

# Relatório de Justificativa do Código: Dimensionamento Consolidado de Coalescedores ( $H_2/O_2$ )

Análise de Engenharia de Processos e Premissas de Segurança

November 29, 2025

## 1 Introdução

O presente código de dimensionamento foi desenvolvido para especificar o número de elementos ( $N_{Elem}$ ) e as dimensões mínimas do vaso ( $D_{Shell}$ ) para os coalescedores de  $H_2$  e  $O_2$  separadamente, utilizando o princípio do **Pior Cenário Operacional** para garantir a segurança e o desempenho. O dimensionamento final é regido pela maior demanda entre a **Capacidade de Vazão Volumétrica** e a **Capacidade de Drenagem de Líquido**.

## 2 Premissas e Origem dos Valores de Entrada

### 2.1 1. Dados Operacionais (Vazões e Condições Nominais)

Os valores nominais de vazão, pressão e temperatura foram extraídos diretamente do **Resumo da Simulação do KOD (Knock-Out Drum)** fornecido.

Table 1: Valores Nominais de Entrada e Origem

Parâmetro de Entrada	Valor Utilizado e Origem
Pressão Nominal ( $P_{Nominal}$ )	39.70 bar. (Dado da Simulação KOD).
Temperatura Nominal ( $T_{Nominal}$ )	4.00°C. (Dado da Simulação KOD – Ponto de Orvalho/Saída do Chiller).
Vazão Mássica de $H_2$ ( $Q_{m,H_2}$ )	80.46 kg/h (0.02235 kg/s × 3600). (Dado da Simulação KOD).
Vazão Mássica de $O_2$ ( $Q_{m,O_2}$ )	707.29 kg/h (0.19647 kg/s × 3600). (Dado da Simulação KOD).

### 2.2 2. Justificativa da Variação de $\pm 10\%$ (Pior Cenário)

O dimensionamento funcional é impulsionado pela condição que maximiza a vazão volumétrica ( $Q_V$ ), que é o **Pior Cenário** ( $P_{mín}$  e  $T_{máx}$ ).

- **Cálculo da Variação (10%):** O percentual de **10%** é um valor de engenharia conservador, mas razoável, para modelar falhas de controle de pressão, flutuações de vazão ou desvios de setpoint do chiller.
- **Cálculo da  $T_{\text{máx}}$  (Correção em Kelvin):** A variação percentual na temperatura é aplicada à escala absoluta (Kelvin), garantindo a correção física:

$$T_{\text{máx}}(\text{K}) = T_{\text{Nominal}}(\text{K}) \times (1 + 0.10)$$

$$T_{\text{máx}} = 4.00^\circ\text{C} + 10\% \approx 31.72^\circ\text{C}$$

## 2.3 3. Critério de Concentração Líquida ( $100 \text{ mg/m}^3$ )

Este valor é uma **Premissa de Design Conservadora** (Design Assumption).

- **Por que  $100 \text{ mg/m}^3$ ?**: Embora a simulação mostre zero líquido (Vapor Superaquecido), na prática, flutuações ou desvios do KOD podem levar a um \*carryover\* de aerossóis.  $100 \text{ mg/m}^3$  é um valor de engenharia frequentemente utilizado na literatura para representar a carga líquida residual **máxima esperada** (névoa) em condições operacionais de sistemas com bom pré-tratamento (após KOD), mas ainda garantindo um dimensionamento seguro do sistema de drenagem.
- **Finalidade:** Este valor não dimensiona a eficiência ( $\eta$ , que é fixada em 99.99%), mas sim a **Capacidade de Drenagem Líquida** do coalescedor. O número de elementos deve ser suficiente para garantir que todo o líquido seja drenado antes do re-arraste.

## 3 Cálculos e Metodologia de Dimensionamento

O dimensionamento segue dois caminhos paralelos, sendo o maior resultado de  $N_{\text{Elem}}$  o decisivo:

### 3.1 1. Cálculo da Vazão Volumétrica Máxima ( $Q_{V,\text{Total}}$ )

A densidade da mistura ( $\rho_{\text{mix}}$ ) é calculada usando a **Pressão Mínima** e a **Temperatura Máxima** (Pior Cenário), aplicando a Lei dos Gases para misturas:

1. **Cálculo de  $\rho_{\text{mix}}$ :** O Peso Molecular Médio ( $M_{\text{avg}}$ ) é determinado pelo gás principal ( $M_{\text{H}_2}$  ou  $M_{\text{O}_2}$ ) e pela fração molar do vapor d'água (calculada a partir de  $P_{\text{sat}}$ ).

$$M_{\text{avg}} = (y_{\text{gás}} \cdot M_{\text{gás}}) + (y_{\text{H}_2\text{O}} \cdot M_{\text{H}_2\text{O}})$$

$$\rho_{\text{mix}} = \frac{P_{\text{mín}} \cdot M_{\text{avg}}}{R \cdot T_{\text{máx}}(\text{K})}$$

2. **Vazão Volumétrica:** A vazão é convertida para a condição de Pior Cenário, que é usada no cálculo de  $N_{\text{Elem}}$ .

$$Q_{V,\text{Total}} = \frac{Q_{\dot{m},\text{Máx}}}{\rho_{\text{mix}}}$$

## 3.2 2. Determinação do Número de Elementos ( $N_{\text{Elem}}$ )

O número final de elementos é dado pelo valor máximo necessário entre a capacidade de vazão e a capacidade de drenagem.

Table 2: Critérios de  $N_{\text{Elem}}$

Critério	Fórmula Utilizada
<b>Vazão Volumétrica</b> ( $N_{\text{Elem,Vazão}}$ )	Garante que a velocidade superficial seja mantida abaixo do limite do fabricante. Inclui fator de segurança (1.25).
$N_{\text{Elem,Vazão}} = \left[ \frac{Q_{V,\text{Total}}}{Q_{\text{Específica}}} \times 1.25 \right]$	
<b>Capacidade de Drenagem</b> ( $N_{\text{Elem,Drenagem}}$ )	Garante que a vazão mássica de líquido ( $Q_{\dot{m},\text{liq, máx}}$ ) seja drenada sem re-arraste.
$N_{\text{Elem,Drenagem}} = \left[ \frac{Q_{\dot{m},\text{liq, máx}}}{\text{CAP}_{\text{DRENAGEM,kg/h}}} \right]$	Onde $Q_{\dot{m},\text{liq, máx}} = \frac{C_{\text{liq, design}} \cdot Q_{V,\text{Total}}}{10^6}$

## 3.3 3. Dimensionamento Estrutural

A **Pressão de Projeto** do vaso é calculada utilizando a Pressão Máxima de Operação ( $P_{\text{máx}}$ ) no código ( $P_{\text{máx}} = 43.67 \text{ bar}$ ) com uma margem estrutural de 10%.

$$P_{\text{Design}} = P_{\text{máx, op}} \times 1.10$$