INVESTIGAÇÃO DA ATUAÇÃO DE UM NOVO COAGULANTE NATURAL, AS HEMICELULOSES CATIÔNICAS, APLICADO NO TRATAMENTO DE EFLUENTE INDUSTRIAL

Amanda Bessa Freitas [(1)]
Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Uberlândia. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC / CNPq na área de Ciências Exatas e da Terra (2020), desenvolvendo estudo sobre síntese de coagulante natural a partir de resíduos agrícolas para aplicação no tratamento de efluente industrial no Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluentes (LAETE).
Ana Gabriela Tomé Alves[(2)]
Graduanda em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Uberlândia. Bolsista de Iniciação Científica PIBIC / CNPq na área de Ciências Exatas e da Terra desde 2016, desenvolvendo estudo sobre síntese de coagulante natural a partir de resíduos agrícolas para aplicação no tratamento de efluente industrial no Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluentes (LAETE).
Elaine Angélica Mundim Ribeiro[(3)]
Doutora em Biocombustíveis pela Universidade Federal de Uberlândia com ênfase em físico-química e biorrefinaria para o desenvolvimento de polímeros e coagulantes para tratamento de água e efluentes. Graduada e Mestre em Química pela Universidade Federal de Uberlândia. Atuou no ensino de Química para o ensino médio, técnico e superior, como docente no Instituto Federal do Triângulo Mineiro, Universidade Federal de Uberlândia, e atualmente professora substituta na Universidade Federal de Catalão.
Sheila Cristina Canobre[(4)]
Doutora em Ciências, ênfase em Eletroquímica pela Universidade Federal de São Carlos (2004). Atualmente, é professora associada nível 2 da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).
Fábio Augusto do Amaral[(5)]
Doutor em Ciências, ênfase em Eletroquímica pela Universidade Federal de São Carlos (2005). Atualmente é professor da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Diretor do Instituto de Química.

Endereço[(1)]**:** Rua Rio Xingu, 409 – Bairro Mansour – Uberlândia – MG – 38414-482 – Brasil – Tel: +55 (34) 99240-4208 – e-mail: amandabessa2803@gmail.com

RESUMO

Uma das maiores vantagens na separação sólido-líquido tem sido o desenvolvimento de polímeros orgânicos – destacando-se as hemiceluloses catiônicas– sendo relativamente estáveis ao cisalhamento para várias suspensões coloidais.As HC foram caracterizadas por espectroscopia de infravermelho e determinação do grau de substituição, os espectros de infravermelho mostraram aumento da intensidade da banda em 1632 cm^{-1} relacionada à presença de agrupamentos amina, os dados foram corroborados pelo grau de substituição 0,417, indicativos de que estes foram incorporados na estrutura das HC. Neste sentido, o presente trabalho visa o estudo da atuação das hemiceluloses catiônicas em diferentes meios iônicos – ácido, básico e salino – para a aplicação como coagulante primário no tratamento de efluentes industriais, foi possível observar que para os três meios iônicos, quando não há excesso de íons no sistema, a HC possui capacidade de promover a desestabilização coloidal do sistema e, por conseguinte a coagulação.

PALAVRAS-CHAVE: coagulante natural, hemiceluloses catiônicas, efluente industrial.

INTRODUÇÃO

O processo de coagulação é utilizado com o propósito de aglomerar as partículas coloidais que estão presentes no meio de dispersão, no caso, efluente industrial [(1)]. A dupla camada elétrica é um modelo do ambiente iônico na vizinhança de um colóide carregado, a qual consiste em duas regiões separadas por um plano denominado Plano de Stern, sendo assim, em torno do colóide existe: uma camada interna (Camada de Stern) e outra camada externa (Camada Difusa ou Gouy-Chapmann); os íons em solução com cargas iguais à partícula são denominados de co-íons e os íons com cargas opostas são os contra-íons, a Figura 1 exemplifica o modelo.

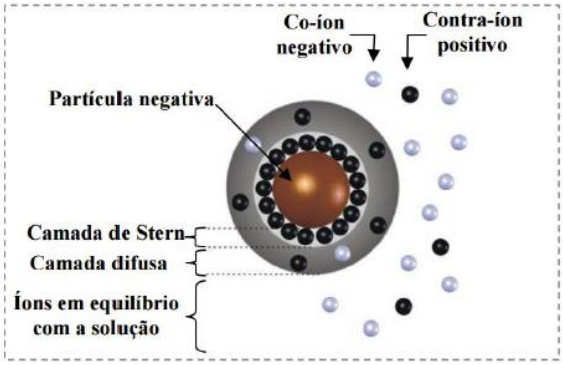


Figura 1: Representação esquemática do modelo de dupla camada elétrica [2].

Sendo assim, quando duas partículas coloidais se aproximam devido ao movimento browniano, atuam sobre elas força de atração (Van der Waals) e força de repulsão (devido à força eletrostática) impedindo a formação de flocos. Dessa forma, a coagulação consiste na desestabilização das partículas coloidais, isto é, a redução da força de repulsão por meio de aditivos químicos.

Os coagulantes/floculantes (polieletrólitos) orgânicos naturais são baseados em polímeros naturais e possuem vantagens quanto à segurança para a saúde humana, biodegradabilidade e um intervalo de dose efetivo mais alargado de floculação para várias suspensões coloidais [3;4;5]. Dessa forma, a presente proposta utilizou agentes químicos oriundos de fontes renováveis, as hemiceluloses catiônicas extraídas da casca de amendoim.

