcool láurico que não reage na etapa de sulfatação, saí ao final do processo sem reagir.

Informações adicionais:

Massa molar do Lauril Sulfato de Sódio: 288,37927 g/mol

Massa molar do Lauril Sulfato de Hidrogênio: 266,39744 g/mol

Massa molar do Álcool Láurico: 186,33424 g/mol

Massa molar do Ácido Clorossulfônico: 116,52414 g/mol

Massa molar do Ácido Clorídrico: 36,46094 g/mol

Massa molar do Hidróxido de Sódio: 39,99711 g/mol

Massa molar do Cloreto de Sódio: 58,44277 g/mol

Massa molar do Sulfato de Sódio: 142,04214 g/mol

Massa molar da Água: 18,01528 g/mol

Balço de Massa:

Partindo da hipótese 1, sabemos a vazão mássica e molar do Lauril Sulfato de Sódio:

$$H1: \dot{m} = 100 \frac{\text{ton}}{\text{dia}} \cdot \frac{\text{dia}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} = 4166,67 \text{ kg/h}$$

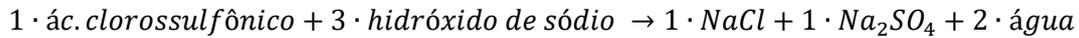
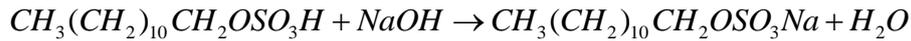
$$\dot{n} = 4166,67 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ kgmol}}{288,37927 \text{ kg}} = 14,45 \text{ kgmol/h}$$

Com isso, já temos definido:

$$\begin{cases} \dot{m}_{6(LSS)} = 4166,67 \text{ kg/h} \\ \dot{n}_{6(LSS)} = 14,45 \text{ kgmol/h} \end{cases}$$

1-Bloco de Neutralização:

Reações e proporções estequiométricas:



$$\text{Consumo}_{LSH} = 1 \cdot \dot{n}_{6(LSS)} = 14,45 \text{ kgmol/h}$$

$$\text{Consumo}_{NaOH/LSS} = 1 \cdot \dot{n}_{6(LSS)} = 14,45 \text{ kgmol/h}$$

$$\text{Geração}_{H_2O/LSS} = 1 \cdot \dot{n}_{6(LSS)} = 14,45 \text{ kgmol/h}$$

Balanco de Massa para o LSH:

$$[\text{entrada}] - [\text{saída}] + [\text{geração}] - [\text{consumo}] = [\text{acúmulo}]$$

Pela hipótese 11, não há saída de LSH, logo a sua conversão em LSS é de 100% (vide hipótese 8). Além disso, não há geração nem acúmulo de LSH (vide hipótese 2, não há vazamentos nem acúmulo de materiais). Desse modo:

$$[\text{entrada}] = [\text{consumo}]$$

$$\dot{n}_{3(LSH)} = \text{Consumo}_{LSH} = 14,45 \text{ kgmol/h}$$

Com isso:

$$\dot{m}_{3(LSH)} = 266,39744 \frac{\text{kg}}{\text{kgmol}} \cdot \frac{14,45 \text{ kgmol}}{\text{h}} = 3849,05 \text{ kg/h}$$

Balanco de Massa para o NaCl:

Pela hipótese 9, 0,2% de massa que sai equivale a NaCl, desse modo, como sabemos a vazão mássica de LSS e a sua proporção (75% em massa), podemos descobrir a vazão de NaCl da corrente 5:

$$\dot{m}_{5(\text{NaCl})} = \frac{0,2 \cdot \dot{m}_{6(\text{LSS})}}{75} = 11,11 \text{ kg/h}$$

$$\dot{n}_{5(\text{NaCl})} = 11,11 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ kgmol}}{58,44277 \text{ kg}} = 0,19 \text{ kgmol/h}$$

Balanço de Massa para o Na_2SO_4 :

Pela hipótese 9, 0,7% de massa que saí equivale a Na_2SO_4 , desse modo, como sabemos a vazão mássica de LSS e a sua proporção (75% em massa), podemos descobrir a vazão de Na_2SO_4 da corrente 5:

$$\dot{m}_{5(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = \frac{0,7 \cdot \dot{m}_{6(\text{LSS})}}{75} = 38,89 \text{ kg/h}$$

$$\dot{n}_{5(\text{Na}_2\text{SO}_4)} = 38,89 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ kgmol}}{142,04214 \text{ kg}} = 0,27 \text{ kgmol/h}$$

