



## Otimização das condições reacionais de concentração de NaOH na síntese do biopolímero carboximetilcelulose (CMC) oriundo de resíduos de biomassa agroindustrial da pós-colheita da banana

Júlia Mariot | [julia.m18@ifsc.edu.br](mailto:julia.m18@ifsc.edu.br)<sup>1</sup>

Riani Freitas Comin | [riani.fc@ifsc.edu.br](mailto:riani.fc@ifsc.edu.br)<sup>1</sup>

Laís Mariot dos Santos | [lais.ms18@aluno.ifsc.edu.br](mailto:lais.ms18@aluno.ifsc.edu.br)<sup>2</sup>

Sthefani Silva Luciano | [sthefani.sl2006@aluno.ifsc.edu.br](mailto:sthefani.sl2006@aluno.ifsc.edu.br)<sup>2</sup>

Graziele Vefago Boaventura Possenti | [graziele.vefago@ifsc.edu.br](mailto:graziele.vefago@ifsc.edu.br)<sup>3</sup>

Rodrigo Battisti | [rodrigo.battisti@ifsc.edu.br](mailto:rodrigo.battisti@ifsc.edu.br)<sup>4</sup>

Edital nº 01/2025/PROPI - PIBIC-EM

Trabalho de Pesquisa

DT 2 - Meio Ambiente, Agroindústrias, Territórios e Sustentabilidade Socioambiental

**Resumo:** Os setores agrícola e agroindustrial geram grandes quantidades de resíduos lignocelulósicos, que podem ser reaproveitados na produção de materiais sustentáveis. A carboximetilcelulose (CMC) é um derivado da celulose com ampla aplicação industrial. Este trabalho teve como objetivo otimizar a concentração de hidróxido de sódio (NaOH) na síntese de CMC a partir de resíduos da pós-colheita da banana. Os melhores resultados foram obtidos nas concentrações de 30 % e 40 %, que apresentaram maiores graus de substituição (DS). As análises por FTIR confirmaram a modificação química da celulose, evidenciando a eficiência do processo e o potencial de valorização desses resíduos.

**Palavras-chave:** resíduos agroindustriais; carboximetilcelulose; biopolímeros; hidróxido de sódio; banana.

### Introdução

O setor agroindustrial gera, todos os anos, enormes quantidades de resíduos lignocelulósicos, mas a maioria deles é descartada ou queimada no próprio campo, criando um efeito danoso no ecossistema. Nas últimas décadas, o desenvolvimento de novos polímeros biodegradáveis de origem natural tem sido de grande interesse devido às crescentes preocupações ambientais. A conversão destes resíduos se mostra importante, já que podem ser reutilizados em diversos outros processos inovadores ou em materiais de maior valor agregado, como, por exemplo, a carboximetilcelulose (CMC).

<sup>1</sup> Estudantes do Curso Técnico em Química Integrado ao Ensino Médio, IFSC Campus Criciúma.

<sup>2</sup> Estudante do Curso de Licenciatura em Química, IFSC Campus Criciúma.

<sup>3</sup> Servidora Técnica de laboratório, IFSC Campus Criciúma.

<sup>4</sup> Docente orientador do projeto, IFSC Campus Criciúma.



A CMC é um biopolímero derivado da biomassa celulósica que não tem efeitos nocivos à saúde humana. Devido à sua natureza não tóxica e biodegradável, ela é considerada ecologicamente correta e tem sido amplamente utilizada em várias aplicações, incluindo papel, têxteis, produtos farmacêuticos, alimentos, tintas, aplicações biomédicas, construção, plásticos, cosméticos e exploração de petróleo.

Diante disso, este trabalho buscou avaliar condições reacionais mais sustentáveis para o aproveitamento da biomassa residual da pós-colheita da banana como matéria-prima na síntese do biopolímero CMC.