O tratamento primário de efluentes industriais consiste na remoção de parte de sólidos suspensos e matéria orgânica utilizando agentes químicos (coagulação/floculação), seguida de um processo de separação sólido-líquido que pode ser feita por filtração, flotação ou sedimentação. Atualmente, dentre os coagulantes mais utilizados estão, o sulfato de alumínio ($Al_2(SO_4)_3$) e cloreto de ferro ($FeCl_3$), que apesar da comprovada eficiência se tratam de compostos inorgânicos não biodegradáveis. O uso de coagulantes contendo alumínio, em elevadas concentrações, proporciona dano à saúde humana, em especial ao sistema nervoso podendo proporcionar enfermidades como: Alzheimer, mal de Parkinson e Síndrome de Down [6;7;8].

Os derivados hemicelulósicos, geralmente, são mais solúveis quando comparados aos derivados da celulose, este é um ponto crucial para o tratamento de águas residuárias [9]. Em trabalho prévio, Ribeiro e colaboradores[10] utilizaram as hemiceluloses catiônicas (HC), obtidas da palha de milho associada ao tanino catiônico para o tratamento de efluente de lavanderia industrial, os resultados obtidos mostraram que a associação do tanino com as hemiceluloses catiônicas removeram a turbidez do efluente bruto em até 95%, em todos os pHs investigados.

Já em outro trabalho, Ribeiro e colaboradores [11] utilizaram o sulfato de acetato de celulose (SAC) como segundo floculante junto com o Tanino catiônico e HC no sistema *dual-flocculation*, para o tratamento físico químico de um efluente de biodiesel real e sintético, comparando com o uso do polieletrólito comercial, cujos resultados obtidos demonstraram que o uso de polieletrólitos com cargas opostas auxiliavam na remoção de turbidez (89% para aplicação na proporção de Tanino 25% e HC 75%), com redução da DQO e DBO do meio.

A partir destes trabalhos, foi verificado o potencial de aplicação das hemiceluloses catiônicas (HC) como coagulantes primários. Desta forma, a proposta para atual trabalho foi investigara atuação da HC por meio da alteração do meio eletrolítico para potencializar as cargas elétricas da estrutura ou a influência na dupla camada elétrica das partículas do meio, aumentando a atuação destas durante o processo de coagulação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Extração das hemiceluloses

O procedimento de isolamento das hemiceluloses consta no fluxograma da Figura 2.

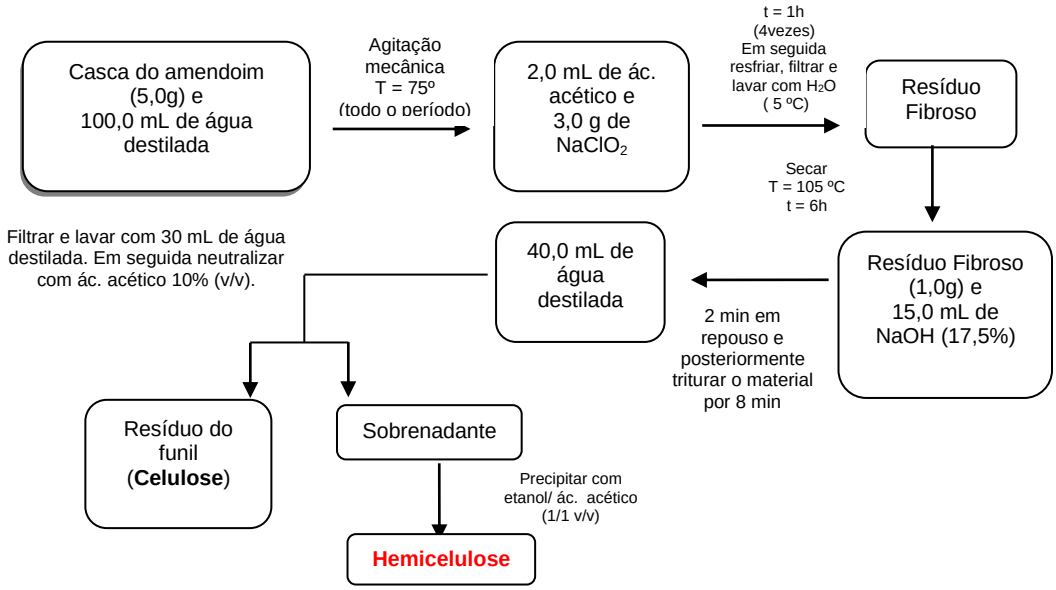


Figura 2: Fluxograma do processo de isolamento das hemiceluloses e celulose a partir da casca de amendoim[12].

Procedimento de cationização das hemiceluloses

Para a obtenção dos derivados catiônicos foi realizado o procedimento descrito por Landim e colaboradores[13] em que a cationização das hemiceluloses foram realizadas em meio homogêneo utilizando 2,3-epoxipropiltrimetilamonio(ETA) como agente cationizante e NaOH como catalisador.

Caracterizaçãodas hemiceluloses por espectroscopia de Infravermelho FT-IR

Os espectros vibracionais na região do infravermelho foram obtidos utilizando-se um espectrofotômetro FT-IR Frontier Single Range – MIR da Perkin Elmer, na região compreendida entre 4000 e 200 cm^{-1}. As caracterizações das amostras foram feitas no estado sólido, com a utilização do acessório de Reflectância Total Atenuada (ATR) com cristal de diamante. O espectrofotômetro utilizado pertence ao Grupo de Materiais Inorgânicos do Triângulo (GMIT) localizado no Laboratório de Fotoquímica e Ciência de Materiais (LAFOT-CM) do Instituto de Química da UFU.