Balanço de Massa para o NaOH:

Pela hipótese 9, 0,1% de massa que saí equivale a NaOH, desse modo, como sabemos a vazão mássica de LSS e a sua proporção (75% em massa), podemos descobrir a vazão de NaOH da corrente 5:

$$\dot{m}_{5(\text{NaOH})} = \frac{0,1 \cdot \dot{m}_{6(\text{LSS})}}{75} = 5,56 \text{ kg/h}$$

$$\dot{n}_{5(\text{NaOH})} = 5,56 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ kgmol}}{39,99711 \text{ kg}} = 0,14 \text{ kgmol/h}$$

Além disso, considerando a hipótese 8, o consumo de NaOH pode ser calculado por:

$$\text{Consumo}_{\text{NaOH}} = \text{Consumo}_{\text{NaOH/LSS}} + \text{Consumo}_{\text{NaOH/Neutralização}}$$

Sabemos, pela equação de neutralização, que para cada 3 moles de NaOH, são produzidos 1 mol de Na_2SO_4 e 1 mol de NaCl. Pelos balanços anteriores, vemos que ao final da neutralização (de acordo com a hipótese 9) há mais moles de Na_2SO_4 do que NaCl (o que vai ao contrário do previsto pela equação química), deste modo, o consumo de NaOH se dará de acordo com a quantidade de moles Na_2SO_4 .

$$\text{Consumo}_{\text{NaOH}} = \text{Consumo}_{\text{NaOH/LSS}} + \text{Consumo}_{\text{NaOH/Neutralização}}$$

$$\text{Consumo}_{\text{NaOH}} = 14,45 \text{ kgmol/h} + 3 \cdot 0,27 \text{ kgmol/h}$$

$$\text{Consumo}_{\text{NaOH}} = 15,26 \text{ kgmol/h}$$

Assim:

$$[\text{entrada}] - [\text{saída}] + [\text{geração}] - [\text{consumo}] = [\text{acúmulo}]$$

$$\dot{n}_{4(\text{NaOH})} - 0,14 \text{ kgmol/h} + 0 - 15,26 \text{ kgmol/h} = 0$$

$$\dot{n}_{4(\text{NaOH})} = 15,40 \text{ kgmol/h}$$

$$\dot{m}_{4(\text{NaOH})} = \frac{39,99711 \text{ kg}}{\text{kgmol}} \cdot \frac{15,40 \text{ kgmol}}{\text{h}} = 615,96 \text{ kg/h}$$

Balço de Massa para o Álcool Láurico:

Pela hipótese 9, 0,6% de massa que sai equivale a álcool láurico, desse modo, como sabemos a vazão mássica de LSS e a sua proporção (75% em massa), podemos descobrir a vazão de álcool láurico da corrente 5:

$$\dot{m}_{5(\text{ál. láurico})} = \frac{0,6 \cdot \dot{m}_{6(\text{LSS})}}{75} = 33,33 \text{ kg/h}$$

$$\dot{n}_{5(\text{ál. láurico})} = 33,33 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ kgmol}}{186,33424 \text{ kg}} = 0,18 \text{ kgmol/h}$$

Além disso, pela hipótese 11. Não há geração nem consumo de álcool láurico:

$$[\text{entrada}] - [\text{saída}] + [\text{geração}] - [\text{consumo}] = [\text{acúmulo}]$$

$$\dot{m}_{3(\text{ál. láurico})} - \dot{m}_{5(\text{ál. láurico})} + 0 - 0 = 0$$

$$\dot{m}_{3(\text{ál. láurico})} = 33,33 \text{ kg/h}$$

$$\dot{n}_{3(\text{ál. láurico})} = 0,18 \text{ kgmol/h}$$

Balço de Massa para a água:

Pela hipótese 9, 23,4% de massa que sai equivale a água, desse modo, como sabemos a vazão mássica de LSS e a sua proporção (75% em massa), podemos descobrir a vazão de água da corrente 5:

$$\dot{m}_{5(\text{H}_2\text{O})} = \frac{23,4 \cdot \dot{m}_{6(\text{LSS})}}{75} = 1300 \text{ kg/h}$$

$$\dot{n}_{5(\text{H}_2\text{O})} = 1300 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ kgmol}}{18,01528 \text{ kg}} = 72,16 \text{ kgmol/h}$$

