

SÍNTESE DE PONTOS QUÂNTICOS DE CARBONO A PARTIR DA LIGNINA

FELIPE RODRIGUES CASSONI¹; HENRIQUE EINHARDT MARON²; BYANCA CORRÊA DE OLIVEIRA³; GABRIELA FARIAS PEUCKERT⁴; MARCELLE DAVET DE BARROS⁵; ALICE GONÇALVES OSORIO⁶

¹ Universidade Federal de Pelotas – cassoni_felipe@yahoo.com

² Universidade Federal de Pelotas – henriqueeinhardt2002@gmail.com

³ Universidade Federal de Pelotas – oliveirabyanca@gmail.com

⁴ Universidade Federal de Pelotas – gabriela.peuckert@ufpel.edu.br

⁵ Universidade Federal de Pelotas – macelledavet.ufpel@gmail.com

⁶ Universidade Federal de Pelotas – osorio.alice@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

O termo biomassa possui um conceito amplo, referindo-se à massa total de organismos vivos, incluindo plantas, animais e microrganismos. Sob uma perspectiva biotecnológica, também engloba componentes estruturais desses organismos, como celulose, lignina, açúcares, gorduras e proteínas (PANIZ, 2021). Por meio de pré-tratamentos adequados, é possível acessar os principais constituintes da biomassa vegetal: celulose, hemicelulose e lignina. Esses materiais se comportam como polímeros de carboidratos complexos e são amplamente estudados devido ao seu potencial em diversas aplicações industriais e tecnológicas (MOTA, 2022; SILVA, 2023).

Dentre os componentes da biomassa, a lignina é a segunda molécula orgânica mais abundante na Terra, sendo superada apenas pela celulose. Ela desempenha um papel vital na estrutura das plantas, atuando como um adesivo natural que une as células vegetais. Essa propriedade confere à lignina uma função fundamental na rigidez e resistência mecânica da madeira (JORGE, 2018).

Um dos principais desafios no uso da biomassa é a geração de resíduos durante seu processamento (PANIZ, 2021). Na indústria de papel e celulose, o licor negro é um subproduto significativo do processo Kraft (CHEMMÉS, 2013). Este processo, predominante globalmente, envolve a delignificação de cavacos de madeira em uma solução alcalina, resultando em celulose e no licor negro (POLA, 2022; VILCOCQ et al., 2023). O licor negro é um efluente concentrado e alcalino, rico em compostos orgânicos derivados principalmente da solubilização da lignina, além de componentes inorgânicos (VILCOCQ et al., 2023). Apesar de ser tradicionalmente queimado para recuperação de compostos inorgânicos e geração de energia térmica, esse uso limita o aproveitamento do licor negro a uma função energética, subestimando seu potencial como fonte de compostos de alto valor agregado, como a lignina.

Dessa forma, a lignina destaca-se como um resíduo de elevada relevância, tanto do ponto de vista ambiental quanto pelo seu potencial de valorização. Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo utilizar a lignina extraída do licor negro, subproduto do processo Kraft, para a síntese de materiais com alto valor tecnológico agregado, como os pontos quânticos de carbono, visando futuras aplicações.

2. METODOLOGIA

A lignina foi obtida por precipitação ácida a partir do licor negro, subproduto gerado no processo de polpação kraft da madeira de eucalipto. Esse processo envolve a solubilização seletiva dos constituintes lignocelulósicos em meio fortemente alcalino, sob altas temperaturas, promovendo a separação da lignina das fibras de celulose.

A síntese dos pontos quânticos de carbono foi baseada na metodologia descrita por Lee e Ko (2025), com adaptações nos parâmetros de tempo e temperatura. A rota hidrotérmica empregando biomassa lignocelulósica como precursor demonstrou-se eficaz na obtenção de pontos quânticos de carbono (CQDs).

Na síntese hidrotérmica, os parâmetros experimentais avaliados incluíram o tempo de reação, variando entre 8 e 12 horas, com a temperatura mantida constante a 180 °C. Para cada ensaio, foram utilizadas 100 mg de lignina dispersas em 40 mL de água destilada. As amostras foram preparadas com diferentes proporções mássicas de ureia, nas razões 1:1, 1:2, 1:3, 2:1 e 3:1 (lignina e ureia), além de uma amostra controle, chamado de amostra branco, contendo apenas lignina. Todas as soluções foram transferidas para reatores revestidos com Teflon e submetidas ao tratamento hidrotérmico sob as condições estabelecidas. Após esse processo, a solução foi filtrada em um filtro de 0,22 µm, como podemos observar na figura 1.