Determinação do grau de substituição para as hemiceluloses catiônicas

O cálculo do grau de substituição (GS) é realizado por meio da quantidade de nitrogênio e carbono, que os derivados catiônicos das hemiceluloses possuem, obtidos através da análise elementar dos mesmos de acordo com a Equação 1.[10;14]

$$GS = \frac{(60\,.\%N)}{(14\,.\%C - 72\,.\%N)}$$ EQUAÇÃO (1)

Na qual:
%N = porcentagem de nitrogênio determinado por análise elementar;
%C = porcentagem de carbono determinado por análise elementar;
60 = massa molar de carbonos da molécula de xilose;
14 = massa molar de nitrogênio presente no grupo substituinte catiônico; e
72 = massa molar de carbonos do grupo substituinte catiônico.

Preparação das soluções de hemiceluloses catiônicas ácidas, básicas e neutras para atuação como coagulante primário no tratamento de efluente

Para o uso das HC como coagulante primário foram utilizados soluções de polieletrólitos em diferentes meios iônicos com mesma concentração: Hidróxido de Sódio 2,5%, uma solução de Ácido Clorídrico 2,5% e NaCl 2,5% (pH constante). Assim 3,5 g de HC foram dissolvidas em 10 mL da solução ácida, básica ou neutra e utilizada nos testes de coagulação, eficiência de remoção de turbidez foi utilizada para avaliar a coagulação para diferentes pHs.

Estabelecimento da Rota de Tratamento Físico-Químico para o efluente industrial proveniente de indústria alimentícia

A rota experimental foi baseada nos sistemas convencionais de tratamentos físico-químicos já amplamente conhecidos como coagulação. Dessa forma, foi seguido conforme as etapas representadas na Figura 3, sendo que, esta rota de tratamento foi utilizada para cada meio iônico proposto.

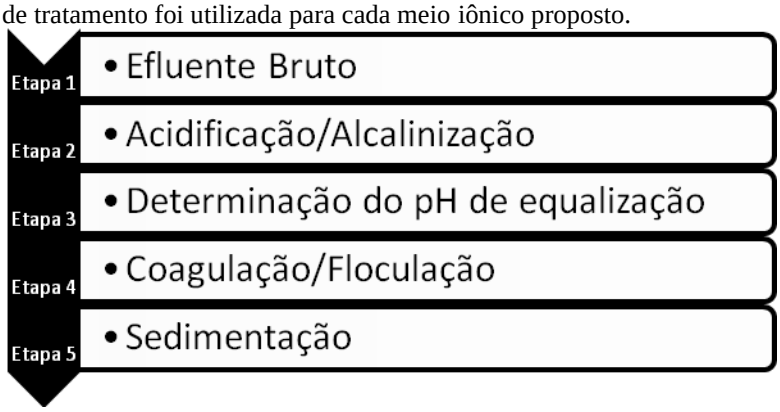


Figura 3: Representação da Rota de Tratamento Físico Químico proposta para o tratamento de efluente industrial
Fonte: A autora

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização das Hemiceluloses e Hemiceluloses Catiônicas por Espectroscopia de Infravermelho FT-IR

Com o objetivo de analisar a estrutura molecular das Hemiceluloses em estados natural e catiônico a fim de averiguar os indícios de cationização, foram realizadas espectroscopias de Infravermelho na região compreendida entre 4000 a 200 cm^{-1}, como apresentado na Figura 4.

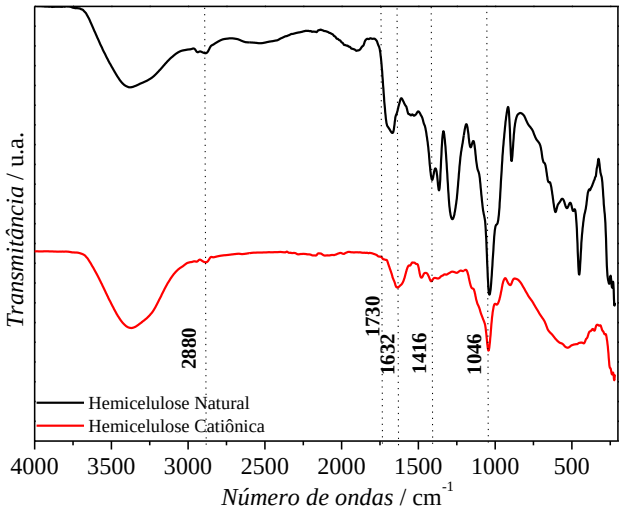


Figura 4: Espectros de Infravermelho (FT-IR) das Hemiceluloses e Hemiceluloses Catiônicas sintetizadas a partir da casca de amendoim.

A partir do gráfico da Figura 4 são destacadas as principais bandas referentes às hemiceluloses e determinadas na Tabela 1.

Tabela 1: Atribuições de bandas de absorção no espectro na região do infravermelho para Hemicelulose natural e HC[10;14].

Número de Ondas/ cm^{-1}	Atribuições	Estiramento O-H	C=O	Grupo Amina	Deformação de CH_2	Estiramento de C=O
	Hemicelulose natural	2888	1730	1672	1366	1038
	HC	2880	-	1632	1416	1046
	HC da referência (10)	**2910**	**1730**	**1624**	**1426**	**1170**

As principais bandas que apontam para a cationização das hemiceluloses são localizadas em: 1632cm^{-1} que aponta o grupamento amina - responsável pelo caráter catiônico; e 1730 cm^{-1} que pode ser atribuída a C=O não conjugada em hemiceluloses, estando presente no FTIR das hemiceluloses em estado natural, e ausente no FTIR das hemiceluloses catiônicas.

