

ESTUDO DA RESISTÊNCIA ÔHMICA EM MEMBRANA DE TROCA CATIÔNICA NO PROCESSO DE ELETRODIÁLISE

Ruan C.A. Moura^{1*}, Zolacir T. Oliveira Jr.¹, Adélcio Carlos de Oliveira², Franco D.R. Amado¹

1) Programa de Pós-Graduação em Ciência, Inovação e Modelagem em Materiais (PROCIMM), Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), Ilhéus, BA, Brasil. Correo electrónico: rcamoura@uesc.br

2) Universidade Federal de São João Del Rey (UFJF), Ouro Branco, MG, Brasil.

Recibido: Julio 2013; Aceptado: Diciembre 2013

RESUMO

A eletrodiálise é uma técnica de separação que emprega membranas de troca iônica como agente de separação. Nesta, íons são transportados, através das membranas, por ação de um campo elétrico. O desenvolvimento de novas membranas de troca iônica e as modificações na seletividade de membranas comerciais impulsionaram a aplicação da eletrodiálise. O objetivo deste estudo foi investigar o transporte de íons em uma membrana de troca catiônica, por meio de ensaios para avaliação da resistência da membrana de troca iônica a partir da curva de polarização, considerando uma solução sintética de cloreto de sódio.

Palavras-chave: Eletrodiálise, Resistência Ôhmica, Membrana de troca catiônica.

ABSTRACT

The electrodialysis is a separation technique that uses ion exchange membranes as separating agent. This, ions are transported across membranes by the action of an electric field. The development of new ion exchange membranes and changes in the selectivity of commercial membranes stimulated the application of electrodialysis. The aim of this study was to investigate the transport of ions in a cation exchange membrane, by testing for the resistance of ion exchange membrane from the polarization curve, considering a synthetic solution of sodium chloride.

Keywords: Electrodialysis, Resistance Ohmic, Membrane cationic exchange.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso hídrico limitado e de valor inestimável. Mais que um insumo indispensável à produção, é um recurso estratégico para o desenvolvimento econômico e vital para a manutenção dos ciclos biológicos, geológicos e químicos que mantém em equilíbrio os ecossistemas. No entanto, após a utilização destes recursos, muitas vezes as suas características físico-químicas são modificadas, sendo necessário realizar o seu tratamento.

Nas últimas décadas, técnicas de separação usando membranas têm sido estudadas para o tratamento de água, para o abastecimento público e mais recentemente, para o tratamento de efluentes industriais. A utilização de técnicas para separação de espécies iônicas que utilizam membranas encontra-se em ampla expansão. Dentre os processos de separação por membranas os mais utilizados são: eletrodiálise, ultrafiltração, microfiltração e osmose reversa [1–3].

Nos últimos anos os processos de separação por membranas, como exemplo a eletrodiálise (ED) que emprega membranas de troca iônica, vem ocupando um espaço significativo com relação ao tratamento de efluentes eletrolíticos. A importância tecnológica destes processos conduz a inúmeros estudos como uma alternativa às unidades convencionais de separação de íons.

O avanço da técnica de eletrodiálise está sendo ocasionado pelo desenvolvimento de novas membranas de troca iônica e de modificações nas membranas comerciais disponíveis, com a finalidade de melhorar suas propriedades de transporte e reduzir a quantidade de energia mobilizada para a separação iônica.

EXPERIMENTO

Materiais. Foi realizado experimento com uma membrana comercial do tipo “HDX-100” (Tabela 1), utilizando-se uma célula de cinco compartimentos (Figura 1) e solução sintética de cloreto de sódio 0,1 e 0,3 M.

Tabela 1. Características das membranas utilizadas na célula de eletrodiálise.

Parâmetro	Unidade	HDX100 Catiônica	HDX200 Aniônica
Contenção de água	%	35 – 50	30 – 45
Capacidade de troca iônica	$\text{mol}\cdot\text{kg}^{-1}$ (seca)	$\geq 2,0$	$\geq 1,8$
Resistência superficial da membrana (0,1 mol NaCl)	$\text{Ohm}\cdot\text{cm}^{-2}$	≤ 20	≤ 20
Resistência a ruptura	MPa	$\geq 0,6$	$\geq 0,6$
Grau de expansão	%	$\leq 0,2$	$\leq 0,2$
Permeabilidade a água	$\text{mL}\cdot\text{h}\cdot\text{cm}^{-2}$	$\leq 0,1$ (abaixo de 0,2 MPa)	$\leq 0,2$ (abaixo de 0,035 MPa)

