

# APLICAÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM UM ESTUDO DE CASO: PROCESSO PRODUTIVO DE LEITE EM PÓ INTEGRAL

GUSTAVO STORTE TONIN<sup>1</sup>;  
Prof. Régis Da Silva Pereira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IFSUL – Campus Pelotas – [gstonin@hotmail.com](mailto:gstonin@hotmail.com)

<sup>2</sup>IFSUL – Campus Pelotas – [regis@pelotas.ifsul.edu.br](mailto:regis@pelotas.ifsul.edu.br)

## 1. INTRODUÇÃO

A simulação computacional vem assumindo cada vez mais um papel relevante como ferramenta de aquisição de conhecimento. A tecnologia tem permitido o desenvolvimento de processos cada vez mais complexos e com fim de torná-los mais eficientes, simuladores vem sendo utilizados dentro do âmbito industrial. De acordo com MUNIZ *et al.* (2009), estes possibilitam um estudo mais claro da realidade e as consequências de quaisquer possíveis alterações.

Atualmente, entre os simuladores de processos disponíveis no mercado e de amplo uso podemos citar o *Aspen Plus*, *DWSIM*, *gPROMS* e o *EMSO*.

Entre os citados, o *EMSO* merece destaque por ser um simulador gratuito que foi criado com objetivo de apresentar um software livre para modelagem, simulação e otimização de processos e que oferecesse mais flexibilidade no uso dos recursos disponíveis no mesmo (SOARES *et al.*, 2003). O sistema de linguagem orientado a objetos torna fácil a criação e modificação de modelos genéricos que podem ser especificados para cada tipo de situação durante o processo.

Tendo em vista a importância da modelagem matemática e simulação computacional para melhor entendimento de processos e das variáveis que influenciam o mesmo, este trabalho teve como objetivo a construção de unidades de processo genéricas no software *EMSO*. Utilizando como estudo de caso o processo de produção de leite em pó integral.

## 2. METODOLOGIA

Para a construção do equacionamento nas unidades de processo fez-se uso do balanço de massa e foram feitas as considerações de que não haveria acúmulo de material nas unidades de processo, que nenhuma quantidade de massa era perdida e que a mistura dentro da unidade era perfeita. Buscou-se a criação do modelo genérico para que o usuário defina o número de entradas e de saídas na unidade. Este então se baseou na equação 1.

$$\sum_{o=0}^{n_o} F_o = \sum_{i=0}^{n_i} F_i \quad (1)$$

Onde  $F_o$ ,  $F_i$  representam respectivamente o fluxo mássico total de saída ( $kg/h$ ) e o fluxo mássico total de entrada ( $kg/h$ ) de cada componente e  $n_o$ ,  $n_i$  respectivamente os números de saídas e entradas na unidade de processo.

Para o equacionamento da unidade de processo que ocorresse troca térmica, utilizou-se o balanço de energia, considerando que não houvessem perdas de calor e que o trabalho de fluxo realizado sob o fluido fosse nulo. Também considerando que a entalpia da mistura é a média ponderal das

entalpias das substâncias puras presentes na mesma e que a variação de energia cinética e de energia potencial são nulas. Desta forma, o modelo então se baseou na equação 2.