Determinação do grau de substituição (GS) para as hemiceluloses catiônicas

Os dados da análise elementar e o cálculo do GS estão apresentados naTabela 2. As hemiceluloses catiônicas foram produzidas a partir das hemiceluloses extraída da casca do amendoim. Utilizando a Equação (A) para cálculo, foi possível obter um GS de 0,417, que é considerado um valor satisfatório. De acordo com Ren e colaboradores[9]que estudaram o efeito da variação da razão molar de NaOH/ETA de 0,1 a 3, obtiveram materiais com GS que variaram de 0,01 a 0,54 para hemiceluloses catiônicas.

Tabela 2: Dados de análise elementar da HC e GS calculado pela Equação 1.

	%C	%H	%N	GS
HC	14,17	2,97	0,92	0,41

Investigação da adsorção de cargas na estrutura da HC por titulação coloidal

Várias investigações foram feitas com relação à combinação estequiométrica entre compostos iônicos moleculares positivos e negativos. A maioria dessas combinações foram identificadas pelos métodos nefelométricos (turbidez máxima em um ponto equivalente), viscosimétrico (viscosidade mínima em um ponto equivalente) ou métodos analíticos químicos. Geralmente, a combinação iônica entre íons poliméricos

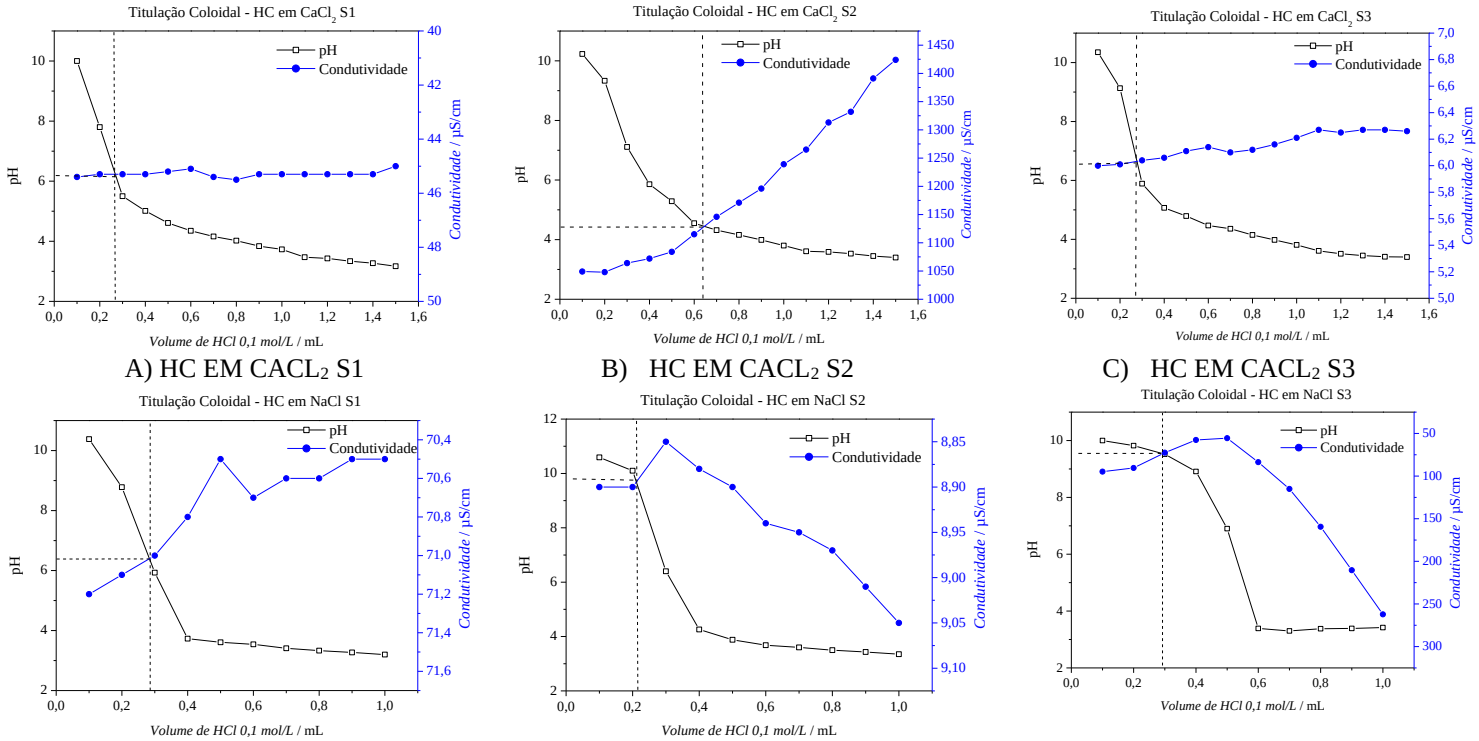
positivos e negativos ocorre estequiometricamente e muito rapidamente, mesmo em uma solução muito diluída. Essas características satisfazem as condições prévias para a titulação volumétrica geral.

Uma maneira muito simples de estudar a superfície do HC é realizar a titulação coloidal, que pode, com base em dados de condutividade, propor algumas características dos HCs e identificar a força iônica da solução eletrolítica apropriada para que não haja excesso de cargas atuando no sistema.

Assim, a titulação coloidal foi realizada para determinar as interações físico-químicas da superfície do HC e do meio eletrolítico a partir de soluções pré-determinadas, uma vez que o objetivo das HC em meio eletrolítico é fazer com que as cargas adsorvam na superfície do HC e não atuem na dispersão. A Figura 6 apresenta os dados obtidos para a solução $CaCl_2$ e NaCl.

Segundo PANDOCHI (2009), o ponto em que as curvas de pH e condutividade são iguais representa, física e quimicamente, o limiar em que as cargas iônicas da solução estão sendo adsorvidas na superfície do HC, ou seja, a partir deste ponto as cargas estão em excesso espalhados no meio. O estudo da força iônica do meio reflete diretamente na condutividade da suspensão à medida que a titulação é realizada, ou seja, adicionando H^+, a condutividade tende a aumentar, no entanto, ao colocar um eletrólito em alta concentração, a adição de H não afeta tanto a condutividade, como observado na Figura 5 a), e).