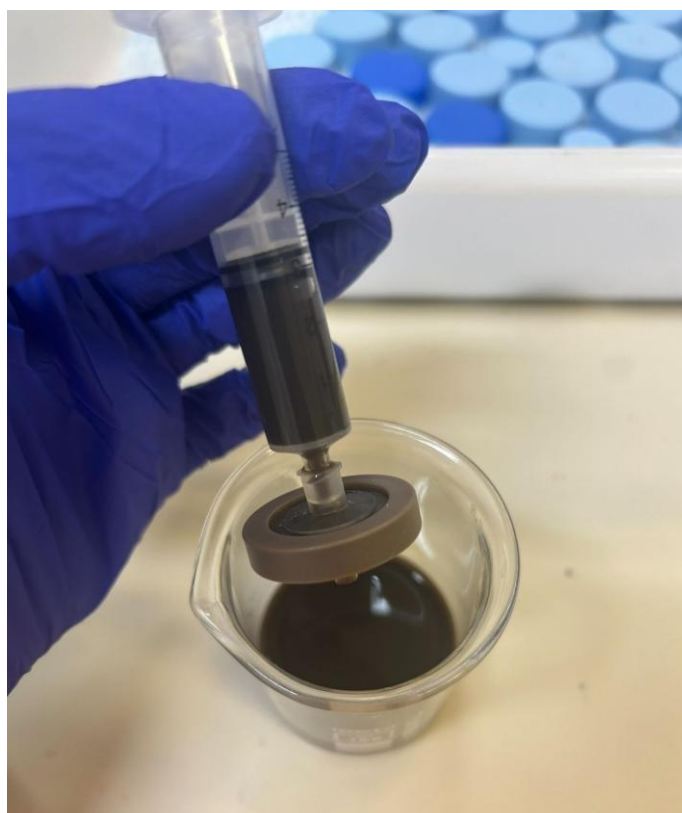


Figura 1: Filtragem em filtro de 0,22 µm

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras foram submetidas à observação sob iluminação UV (luz negra) para avaliação visual de sua fluorescência, conforme ilustrado na Figura 2.

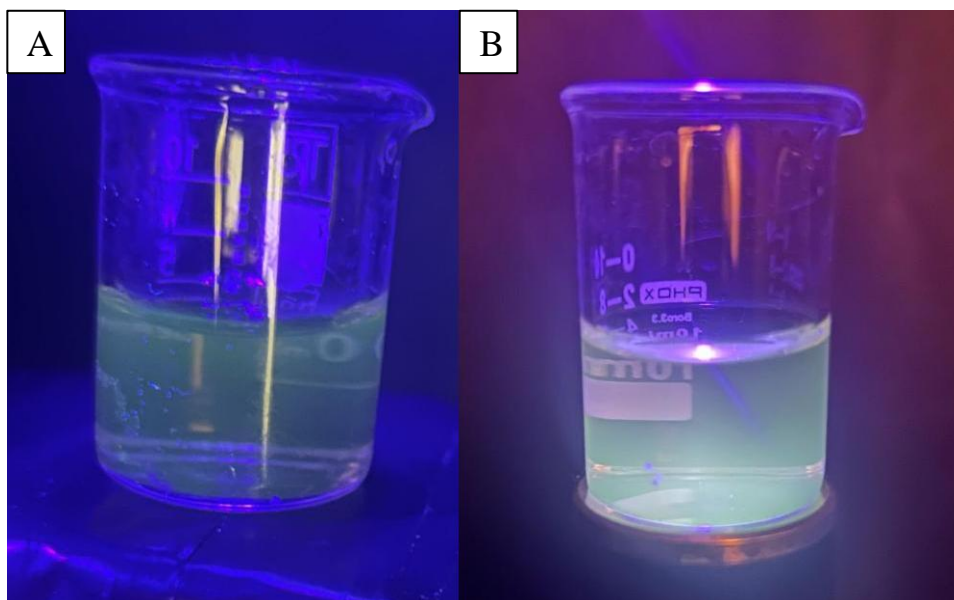


Figura 2: A) Lignina e Ureia 1:2; B) Lignina e Ureia 1:1

Após isso, foi realizada a análise por espectroscopia UV-Vis também com o objetivo de caracterizar os pontos quânticos obtidos e identificar os picos de absorção característicos da lignina, na qual, de acordo com a literatura, observa-se um pico em torno de 280 nm, característica atribuída à lignina (ABDELAZIZ; HULTEBERG, 2017), como apresentado na Figura 3.

