

## **BOA TARDE !**

### Objetivo desta apresentação:

- Orientar quanto ao conteúdo e a forma do trabalho a ser entregue.

### Canais de comunicação:

Site [www.paulfmilcent.net](http://www.paulfmilcent.net) Contém, além de vários outros textos considerados interessantes, a capa padrão do trabalho e esta apresentação.

E-mail [paul@paulfmilcent.net](mailto:paul@paulfmilcent.net) Telefone (41) 3264-2827 e Facebook Permite sanar dúvidas e agendar um horário para sanar dúvidas na UFPR.

**Capa Padrão:** É a folha de rosto do trabalho a ser entregue, inclusive quanto a sua formatação. Apresenta o sumário mínimo a ser seguido por todas as equipes. Apresenta a ordem do sumário a ser entregue por todas as equipes. Não usar a folha de rosto, ou o sumário mínimo ou ainda a ordem estipulada poderá comprometer fortemente o resultado da avaliação. Compromete também a avaliação, a entrega de trabalhos semelhantes por equipes diferentes; o uso de dados diferentes dos da equipe considerada; o emprego de relatórios informatizados e automatizados por recursos desenvolvidos por equipes de semestres anteriores.

Os memoriais de cálculo são os que permitem a correção de cada item numérico. A estrutura desejada é: Equações literais na devida sequência; equações com os valores numéricos devidamente substituídos; resultados parciais e finais obtidos. O que eventualmente poderá fazer com que a nota do trabalho seja baixa, será a ausência dos memoriais de cálculo ou a carência de clareza e limpidez dos mesmos. Os itens do trabalho tem pesos diferentes para fins de avaliação.

## **TRABALHO**

### **Evaporação por Compressão Mecânica do Evaporado.**

#### Objetivos / Contexto técnico:

- \* Dimensionamento básico de evaporador; trocadores de calor.
- \* Diminuição do consumo de energia na operação unitária de evaporação.
- \* Obtenção de água de origem e por método não usuais.
- \* Substituição da fonte de energia, de combustão (o que gera poluição) para elétrica (obtida por meio da maioria dos métodos alternativos de obtenção de energia).
- \* Incentivar a realização de trabalho técnico autônomo, sob orientação.

#### O presente trabalho apresenta uma dimensão ética:

A ética é o diagnóstico e a busca da conduta mais adequada. Ético é procurar fazer o bem.

- \* A finalidade de qualquer profissão é o bem do ser humano.
- \* As profissões envolvem a obtenção de conhecimento.
- \* Porém o conhecimento é neutro: pode promover o bem ou o mal do ser humano.
- \* O Engenheiro Químico agirá eticamente quando aplicar o conhecimento para o bem. O Engenheiro Químico será tanto mais ético quanto maior for o bem para o maior número de pessoas. (Sem prejudicar no entanto, as minorias.)
- \* Como o conhecimento é neutro, as decisões técnicas são também decisões éticas.

Do mesmo modo:

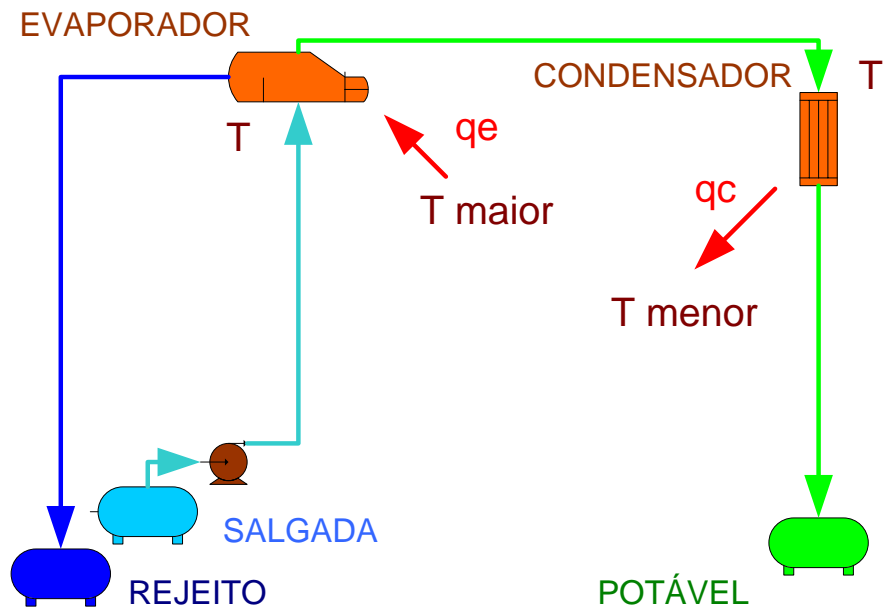
- \* As decisões administrativas, econômicas, financeiras e de gestão são também decisões éticas.