A titulação da suspensão de fibra de celulose demonstrou que a adição de ácido afeta a superfície da fibra (PANDOCHI, 2009). A adição sucessiva de ácido de pH 10 a 3 produz uma diminuição praticamente linear da condutividade elétrica do meio nos gráficos de Hemiceluloses Catiônicas em solução aquosa e $CaCl_2$ S2 das Figuras 5 a) e c). A adição de ácido clorídrico de pH 3 a condutividade média tem pouca variação nos gráficos das Figuras 6 b); d) e f) relacionados às Hemiceluloses Catiônicas em soluções aquosas de $CaCl_2$ S1, $CaCl_2$ S3 e NaCl S2, permanecendo praticamente constantes. Isso ocorre porque a superfície do HC começa a interagir com os íons H^+, absorvendo-o através de sua dupla camada elétrica.



A) HC EM $CACL_2$ S1 B) HC EM $CACL_2$ S2 C) HC EM $CACL_2$ S3

D) HC EM NACL S1 E) HC EM NACL S2 F) HC EM NACL S3

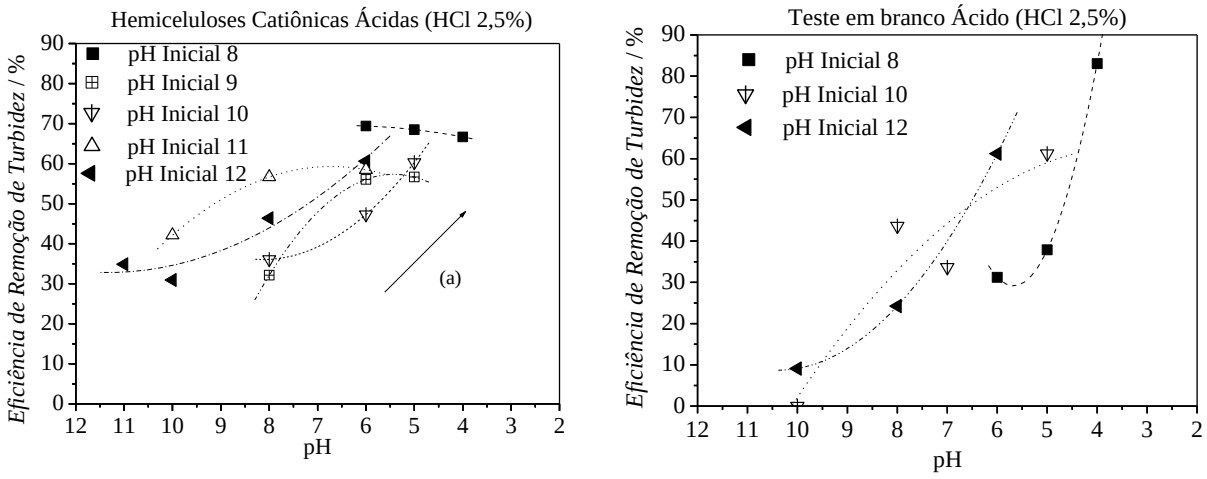
FIGURA 5: TITULAÇÃO COLOIDAL COM HEMICELULOSES CATIÔNICAS EM SOLUÇÕES DE $CaCL_2$ E NaCL COM FORÇAS IÔNICAS 10^{-1} (S1), 10^{-2} (S2), 10^{-3} (S3) COMO TITULADO E HCl 0,1 mol.L^{-1} COMO TITULANTE.

Essa interação ocorre mais expressivamente a partir do pH 6,5, onde a partir desse ponto observamos um aumento significativo na condutividade do meio. Já para a hemicelulose catiônica em solução de CaCl2 S2, todo íon $H3O^+$ adicionado à suspensão não interage mais com a superfície da fibra e começa a carregar, aumentando a condutividade elétrica do meio.

As cargas elétricas positivas dos grupos amino metilados do HC são estáveis mesmo em um meio fortemente alcalino e, portanto, pode ser usada como o reagente colóide positivo padrão mais apropriado para o método de titulação de colóide. A mesma discussão pode aplicar-se aos grupos sulfúricos de P.V.S.-K, que se dissociam mesmo em um meio fortemente ácido.

Aplicação das hemiceluloses catiônicas como coagulante primário no tratamento de efluente industrial

Com o objetivo de avaliar a dosagem mínima, o pH e o meio iônico adequado para a atuação da HC como coagulante primário no tratamento de efluente industrial – proveniente de indústrias alimentícias –, foram realizados testes de coagulação a partir das variações do pH de equalização (pH inicial) e pH de coagulação, utilizando polieletrólito em diferentes meios iônicos. A avaliação da eficiência da HC como coagulante primário foi obtida através de dados de turbidez. Foram realizados também os testes de branco, utilizando as mesmas condições do meio iônico – ácido (2,5%), básico (2,5%) e salino (2,5%) – da solução, porém sem polieletrólito.