## **Fundamentação teórica**

Resíduos orgânicos do cultivo da banana são exemplos de biomassa excedente deixada nos campos após a colheita. No Brasil, estima-se que sejam geradas em média 108 milhões de toneladas/ano de resíduos agrícolas (Araújo *et al.*, 2018). Dessa forma, a utilização desses resíduos lignocelulósicos como matéria-prima para aplicações de base biotecnológica tem aumentado como uma alternativa potencial promissora e essencial para o funcionamento das sociedades industriais modernas (Anwar *et al.*, 2014).

O biopolímero CMC é um derivado da celulose com propriedades físico-químicas como solubilidade em água e alta absorção de água, que lhe conferem ampla aplicabilidade nos mais diversos produtos e processos comerciais (Pinto *et al.*, 2022). Este polímero pode ser obtido a partir da reação da celulose com ácido monocloroacético (agente eterificante) sob excesso de hidróxido de sódio (agente intumescedor).

Portanto, o desenvolvimento e otimização da produção de biopolímeros naturais, renováveis e de baixo custo, utilizando derivados de celulose purificada a partir de resíduos da pós-colheita da banana, é de grande relevância para a economia e para o meio ambiente.

## **Procedimentos metodológicos**

Previamente à síntese, a matéria-prima bruta (resíduos da pós-colheita da banana) foi tratada conforme a metodologia descrita por Santos *et al.* (2025), visando à obtenção de celulose purificada adequada à modificação química.

A síntese da CMC iniciou com a alcalinização de 2,0 g de celulose em solução de isopropanol e NaOH (2 h/25 °C). Esse procedimento foi baseado na metodologia proposta por Haleem *et al.*, (2014), com modificação na concentração de hidróxido de sódio (NaOH), conforme as condições experimentais adotadas neste estudo. Em seguida, realizou-se a eterificação, usando 5,0 g de ácido cloroacético durante 3 h à 60 °C. A variável otimizada foi a concentração de NaOH, avaliada em 10 %, 20 %, 30 % e 40 %, mantendo-se os demais parâmetros constantes. Após a reação, o sólido foi suspenso em metanol, neutralizado com ácido acético e filtrado em papel Whatman nº 4 e seco em estufa a 60 °C por 24 h.

A eficácia de reação foi realizada pela determinação do grau de substituição (DS) via titulação, permitindo avaliar a influência da concentração de NaOH na eficiência da reação de carboximetilação. O grau de substituição corresponde ao número médio de grupos substituintes por unidade anidroglicose da celulose, sendo um parâmetro fundamental na caracterização de derivados celulósicos (Cerqueira *et al.*, 2010). O DS foi calculado conforme as equações (1) e (2) a seguir.

$$\% AG = \frac{([V_{bi} + V_{bt}) \cdot \mu_{\beta} - V_a \cdot \mu_{\alpha}] \cdot 43 \cdot 100}{mca} \quad (1)$$

