

Valorização de resíduos amazônicos por fracionamento da biomassa lignocelulósica de cascas de cupuaçu em biorrefinarias

Maitê T. B. Campos^{1*}, Ana A. F. da Costa¹, Larissa C. P. Gatti¹, Vanessa A. de Mescouto¹, Renata C. R. de Noronha¹, Emilia Paone², Francesco Mauriello², Luís Adriano S. do Nascimento¹

¹Laboratório de Óleos da Amazônia, Universidade Federal do Pará, Brasil.

²Dipartimento DICEAM, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Itália.

*maite.campos@icb.ufpa.br

Resumo/Abstract (Helvética, tam. 12)

RESUMO – O aproveitamento de resíduos lignocelulósicos amazônicos representa uma alternativa sustentável para a geração de produtos de valor agregado em biorrefinarias. Este trabalho apresenta a primeira etapa do fracionamento da casca de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), com foco na remoção da fração hemicelulósica por meio de hidrólise ácida. Foram avaliadas diferentes especialidades, em diferentes concentrações, sob temperatura de 100 °C, para a escolha do ácido oxálico, que extraiu concentrações de xilose semelhantes à concentração total de hemicelulose presente na casca de cupuaçu, conforme relatado na literatura. Os resultados mostram o uso do ácido oxálico como agente de hidrólise eficiente e ambientalmente mais ambiental, além de indicarem o potencial de valorização da fração hemicelulósica para aplicações futuras.

Palavras-chave: Biomassa lignocelulósica, Fracionamento, Hemicelulose, Xilose, Biorrefinaria

ABSTRACT – The utilization of Amazonian lignocellulosic residues represents a sustainable alternative for generating value-added products in biorefineries. This work presents the first stage of the fractionation of cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) shells, focusing on the removal of the hemicellulose fraction through acid hydrolysis. Different catalysts were evaluated at various concentrations under a temperature of 100 °C, leading to the selection of oxalic acid, which extracted xylose concentrations similar to the total hemicellulose content reported in the literature for cupuaçu shells. The results demonstrate that oxalic acid is an efficient and environmentally friendlier hydrolysis agent and highlights the potential for future valorization of the hemicellulose fraction.

Keywords: Lignocellulosic biomass, Fractionation, Hemicellulose, Xylose, Biorefinery

Introdução

O crescente interesse por materiais renováveis e sustentáveis tem impulsionado pesquisas voltadas à valorização de resíduos agroindustriais. O cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), fruto nativo da região Amazônica, gera um grande volume de resíduos sólidos, principalmente cascas, durante o processamento de suas polpas e sementes (1-2). Esses resíduos, ricos em componentes lignocelulósicos, apresentam alto potencial para aplicação em biorrefinarias sustentáveis, permitindo o aproveitamento eficiente da biomassa e a mitigação de impactos ambientais.

Nesta pesquisa, foi adotada uma estratégia de fracionamento sequencial da biomassa, sendo a primeira etapa dedicada à remoção seletiva da hemicelulose via hidrólise ácida diluída, com obtenção de açúcares como a xilose. As etapas subsequentes envolvem o uso de solventes orgânicos no processo *organosolv*, visando a separação das frações de celulose e lignina sob condições mais brandas e menos tóxicas (3).

Este trabalho apresenta os resultados da etapa inicial do fracionamento da casca de cupuaçu, com foco na recuperação de xilose como produto intermediário de interesse industrial, contribuindo para a valorização de resíduos amazônicos no contexto de biorrefinarias sustentáveis.

Experimental

Preparação da biomassa lignocelulósica.

Os frutos de cupuaçu foram adquiridos em feira livre na cidade de Belém, no estado do Pará. As cascas foram separadas manualmente das sementes e polpas, higienizadas com água corrente, secas em estufa a 60 °C por 48 horas e posteriormente moídas. A biomassa reduzida foi submetida a peneiras de malha de 65 mesh para a obtenção do material lignocelulósico resultante.

Hidrólise ácida diluída.

A etapa inicial do fracionamento consistiu na remoção da hemicelulose por hidrólise ácida diluída. Para isso, foram utilizados diferentes catalisadores, como: ácido clorídrico (HCl), ácido fórmico (HCOOH), cloreto de alumínio (Al₂Cl₃), ácido sulfúrico (H₂SO₄), ácido nítrico (HNO₃) e

ácido oxálico ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$). As concentrações testadas foram de 1%, 3%, 6% e 10% (m/m), sempre utilizando uma razão de 10% (m/m) de biomassa em relação a massa total da solução reacional. Foram avaliados os tempos reacionais de 1 a 6 horas. As reações foram realizadas em sistema de refluxo sob agitação constante e aquecimento de 100 °C. O produto reacional foi filtrado e o líquido obtido foi reservado para análise. As amostras líquidas obtidas em diferentes condições de hidrólise foram analisadas por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) com detector de índice de refração (RID), utilizando a um padrão de xilose para a identificação do tempo de retenção e comparação com os produtos reacionais. A quantificação da xilose foi utilizada como parâmetro principal para avaliação da eficiência do processo.