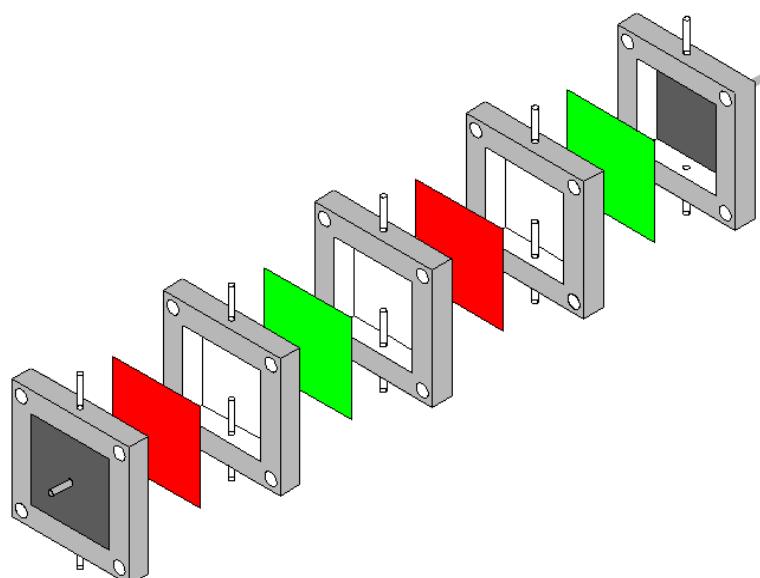


Figura 1. Célula de eletrodiálise com cinco compartimentos.

O experimento consiste na determinação da curva de polarização da membrana de troca catiônica. Para isto, foi necessário montar alguns instrumentos de medição conforme Figura 2.

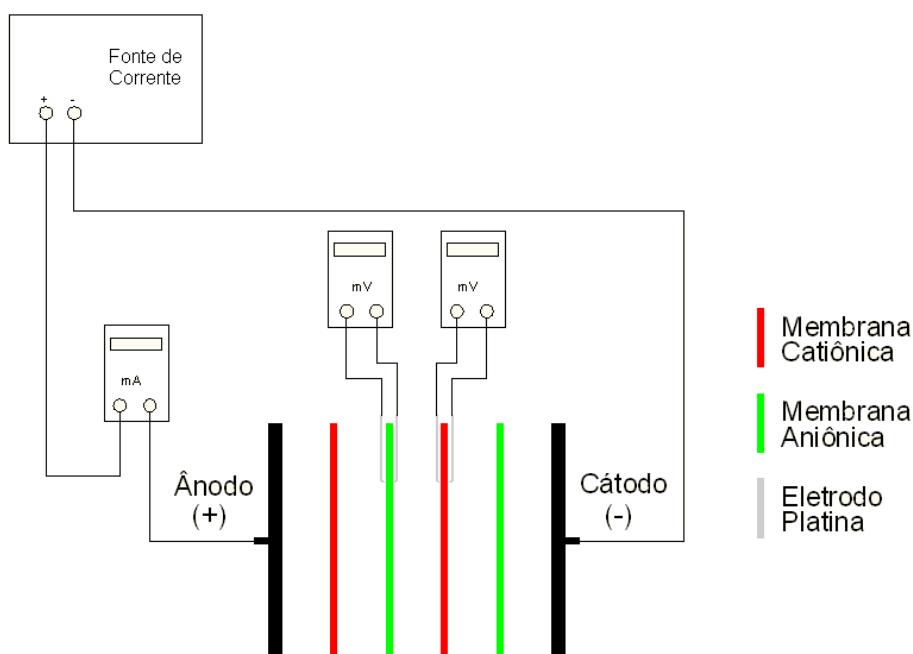


Figura 2. Diagrama de montagem do experimento de eletrodiálise.

Utilizou-se uma fonte de corrente constante para aplicar incrementos sucessivos de corrente elétrica em intervalos de dois minutos. Ao final de cada intervalo foram registrados dados de corrente aplicada e potencial na membrana. A diferença de potencial entre as duas interfaces da membrana (aniônica e catiônica) foi medida através de multímetros conectados a fios de platina, conforme apresentado na Figura 3.

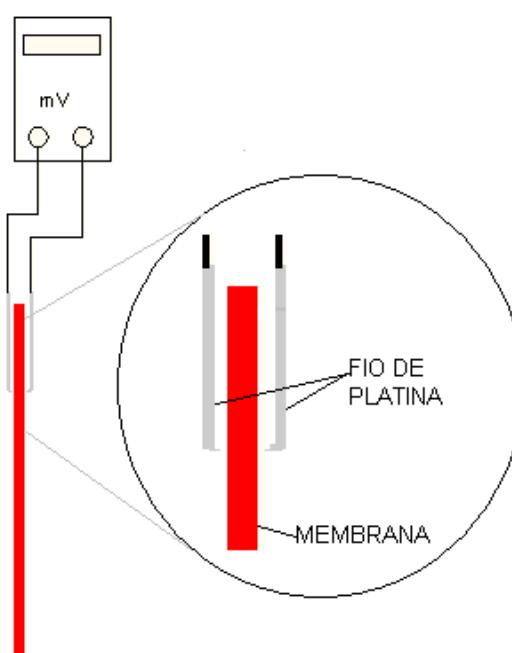


Figura 3. Esquema de montagem dos fios de platina.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimentos. Foram realizados ensaios para a obtenção das curvas de polarização e verificação da corrente limite para eletrodiálise de cloreto de sódio com membrana de troca catiônica comercial "HDX100" na célula de cinco compartimentos. A curva de polarização obtida apresenta comportamento similar ao encontrado na bibliografia, com três regiões bem definidas como verificado na Figura 4.