$$DS = \frac{3,86 \cdot \% AG}{102,40 - \% AG} \quad (2)$$

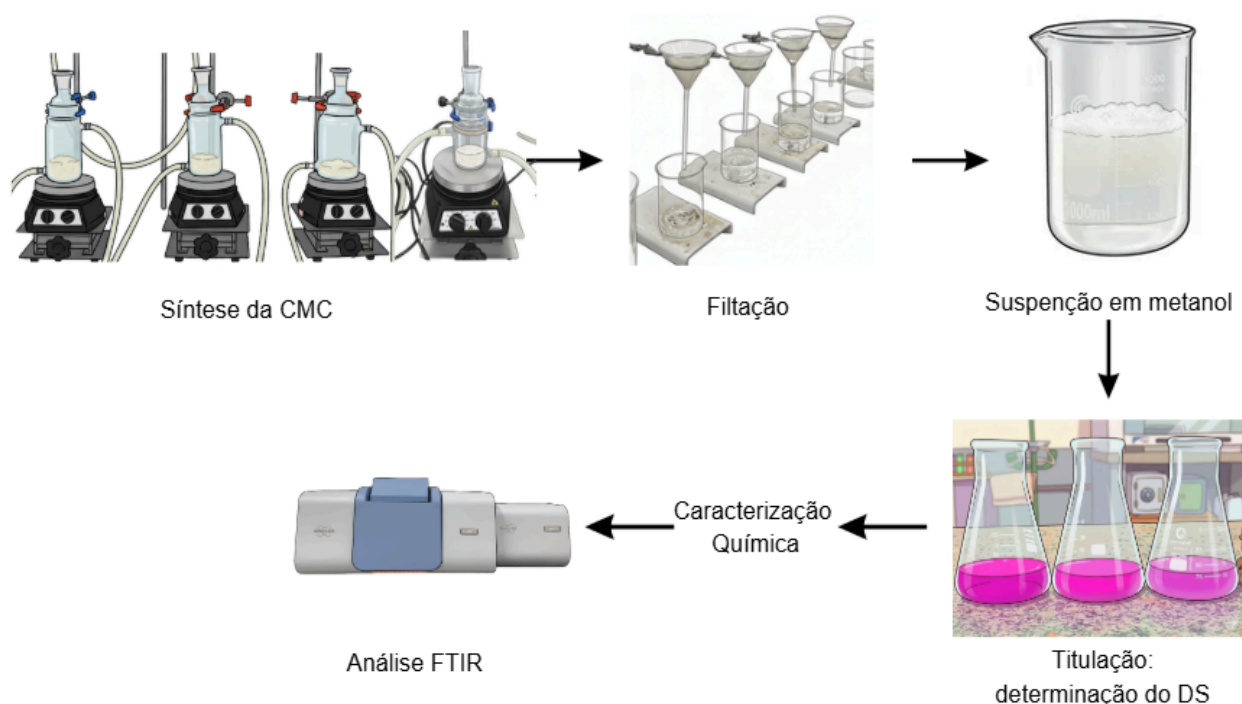
Onde  $V_{bi}$  é o volume (mL) de base adicionado ao sistema;  $V_{bt}$  é o volume (mL) de base gasto na titulação;  $\mu_{\beta}$  é a concentração molar (mol/L) da base;  $V_a$  é o volume (mL) de ácido adicionado ao sistema;  $\mu_{\alpha}$  é concentração molar (mol/L) do ácido;  $mca$  é a massa (g) de CMC.

Por fim, a caracterização química estrutural dos materiais foi realizada por meio da técnica de espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FT-IR), utilizando-se um equipamento da marca Bruker®, modelo INVENIO S, permitindo assim a identificação dos grupos funcionais e estruturas químicas características da CMC.

## Resultados e discussões

A avaliação da síntese da carboximetilcelulose (CMC) sob distintas condições de concentração de hidróxido de sódio (NaOH) é de fundamental importância para a otimização da rota química e de suas propriedades físico-químicas. Neste caso, utilizaram-se quatro concentrações diferentes (10 %, 20 %, 30 % e 40 %). A Figura 2, mostrada abaixo, apresenta todas as etapas para a obtenção do biopolímero CMC.

