

PROJETO E DIMENSIONAMENTO DE TROCADORES DE CALOR TIPO PLACA PARA SISTEMA DE PASTEURIZAÇÃO DE UMA INDÚSTRIA DE LEITE EM PÓ¹

Luís Gustavo Bohn², Amanda Neumann Sanches³, Daniela Dall’Olivo Pereira⁴, Thajana Suelen de Oliveira Marinho⁵, João Carlos Segatto Leite⁶

¹ Trabalho elaborado como requisito para aprovação na disciplina de Planejamento e Projeto da Indústria Química (PPIQ) do curso de Engenharia Química da UNIJUI.

² Acadêmico do curso de Engenharia Química da UNIJUI. E-mail: luiz.bohn@sou.unijui.edu.br

³ Acadêmica do curso de Engenharia Química da UNIJUI. E-mail: amanda.neuman@sou.unijui.edu.br

⁴ Acadêmica do curso de Engenharia Química da UNIJUI. E-mail: daniela.pereira@sou.unijui.edu.br

⁵ Acadêmica do curso de Engenharia Química da UNIJUI. E-mail: thajana.marinho@unijui.edu.br

⁶ Docente do curso de Engenharia Química da UNIJUI e Ministrante da disciplina. E-mail: joao.leite@unijui.edu.br

INTRODUÇÃO

No Brasil, a pasteurização do leite se tornou obrigatória em 1952, quando foi aprovado o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). Esse decreto permaneceu em vigor até o fim da década de 1990. Já em 1999, foi publicada a Portaria nº 56/1999 do Ministério da Agricultura, que regulamentou a qualidade do leite e tornou obrigatória a adoção da pasteurização rápida para o leite sob inspeção federal (Castro, 2019).

Assim, a pasteurização rápida compreende o aquecimento do leite em trocadores de calor, de forma contínua. O produto cru é aquecido e resfriado por meio de circulação, à temperatura de aquecimento entre 72°C e 75°C, durante 15 segundos, e é resfriado com água gelada a uma temperatura de 4°C. A eficiência desse tipo de pasteurização é de 99,5% (Vidal; Netto, 2018).

O presente trabalho traz a proposta de projeto e dimensionamento de um sistema de pasteurização a base de trocadores de calor tipo placa a serem aplicados em uma indústria de leite em pó fictícia. O tema enquadra-se de forma incisiva no Objetivo do Desenvolvimento Sustentável número 9, que trata da indústria, inovação e infraestrutura.

METODOLOGIA

O presente artigo é um excerto do projeto desenvolvido na disciplina de PPIQ, que traz como propósito a inserção do acadêmico no meio do escalonamento industrial por meio da criação de um empreendimento fictício com variáveis cruciais determinadas pelo grande grupo. A empresa em questão recebeu o nome de *NesTri Comércio de Laticínios LTDA* e contará com uma produção máxima mensal de 600 toneladas de leite em pó.

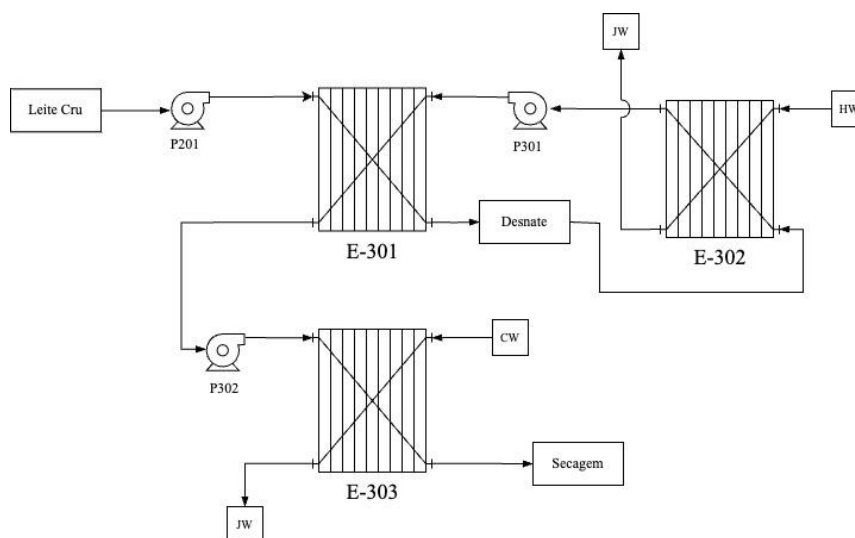
O balanço de massa do processo para essa produção mensal fornece uma vazão mássica de 12300 kg/h de leite cru adentrando o processo de pasteurização, que corresponde a uma vazão volumétrica de 13500 L/h, a uma densidade considerada constante e igual a 1023 kg/m³. Esses valores serão tomados como base no desenvolvimento dos cálculos que seguem.