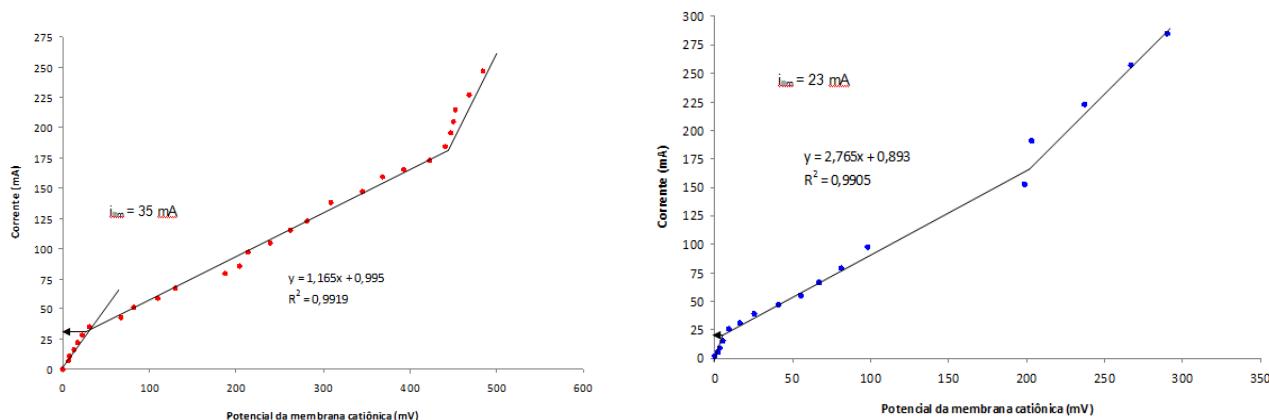


Figura 4. Curva de polarização da membrana de troca iônica HDX100 em solução de NaCl: (a) 0,1 M e (b) 0,3 M.

- a primeira região indica um relação linear entre corrente e potencial elétrico (região Ôhmica), um estado que tende ao equilíbrio entre o transporte na membrana e na solução;
- a segunda região, a corrente possui continua apresentando comportamento crescente, mas em menor intensidade, comparado à primeira região (região difusiva);
- a terceira região, indica o aumento da corrente novamente com o aumento do potencial elétrico, e pode ser atribuída à condução de corrente pelas espécies H^+ e OH^- , formadas pela dissociação da água.

A partir da curva de polarização, foi possível calcular a resistência Ôhmica (primeira região) ao transporte de cátions Na^+ através da membrana de troca catiônica comercial “HDX100”. Na Figura 5 foram destacadas as retas a e b, que indicam a região Ôhmica da membrana de troca catiônica para 0,3 e 0,1 M respectivamente.

Deste modo, a partir da inclinação das retas 1 e 2 foi possível determinar as resistências Ôhmicas ao transporte de Na^+ presentes em solução de NaCl com concentração de 0,1 M ($0,023 \Omega \cdot cm^{-2}$) e 0,3 M ($0,054 \Omega \cdot cm^{-2}$).