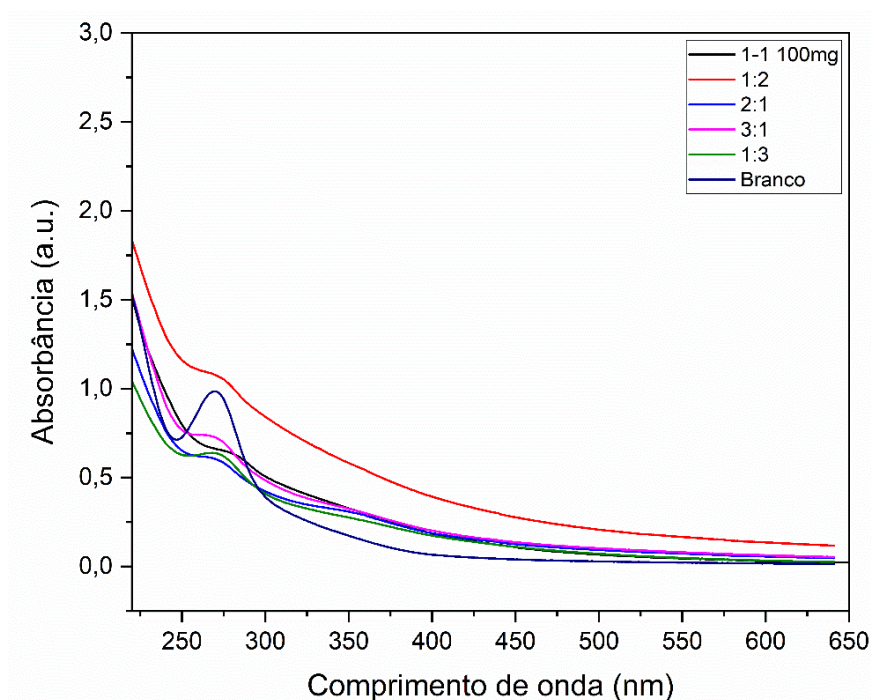


Figura 3: UV-vis dos pontos quânticos de carbono a partir da lignina

Caracterizações adicionais serão realizadas com o objetivo de aprofundar a compreensão das propriedades dos pontos quânticos de carbono obtidos, incluindo análises por espectroscopia de fotoelétrons excitados por raios X (XPS), espectroscopia de fluorescência (PL), espectroscopia Raman e espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier (FTIR) das amostras secas.

4. CONCLUSÕES

A lignina extraída do licor negro demonstrou ser um material de elevado potencial para aplicação na síntese de pontos quânticos de carbono, configurando-se como uma alternativa viável para a valorização de resíduos provenientes da indústria madeireira. Essa abordagem desponta como promissora para o desenvolvimento de nanomateriais inovadores.

Estudos futuros serão essenciais para a otimização das condições de síntese e para a ampliação das possibilidades de aplicação tecnológica dos pontos quânticos de carbono derivados da lignina, consolidando esse biopolímero como um precursor estratégico na produção de materiais funcionais e sustentáveis com alto valor agregado.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELAZIZ, Omar Y.; HULTEBERG, Christian P. **Physicochemical characterisation of technical lignins for their potential valorisation. *Waste and Biomass Valorization***, v. 8, p. 859–869, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9643-9>.

CHEMMÉS, Gustavo. **Tecnologia de polpação**. Florianópolis: UFSC, 2013. 61 p. Apostila da disciplina EQA5309 – Operações Industriais II. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/131466>.

HU, J.; ZHANG, Q.; LEE, D. J. **Kraft lignin biorefinery: A perspective. *Bioresour. Technol.***, v. 247, p. 1181–1183, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.169>.

JORGE, I. E. **Study on the extraction of lignin from black liquor, its impact on the process of recovery and generation of energy and its potential use in new applications**. 2018. 59 f. Monografia (Especialização em Energias Renováveis) – Programa de Pós-Graduação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

LEE, Wooseok; KO, Seonghyuk. **Synthesis and characterization of lignocellulose-based carbon quantum dots (CQDs) and their antimicrobial and antioxidant functionalities. *Molecules***, Basel, v. 30, n. 3, p. 667, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules30030667>.

MOTA, F. A. S.; VIEGAS, R. A.; LIMA, A. A. S.; SANTOS, F. F. P.; CASELLI, F. T. R. **Pirólise da biomassa lignocelulósica: uma revisão. *Revista GEINTEC***, v. 5, n. 4, p. 2511-2525, 22 mar. 2022.

PANIZ, Oscar Giordani. **Obtenção de celulose e nanocelulose a partir de biomassas marinhas e linho neozelandês**. Orientadora: Alice Gonçalves Osório. 2021. 83 f. Tese, (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021

POLA, Lucía et al. **Kraft black liquor as a renewable source of value-added chemicals. *Chemical Engineering Journal***, v. 448, p. 137728, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.137728>.

SILVA, Pedro Henrique do Nascimento et al. **Pré-tratamento de biomassa lignocelulósica: Revisão. *Anais do II Congresso da Rede Brasileira de Bioquerosene e Hidrocarbonetos Sustentáveis de Aviação***, 2023. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.37885/230914432>.

VILCOCQ, Léa et al. **Potential of catalytic oxidation of kraft black liquor for the production of biosourced compounds. *Green Chem.***, v. 25, p. 4793, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1039/d3gc00388d>.