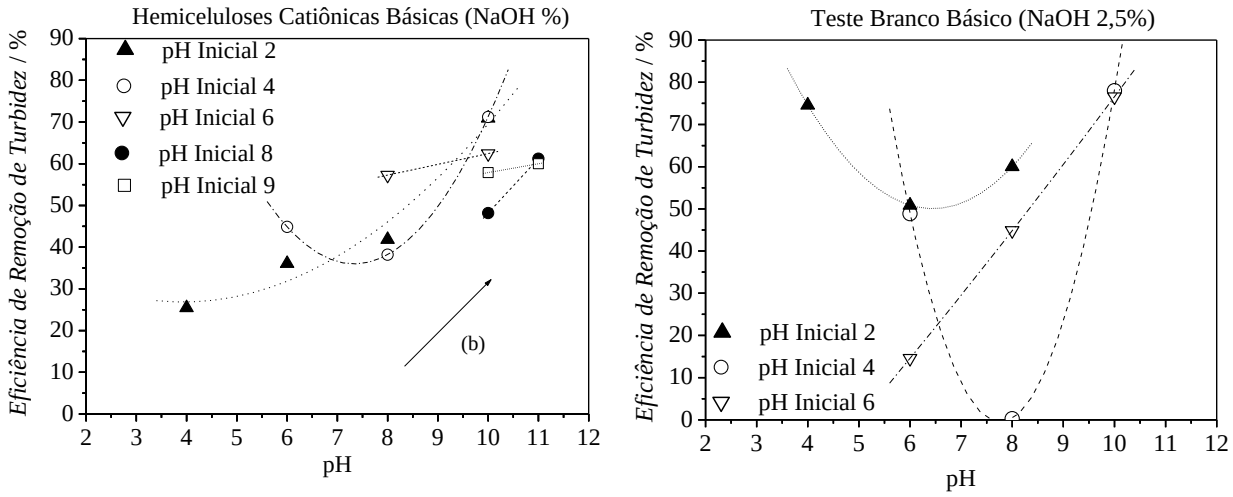
(A) **(B)**

FIGURA 6: EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE TURBIDEZ EM FUNÇÃO DO VOLUME DE: (A) HEMICELULOSES CATIÔNICAS EM HCL 2,5% E (B)HCL 2,5% (BRANCO).

A Figura 6e a Tabela 3 apresentam dos dados de eficiência de remoção de turbidez em diferentes pHs para a solução de polieletrólito em meio ácido (2,5%) e o branco. Para a coagulação utilizando a solução de HC em meio ácido, o pH de equalização variou de 12 a 8 e os quais foram varridos diferentes pHs de coagulação. Observou-se que o conjunto está deslocado para a direita, com maioria dos dados com tendência de aumento da eficiência da remoção de turbidez para os pHs de coagulação obtidos.

Os dados obtidos nos testes de coagulação foram também comparados com os testes em branco, os quais foram realizados utilizando a solução ácida (2,5%) sem a presença de HC, para avaliar a influência do meio iônico na coagulação do sistema.

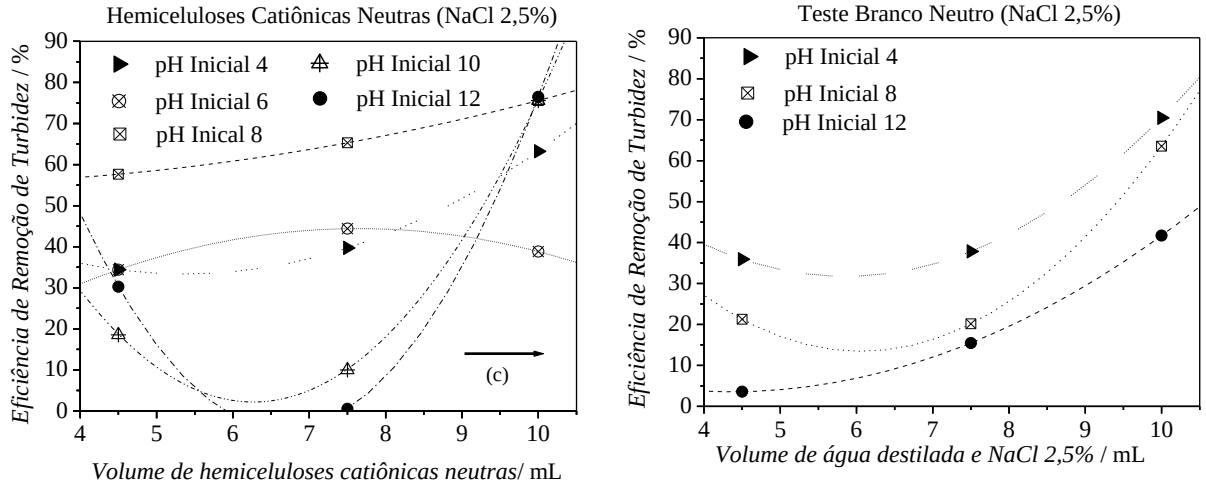
Observou-se que em pH de equalização 12 os pHs de coagulação 10 e 8; e em pH de equalização 8 e pHs de coagulação 6 e 5; houve melhor remoção de turbidez na presença de HC. Já nos demais pHs de equalização e coagulação a presença ou não de HC demonstraram eficiências de remoções de turbidez muito próximas, o que sugere que para esses pHs o meio a alteração do meio iônico foi mais eficiente que a presença de um coagulante.A Figura 7 e a Tabela 3 apresentam dos dados de eficiência de remoção de turbidez em diferentes pHs para a solução de polieletrólito em meio básico (2,5%).



(A) **(B)**

FIGURA 7: EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE TURBIDEZ EM FUNÇÃO DO VOLUME DE: (A) HEMICELULOSES CATIÔNICAS EM NAOH 2,5% E (B)NAOH 2,5%.

Pelos dados da Figura 7foi possível observar que apenas em pH de equalização 6 e pHs de coagulação 8 e 10, foram obtida maior remoção de turbidez para solução com HC. Nos demais pHs testados as eficiências foram equivalentes ou maiores nos testes em branco, sugerindo que houve maior influência do meio iônico no processo de coagulação em detrimento da presença do polieletrólito.