Boa parte dos objetivos deste trabalho são simultaneamente técnicos e éticos.

- \* Como a Universidade transmite conhecimentos técnicos, lhe cabe também informar conceitos éticos.

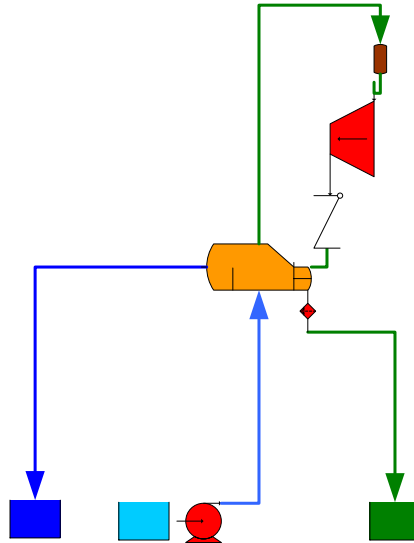
**O PRETEXTO DO TRABALHO:** Um(a) Engenheiro(a) Químico(a) é convocado a participar do projeto integral ou de parte de uma Instalação Industrial. Tal indústria necessita, tal como a grande maioria delas, da utilidade água isenta de sais. Há a disponibilidade de água do mar ( 3% de sais) localizado nas proximidades da Unidade, ou de uma água salobra ( 5000 p.p.m. de sais). O profissional decide projetar um sistema de evaporação por compressão mecânica do evaporado para efetuar a dessalinização da água, numa vazão adequada às necessidades da Instalação.

O ponto de partida para a construção do diagrama do sistema é um evaporador simples.



Podemos considerar que a perda de carga na linha de pequeno comprimento que conecta o evaporador ao condensador é mínima. Desta forma a pressão na câmara de evaporação da água salgada é praticamente a mesma que a pressão na câmara de condensação da água evaporada ('destilada'). A temperatura de mudança de fase no evaporador será maior que a no condensador devido à e.p.e.

Para aproveitar o calor liberado no condensador para com ele promover a evaporação, é uma alternativa técnica ceder um pouco mais de energia ao evaporado, elevando com isto sua pressão e temperatura de saturação. Isto pode ser realizado por meio da compressão mecânica do evaporado.



A proposta geral do trabalho é o dimensionamento básico de um sistema de evaporação por compressão mecânica do evaporado para a operação de uma unidade de dessalinização por evaporação.

O mesmo trocador de calor que condensa a água dessalinizada (condensador total) é o que evapora a água salobra ou salgada (evaporador parcial).

