

Balanço de massa e energia do pão de sal

Oriana V.D. Nunez*, Eduarda A. Gonçalves, Evely P. De Aguiar, Julia M. F. Ferreira, Ketilin F. dos S. Medeiros, Rejane de C. Souza

Introdução

A produção do pão de sal será analisada considerando as principais etapas do processo, que envolvem desde a pesagem e mistura dos ingredientes até a fermentação, modelagem e forneamento.

Objetivos

Aplicar os princípios de balanço de massa e energia à produção de pão de sal em escala real e indicar possibilidades de otimização do processo como ação de ensino e extensão.

Material e Métodos ou Metodologia

Imersão no processo de produção de pão de sal, a partir de visitas à padaria, com coleta de dados sobre ingredientes, temperatura, tempo e informações sobre as condições de funcionamento de cada máquina utilizada.

Resultados e/ou Ações Desenvolvidas

Na formulação do pão, a farinha de trigo entra com uma massa de 15 kg. Foram adicionados aproximadamente 7,5 kg de água, além de 150 g de açúcar, atuando como substrato para a fermentação e 300 g de sal. Como agentes tecnológicos, foram utilizados 180 g de reforçador e 50 g de óleo emulsificante. Por fim, adicionaram-se 40 g de fermento biológico, responsável pela liberação de dióxido de carbono durante a fermentação, promovendo o crescimento adequado da massa.

A seguir, os fluxogramas (Figuras 1 e 2) apresentam as massas, composições e proporções utilizadas em uma batelada de pão, permitindo visualizar os fluxos de entrada e saída em cada fase e quantificar o consumo de massa, energético e o calor liberado em cada processo.

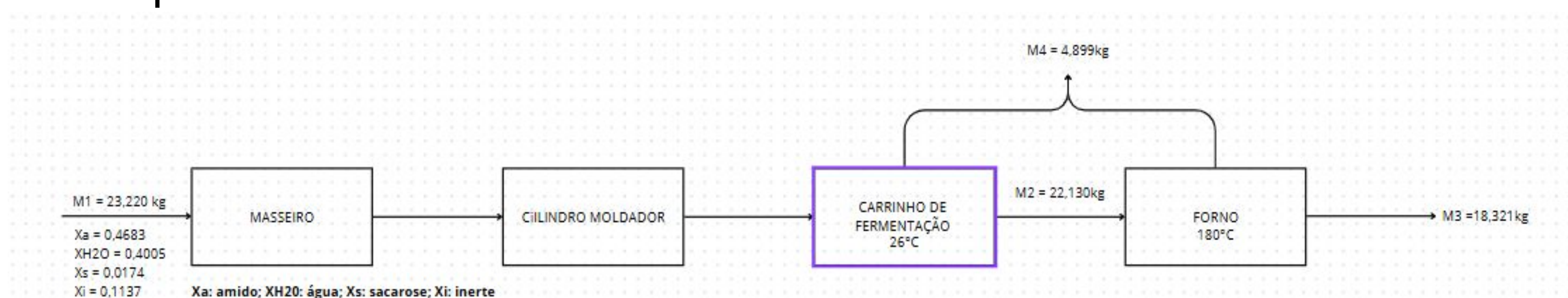


Figura 1: Fluxograma do balanço de massa

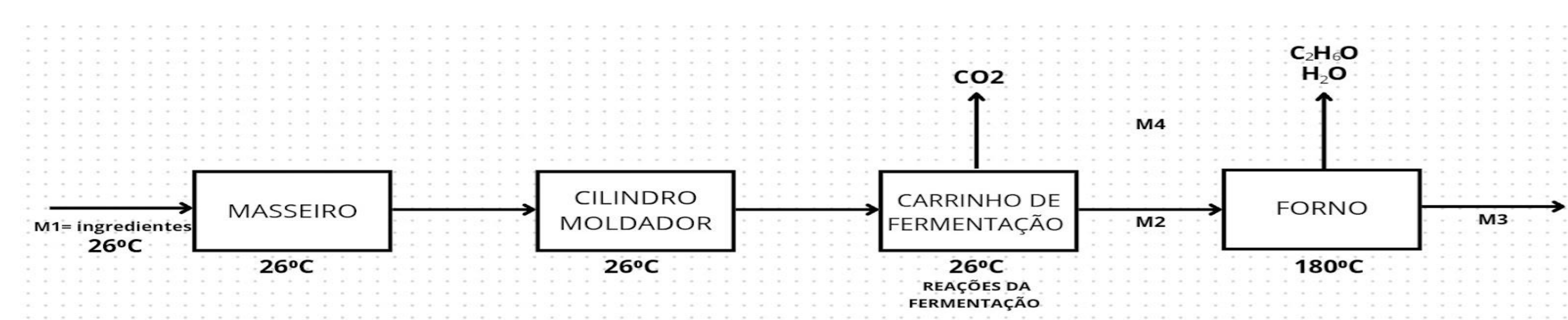


Figura 2: Fluxograma do balanço de energia

Durante a fermentação e o assamento, a massa final foi de 18,321 kg, com perda total de 4,899 kg. Toda a sacarose (0,405 kg) e parte do amido (0,6903 kg) foram consumidos, resultando na formação de 0,5832 kg de dióxido de carbono e 0,6106 kg de etanol. A água apresentou diferentes destinos: dos 9,3 kg iniciais, 5,496 kg permaneceram no pão, 0,098 kg foram consumidos e 3,706 kg evaporaram. O balanço de energia indicou necessidade teórica de 9.627,76 kJ, enquanto o forno forneceu 13.500 kJ, evidenciando perdas de 3.872,24 kJ. Além disso, registrou-se o trabalho de eixo dos equipamentos: 900 kJ (batedeira), 528 kJ (cilindro) e 1103,2 kJ (modelador).

