

CARTILHA INFORMATIVA

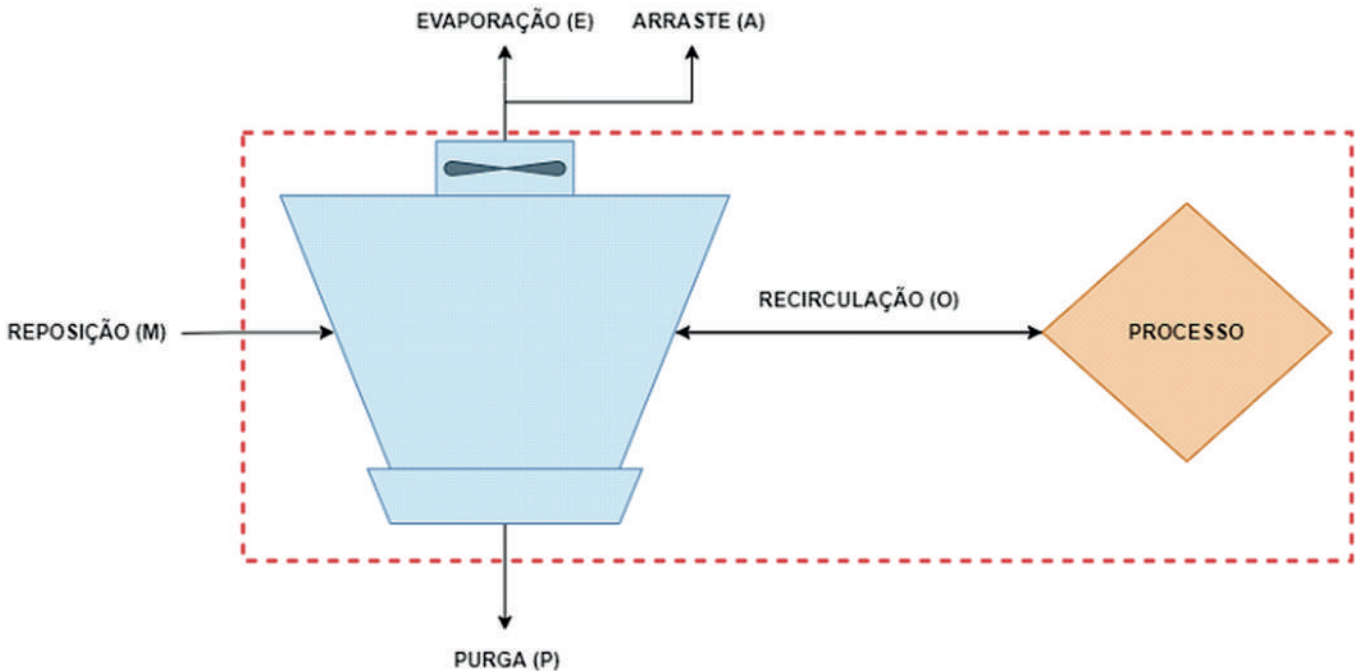
AVALIAÇÃO ECONÔMICA NO MÉTODO DE OSMOSE REVERSA EM TORRES DE RESFRIAMENTO



Esta cartilha tem como objetivo apresentar mecanismos de avaliação para um projeto com foco em eficiência e sustentabilidade.

Será disponibilizado um memorial de cálculo que mostrará com rapidez e Clareza a avaliação do projeto em sua linha produtiva.

TEMOS O SEGUINTE BALANÇO DE MASSA NA TORRE DE RESFRIAMENTO:



Considerando o balanço de massa no volume de controle destacado em vermelho na figura acima, temos:

$$\text{ENTRA} = \text{SAI} \therefore M = E + A + P$$

Para o cálculo do calor latente necessário à evaporação de pequena parte (**E**) da água de circulação, vamos considerar como igual ao calor sensível perdido pelas gotículas da corrente que não foi vaporizada (**O - E**) podendo ser aplicado em torres situadas em locais de clima tropical, conforme a equação abaixo:

$$E \cdot \Delta H_v = (O - E) \cdot c \cdot \Delta T$$

O - Vazão de Recirculação da água da torre de resfriamento.

