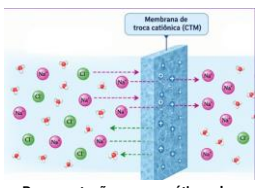
cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho Florianópolis-SC

INVESTIGAÇÃO DA REAÇÃO DE RETICULAÇÃO PARA SÍNTESE DE MEMBRANAS A BASE DE ACETATO DE CELULOSE E LIGNOSULFONATO DE SÓDIO

Marcus V. O .Melo(G)[1];Ana G. Tomé[1](PG); Miriam M. de Resende[1](PQ), Daniel Pasquini[2](PQ),Sheila C. Canobre[2](PQ),Fábio A. Amaral[2](PQ)
1.Faculdade de Engenharia Química,UFU; 2. Instituto de Química,UFU .

Introdução

O desenvolvimento de membranas tem despertado interesse devido ao seu amplo espectro de aplicações, como células a combustível ou no tratamento de água e efluentes[1]. Nesse cenário, as membranas de troca iônica empregadas na eletrodiálise consolidaram-se como um tópico essencial para operações em escala industrial[1].



Representação esquemática do transporte de ions através de uma membrana de troca catiônica(MTC). Adaptado de (Biesheuvel et al., 2022)

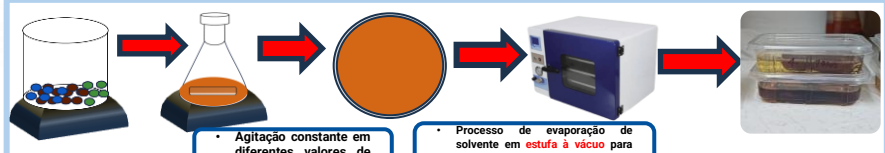
Objetivos

Otimizar a rota de síntese de membranas através de uma reação de reticulação, tendo em foco a máxima capacidade de troca iônica e eficiência de reticulação entre os polímeros.

AC-OH + HOOC-R-COOH + OH-LS

AC-OOC-R-COO-LS + $2H_2O$

Metodologia



- 0,15 g Lignosulfonato de sódio (LS);
- Acido cítrico(Aci);
- 1g** Acetato de celulose(AC);
- Solubilizados em 8 mL de DMSO.

- Agitação constante em diferentes valores de temperatura e tempo;
- Processo de evaporação de solvente em estufa à vácuo para nas condições de 68,5 66 mmHG por 1 dia.
- Após seca, membrana submersa durante 24 h em água para determinação da quantidade lixiviada em solução através de UV-vis(280 nm).

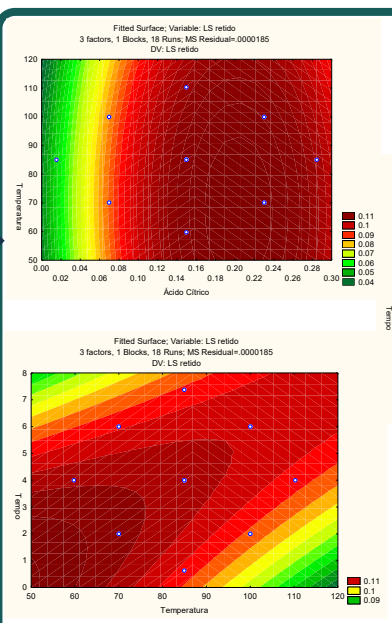
Resultados

Planejamento Composto Central(PCC)

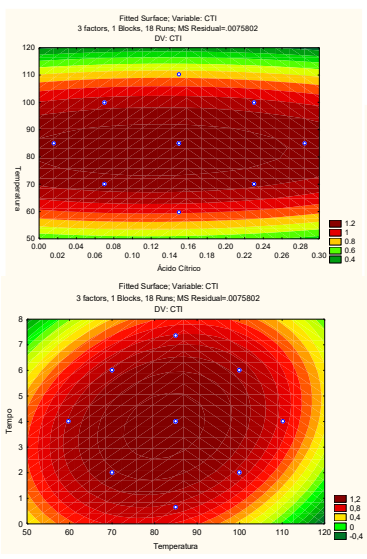
Nº	Ac i(g)	Temperatura (ºC)	Tempo (h)	Ef. Retenção (%)	CTI (meq/g)
1	0,0700	70,00	2,00	60,978	1,2263
2	0,0700	70,00	6,00	55,528	0,8660
3	0,0700	100,00	2,00	52,839	0,9821
4	0,0700	100,00	6,00	60,744	0,8667
5	0,2300	70,00	2,00	76,045	0,9839
6	0,2300	70,00	6,00	77,308	0,9569
7	0,2300	100,00	2,00	75,720	0,7357
8	0,2300	100,00	6,00	73,162	0,9802
9	0,0155	85,00	4,00	33,611	1,1458
10	0,2845	85,00	4,00	68,987	1,2201
11	0,1500	59,77	4,00	74,483	0,8725
12	0,1500	110,23	4,00	69,193	0,7647
13	0,1500	85,00	38min	71,216	0,7978
14	0,1500	85,00	7h 22min	68,926	0,8417
15	0,1500	85,00	4,00	74,361	1,3459
16	0,1500	85,00	4,00	71,878	1,3601
17	0,1500	85,00	4,00	73,645	1,1710
18	0,1500	85,00	4,00	73,933	1,1485

