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

Efeito do grau de substituição de hemiceluloses catiônicas na atuação como floculantes poliméricos de base natural no tratamento de água

Melissa M. Costa(1); Ana G. Tomé(2); Lícia T. C. Oliveira(1); Miriam M. Resende(1); Sheila C. Canobre(1); Daniel Pasquini(1); Fábio A. Amaral(1)
(1) Instituto de Química, Universidade Federal de Uberlândia
(2) Faculdade de Engenharia Química, Universidade Federal de Uberlândia

INTRODUÇÃO

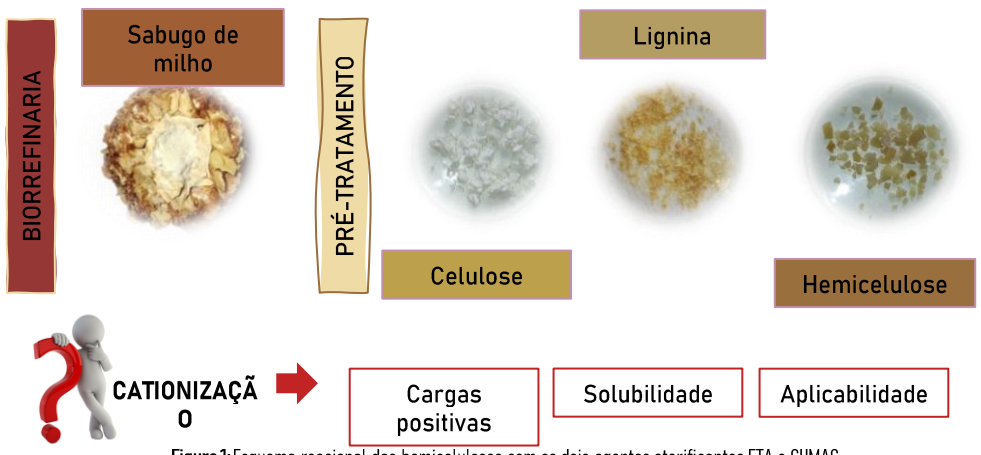
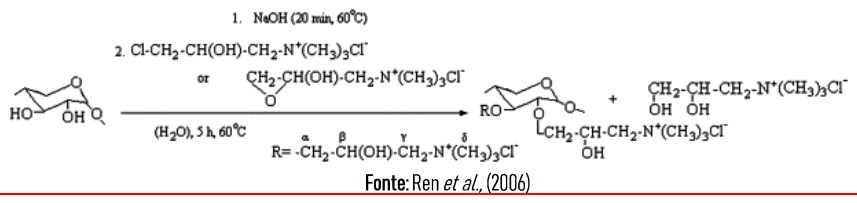


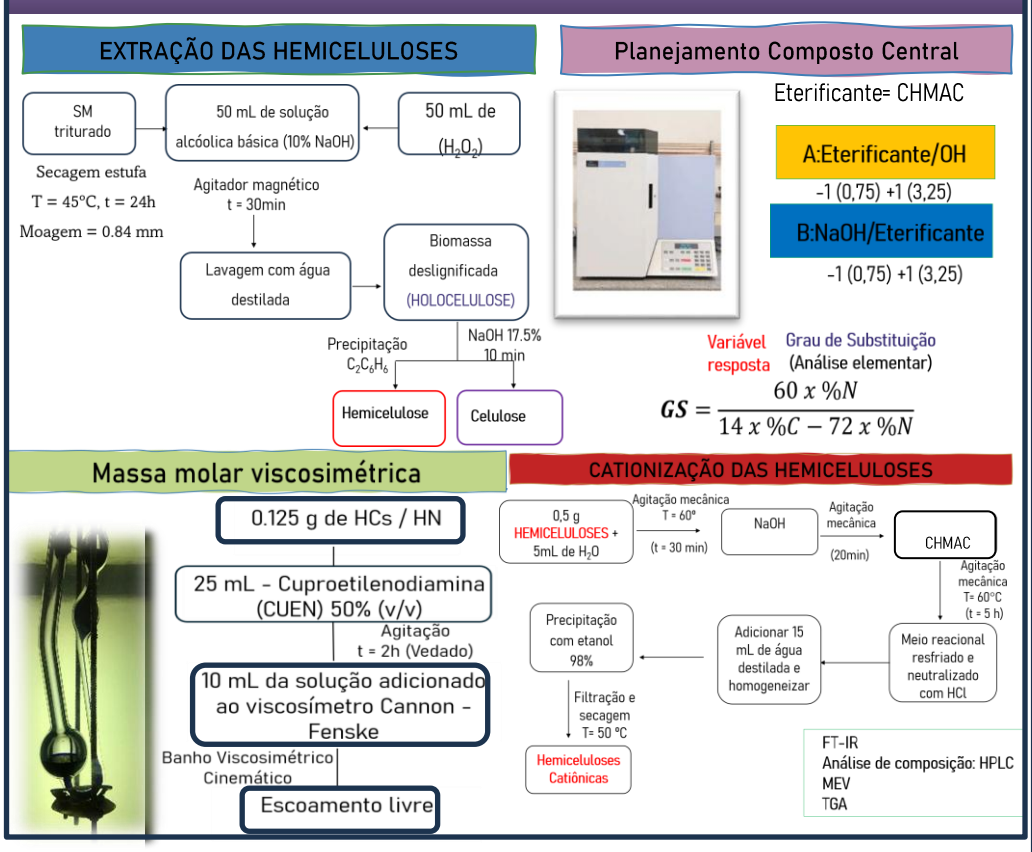
Figura 1: Esquema reacional das hemiceluloses com os dois agentes eterificantes ETA e CHMAC.