(A) **(B)**

FIGURA 8: EFICIÊNCIA DE REMOÇÃO DE TURBIDEZ EM FUNÇÃO DO VOLUME DE: (a) HEMICELULOSES CATIÔNICAS EM NaCl 2,5% e (b) NaCl 2,5%.

Tabela 3:Dados de eficiência de remoção de turbidez para a solução ácida, básica e neutra com concentração 2,5%

	pH de coagulação	**pH de equalização**					
	pH	**pH 12**	**pH 12 BR**	**pH 10**	**pH 10 BR**	**pH 8**	**pH 8 BR**
	10	**30,9**	**9,09**	-	-	-	-
	8	**46,36**	**24,24**	36,06	43,63	-	-
Ácido	6	60,6	61,21	47,27	33,63	**66,66**	**31,21**
	5			60,30	61,21	**68,48**	**37,87**
	4					69,39	83,00

Básico	**pH**	**pH 2**	**pH 2 BR**	**pH 4**	**pH 4 BR**	**pH 6**	**pH 6 BR**

	4	25,45	74,54				
	6	36,06	50,86	44,85	48,85		
	8	41,82	60,00	38,18	0,28	**57,27**	**14,57**
	10	70,91	70,72	71,21	78,01	**62,42**	**44,85**
	12	-	-	-	-	67,81	56,71

	Volume (mL)	pH 12	pH 12 BR	pH 8	pH 8 BR	pH 4	pH 4 BR
Neutro	4,5	30,27	3,59	**57,64**	**21,27**	34,41	35,91
	7,5	0,54	15,47	**65,29**	**20,16**	39,70	37,84
	10	76,48	41,71	75,58	63,53	60,23	70,44

br- Teste Branco

Para os testes em meio salino, o pH do efluente industrial foi ajustado para pH constante, e foi preparada uma solução com NaCl 2,5%, para avaliar a influência apenas do meio iônico sem variação de pH, os resultados são apresentados na Figura 8 e Tabela 3. Como não houve a variação do pH a eficiência da remoção de turbidez foi avaliada em função do volume adicionado de solução.

Os testes que apresentaram eficiências de remoção de turbidez, para as soluções em branco, maiores ou equivalentes as soluções com HC, sugerem que o meio iônico foi suficientemente alto para promover a desestabilização dos coloides e promover a coagulação do sistema. Segundo Loayza[15] para eletrólitos assimétricos, a espessura da dupla camada poderá ser estimada se consideramos a carga do contra-íon. Como a estabilidade coloidal de partículas carregadas depende da repulsão eletrostática, e esta por sua vez depende da espessura da camada difusa, então, quanto maior a concentração de eletrólito no meio, menor será a distância na qual ainda existe potencial eletrostático significativo e, portanto, mais favorável será a agregação das partículas.

Para os pHs em diferentes meios iônicos, no qual houve maior eficiência da remoção de turbidez pela presença de HC, sugere que a presença do polieletrólito catiônico foi o responsável pela desestabilização do meio coloidal e promoção da coagulação. Pois, nas dosagens ótimas e pHs ideais de coagulantes ocorre a formação de flocos mais eficaz. O que corrobora ao princípio da coagulação, segundo Ebeling e colaboradores[16] a coagulação corresponde à desestabilização das partículas coloidais, obtida por redução das forças de repulsão, por meio da adição de produtos químicos.

Uma desvantagem apresentada pelos polieletrólitos orgânicos é sua pequena faixa de atuação e também observado para a HC, quando analisados os pHs que se repetem como pH de equalização ótimo que se repetiu para os três meios iônicos testados, foi o pH 8.Para Rojas-Reynae colaboradores[17] uma das desvantagens da utilização de polímeros para coagulação/floculação é a pequena faixa de dosagem e atuação, uma vez que um pequeno aumento da dosagem, pode re-estabilizar o sistema.,

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG (APQ-02249-14; APQ-03219-14), CNPq (CNPq2018EXA002), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), Rede Mineira e à Universidade Federal de Uberlândia, pelos auxílios financeiros e bolsas concedidas.