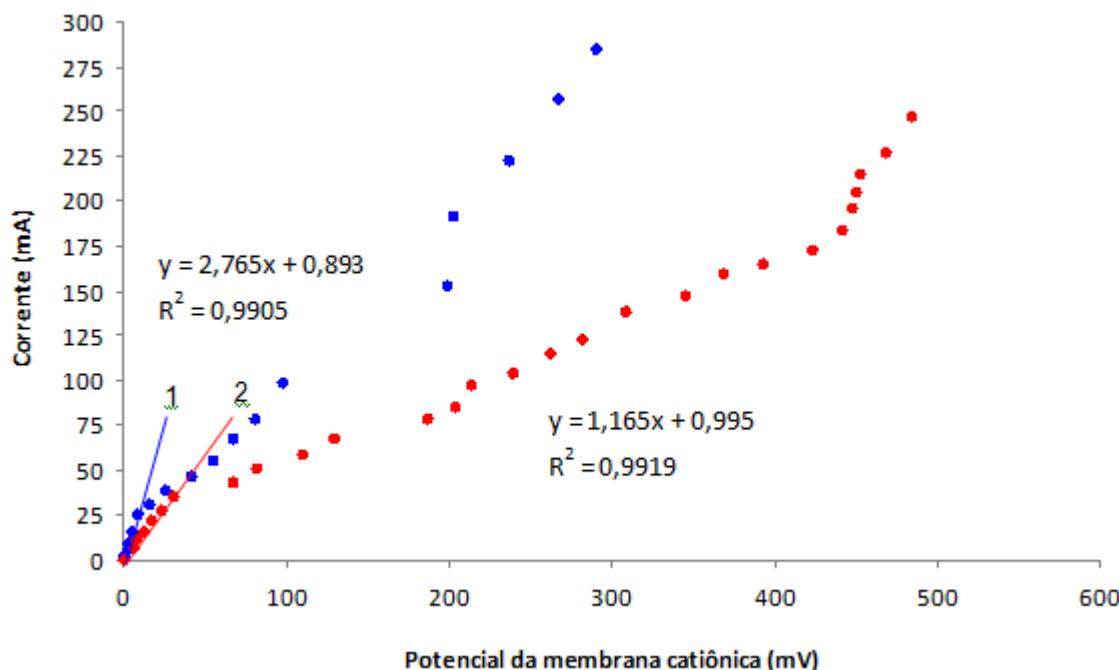


Figura 5. Resistência Ôhmica da membrana de troca iônica HDX-100 em solução de NaCl: (1) 0,1M e (2) 0,3M.

CONCLUSÕES

Observou-se que a resistência na membrana se eleva com o aumento da concentração de cloreto de sódio na solução. Este fato ocorreu, devido o aumento no número de íons sendo transportados através da membrana. Como a membrana possui capacidade de transporte limitada, quando há elevação na quantidade de íons, ocorre um maior número de colisões entre íons e membrana, resultando em um aumento da resistência ao transporte.

Agradecimentos. Os autores agradecem à FAPESB e à CAPES pelo suporte financeiro

REFERÊNCIAS

- [1] Strathmann H “*Electrodialysis and related processes*”, en RD Noble, Stern (Editores), “*Membrane Separations Technology – Principles and Applications*”, Elsevier, New York, NY, p 213–281, (2005).
- [2] Scott K “*Handbook of Industrial Membranes*”, Elsevier Advanced Technology, Oxford, UK, (1995)
- [3] Bard AJ, Faulkner LR “*Electrochemical Methods Fundamentals and Applications*” 2ª Edición. John Wiley & Sons Inc. 2000
- [4] Sonin AA, Probstein RF “A hydrodynamic theory of desalination by electrodialysis”, *Desalination*, 293 (1968)
- [5] Rautenbach, R.; Albecht, R.; Membrane Process, Jonh Wiley & Sons Ltda, (1989).
- [6] Nikonenko V, Zabalotsky V, Larchet C, Auclair B, Pourcelly G “Mathematical description of ion transport in membrane systems”, *J. Desalination*, (2002)
- [7] Shaposhnik VA, Grigorchuk OV “Mathematical Model of Electrodialysis with Ion-Exchange Membranes and Inert Spacers”, *J. Elektrokimica* (2010)
- [8] Pismenskiy A, Nikonenko V, Urtenov M, Pourcelly G “Mathematical modeling of

- gravitational convection in electrodialysis processes”, *J. Desalination* (2005)
- [9] Weiss TF “*Cellular Biophysics*”, MIT Press, Cambridge, MA 1996
- [10] Johnston D, Wu SM “*Foundations of Cellular Neurophysiology*”, MIT Press, Cambridge, MA 1995
- [11] Cornelis RV “*Electrodialytic Recovery of Acids and Bases. Multicomponent Mass Transfer Description*”. PhD Thesis. Rijksuniversiteit Groningen 2001
- [12] Drazin PG “*Introduction to hydrodynamic stability*”. Cambridge University Press 2002
- [13] Aguilella MV, Mafé S, Pellicer J “On the nature of the diffusion potential derived from Nernst–Planck flux equations by using the electroneutrality assumption”, *Eletrochimica Acta*, **32**, 483 (1987)
- [14] Feldberg, W. S.; “On the dilemma of the use of the electroneutrality constraint in electrochemical calculations”, *Electrochemistry Communications*, **2**, 453 (2000)
- [15] Cassou LM, Olivares W, Sulbaran B, Jiang Y “Violation of the electroneutrality condition in confined unsymmetrical electrolytes”, *Physica A*, **231**, 197 (1996)
- [16] Pourcelly G, Sistat P “Steady-state ion transport through homopolar ion-exchange membranes: an analytical solution of the Nernst–Planck equations for a 1:1 electrolyte the electroneutrality assumption”, *J. Electroanalytical Chem.*, **460**, 53 (1999)