H_v - entalpia (calor) específica latente de vaporização da água (2,42 . 10³ kJ kg⁻¹).

c - calor específico sensível da água (4,18 kJ kg⁻¹ °C⁻¹)

ΔT - queda de temperatura da água na torre (°C)

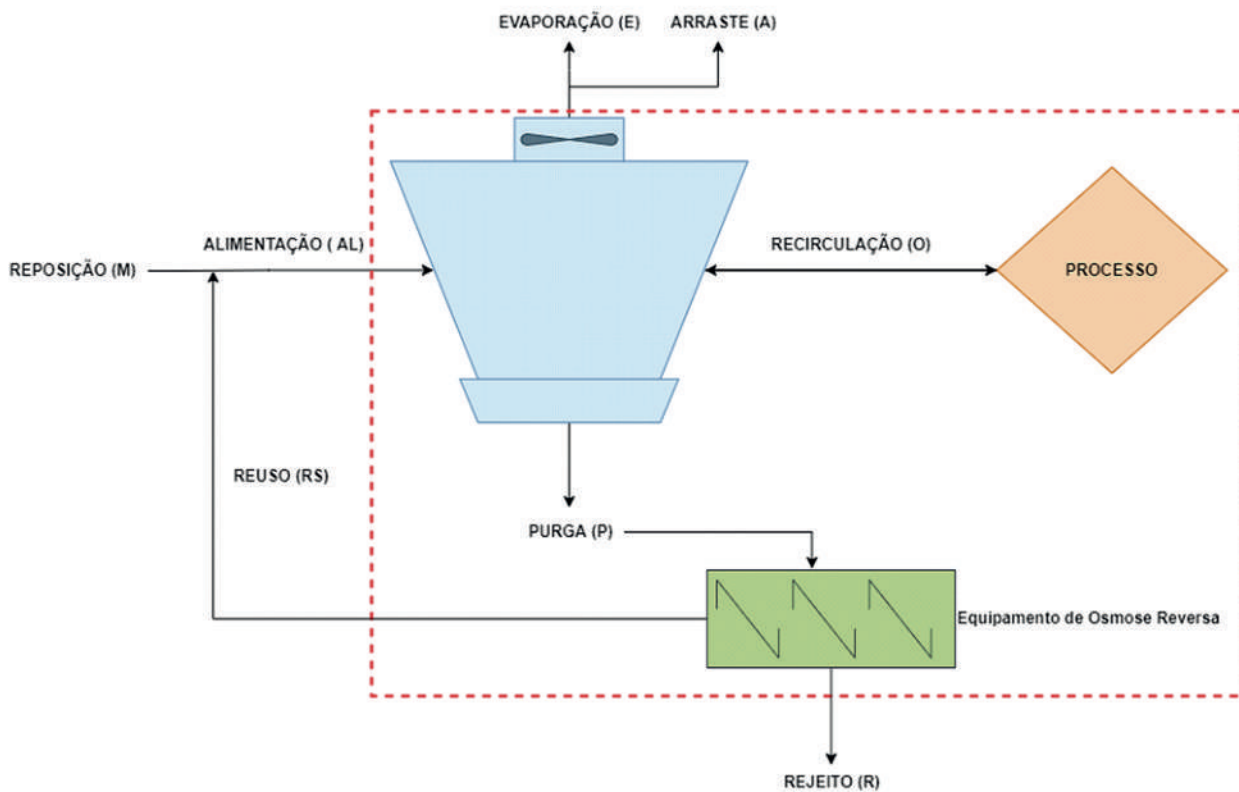
O Arraste (**A**) em teoria não ultrapassa **0,2%** da vazão de recirculação (**O**). Veja se o ângulo das pás dos ventiladores estão de acordo com o projeto e assumir a perda considerada pelo fabricante.

Sendo assim, podemos mensurar a perda líquida devido às **purgas de desconcentração** do sistema da seguinte forma:

$$P = M - E - A$$

* Caso tenha o medidor de vazão na purga da torre de resfriamento, esse balanço de massa não será necessário.