*Sob condições de massa acetato de celulose(Ac) fixado em1g.

Superfícies de resposta



- Ef. Retenção
- R^2=0,97041

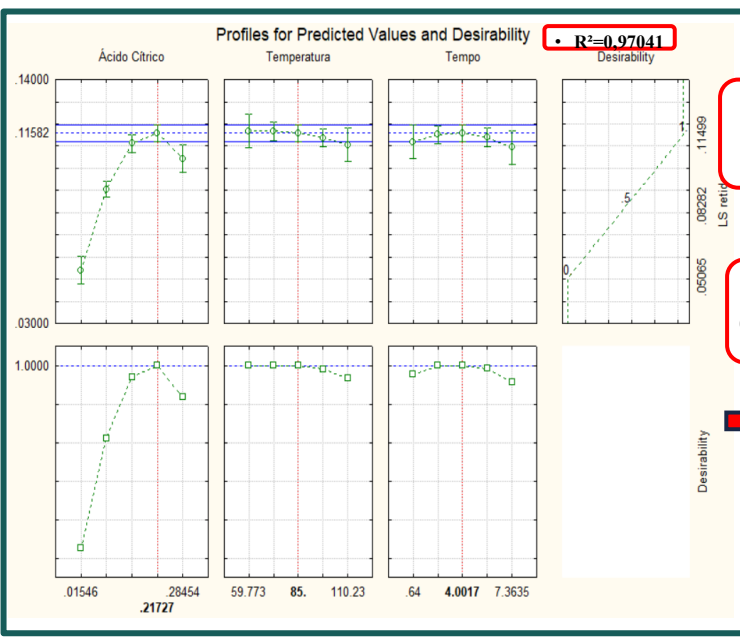


- CTI
- R^2=0,9085

*Valores de retenção obtidos através de leituras de UV-Vis(280nm).

meq* → Quantidade de carga elétrica carregada por íons em uma solução química.

Análise de desejabilidade



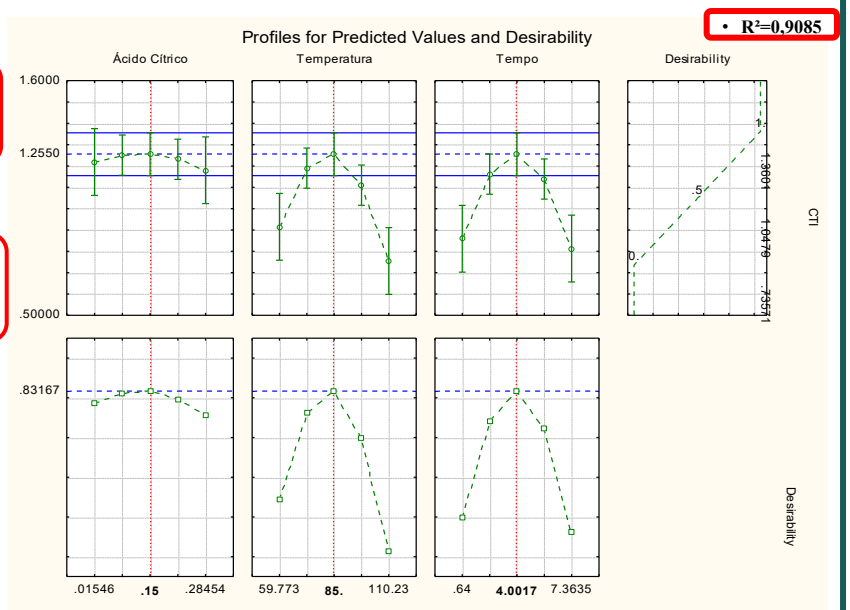
- R^2=0,97041

Retenção após 18h: 72,166%±1,186
Retenção esperada:76,66%
Desvio : 5,862%

Condição ótima: Temperatura:85ºC, 0,21727g de Aci e 4h

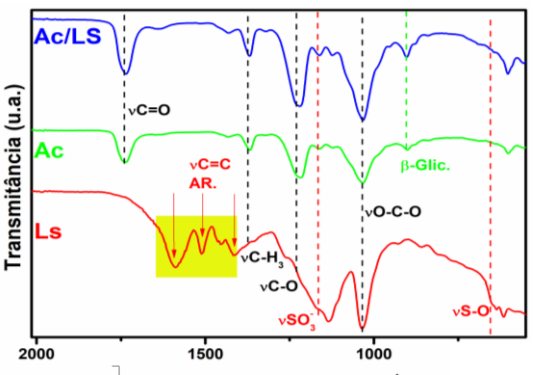
CTI:1,2564 ±0,1120
CTI esperada: 1,3601
Desvio:7,62%