Figura 2 - Fluxograma das etapas do processo de síntese da CMC

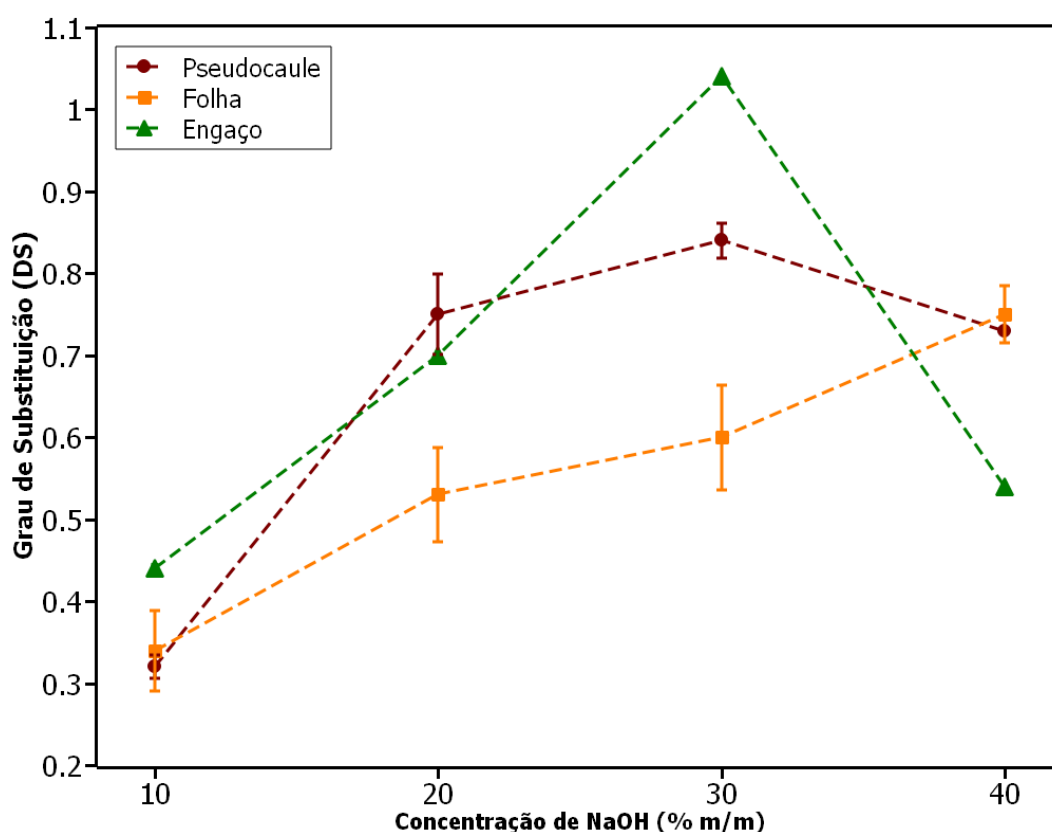


Fonte: Autores (2026).

A Figura 3 apresenta o efeito da variação da concentração de hidróxido de sódio (NaOH) no grau de substituição (DS) da CMC, a partir dos resíduos da pós-colheita da banana que foram estudados (pseudocaule, folha e engaço), separadamente. As amostras de pseudocaule e, principalmente, de engaço apresentaram melhor desempenho em uma concentração de 30 % de NaOH, confirmada pelo grau de substituição (DS), o qual foi o mais elevado nas duas amostras naquela concentração. Já a CMC obtida com a folha da bananeira apresentou melhor resultado, como comprovado

pelo DS, em uma concentração de 40 % de NaOH, indicando que em altas concentrações há uma tendência de maior substituição dos grupos funcionais. Isso pode ser explicado porque com maiores concentrações de NaOH seja suficiente para converter os grupos hidroxila da celulose em celulose alcalina reativa (Kaewprachu et al., 2022).