Além disso, água é um dos produtos da etapa de neutralização. Portanto, deve se calcular a geração de água:

$$\text{Geração}_{\text{H}_2\text{O}} = \text{Geração}_{\text{H}_2\text{O}/\text{LSS}} + \text{Geração}_{\text{H}_2\text{O}/\text{Neutralização}}$$

Sabemos, pela equação de neutralização, que são produzidos 2 moles de água, 1 mol de Na_2SO_4 e 1 mol de NaCl . Pelos balanços anteriores, vemos que ao final da neutralização (de acordo com a hipótese 9) há mais moles de Na_2SO_4 do que NaCl (o que vai ao contrário do previsto pela equação química), deste modo, a geração de água se dará de acordo com a quantidade de moles Na_2SO_4 .

$$\text{Geração}_{\text{H}_2\text{O}} = \text{Geração}_{\text{H}_2\text{O}/\text{LSS}} + \text{Geração}_{\text{H}_2\text{O}/\text{Neutralização}}$$

$$Geração_{H_2O} = 14,45 \text{ kgmol/h} + 2 \cdot 0,27 \text{ kgmol/h}$$

$$Geração_{H_2O} = 14,99 \text{ kgmol/h}$$

Assim:

$$[entrada] - [saída] + [geração] - [consumo] = [acúmulo]$$

$$\dot{n}_{4(H_2O)} - \dot{n}_{5(H_2O)} + Geração_{H_2O} - 0 = 0$$

$$\dot{n}_{4(H_2O)} - 72,16 \text{ kgmol/h} + 14,99 \text{ kgmol/h} = 0$$

$$\dot{n}_{4(H_2O)} = 57,17 \text{ kgmol/h}$$

$$\dot{m}_{4(H_2O)} = \frac{18,01528 \text{ kg}}{\text{kgmol}} \cdot \frac{57,17 \text{ kgmol}}{\text{h}} = 1029,93 \text{ kg/h}$$

Balanço de Massa para o Ácido Clorossulfônico:

Pela hipótese 9, não há saída nem geração de ácido clorossulfônico, ele apenas é consumido. Para cada mol de ácido consumido, é produzido 1 mol de Na_2SO_4 e 1 mol de NaCl . Pelos balanços anteriores, vemos que ao final da neutralização (de acordo com a hipótese 9) há mais moles de Na_2SO_4 do que NaCl (o que vai ao contrário do previsto pela equação química), deste modo, o consumo de ácido clorossulfônico se dará de acordo com a quantidade de moles Na_2SO_4 .

O consumo pode ser calculado por:

$$Consumo_{(HSO_3Cl)} = Consumo_{HSO_3Cl/Neutralização}$$

$$Consumo_{(HSO_3Cl)} = 1 \cdot 0,27 \text{ kgmol/h}$$

$$Consumo_{(HSO_3Cl)} = 0,27 \text{ kgmol/h}$$

Além disso,

$$[entrada] - [saída] + [geração] - [consumo] = [acúmulo]$$

$$\dot{n}_{3(HSO_3Cl)} - 0 + 0 - Consumo_{(HSO_3Cl)} = 0$$

$$\dot{n}_{3(HSO_3Cl)} = 0,27 \text{ kgmol/h}$$

$$\dot{m}_{3(HSO_3Cl)} = \frac{116,52414 \text{ kg}}{\text{kgmol}} \cdot \frac{0,27 \text{ kgmol}}{\text{h}} = 31,46 \text{ kg/h}$$

Balanço de Massa para o Bloco de Neutralização:

Pela conservação da massa, teríamos (teoricamente):

$$\sum_{entra} \dot{m} = \sum_{saí} \dot{m}$$

$$\sum_{entra} \dot{m} = \dot{m}_{3(LSH)} + \dot{m}_{3(\text{ál. láurico})} + \dot{m}_{3(HSO_3Cl)} + \dot{m}_{4(NaOH)} + \dot{m}_{4(H_2O)}$$

$$\sum_{entra} \dot{m} = 3849,05 \text{ kg/h} + 33,33 \text{ kg/h} + 31,46 \text{ kg/h} + 615,96 \text{ kg/h} + 1029,93 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{entra} \dot{m} = 5559,73 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = \dot{m}_{5(H_2O)} + \dot{m}_{5(NaOH)} + \dot{m}_{5(\text{ál. láurico})} + \dot{m}_{5(Na_2SO_4)} + \dot{m}_{5(NaCl)} + \dot{m}_{6(LSS)}$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = 1300 \text{ kg/h} + 5,56 \text{ kg/h} + 33,33 \text{ kg/h} + 38,89 \text{ kg/h} + 11,11 \text{ kg/h} + 4166,67 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = 5555,56 \text{ kg/h}$$

As massas não são iguais, mas percentualmente o erro é baixo:

$$\text{erro} = \frac{5559,73 - 5555,56}{5559,73} = 0,00075 \cong 0,075\%$$

2-Bloco de Separação de Fases:

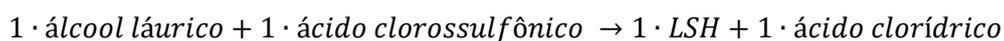
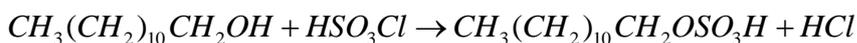
Neste bloco não há reações químicas e também não há adição de matéria. É apenas um separador de correntes. Desse modo:

$$\dot{m}_2 = \dot{m}_3 + \dot{m}_7$$

Nós temos todas as informações da corrente 3, falta agora a corrente 7 que é composta somente pelo ácido clorídrico.

Balço de Massa para o Ácido Clorídrico:

Pela reação de sulfatação, é produzido lauril sulfato de hidrogênio, cujas informações já temos, e ácido clorídrico em mesmas proporções:



Já sabemos que:

$$\begin{cases} \dot{m}_{3(LSH)} = 3849,05 \text{ kg/h} \\ \dot{n}_{3(LSH)} = 14,45 \text{ kgmol/h} \end{cases}$$

Pela reação química e pelas proporções estequiométricas, podemos afirmar que a quantidade de moles produzidos de LSH é a mesma quantidade de moles produzidos de ácido clorídrico que vai para a corrente 7:

$$\dot{n}_{3(\text{LSH})} = \dot{n}_{7(\text{HCl})} = 14,45 \text{ kgmol/h}$$

$$\dot{m}_{7(\text{HCl})} = \frac{36,46094 \text{ kg}}{\text{kgmol}} \cdot \frac{14,45 \text{ kgmol}}{\text{h}} = 526,85 \text{ kg/h}$$

Pela Hipótese 7, não há acúmulo nem perda de matéria durante a separação de fases. Portanto:

$$[\text{entrada}] - [\text{saída}] + [\text{geração}] - [\text{consumo}] = [\text{acúmulo}]$$

$$\dot{m}_{2(\text{HCl})} - \dot{m}_{7(\text{HCl})} + 0 - 0 = 0$$

$$\dot{m}_{2(\text{HCl})} = 526,85 \text{ kg/h}$$

$$\dot{n}_{2(\text{HCl})} = 14,45 \text{ kgmol/h}$$

Balanco de Massa para o LSH:

Pela Hipótese 7, não há acúmulo nem perda de matéria durante a separação de fases. Portanto:

$$[\text{entrada}] - [\text{saída}] + [\text{geração}] - [\text{consumo}] = [\text{acúmulo}]$$

$$\dot{m}_{2(\text{LSH})} - \dot{m}_{3(\text{LSH})} + 0 - 0 = 0$$

$$\dot{m}_{2(\text{LSH})} = 3849,05 \text{ kg/h}$$

$$\dot{n}_{2(\text{LSH})} = 14,45 \text{ kgmol/h}$$

Balanco de Massa para o álcool láurico:

Pela Hipótese 7, não há acúmulo nem perda de matéria durante a separação de fases. Portanto:

$$[\text{entrada}] - [\text{saída}] + [\text{geração}] - [\text{consumo}] = [\text{acúmulo}]$$

$$\dot{m}_{2(\text{ál. láurico})} - \dot{m}_{3(\text{ál. láurico})} + 0 - 0 = 0$$

$$\dot{m}_{2(\text{ál. láurico})} = 33,33 \text{ kg/h}$$

$$\dot{n}_{2(\text{ál. láurico})} = 0,18 \text{ kgmol/h}$$

Balanco de Massa para o ácido clorossulfônico:

Pela Hipótese 7, não há acúmulo nem perda de matéria durante a separação de fases. Portanto:

$$[\text{entrada}] - [\text{saída}] + [\text{geração}] - [\text{consumo}] = [\text{acúmulo}]$$

$$\dot{m}_{2(\text{HSO}_3\text{Cl})} - \dot{m}_{3(\text{HSO}_3\text{Cl})} + 0 - 0 = 0$$

$$\dot{m}_{2(\text{HSO}_3\text{Cl})} = 31,46 \text{ kg/h}$$

$$\dot{n}_{2(\text{HSO}_3\text{Cl})} = 0,27 \text{ kgmol/h}$$

Balanco de Massa para o Bloco de Separação de Fases:

Pela conservação da massa, teríamos (teoricamente):

$$\sum_{entra} \dot{m} = \sum_{saí} \dot{m}$$

$$\sum_{entra} \dot{m} = \dot{m}_{2(LSH)} + \dot{m}_{2(\text{ál. láurico})} + \dot{m}_{2(HSO_3Cl)} + \dot{m}_{2(HCl)}$$

$$\sum_{entra} \dot{m} = 3849,05 \text{ kg/h} + 33,33 \text{ kg/h} + 31,46 \text{ kg/h} + 526,85 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{entra} \dot{m} = 4440,69 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = \dot{m}_{3(\text{ál. láurico})} + \dot{m}_{3(LSH)} + \dot{m}_{3(HSO_3Cl)} + \dot{m}_{7(HCl)}$$

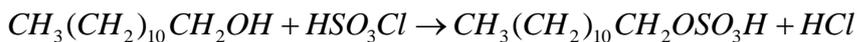
$$\sum_{saí} \dot{m} = 3849,05 \text{ kg/h} + 33,33 \text{ kg/h} + 31,46 \text{ kg/h} + 526,85 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = 4440,69 \text{ kg/h}$$

As massas são iguais, o que está totalmente em acordo com as hipóteses de separação de fases e com a conservação de massa.

3-Bloco de Sulfatação:

Reações e proporções estequiométricas:



Já temos as seguintes informações:

$$\begin{cases} \dot{m}_{2(LSH)} = 3849,05 \text{ kg/h} \\ \dot{n}_{2(LSH)} = 14,45 \text{ kgmol/h} \end{cases} \quad \begin{cases} \dot{m}_{2(HCl)} = 526,85 \text{ kg/h} \\ \dot{n}_{2(HCl)} = 14,45 \text{ kgmol/h} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \dot{m}_{2(\text{ál. láurico})} = 33,33 \text{ kg/h} \\ \dot{n}_{2(\text{ál. láurico})} = 0,18 \text{ kgmol/h} \end{cases} \quad \begin{cases} \dot{m}_{2(HSO_3Cl)} = 31,46 \text{ kg/h} \\ \dot{n}_{2(HSO_3Cl)} = 0,27 \text{ kgmol/h} \end{cases}$$

Com as vazões molares dos produtos e as proporções estequiométricas, podemos descobrir as vazões molares dos reagentes e, portanto, as vazões mássicas. Além disso, pelas hipóteses 3 e 4, sabemos que o álcool láurico e o ácido clorossulfônico que entram no reator são puros e anidros.

Balanco de Massa para o álcool láurico:

Pela hipótese 5, podemos determinar o consumo de álcool láurico:

$$\text{Consumo}_{\text{ál. láurico}} = 1 \cdot \dot{n}_{2(\text{LSH})} = 14,45 \text{ kgmol/h}$$

Além disso,

$$[\text{entrada}] - [\text{saída}] + [\text{geração}] - [\text{consumo}] = [\text{acúmulo}]$$

$$\dot{n}_{1(\text{ál. láurico})} - \dot{n}_{2(\text{ál. láurico})} + 0 - \text{Consumo}_{\text{ál. láurico}} = 0$$

$$\dot{n}_{1(\text{ál. láurico})} - 0,18 \text{ kgmol/h} + 0 - 14,45 \text{ kgmol/h} = 0$$

$$\dot{n}_{1(\text{ál. láurico})} = 14,63 \text{ kgmol/h}$$

$$\dot{m}_{1(\text{ál. láurico})} = \frac{186,33424 \text{ kg}}{\text{kgmol}} \cdot \frac{14,63 \text{ kgmol}}{\text{h}} = 2726,07 \text{ kg/h}$$