#### I - INFORMAÇÕES GERAIS PARA TODAS AS EQUIPES:

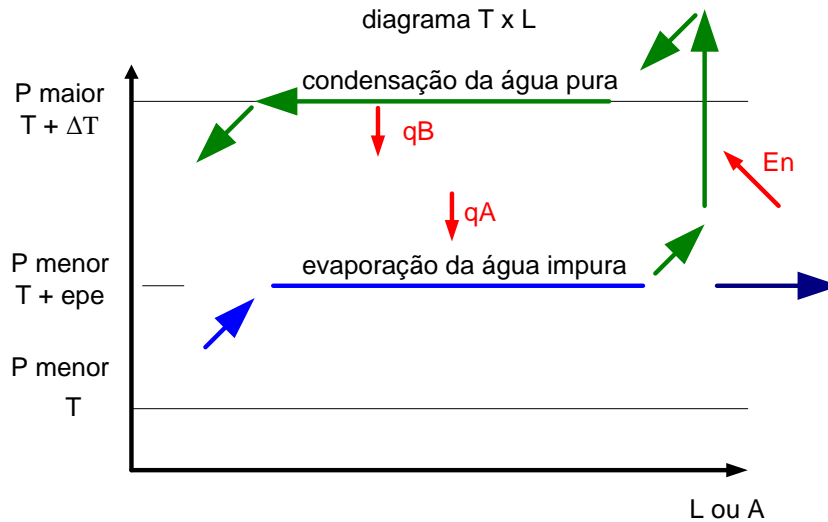
\* As perdas de carga podem ser desprezadas.

\* A câmara de evaporação está numa pressão um pouco superior à atmosférica. Não há entradas de ar no sistema ao longo da operação, o evaporador dessalinizador opera em pressão positiva e não há a necessidade de trabalho com vácuo.

\* Cabe às equipes determinar as propriedades da água em estado vapor saturado, superaquecido e líquido, tanto pura quanto contendo sais dissolvidos. (Artigos técnicos da área de dessalinização contém as equações de estimativa. cp, e.p.e. ...)

Quanto menor a compressão exigida (menor  $\Delta P$  no compressor), menor será o consumo de energia. Isto se obtém projetando o trocador de calor para operar com  $\Delta T$  reduzido. Em consequência as áreas de troca térmica necessárias serão maiores. ( $q = A.U.\Delta T$ ). Todas as equipes procurarão priorizar o baixo custo operacional.

Um diagrama T x L permite visualizar com maior clareza o que ocorre no sistema proposto.



Dependendo das variáveis (basicamente as pressões) que cada equipe fixará a seu critério para o projeto, o balanço de energia no sistema não será satisfeito. SERÁ NECESSÁRIO então (fará parte do trabalho) a introdução de um trocador de calor extra, para satisfazer ao balanço de energia. (O professor considerará 'estranho' que duas ou mais equipes fixem as mesmas variáveis para o projeto.)

## II - INFORMAÇÕES GERAIS PARA TODAS AS EQUIPES:

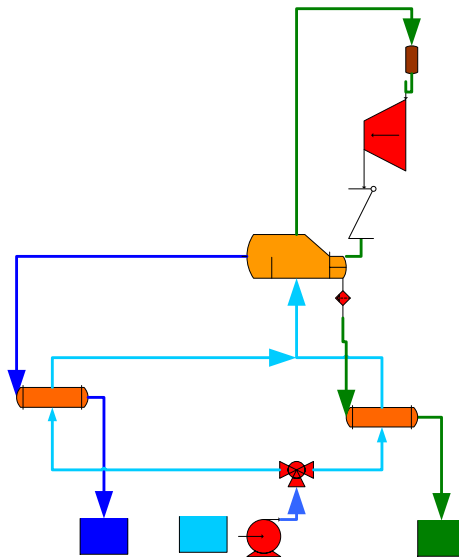
- \* O tipo de compressor para todas as equipes é o centrífugo. (É o mais apropriado para o caso.)
- \* Surpreenda seu professor: selecione o compressor e obtenha os dados necessários para efetuar a compressão não ideal.
- \* Surpreenda seu professor: Selecione o material de construção apropriado para os equipamentos. (Tanto água salgada quanto água pura são altamente corrosivas.)
- \* Surpreenda seu professor: Determine apropriadamente a espessura de parede em conformidade com as pressões de trabalho.
- \* Não assuste seu professor. :) Em todos os pontos no interior dos trocadores, o fluido quente é sempre o mais quente; o fluido frio sempre o mais frio. (Obedeça a termodinâmica).
- \* Para minimizar a incrustação, trabalhe com concentrações abaixo de 30%.