O dimensionamento dos pasteurizadores, e por definição, de trocadores de calor, pode ser desenvolvido à mão com base nos princípios da termodinâmica e do balanço energético, entretanto, os cálculos do presente foram desenvolvidos utilizando um *software* (do inglês, programa de computador) específico, o *AspenTech EDR*.

Fluxograma Adotado

O fluxograma do processo encontra-se descrito na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma do processo de pasteurização



Fonte: Os Autores (2023)

Considerações e Tolerâncias

Visando obter resultados condizentes com a realidade, fez-se uso de algumas considerações preliminares. Considerar-se-á a capacidade calorífica do leite como constante e igual a 3,9 kJ/kg K; viscosidade cinemática do leite aquecido constante e igual a 1,5 cp e do leite resfriado constante igual a 2 cp. O Quadro 1 discrimina a composição centesimal adotada para a melhor interpretação do leite pelo *software*.

Quadro 1 – Composição centesimal adotada

Substância	Fórmula	Composição no leite integral (%)	Composição do leite desnatado (%)
Água	H ₂ O	88	92
Sacarose	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	4,5	4,5
Ácido Mirístico	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	1	0
Ácido Palmítico	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	1	0
Ácido Estearico	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	1	0
Ácido Oleico	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	1	0
Cloro	Cl ⁻	0,1	0,1
Potássio	K ⁺	0,1	0,1
Sódio	Na ⁺	0,1	0,1
Cálcio	Ca ⁺²	0,1	0,1
Magnésio	Mg ⁺²	0,1	0,1
Proteína	N ₂ H ⁺⁵	3	3

Fonte: adaptado de Da Silva Melo; Marcolino, 2015

O *software* utilizado é considerado termodinamicamente determinístico, ou seja, se faz necessário o fornecimento dos dados de condições de contorno do sistema. O Quadro 2 apresenta as variáveis de entrada e de saída determinadas pelos autores e inseridas no *AspenTech EDR* para o desenvolvimento dos cálculos.

Quadro 2 - Valores alimentados ao software

	Sessão de Regeneração			
	Corrente Quente (leite)		Corrente Fria (leite)	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída
Vazão (kg/h)	12300	12300	13500	13500
Temperatura (° C)	80	38	4	45
Pressão (bar)	3,75	*	3,75	*
	Sessão Quente			
	Corrente Quente (água)		Corrente Fria (leite)	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída
Vazão (kg/h)	50000	50000	12300	12300
Temperatura (° C)	81,5	*	45	80

Pressão (bar)	5	*	3,75	*
Sessão Fria				
	Corrente Quente (leite)		Corrente Fria (água)	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída
Vazão (kg/h)	12300	12300	50000	50000
Temperatura (°C)	38	10	5	*
Pressão (bar)	3,75	*	5	*