Fonte: Ren *et al.*, (2006)

OBJETIVO: Investigar a relação entre o grau de substituição e as propriedades físico-químicas e eletrocinéticas de hemiceluloses catiônicas obtidas por eterificação com CHPTAC, avaliando o seu desempenho e os mecanismos envolvidos na aplicação como floculantes para o tratamento de água de superfície.

METODOLOGIA



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 1— Propriedades físico-químicas e eletrocinéticas de hemiceluloses não modificadas e catiônicas com diferentes graus de substituição.

Amostra	M_v (g mol^{-1})	Densidade de carga (meq g^{-1})	Solubilidade (%)	Potencial Zeta Sobrenadante da Solubilidade (mV)	V_1 Titulação (mL)	V_2 Titulação (mL)	ΔV (V_2 - V_1) (mL)
Titulação em branco	-	-	-	-	19.2	-	
HM	25,126.81	0.049 ± 0.004	3.03 ± 0.79	-21.336 ± 0.488	22.2	36.8	14.6
HC-GS0.08	54,638.95	0.568 ± 0.015	68.70 ± 3.39	-4.313 ± 0.225	17.5	21.6	4.1
HC-GS0.25	38,140.20	1.456 ± 0.057	71.20 ± 2.47	+7.135 ± 0.263	12.8	18.5	5.7
H -GS0.59	40,963.34	2.649 ± 0.154	90.31 ± 2.33	+24.31 ± 0.136	14.0	20.8	6.0
HC-GS0.81	46,638.95	1.072 ± 0.308	81.98 ± 0.60	+2.04 ± 0.156	15.3	18.5	3.2

Tabela 2: Condições experimentais e graus de substituição observados e previstos de hemiceluloses catiônicas via reação de eterificação com CHPTAC.

Exp.	NaOH/ CHPTAC	CHPTAC/ HM-OH	NaOH/OH	GS (Observado)	GS (Predito)
HM	0	0	0	0.006 ± 0.001	-
HC-GS0.17	1.23	0.45	0.55	0.168 ± 0.005	0.099
HC-GS0.25	5.37	0.45	2.42	0.247 ± 0.012	0.243
HC-GS0.59	1.23	1.95	2.4	0.586 ± 0.057	0.561
HC-GS0.32	5.37	1.95	10.47	0.321 ± 0.053	0.349
HC-GS0.08	3.3	0.14	0.46	0.082 ± 0.002	0.119
HC-GS0.53	3.3	2.26	7.46	0.530 ± 0.159	0.521
HC-GS0.28	0.37	1.2	0.45	0.277 ± 0.020	0.329
HC-GS0.31	6.23	1.2	7.47	0.306 ± 0.017	0.282
HC-GS0.31	3.3	1.2	3.96	0.309 ± 0.011	0.318
HC-GS0.32	3.3	1.2	3.96	0.318 ± 0.023	0.318
HC-GS0.31	3.3	1.2	3.96	0.314 ± 0.089	0.318
HC-GS0.33	3.3	1.2	3.96	0.335 ± 0.045	0.318
HC-GS0.81	0.37	2.26	0.84	0.814 ± 0.151	0.955

Figura 1 – Efeito da dosagem de HC na eficiência de remoção de turbidez e no potencial zeta em diferentes valores de pH: HC-GS0.25 em (a) pH 4, (c) pH 7, (e) pH 9 e (g) pH 11; CH-GS0.59 em (b) pH 4, (d) pH 7, (f) pH 9 e (h) pH 11