CONCLUSÕES

As hemiceluloses catiônicas mostram-se um polieletrólito com potencial para ser utilizado como coagulante primário para promover o tratamento primário do efluente industrial do setor alimentício. Segundo os parâmetros avaliados de meio iônico e pH de equalização e coagulação para melhorar a eficiência da HC, foi possível observar que para os três meios iônicos testados, quando não há excesso de íons no sistema, a HC possui capacidade de promover a desestabilização coloidal do sistema e por conseguinte a coagulação. Dentre os pHs de equalização testados, o pH 8 se mostrou promissor como o pH ideal para a coagulação. E os pHs de coagulação variaram dependendo do meio iônico, sendo para o meio básico pH de coagulação 8 e 10, meio ácido 6 e 5 e meio salino dosagens de 4,5 e 7,5 mL, em pH de equalização 8, exceto em meio básico que o pH de equalização foi 6. A dosagem mínima de polieletrólitos e meio iônico mínimo para não ser predominante no meio na promoção da coagulação ainda estão em estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. **WASTEWATER ENGINEERING TREATMENT AND REUSE**[S.l.]. *Metcalf & Eddy*, Ed. McGraw-Hill, 2003.
2. RODRIGUES, C. O. **MECANISMOS DE FLOCULAÇÃO COM POLÍMEROS HIDROSSOLÚVEIS, GERAÇÃO DE FLOCOS AERADOS, FLOCULAÇÃO EM NÚCLEOS DE BOLHAS FLOCULANTES E APLICAÇÕES NA SEPARAÇÃO DE PARTÍCULAS MODELOS POR FLOTAÇÃO**. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
3. ÖZACAR, M.; SENGIL, I. A.**EVALUATION OF TANNIN BIOPOLYMER AS A COAGULANTAID FOR COAGULATION OF COLLOIDAL PARTICLES**. *Colloids and Surfaces* A: *Physicochemical and Engineering Aspects*,[S.l.]229, 85–96, 2003.
4. CARVALHO BONGIOVANI, MILENE, KONRADT-MOREAIS, LEILA CRISTINA, BERGAMASCO, ROSÂNGELA, SAKANIVA LOURENÇO, BEATRIZ SAYURI, GRANHEN TAVARES, CÉLIA REGINA. **OS BENEFÍCIOS DA UTILIZAÇÃO DE COAGULANTES NATURAIS PARA A OBTENÇÃO DE ÁGUA POTÁVEL**. *Acta Scientiarum. Technology*. [S.l.] 2010.
5. ALVES MARTINS, Alvaro; SOARES DE OLIVEIRA, Rafael Montanhini; ADRIANO GUARDA, Emerson. **POTENCIAL DE USO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS COMO, COAGULANTES, FLOCULANTES E ADSORVENTES NO TRATAMENTO DE ÁGUA E EFLUENTES**. ***Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista***, [S.l.], v. 10, n. 12, nov. 2014.
6. SHAK, K.P.Y., WU, T.Y. **OPTIMIZED USE OF ALUM TOGETHER WITH UNMODIFIED CASSIA OBTUSIFOLIA SEED GUM AS A COAGULANT AID IN TREATMENT OF PALM OIL MILL EFFLUENT UNDER NATURAL PH OF WASTEWATER**. *Industrial CropsandProducts*, 76, 1169–1178, 2015.
7. SILVA,T. **ESTUDO DE TRATABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA COM USO DE TANINOS VEGETAIS EM ÁGUA DE ABASTECIMENTO E DE ESGOTO.** 1999. 85 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Escola de Saúde Pública. Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro.
8. FIEKJA M. et al, Água Tratamento e Qualidade. **EFFECT OF ALUMINIUM HYDROXIDE ADMINISTRATION ON NORMAL.***American Water Works Association,*Varsóvia – Polônia – 1996.
9. REN, J.L.; SUN, R. C.; LIU, C. F.; CHAO, Z. Y.;LUO, W. **TWO-STEP PREPARATION AND THERMALCHARACTERIZATION OFCATIONIC 2-HYDROXYPROPYLTRIMETHYLAMMONIUM CHLORIDE HEMICELLULOSEPOLYMERS FROM SUGARCANE BAGASSE**. *Polymer Degradation*, 91, 2579–2587, 2006.
10. RIBEIRO, E. A. M.; RODRIGUES FILHO, G.; ROZENO, N. S.; NOGUEIRA, J. M. B. A.; RESENDE, M. A.; THOMPSON JUNIOR, J. P.; VIEIRA, J. G.; CANOBRE, S. C.; AMARAL, F. A. **POLYMERIC POLYELECTROLYTES OBTAINED FROM RENEWABLE SOURCES FOR BIODIESEL WASTEWATER TREATMENT BY DUAL-FLOCCULATION.***Express Polymer Letters*, 11, 506–517, 2017a.
11. RIBEIRO, E. A. M.; SOUZA, F. R. B.; AMARAL, F. A.; RODRIGUES FILHO, G.; SOUSA, R. M. F.; VIEIRA, J. G.; COSTA, T. F. R.; THOMPSON JUNIOR, J. P.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; CANOBRE, S. C. **UTILIZAÇÃO DE HEMICELULOSES CATIÔNICAS, OBTIDAS A PARTIR DO APROVEITAMENTO DA PALHA DE MILHO, ASSOCIADAS COM TANINO PARA O TRATAMENTO DE EFLUENTES DE LAVANDERIA INDUSTRIAL**. *Química Nova*, 1–9, 2017b.
12. MORAIS, J. P. S, ROSA, M. F. R, MARCONCINI, J. M. **PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE LIGNOCELULÓSICA**, *Campina Grande: EMBRAPA*, 2010. 36 p.
13. LANDIM, A. S; RODRIGUES FILHO, G; SOUSA, R. M. F.;RIBEIRO, E. A. M.; SOUZA, F. R. B.; VIEIRA, J. G.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; CERQUEIRA, D. A. **Application of cationic hemicelluloses produced from corn husk as polyelectrolytes in sewage treatment**. Polímeros – São Carlos, 23, 468– 472, 2013.
14. YANG, H.; YAN, R.; CHEN,H.; LEE, D. H.; ZHENG, C. **CHARACTERISTICS OF HEMICELLULOSE, CELLULOSE AND LIGNIN PYROLYSIS.***Fuel*, 86, 1781–1788, 2007.
15. LOAYZA, P. E. V. **ESTUDOS DA EFICIÊNCIA DE POLÍMEROS NATURAIS (QUITOSANA E ÁCIDO HÚMICO) NA FLOCULAÇÃO E DESAGUAMENTO DE POLPAS MINERAIS**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

16. EBELING, J. M.; OGDEN, S. R.; SIBRELL, P. L.; RISHEL, K. L. **Application of Chemical Coagulation Aids for the Removal of Suspended Solids (TSS) and Phosphorus from the Microscreen Effluent Discharge of an Intensive Recirculating Aquaculture System**. *North American Journal of Aquaculture*, 66, 198–207, 2004.
17. ROJAS-REYNA, R.; SCHWARZ, S.; HEINRICH, G. PETZOLD, G.; SCHÜTZE, S.; BOHRISCH, J.**Flocculation efficiency of modified water soluble chitosan versus commonly used commercial polyelectrolytes**. *Carbohydrate Polymers*, 81, 317–322, 2010.