$$Q = \sum_{i=1}^{n_i} F_i H_i - \sum_{o=1}^{n_o} F_o H_o \quad (2)$$

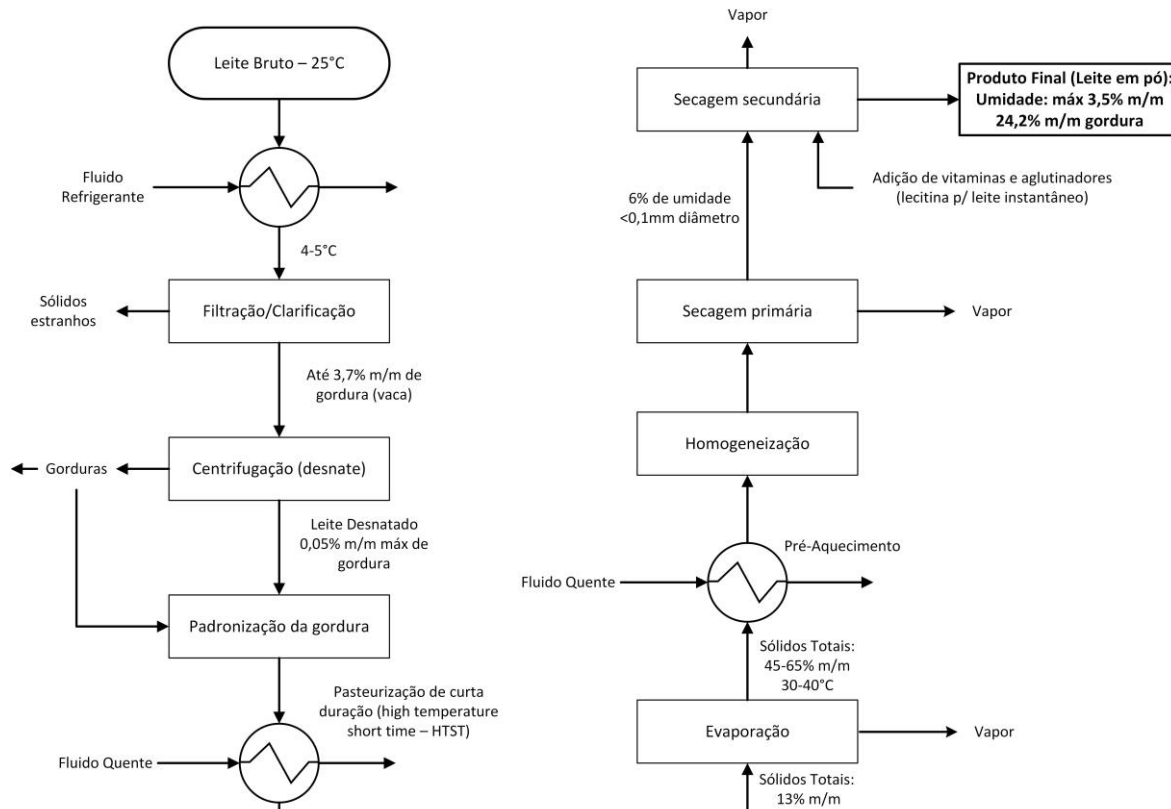
Onde  $Q$  é a quantidade de calor externo necessário na unidade de processo para aumento ou diminuição da temperatura ( $\text{kJ/h}$ ),  $n_i$ ,  $n_o$ , são respectivamente o número de entradas e o número de saídas da unidade,  $F_i$ ,  $F_o$  são respectivamente o fluxo de entrada e de saída do componente ( $\text{kg/h}$ ) e  $H_i$ ,  $H_o$  respectivamente as entalpias puras dos componentes em dada temperatura ( $\text{kJ/kg}$ ).

Foram criadas então duas unidades de processo distintas, uma apenas com balanço de massa, sem troca térmica, e outra com balanço de massa e balanço de energia integrado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os modelos devidamente construídos, o processo de produção de leite em pó integral foi simulado, conforme a Figura 1, e os dados obtidos estão dispostos na Tabela 1, que traz as unidades de processo mais relevantes dentro do processo. Pode-se notar através dos resultados obtidos um rendimento de 12,35% com uma entrada de 1500 kg/h de leite puro, algo esperado uma vez que o leite é composto por cerca de 87% de água.

Figura 1: Fluxograma do Processo Produtivo de Leite em Pó Integral



Fonte: Autor.

Durante a etapa de evaporação o leite entra a uma temperatura alta de aproximadamente 75°C onde é evaporado sob uma pressão negativa, ou seja,

já entra em temperatura adequada para o processo de evaporação sendo que a quantidade de calor nessa etapa é negativa (-759,96 kJ/h), o sistema rejeita o calor para o ambiente na forma de vapor de água evaporado. Assim como na etapa de secagem primária, onde se atinge uma umidade absoluta de 6% no produto. Os modelos podem ser usados para estudo de outros processos devido a forma como foram construídos, genéricos para qualquer processo.

Tabela 1 – Dados das Correntes de Saída das Unidades de Processo.

Variáveis	Leite Bruto	Padronização	Pasteurização	Evaporação	Secagem Primária	Secagem Secundária (Produto)
T (°C)	25,000	4,000	75,000	30,000	30,000	30,000
Fração água (kg/kg)	0,875	0,875	0,875	0,550	0,060	0,030
Fração Sólidos Gordurosos (kg/kg)	0,035	0,030	0,030	0,112	0,234	0,242
Fração Sólidos Não-Gordurosos (kg/kg)	0,090	0,090	0,090	0,338	0,706	0,728
Fluxo Mássico (kg/h)	1500,000	1492,000	1492,000	399,500	191,200	185,300
Q (kJx10 <sup>2</sup> /h)	-	-	4081,860	-759,960	-3,106	7,417

#### 4. CONCLUSÕES

Por fim, as unidades de processo com e sem troca térmica foram construídas e utilizadas para a simulação do processo de produção de leite em pó. O EMSO se mostrou eficiente na construção dos modelos e sua generalização para utilização em qualquer outro estudo de caso, portanto as unidades de processo construídas neste trabalho podem ser utilizadas para qualquer outro processo produtivo, desde que levado em consideração as simplificações utilizadas na construção dos modelos. Pode-se também, em trabalhos futuros, expandir os modelos criados para que estas simplificações sejam levadas em consideração no mesmo.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MUNIZ, L. R.; GUIMARÃES, I. F. G.; CAMPOS, M. S. Aplicação da simulação computacional para análise do tráfego no cruzamento central da cidade histórica de Mariana – MG. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, Salvador, 2009.

SOARES, R. P.; SECCHI, A. R. EMSO: A new environment for modelling, simulation and optimisation. **Computer Aided Chemical Engineering**, Lappeenranta, v.14, p. 947-952, 2003.