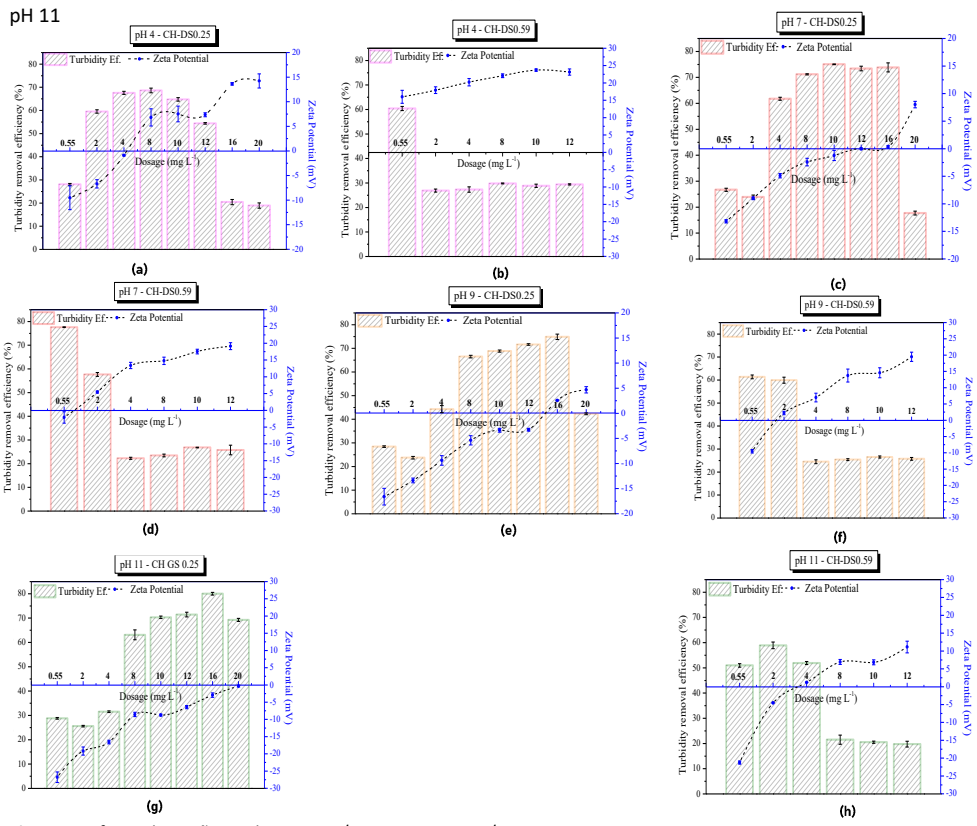
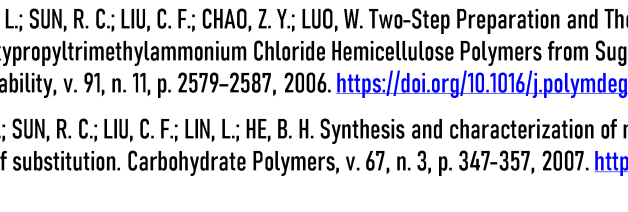


Figura 2 – Efeitos das razões molares NaOH/CHPTAC e CHPTAC/HM-OH no grau de substituição (GS) de hemiceluloses catiônicas: (a) gráfico de Pareto dos efeitos padronizados e (b) superfície de resposta do modelo quadrático ajustado).

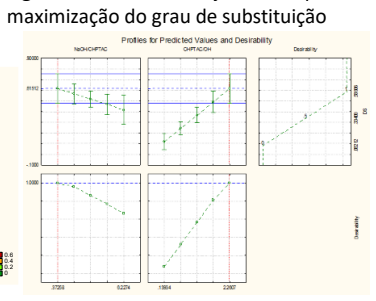


OTIMIZAÇÃO

NaOH/CHPTAC = 0,3758

CHPTAC/HM-OH = 2,2607

Figura 3 – Perfil de desejabilidade para a maximização do grau de substituição



MODELO COMPLETO

$Z = -0.1209 + 0.2169x + 0.0005484x^2 + 0.1196y - 0.006405y^2 - 0.05089xy$

MODELO REDUZIDO

$Z = 0.08323 + 0.1405x - 0.01156xy$

Sendo:

Z = grau de substituição;
x = Eterificante/OH;
y = NaOH/Eterificante.

CONCLUSÕES

A extração do sabugo de milho por Oxi-Organosolv e a subsequente cationização com CHPTAC demonstraram ser rotas eficientes para a obtenção de hemiceluloses catiônicas aplicáveis no tratamento de águas. Os resultados evidenciam que o grau de substituição (GS) modula diretamente o desempenho do biopolímero: o derivado com GS intermediário (0,59) destacou-se pela maior densidade de carga e solubilidade, permitindo elevada remoção de turbidez com baixas dosagens, predominantemente por interações eletrostáticas. Em contrapartida, valores mais baixos (0,25) exigiram maiores concentrações com maior contributo de pontes poliméricas, enquanto um GS excessivo (0,81) induziu a reestabilização coloidal. Assim, o estudo estabelece que o GS otimizado equilibra a acessibilidade iónica e a capacidade floculante, consolidando estes biopolímeros como alternativas sustentáveis e viáveis para a clarificação de águas.

Referências e Agradecimentos

REN, J. L.; SUN, R. C.; LIU, C. F.; CHAO, Z. Y.; LUO, W. Two-Step Preparation and Thermal Characterization of Cationic 2-Hydroxypropyltrimethylammonium Chloride Hemicellulose Polymers from Sugarcane Bagasse. Polymer Degradation and Stability, v. 91, n. 11, p. 2579–2587, 2006. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2006.05.008

REN, J. L.; SUN, R. C.; LIU, C. F.; LIN, L.; HE, B. H. Synthesis and characterization of novel cationic SCB hemicelluloses with a low degree of substitution. Carbohydrate Polymers, v. 67, n. 3, p. 347-357, 2007. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.06.002

Patente BR102024006492-5 (2024)