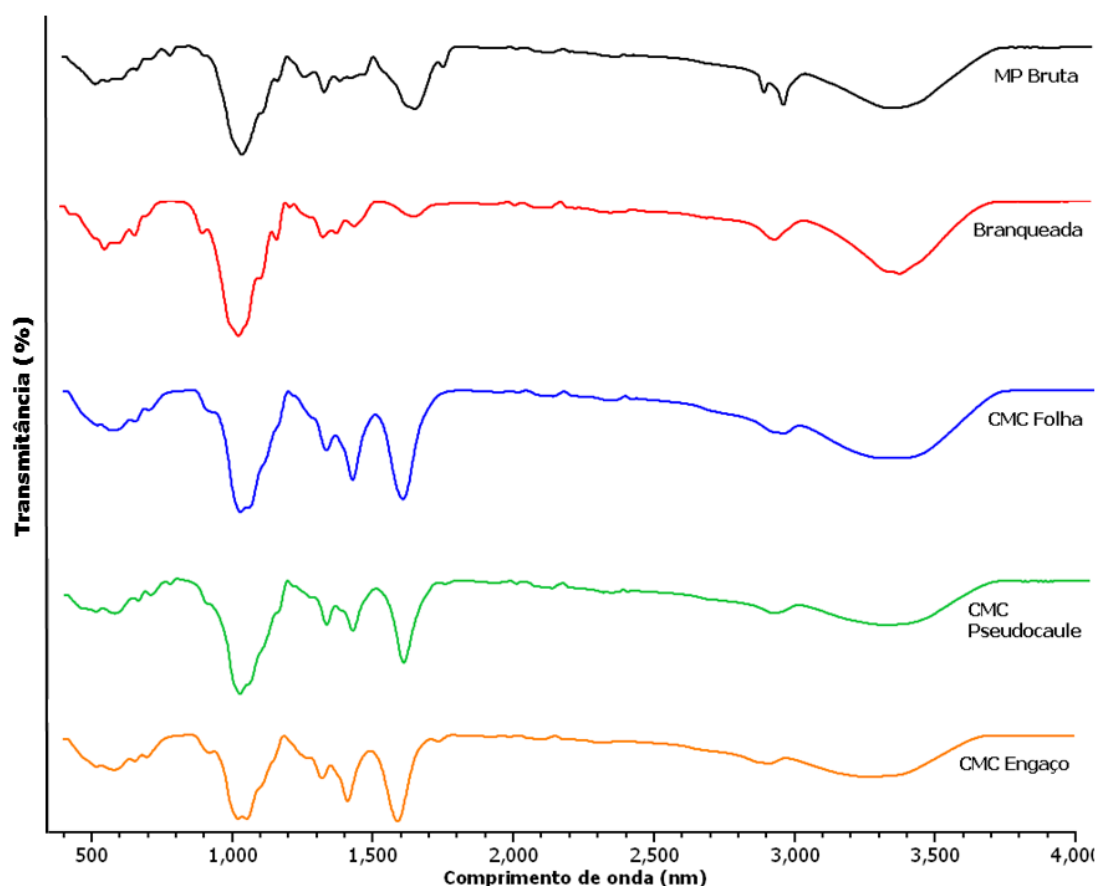
Figura 3 - Efeito da concentração de hidróxido de sódio (NaOH) no Grau de Substituição (DS) da CMC.



Fonte: Autores (2026).

Para haver afirmações mais precisas da carboximetilcelulose (CMC) produzida e confirmar a rota química de síntese, realizou-se a análise das amostras pela técnica de FT-IR, sendo esta caracterizada como uma técnica analítica que explora a interação da radiação infravermelha com a matéria para identificar e caracterizar compostos químicos, conforme mostra a Figura 4.

Figura 4 - Espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FT-IR).



Fonte: Autores (2026).

No Figura 4, o gráfico de FTIR, o seu eixo horizontal mostra o comprimento de onda da radiação absorvida, identificando grupos funcionais. A intensidade dos picos revela a concentração da substância, permitindo análises quantitativas (Mattos *et.al*, 2002). Ao analisar a Figura 4, pode-se afirmar que há presença de picos característicos, os quais indicam as vibrações moleculares que indicam a substituição dos grupamentos químicos.

O primeiro pico forma-se em  $1040\text{ cm}^{-1}$  representando o grupo funcional (C–O), o segundo estiramento em  $1250\text{ cm}^{-1}$  da ligação C-O-C, para assim, haver a geração da terceira vibração molecular (por volta de  $1590\text{ cm}^{-1}$ ), que é caracterizado pelo estiramento (COO-) dos grupos carboximetil, o quarto pico. Por fim, a última vibração, é a diminuição da banda, entre 3000 e 3500, representando a retirada de grupos hidroxila (-OH) presente



na estrutura da celulose (Pereira *et al.*, 2018). Desta forma, fica comprovado que a rota de síntese da CMC foi eficaz, visto que os grupamentos carboximetil ( $-\text{CH}_2\text{-COOH}$ ) foram introduzidos na cadeia de celulose, substituindo grupos hidroxila ( $-\text{OH}$ ) que estavam presentes na estrutura da celulose.