Conclusões

A integração dos balanços de massa e energia permitiu uma avaliação crítica do processo, apontando oportunidades de melhoria voltadas à sustentabilidade e à eficiência da produção de pães em escala semi-industrial, reforçando a importância da engenharia na otimização de processos.

Entre as estratégias propostas estão o aprimoramento do isolamento térmico e o controle mais preciso da temperatura de fermentação, visando maior aproveitamento energético, uso racional de recursos e qualidade do produto final.

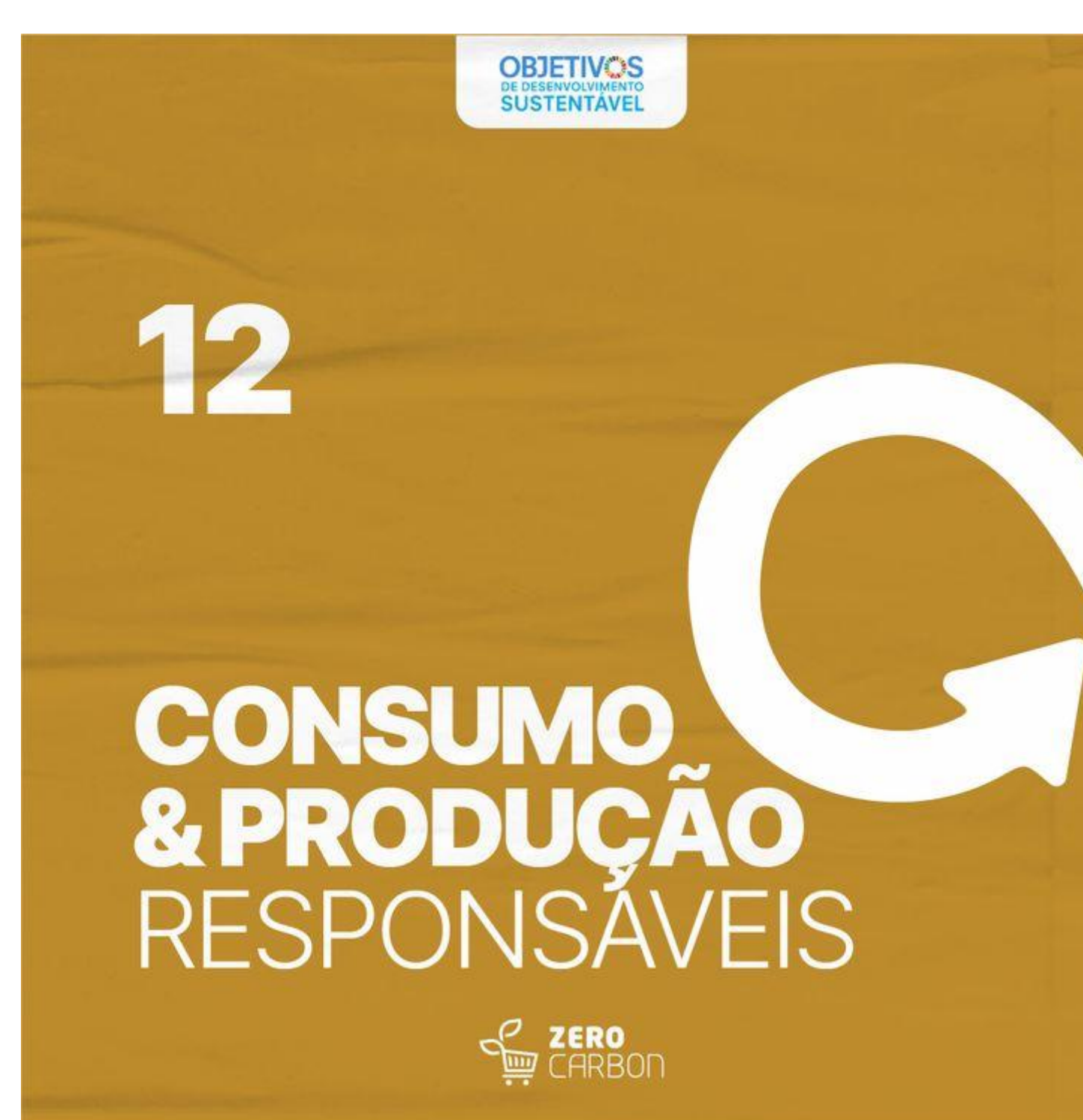


Figura 3: ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis

Nossa análises se basearam nos resultados, que evidenciam a necessidade de melhor isolamento e manutenção preventiva do forno, além do uso de ciclos de aquecimento controlados. Assim, o balanço de massa e energia contribui para a redução de desperdícios e uso mais eficiente de recursos, alinhando o processo produtivo aos princípios da ODS 12 - Consumo e Produção Responsáveis.

Bibliografia

- Felder, R. M.; Rousseau, R. W. *Princípios elementares dos processos químicos*. 3ª edição, Rio de Janeiro: Editora LTC, 2005
- KABO, G. J.; VOITKEVICH, O. V.; BLOKHIN, A. V.; KOHUT, S. V.; STEPURKO, E. N.; PAULECHKA, Y. U. *Thermodynamic properties of starch and glucose*. Journal of Chemical Thermodynamics, v. 59, p. 87–93, dez. 2012.
- CARVALHO, Maria Eleonora Andrade de. *Teoria da prática: fermentação*. Lorena: DEBIQ-EEL/USP, 2012. Disponível em: <http://www.debiq.eel.usp.br/~eleonora/4-%20Fermentacao.pdf>. Acesso em: 29 de abril de 2025.