No sistema proposto trabalhamos em todos os casos com pressões positivas e o fluido é água. As mudanças de fase ocorrem acima de 100 °C. A solução concentrada aquecida, que sai do evaporador, caso diretamente descartada gerará poluição térmica e seu calor será perdido. O não aproveitamento deste calor implica em maior consumo de energia e maior custo do produto. Tal energia pode ser utilizada para pré aquecer a alimentação fria.

Caso a água potável seja subresfriada no próprio evaporador, a diferença de temperatura representativa neste equipamento será reduzida. Isto acarretará num maior consumo de energia na compressão para compensar a redução do  $\Delta T$ . Um novo trocador de calor será empregado para a um só tempo reduzir a temperatura da água potável e pré aquecer a alimentação.

Caso estes dois novos trocadores de calor atuem em paralelo, a diferença de temperatura e o aproveitamento da energia serão maximizados.

Abaixo o esquema da instalação com as melhorias propostas.



Os balanços de massa e de energia em todos os equipamentos da instalação fazem parte do trabalho.

Os dois trocadores de calor recuperadores, sem mudança de fase, serão dimensionados pelos próprios estudantes de Engenharia Química. Através de tal procedimento didático, obterão treinamento quanto às técnicas inerentes a sua profissão.

O evaporador, que apresenta mudança de fase nos dois fluidos, poderá ser dimensionado pelo uso de know-how de Engenheiros já formados (simuladores). (A técnica de dimensionamento é a mesma; as equações de transferência de calor são diferentes.)

#### Observações:

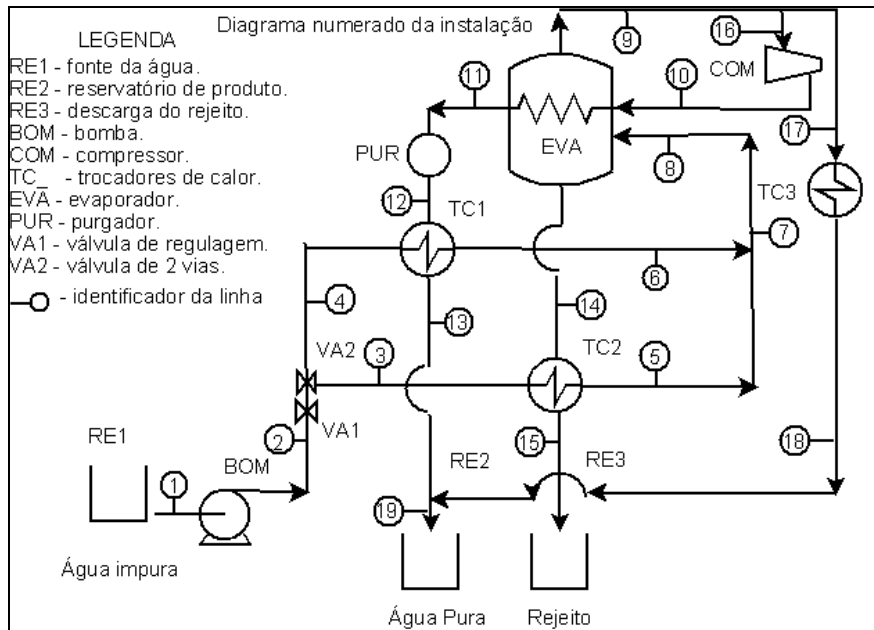
Neste sistema as temperaturas ultrapassam 100 °C. Eventuais microorganismos são eliminados.

Caso a água tenha sólidos em suspensão (água de rio em especial após chuvas), o evaporador pode ser projetado para atuar simultaneamente como decantador (p. ex. Um evaporador vertical com volume livre adequado em sua parte inferior; zona de troca livre de lodo...).

Na partida da unidade, para atingir-se regime permanente, é adequada a previsão de aquecimento suplementar no evaporador, que pode igualmente ser realizado por meio de energia elétrica. (Comentário.)

### EXEMPLO DE UM ESQUEMA NUMERADO

Para a realização do trabalho proposto é necessária a elaboração de um esquema numerado. Cada linha recebe um número de identificação. Os fluidos que circulam pelas linhas são referenciados por tais números.