### Considerações finais

Este estudo evidenciou a potencialidade do aproveitamento dos resíduos lignocelulósicos como fonte de celulose, mostrando que a síntese da carboximetilcelulose (CMC) a partir dos resíduos da pós-colheita da banana, que seriam simplesmente descartados no campo, é possível e eficiente. De forma geral, a tendência de aumento da concentração de hidróxido de sódio (NaOH), tende a favorecer a reação de síntese, visto que aumenta o Grau de Substituição (DS) do polímero. Além disso, é importante enfatizar a importância ambiental dos resultados obtidos neste estudo, o qual indica viabilidade de valorização de resíduos orgânicos que seriam descartados, reduzindo o impacto ambiental e produzindo materiais de maior valor agregado.

### Referência ao fomento recebido

Agradecemos o apoio financeiro e tecnológico do Instituto Federal de Santa Catarina (Edital nº 01/2025/PROPI - PIBIC-EM), do CNPq e da Finep.

### Referências

ANWAR, Z.; GULFRAZ, M.; IRSHAD, M. Agro-industrial lignocellulosic biomass a key to unlock the future bio-energy: a brief review. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, v. 7, p. 163e173, 2014.

ARAÚJO, D. J. C.; MACHADO, A. V.; VILARINHO, M. C. L. G. Availability and suitability of agroindustrial residues as feedstock for cellulose-based materials: Brazil case study. **Waste Biomass Valorization**, 2018.



CERQUEIRA, D. A.; RODRIGUES FILHO, G.; CARVALHO, R. D. A.; VALENTE, A. J. Caracterização de acetato de celulose obtido a partir do bagaço de cana-de-açúcar por  $^1\text{H}$ -RMN. **Polímeros**, v. 20, p. 85-91, 2010.

HALEEM, N.; ARSHAD, M.; SHAHID, M.; TAHIR, M. A. Synthesis of carboxymethyl cellulose from waste of cotton ginning industry. **Carbohydrate Polymers**, v. 113, p. 249–255, 2014.

KAEWPRACHU, P.; JAISAN, C.; RAWDKUEN, S.; TONGDEESOONTORN, W.; KLUNKLIN, W. Carboxymethyl cellulose from Young Palmyra palm fruit husk: synthesis, characterization, and film properties. **Food Hydrocolloids**, v. 124, p. 107277, 2022.

MATTOS, E. da C.; VIGANÓ, I.; DUTRA, R. de C. L.; DINIZ, M. F.; IHA, K. Aplicação de metodologias FTIR de transmissão e fotoacústica à caracterização de materiais altamente energéticos: parte ii. **Química Nova**, v. 25, n. 5, p. 722-728, 2002.

PEREIRA, B. H. de A.; MARQUES, N. do N.; LIMA, B. L. B. de; VILLETTI, M. A.; BALABAN, R. de C. Study of the thermoassociative process in carboxymethylcellulose derivatives. **Journal of Molecular Liquids**, v. 272, p. 1041–1047, 2018.

PINTO, E.; AGGREY, W. N.; BOAKYE, P.; AMENUVOR, G.; SOKAMA-NEUYAM, Y. A.; FOKUO, M. K.; KARIMAIE, H.; SARKODIE, K.; ADENUTSI, C. D.; ERZUAH, S.; ROCKSON M. A. D. Cellulose processing from biomass and its derivatization into carboxymethylcellulose: A review. **Scientific African**, v. 15, 2022.

SANTOS, L. M. DOS; SOUZA, J. B. G. DE; PAZ, L. M. C. G.; PEREIRA I. S.; POSSENTI, G.V.B.; BATTISTI, R. **PRODUÇÃO DE HIDROGÉIS BIOPOLIMÉRICOS A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DA PÓS-COLHEITA DA BANANA**. Anais do 11º Sepei, Palhoça, 2025.