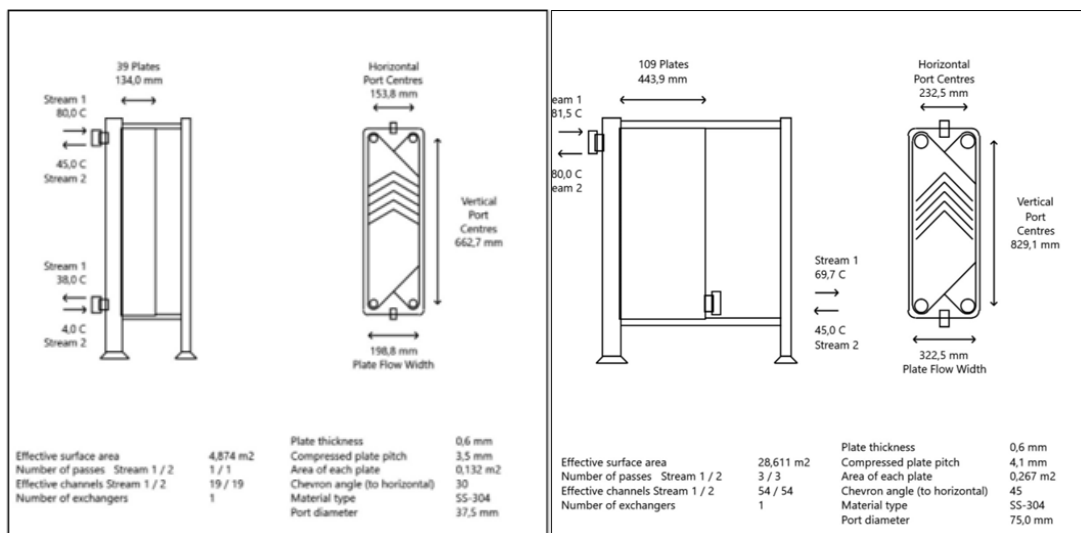
Fonte: Autores, 2023.

* Valor não fornecido, mas calculado a partir do modelo termodinâmico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

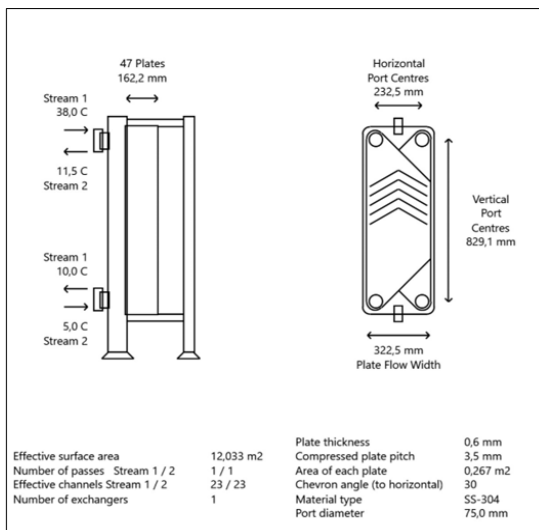
A partir dos valores fornecidos, utilizando o modo *rating* (do inglês conferência), o software faz uso dos modelos termodinâmicos cabíveis para gerar as variáveis construtivas do trocador de calor que atende as especificações de projeto. As Figuras 2 e 3 demonstram os resultados gerados pelo *AspenTech EDR* para cada uma das etapas da pasteurização.

Figura 2 - Trocador de calor da sessão de regeneração (a) e da sessão quente (b)



Fonte Autores, 2023. Produzido com *AspenTech EDR*

Figura 3 - Trocador de calor da sessão fria



Fonte Autores 2023, produzido com Aspen Plus

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trocadores de calor projetados foram capazes de atender as necessidades do projeto não fornecendo valores alheios a realidade de uma indústria de pequeno-médio porte, considerando a vasta quantidade de fornecedores que atenderiam a demanda proposta. Frente à indisponibilidade de listagens de preços nos meios convencionais, não se fez possível a determinação do custo de instalação da unidade pasteurizadora.

Palavras-chave: simulação de processos, termodinâmica, Aspen Plus

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, Mariana. Pasteurização do leite: um pouco de história. Food Safety Brazil, Rio Verde, GO, v. 1, n. 1, p. 1-6, 28 maio 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333416941_Pasteurizacao_do_leite_Um_pouco_de_historia. Acesso em: 07 abr. 2023.
- DA SILVA MELO, T. B.; VIEIRA MARCOLINO, B. N. Sterilization Plant simulation of whole milk UHT Type through the Aspen plus. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 6, n. 2, p. 67, 17 dez. 2015.
- VIDAL, Ana Maria Centola; NETTO, Arlindo Saran. Obtenção e processamento do leite e derivados. Pirassununga, Sp: Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo (Fzea-Usp), 2018. 220 p. Disponível em: <https://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/200>. Acesso em: 26 mar. 2023.