### EXEMPLO DE UMA TABELA DE DADOS

Para a conferência das informações técnicas de projeto, tabelas de dados são necessárias. É a exposição dos resultados na Forma de Tabela, dos Balanços Materiais e de Energia, Ponto a Ponto, em Toda a Instalação.

Linha	Fluido	Estado Físico	* $m$ (Kg/s)	T (°C)	P (Kgf/cm <sup>2</sup> )	h (Kcal/kg)	s (Kcal/kg°C)
1							
2							
3....							

Tabelas com as informações de dimensionamento dos equipamentos também são desejáveis.

### DADOS PARA CADA EQUIPE

Identificação da Equipe:	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Matéria Prima	Água do mar	Água salobra	Água do mar	Água salobra	Água do mar	Água salobra	Água do mar	Água salobra	Água do mar	Água salobra	Água do mar	Água salobra
Pessoas *	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380
Consumo de água dessalinizada na unidade industrial. (m <sup>3</sup> / hora)	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44

A água do mar tem 3% de sais.

A água salobra tem 5000 p.p.m. de sais.

Pessoas: População de uma vila de funcionários hipotética, localizada nas proximidades da unidade industrial, a ser atendida também pelo sistema de dessalinização. O consumo de água / pessoa / dia deve ser pesquisado para as condições nacionais.

Caso os equipamentos fiquem muito grandes, empregue unidades iguais operando em paralelo.

**CAPA DO TRABALHO, COM OS ITENS DE AVALIAÇÃO E SUMÁRIO SOLICITADO.**

<b>ITEM PONTUADO</b>	<b>NOTA</b>
Apresentação e Estrutura Formal (sumário, índice de figuras, índice de tabelas...).	
I.1 - Revisão: Evaporação por compressão mecânica do evaporado.	
I.2 - Revisão: Técnicas gerais de dessalinização em uso no planeta desde 1960.	
I.3 - Revisão: Dessalinização por alternativas que empregam a operação unitária de evaporação.	
I.4 ; I.5 ; I.6 ; I.7 ; ...	
II - Dados de projeto fornecidos pelo orientador.	
III - Variáveis de projeto fixadas pela equipe.	
IV - Equações, Estimativa e Levantamento das Propriedades dos Fluidos Envolvidos.	
V - Esquema numerado da Instalação com legenda. (Se necessário, adição em local apropriado de um trocador de calor extra.)	
VI - Balanços de massa e energia em todos os equipamentos da unidade.	
VI.1 - Potência teórica do compressor para compressão ideal.	
VI.2 - Opcional: Potência real e eficiência termodinâmica do compressor. Especificação, Folha de Dados e Seleção do Compressor Centrífugo.	
VII - Tabela de dados referentes a cada linha.	
VIII- Descrição e justificativa dos acessórios do sistema.	
IX - Seleção Justificada dos Modelos de Trocadores de Calor a serem Empregados.	
X - Equações para Estimativa dos Coeficientes de Transferência nos Trocadores de Calor.	
XI - Memorial de cálculo do trocador de calor que recupera o calor do rejeito da Unidade de Dessalinização. Tabela resumo dos resultados do dimensionamento básico.	
XII - Memorial de cálculo do trocador de calor que recupera o calor do 'destilado' da Unidade de Dessalinização. Tabela resumo dos resultados do dimensionamento básico.	
XII.1 - Memorial de Cálculo do Trocador de Calor Extra.	
XIII - Opcional: Memorial de cálculo do evaporador da Unidade de Dessalinização. Tabela resumo dos resultados do dimensionamento básico.	
XIII.1 ; XIII.2 ; XIII.3 ; Catálogos e Extras (créditos adicionais; Surpreenda o Orientador Avaliador...)	
XIV - Resumo e Conclusões (Como custo básico da água pelo emprego do sistema.)	
Bibliografia	
<b>TOTAL</b>	

Espero que a presente atividade acadêmica gere bons frutos no futuro.

*“Nada é tão popular quanto a bondade.” Benjamin Franklin*

**SE BEBER NÃO DIRIJA. SE DIRIGIR NÃO BEBA.**