COM ESSAS INFORMAÇÕES, IREMOS FAZER O BALANÇO MATERIAL COM O EQUIPAMENTO DE OSMOSE REVERSA PARA AVALIAÇÃO DA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA:



Considerando que as variações de vazão de reposição (**M**) está ligado diretamente a quantidade de purga (**P**) realizadas no sistema por representação maior de volumes em relação a evaporação (**E**) e arraste (**A**), temos:

$$\text{ENTRA} = \text{SAI} \therefore \text{AL} = \text{E} + \text{R} + \text{A}$$

sendo

$$\text{AL} = \text{RS} + \text{M} \therefore \text{M} = \text{AL} - \text{RS}$$

logo quanto maior o aproveitamento do reuso, menor será o consumo adicional de água de make up. Dessa forma podemos dizer que a vazão de reúso está diretamente ligada a eficiência do equipamento de osmose reversa. Então, a equação ficará dessa forma:

$$\text{M} = \text{AL} - (\text{P} \times \text{Eor})$$

PARA ANALISAR FINANCEIRAMENTE, PRECISAMOS DAS SEGUINTE INFORMações:

VARIÁVEL	IDENTIFICAÇÃO	UNIDADE DE MEDIDA
SAVING MENSAL (GANHO MENSAL) EM REAIS	GM	R\$/MÊS
VOLUME DE ÁGUA DE BLOWDOWN QUE ENTRA PELA OSMOSE REVERSA	VBD	M³/H
CUSTO ÁGUA DE MAKE-UP EM REAIS	CMU	R\$/M³
EFICIÊNCIA DE SEPARAÇÃO DO EQUIPAMENTO DE OSMOSE REVERSA		
VOLUME REDUZIDO DE EFLUENTE EM METRO CÚBICO	VRE	M³/H
CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	EE	MWH
CUSTO DE ENERGIA	CEE	R\$/MW
CUSTO DO TRATAMENTO DO EFLUENTE	CEF	R\$/M³
CUSTO DO EQUIPAMENTO	CIEQ	R\$
CUSTO MENSAL DE MANUTENÇÃO DO EQUIPAMENTO	CMEQ	R\$/MÊS
PAYBACK (TEMPO, EM MESES, PARA QUE O PROJETO SEJA PAGO)	PB	MESES
CUSTO DO PRÉ TRATAMENTO DA PURGA	CPT	R\$

Para avaliação do ganho mensal do projeto, precisamos identificar os ganhos pela redução de custo e o custo adicional com a inclusão do novo equipamento. Nesse caso, temos as seguintes considerações:

GANHOS:

Custo reduzido de consumo de água industrial pelo aproveitamento da purga;

CUSTOS ADICIONAIS E INVESTIMENTOS:

Equipamento de Osmose Reversa (OR)
Custo de consumo de energia pelo equipamento
Custo de destinação do rejeito gerado pelo equipamento
e Custo de manutenção do equipamento.

Sendo assim, a equação do ganho mensal do projeto é :

GANHO MENSAL

Ganhos (redução consumo e redução de custo tratamento de efluente)
- Custos adicionais e Investimentos

Aplicando essa equação com base na tabela demonstrada anteriormente:

Ganhos (redução consumo) = $Vbd \times Eor \times Cmu$

Ganhos (redução tratamento efluente) = $Vre \times Cef$

Custo consumo EE de OR = $EE \times Cee$

Custo destinação rejeito = $(1-Eor) \times Vbd \times Cef$

Custo pré tratamento da purga = Cpt

Substituindo, a Equação terá a seguinte forma :

$$Gm = [(((Vbd \times H2O \times Eor \times Cmu \times H2O) + (Vre \times Cef)) - ((1-Eor) \times Vbd \times H2O \times Cef) - (EE \times Cee)) \times 24 \times 30] - Cpt$$

O payback vai ser em quantos meses conseguimos recuperar o valor investido no equipamento de osmose reversa (OR).

$$Pb = \frac{Cieq}{Gm}$$

IMPORTANTE:

Para realização dessa avaliação, é necessário de algumas informações que serão particulares para cada fábrica em questão, são elas:

- Documentação de projeto da torre de resfriamento;
- Análise qualitativa da água de recirculação e alimentação;
- Orçamento e avaliação com fornecedor de equipamento de osmose reversa para obter informações acerca da eficiência de separação do volume das purgas de acordo com os parâmetros aceitáveis para retornar o sistema, os custos do equipamento e de manutenção, inspeções mensais e consumo de energia do equipamento;
- Custos da água industrial, energia elétrica e tratamento do efluente;
- Orçamento do custo de tratamento e destinação do rejeito gerado pelo equipamento de osmose reversa;
- Valores de vazões e temperaturas relacionados ao sistema de torre de resfriamento;