

Texto 1:

WILLIAN FERREIRA DE SOUZA

Orientação: Prof. José Luis Pires Camacho

1. INTRODUÇÃO

Membranas são estruturas mecânicas que funcionam como barreiras, pois possuem o intuito de separar dois ambientes, porém semipermeáveis, permitindo que haja fluxo de material entre as fases.

As membranas estão presentes nas células de todos os seres vivos procariontes e eucariontes, estabelecendo fronteira entre o meio intracelular e os demais tecidos. No caso das células animais, ela é composta por uma bicamada lipídica e trabalha como uma barreira seletiva que captura do meio substâncias importantes para o funcionamento do metabolismo celular e excreta para o exterior da célula os resíduos metabólicos.

No entanto, a variedade de membranas é bem vasta. À medida que avançavam os estudos no entendimento sobre a tecnologia de membranas, passou-se a produzir estes dispositivos de diferentes tipos de materiais, de diversos tamanhos e para várias aplicações diferentes.

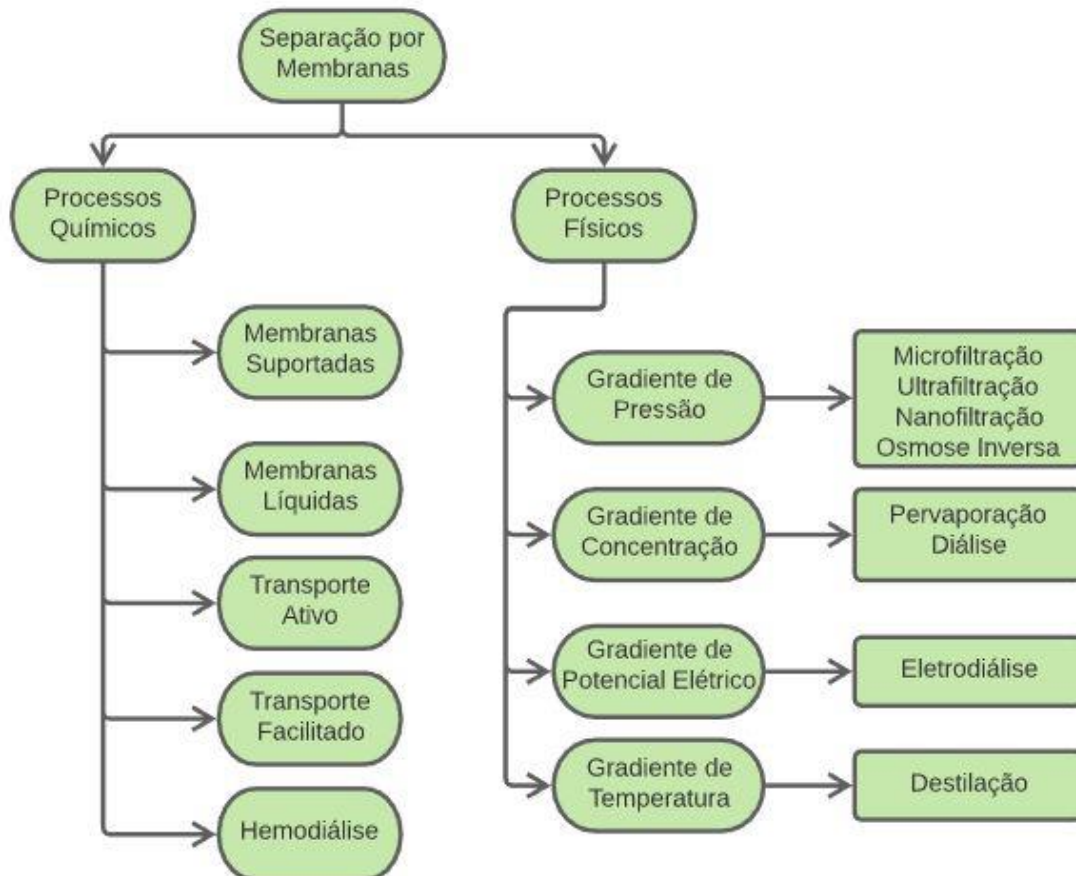
Os primeiros estudos com membranas, datam de 1748, na França, com o clérigo e físico Jean-Antoine Nollet, ou apenas, Abbé Nollet, que descobriu o fenômeno da osmose, quando realizava experimentos sobre passagem de fluidos por membranas naturais. Durante o século XIX e início do século XX, pouco se avançou no estudo dessa tecnologia, e as membranas conhecidas se restringiam apenas às de origem animal e vegetal.