Balanco de Massa para o ácido clorossulfônico:

Pela hipótese 5, podemos determinar o consumo de álcool láurico:

$$\text{Consumo}_{\text{HSO}_3\text{Cl}} = 1 \cdot \dot{n}_{2(\text{LSH})} = 14,45 \text{ kgmol/h}$$

Além disso,

$$[\text{entrada}] - [\text{saída}] + [\text{geração}] - [\text{consumo}] = [\text{acúmulo}]$$

$$\dot{n}_{1(\text{HSO}_3\text{Cl})} - \dot{n}_{2(\text{HSO}_3\text{Cl})} + 0 - \text{Consumo}_{\text{HSO}_3\text{Cl}} = 0$$

$$\dot{n}_{1(\text{HSO}_3\text{Cl})} - 0,27 \text{ kgmol/h} + 0 - 14,45 \text{ kgmol/h} = 0$$

$$\dot{n}_{1(\text{ál. láurico})} = 14,72 \text{ kgmol/h}$$

$$\dot{m}_{1(\text{HSO}_3\text{Cl})} = \frac{116,52414 \text{ kg}}{\text{kgmol}} \cdot \frac{14,72 \text{ kgmol}}{\text{h}} = 1715,24 \text{ kg/h}$$

Balanco de Massa para o Bloco de Sulfatação:

Pela conservação da massa, teríamos (teoricamente):

$$\sum_{\text{entra}} \dot{m} = \sum_{\text{sai}} \dot{m}$$

$$\sum_{\text{entra}} \dot{m} = \dot{m}_{1(\text{ál. láurico})} + \dot{m}_{1(\text{HSO}_3\text{Cl})}$$

$$\sum_{\text{entra}} \dot{m} = 2726,07 \text{ kg/h} + 1715,24 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{\text{entra}} \dot{m} = 4441,31 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = \dot{m}_{2(\text{ál. láurico})} + \dot{m}_{2(\text{LSH})} + \dot{m}_{2(\text{HSO}_3\text{Cl})} + \dot{m}_{2(\text{HCl})}$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = 3849,05 \text{ kg/h} + 33,33 \text{ kg/h} + 31,46 \text{ kg/h} + 526,85 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = 4440,69 \text{ kg/h}$$

$$erro = \frac{4441,31 - 4440,69}{4441,31} \cong 0,00014 \cong 0,014\%$$

Esse erro percentual é extremamente baixo. Ele é proveniente das aproximações feitas nos cálculos. Quando o Balanço é feito numa planilha de Excel, os valores são melhores aproximados e o erro chega a 0% confirmando a conservação de massa.

4-Bloco de Scrubbing:

Já temos:

$$\begin{cases} \dot{m}_{7(\text{HCl})} = 526,85 \text{ kg/h} \\ \dot{n}_{7(\text{HCl})} = 14,45 \text{ kgmol/h} \end{cases}$$

Pelas hipóteses 6, 7 e 10, sabemos que todo o ácido clorídrico produzido na reação de sulfatação está na fase gasosa. Além disso, há uma separação completa deste composto que vai para o Scrubber, é lavado por água e por fim, saí em solução aquosa. Sabemos que não há acúmulo de matéria nem reação, portanto podemos facilmente fazer o balanço neste bloco.

Balanço de Massa para o ácido clorídrico:

$$[entrada] - [saída] + [geração] - [consumo] = [acúmulo]$$

$$\dot{n}_{7(\text{HCl})} - \dot{n}_{9(\text{HCl})} + 0 - 0 = 0$$

$$\dot{n}_{9(\text{HCl})} = 14,45 \text{ kgmol/h}$$

$$\dot{m}_{9(\text{HCl})} = \frac{36,46094 \text{ kg}}{\text{kgmol}} \cdot \frac{14,45 \text{ kgmol}}{\text{h}} = 526,85 \text{ kg/h}$$

Balanço de Massa para a água:

Pela hipótese 10, 67% de massa que saí do scrubber equivale a água, desse modo, como sabemos a vazão mássica de HCl e a sua proporção (33% em massa), podemos descobrir a vazão de água da corrente 9:

$$\dot{m}_{9(\text{H}_2\text{O})} = \frac{67 \cdot \dot{m}_{9(\text{HCl})}}{33} = 1069,66 \text{ kg/h}$$

$$\dot{n}_{9(H_2O)} = 1069,66 \frac{kg}{h} \cdot \frac{1 \text{ kgmol}}{18,01528 \text{ kg}} = 59,38 \text{ kgmol/h}$$

Além disso,

$$[entrada] - [saída] + [geração] - [consumo] = [acúmulo]$$

$$\dot{m}_{8(H_2O)} - \dot{m}_{9(H_2O)} + 0 - 0 = 0$$

$$\dot{m}_{8(H_2O)} = 1069,66 \text{ kg/h}$$

$$\dot{n}_{8(H_2O)} = 59,38 \text{ kgmol/h}$$

Balanco de Massa para o Bloco de Scrubbing:

Pela conservação da massa, teríamos (teoricamente):

$$\sum_{entra} \dot{m} = \sum_{saí} \dot{m}$$

$$\sum_{entra} \dot{m} = \dot{m}_{7(HCl)} + \dot{m}_{8(H_2O)}$$

$$\sum_{entra} \dot{m} = 526,85 \text{ kg/h} + 1069,66 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{entra} \dot{m} = 1596,51 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = \dot{m}_{9(HCl)} + \dot{m}_{9(H_2O)}$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = 526,85 \text{ kg/h} + 1069,66 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = 1596,51 \text{ kg/h}$$

As massas são iguais, o que está totalmente em acordo com as hipóteses do scrubbing e com a conservação de massa.

5-Balanco de massa para o processo inteiro:

Agora com todas as informações dos blocos completas, pode se calcular o balanço de massa para o processo inteiro de produção do Lauril Sulfato de Sódio:

$$\sum_{entra} \dot{m} = \sum_{saí} \dot{m}$$

$$\sum_{entra} \dot{m} = \dot{m}_1 + \dot{m}_4 + \dot{m}_8$$

$$\sum_{entra} \dot{m} = 4441,31 \text{ kg/h} + 1645,89 \text{ kg/h} + 1069,66 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{entra} \dot{m} = 7156,86 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = \dot{m}_5 + \dot{m}_6 + \dot{m}_9$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = 1388,89 \text{ kg/h} + 4166,67 \text{ kg/h} + 1596,51 \text{ kg/h}$$

$$\sum_{saí} \dot{m} = 7152,07 \text{ kg/h}$$

$$erro = \frac{7156,86 - 7152,07}{7156,86} = \frac{4,79}{7156,86} \cong 0,00067 \cong 0,067\%$$

Percentualmente, o erro é muito baixo, desse modo há conservação de massa e o balanço de massa do Lauril Sulfato de Sódio se fecha.

Discussão: esse erro surge com alguns problemas no bloco de Neutralização. Em todo o balanço, esse é o único bloco em que se há uma diferença na quantidade de matéria que entra e quantidade de matéria que saí. Esse erro vem provavelmente das aproximações da hipótese 9. Essa hipótese foi baseada numa patente americana que descreve o processo de neutralização de compostos oriundos do álcool láurico (justamente o caso do Lauril). Entretanto, as porcentagens dadas pela patente são aproximações, o que pode justificar esse erro.

Além disso, durante esse processo de neutralização, ocorreram reações paralelas (que formaram o cloreto de sódio e sulfato de sódio) que foram consideradas. Justamente nessas reações paralelas está o problema: teoricamente, (de acordo com a equação química), as proporções molares de cloreto de sódio e sulfato de sódio deveriam ser iguais. Contudo, isso não acontece, se usarmos as informações da patente, o que revela que por algum motivo, foi sintetizado mais sulfato de sódio do que cloreto de sódio. Se considerarmos as proporções iguais, como prediz a equação química, teríamos um balanço de massa de 100% de conservação de massa (ou seja, 0% de erro). Mesmo assim, o erro encontrado, usando as informações da patente, é muito baixo (a diferença mássica é de aproximadamente 4,79 kg/h, o que nos fornece um erro geral de 0,067%) e podemos considerar que o balanço se fecha.