Condição ótima: Temperatura: 85ºC, 0,15g de Aci e 4h

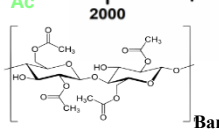


- R^2=0,9085

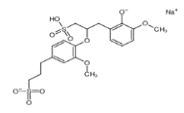
Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourrier(FTIR)



Ac

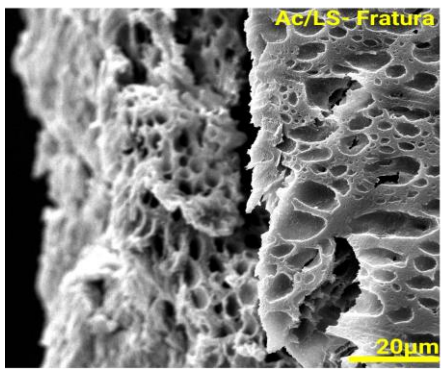


LS



Bandas (cm^{-1})	Ac	LS	Ac/LS
ν(C=O)	1739	-	1737
ν(C=C) Aromático	-	1594 1510 1419	-
δ(C-H_3)	1368	1365	1367
ν(C-O)	1220	-	1220
ν(SO_3^-)	1172	1172	1160
ν(O-C-O)	1034	1035[2],[3]	1035
β-Glic	905	-	905
ν(S-O)	-	654	653

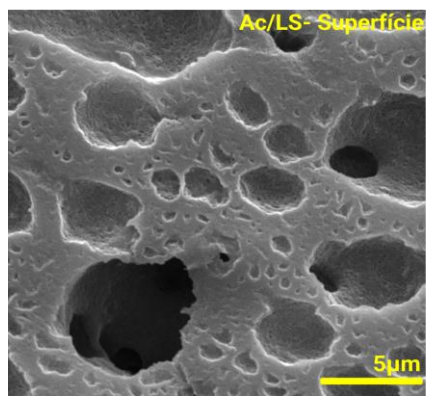
Microscopia eletrônica de varredura (MEV)





Membranas biodegradáveis a base de acetato de celulose (AC) e lignosulfonato de sódio(LS) incorporado com uso de ácido cítrico(Aci) pela reação de reticulação.

Porosidade média de 5-10 µm



Conclusões

A análise estatística por meio da Metodologia de Superfície de Resposta indicou uma satisfatória capacidade preditiva dos modelos polinomiais (R^2=0,9704 para a eficiência de reticuação e R^2=0,9085 para a CTI). A reticulação com ácido cítrico permitiu imobilizar e reter 72,17±1,19% de LS na matriz de acetato de celulose (Ac) após 24 h em água, enquanto a condição otimizada (85 ºC, 4 h, 0,15 g de ácido cítrico) forneceu uma Capacidade de Troca Iônica (CTI) de 1,256±0,112 meq/g. Os espectros de FTIR e os MEV confirmaram a eficiência da incorporação dos materiais à estrutura da membrana catiônica funcional.

Referências

[1] ISLAM, Md. Didarul.. Materials Advances, v. 4, n. 18, p. 4054–4102, 2023;

[2] FEI, Pengfei; LIAO, Liang; CHENG, Bowen; SONG, Jun. Analytical Methods, Cambridge, v. 9, n. 43, p. 6194-6201, 2017;

[3] WIBOWO, Eko Setio; PARK, Byung-Dae. Molecules, Basel, v. 28, n. 6, art. 2755, p. 1-18, 2023

Futuros passos

- Finalizar o processo de pedido de proteção intelectual da rota de síntese, patenteando o processo;
- Realizar testes de caracterização tanto de aplicabilidade tanto quanto eletroquímicas, tais como : pemeseletividade, resistência ôhmica, porosidade;
- Análise Econômica e de Sustentabilidade (Biorefinaria): Destacar o apelo verde do processo ao utilizar subprodutos da indústria de celulose (lignossulfonato) e agentes de baixo custo (ácido cítrico) como um estudo de viabilidade para economia circular.

Agradecimentos

Faculdade de Engenharia Química
CNPq FAPEMIG Instituto de Química
UFU