Em 1953, os cientistas americanos Reid e Breton, desenvolvem grande estudo sobre o fenômeno de osmose inversa e sintetizam membranas homogêneas de acetato de celulose para aplicações industriais. Em 1964, Loeb e Sourirajan aperfeiçoaram o processo de fabricação dessas membranas para osmose inversa para que elas garantissem isenção de defeitos, performassem sobre altos fluxos de permeado e anisotropicamente. Ao final da década de 1960, as membranas começaram a possuir status de um dispositivo de uso industrial, e desde então sua aplicabilidade e suas variações ampliaram exponencialmente, pois mostrou-se que, essa tecnologia consegue competir com diferentes métodos de separação já estabelecidos na indústria química, apresentando menores custos energéticos e menor geração de resíduos.

No esquema abaixo, encontra-se esquematizado alguns processos de separação por membranas que serão abordados e detalhados mais adiante neste trabalho.

Para que haja a separação por processos químicos, através de membranas, a substância de interesse, a qual deseja-se separar, deve interagir quimicamente com o material da membrana. E os processos físicos de separação são orientados por uma força motriz que incentiva a migração de partículas através da membrana.

Essas forças motrizes podem ser um gradiente de pressão hidrostática, gradiente de pressão de vapor, gradiente de concentração ou gradiente de potencial elétrico; podendo estarem associados ou não, a um gradiente térmico.



2.MECANISMOS DE TRANSPORTE DE MASSA

A transferência de massa é o processo onde existe a migração de uma ou mais espécies químicas em um dado meio, podendo esse ser sólido, líquido ou gasoso. O transporte das espécies químicas pode ser feito por dois mecanismos: difusão e/ou convecção.

2.1. DIFUSÃO

A difusão é o mecanismo de transporte de massa associado ao gradiente de potencial químico, podendo ocorrer em sólidos, líquidos e gases. Como alguns exemplos de difusão, a diluição de uma gota de tinta num recipiente com água, o odor de um perfume que se espalha em um ambiente, e a movimentação atômica de metais dentro de um meio sólido para confecção de uma liga metálica ou vidros especiais.

Matematicamente o processo de difusão é descrito pelas Leis de Fick, de 1855, que descreve diversos casos de difusão de matéria ou energia em um meio no qual inicialmente não existe equilíbrio químico ou térmico.

2.2. CONVECÇÃO

A convecção é um mecanismo de transporte de calor e massa dado a combinação de outros dois processos, a Condução e a Advecção.

A advecção é um mecanismo de transporte de uma substância ou uma propriedade conservada com um fluido em movimento. O movimento dos fluidos na advecção é descrito matematicamente como um campo vetorial, e o material transportado é tipicamente descrito como uma concentração escalar da substância, que está contido no fluido. Qualquer substância, ou propriedade conservada (como o calor), pode ser

influenciada pela advecção, de forma semelhante, em qualquer fluido. A advecção é importante para a formação de nuvens orográficas, e também para as precipitações atmosféricas, como parte do ciclo hidrológico. Este modo predomina em meios líquidos e gasosos.

A convecção pode ser natural, quando uma diferença de densidade causa naturalmente o escoamento; ou forçada, quando se utilizam meios de provocar o escoamento, como bombas ou ventiladores. Também ocorre troca térmica por convecção nas mudanças de fase líquido/vapor com escoamento bifásico.

3. TIPOS DE MEMBRANAS

Podemos classificar as membranas em sintéticas e biológicas, ou seja, aquelas que biologicamente são essenciais para a existência da vida e desempenham funções vitais nos organismos vivos, e por sua vez as sintéticas são forjadas para atender necessidades específicas em determinados processos de interesse.

3.1. INORGÂNICAS

3.1.1. CERÂMICAS

Dentre os diversos materiais cerâmicos usados na fabricação de membranas, estão em destaque, alumina, sílica, zircônia e titânia. A maior parte das membranas cerâmicas são feitas de óxidos metálicos, que são por natureza hidrofílicos. Essa característica impede as membranas cerâmicas de serem empregadas em alguns processos como extração de solventes apolares, ozonização da água, etc.

Normalmente, essas membranas são obtidas através do processo de sinterização desses óxidos metálicos.