Resultados e Discussão

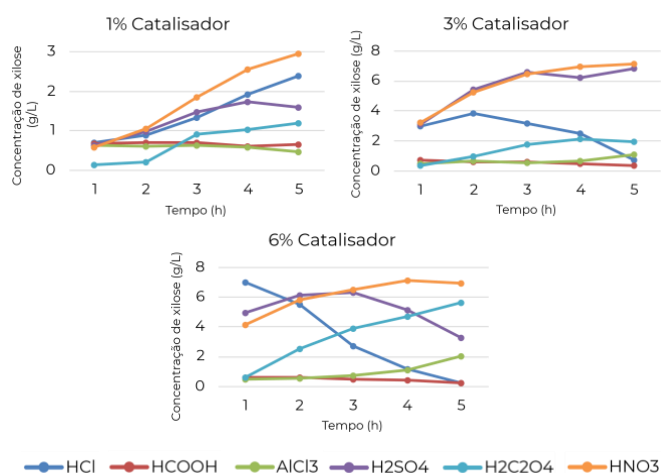


Figura 1. Concentrações de xilose extraídas após hidrólise com diferentes catalisadores, nas concentrações de 1%, 3% e 6%.

A concentração de xilose obtida após a hidrólise ácida da casca de cupuaçu variou significativamente em função do tipo e da concentração de catalisador utilizado. As análises por HPLC mostraram que todos os catalisadores testados promoveram a liberação de açúcares redutores em graus variados, sendo possível observar diferentes tendências entre as concentrações de 1%, 3% e 6%, conforme mostrado na Figura 1.

Dentre os ácidos orgânicos testados, o ácido oxálico ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) destacou-se por apresentar rendimento crescente ao longo do tempo, com máxima concentração de xilose (9 g/L) na concentração de 10% após 6 horas de reação (Figura 2). Este valor é próximo do teor teórico de hemicelulose relatado na literatura para a casca de cupuaçu (6,45%) (4), mostrando que a hidrólise foi eficiente e seletiva. Além do bom desempenho na liberação de açúcares, o ácido oxálico apresenta vantagens adicionais, como menor corrosividade e possibilidade de recuperação, o que contribui para a sustentabilidade do processo (5).

Com base nesses resultados, o ácido oxálico foi selecionado como catalisador para as próximas etapas do estudo. A escolha se baseia não apenas na concentração final de xilose obtida, mas também em critérios ambientais e operacionais, que favorecem seu uso em processos de biorrefinaria.

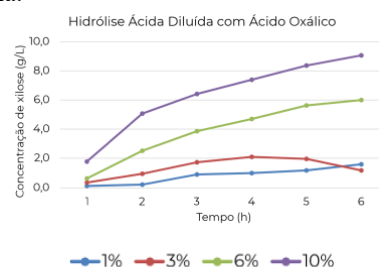


Figura 2. Concentrações de xilose extraídas após hidrólise com ácido oxálico, nas concentrações de 1%, 3%, 6% e 10%.

Conclusões

A hidrólise ácida da casca de cupuaçu com ácido oxálico é uma estratégia promissora para a recuperação seletiva da hemicelulose. O oxálico apresentou boa eficiência na liberação de xilose, aliando à melhores características ambientalmente favoráveis. A extração próxima do teor teórico de hemicelulose reforça a efetividade do processo, que poderá ser integrado a uma abordagem de biorrefinaria para produção de compostos renováveis. A continuidade do estudo incluirá a recuperação das demais frações (celulose e lignina), visando o aproveitamento integral da biomassa amazônica.

Agradecimentos

Ao Laboratório di Chimica da Università degli studi Mediterranea di Reggio Calabria, Itália. Este trabalho foi financiado por CAPES (001), CNPQ (315279/2021-4), CAPES, FAPESPA (073/2023 e 160/2024) e Banco da Amazônia (233/2022).

Referências

- Gondim, T. M. de S.; Thomazini, M. J.; Cavalcante, M. de J. B.; Souza, J. M. L. de. *Aspectos Da Produção de Cupuaçu; Documentos*, 67; Relatório Técnico 67; Embrapa Acre: Rio Branco, 2001.
- S. Borges, M.; R. Santos, J.; M. Pedroza, M.; K. D. Rambo, M.; B. Assumpção, D.; P. Frizzo, C.; A. Burrow, R.; Scapin, E. *J. Braz. Chem. Soc.* **2025**.
- Bedru, T. K.; Meshesha, B. T.; Mohammed, S. A.; Demesa, A. G.; Jayakumar, M. *Int. J. Chem. Eng.*, **2025**.
- Borges, M. S.; Barbosa, R. S.; Rambo, M. K. D.; Rambo, M. C. D.; Scapin, E. *Biomass Conv. Bioref.* **2022**, 12 (8), 3055–3066.
- Cheng, B.; Zhang, X.; Lin, Q.; Xin, F.; Sun, R.; Wang, X.; Ren, J.. *Biotechnol Biofuels* **2018**, 11, 324.