Membranas cerâmicas, por serem inorgânicas/minerais, apresentam uma série de vantagens comparadas às membranas poliméricas, dentre elas estão, alta resistência térmica, alta resistência química (principalmente à oxidação), longa vida operacional, quimicamente inerte, porém suas desvantagens são: fragilidade, suscetíveis a propagação de trincas, sensíveis ao choque térmico e geralmente são mais caras do que as membranas poliméricas.

Dentro dessa categoria de membranas há também as membranas zeolíticas, extremamente recentes, mas muito promissoras principalmente em tratamento de efluentes oleosos.

3.1.2. METÁLICAS

São menos comuns e mais caras, por serem confeccionadas com metais nobres, por exemplo prata, platina e paládio ou alguma liga metálica com alguns destes metais.

Dentre as vantagens, estão a resistência térmica e a compactabilidade dos reatores para obter fluxos de permeados parecidos com os de membranas densas ou microporosas. Normalmente, são confeccionadas membranas metálicas de módulo fibra oca.

Dentre suas principais aplicações se destaca a produção de gás hidrogênio de altíssima pureza e reforma de vapores de gases metano.

3.1.3. VÍTREAS

As membranas porosas fabricadas a partir de vidro possuem propriedades mecânicas inferiores às poliméricas e metálicas, e, em temperaturas de trabalho acima de 800 °C sofrem mudanças estruturais implicando em variações dos tamanhos de poros. Entretanto, as superfícies vítreas permitem funcionalização a partir de vários tipos de compostos de modo a acrescentar propriedades no processo de separação. Dentre os modos de se obter uma superfície catalítica ativa estão a deposição de um filme fino de substância catalítica

sobre a membrana e/ou nos poros, deposição de nanopartículas de substância catalítica na estrutura porosa, e formação de constrições na estrutura porosa através da deposição química a vapor.

Um exemplo de aplicação é o uso de membranas vítreas impregnadas com dióxido de titânio (como catalisador) para tratamento de efluentes contendo óleos minerais, graxas e solventes orgânicos. O dióxido de titânio tem propriedade fotocatalítica que possibilita a degradação de matéria orgânica através de processos oxidativos. Sendo uma alternativa mais compacta ao tradicional tratamento com lodo ativado.

3.2. ORGÂNICAS

3.2.1. POLIMÉRICAS

As membranas poliméricas são as mais comumente empregadas em processos industriais, são relativamente baratas, fáceis de manufaturar e disponíveis em uma ampla gama de tamanhos de poros.

A principal desvantagem desse tipo de membranas são as limitações de operação, como faixa de temperatura de trabalho (variando entre abaixo de 40°C e abaixo de 90°C), faixa de pH restrita e baixa tolerância a cloretos. Na tabela abaixo, podemos visualizar os principais polímeros para confecção de membranas e quais os processos de separação que faz-se uso.

Polímero	Membranas
Policarbonato (PC)	MF
Fluoreto de Polivinilideno (PVDF)	MF e UF
Politetrafluoretileno (PTFE)	MF
Polipropileno (PP)	MF
Poliamida (PA)	MF; UF e OR
Acetato de celulose (CA)	MF e UF
Polisulfona (PSf)	MF e UF
Polieterimida (Ultem)	MF e UF
Polieter-etercetona (PEEK)	MF e UF
Poliacrilonitrila (PAN)	UF
Poliimida	UF
Polietersulfona (PES)	UF

3.2.2. BIOLÓGICAS

São aquelas membranas presentes nas células de organismos vivos, como por exemplo a membrana plasmática, ou quaisquer outras que exerçam função essencial para a manutenção da vida.

A membrana plasmática ou citoplasmática é a estrutura que delimita todas as células vivas, tanto as procarióticas como as eucarióticas. Ela estabelece a fronteira entre o meio intracelular, o citoplasma, e o ambiente extracelular, que pode ser a matriz dos diversos tecidos. Uma das principais funções da membrana plasmática é controlar o que entra e o que sai do interior da célula, uma propriedade conhecida como permeabilidade seletiva. Por ser formada por uma bicamada lipídica, ela é impermeável à maior parte das moléculas solúveis em água. Em razão disso, a grande maioria de íons e moléculas necessita da mediação por proteína para atravessá-la (transporte facilitado). Além da permeabilidade seletiva, a membrana plasmática possui proteínas que garantem a interação entre as células e o recebimento de sinais do ambiente.