

OBTENÇÃO DE FIBRAS DE LINHO POR DIFERENTES MÉTODOS DE MACERAÇÃO: UM ESTUDO QUALITATIVO PRELIMINAR

Carolina D. K. Cavalcanti¹, José Alexandre B. Valle², Odinei H. Gonçalves², Rita de Cássia C. Valle²

¹Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil, Blumenau, Brasil (carolina.kramer@posgrad.ufsc.br)

²Universidade Federal de Santa Catarina, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Têxtil, Blumenau, Brasil

Resumo: A crescente demanda por materiais têxteis sustentáveis tem impulsionado o estudo de fibras liberianas, como linho e cânhamo, devido ao seu baixo impacto ambiental, à biodegradabilidade e ao bom desempenho mecânico. Este trabalho teve como objetivo avaliar a extração preliminar de fibras de linho por meio de diferentes condições de maceração. O processo foi conduzido de modo a observar o comportamento dos caules de linho durante a separação das fibras, sendo monitorados parâmetros como tempo, pH e aspectos visuais do meio, incluindo a formação de espuma, o escurecimento da solução e alterações associadas à atividade fermentativa. Foram avaliadas três condições de maceração: em água, com enzimas e com ureia, nos períodos de 7 e 15 dias. Os resultados indicaram a ocorrência de processos fermentativos e evidenciaram que foi possível realizar a extração das fibras de linho em todas as condições testadas. Dessa forma, o estudo fornece subsídios iniciais para investigações futuras voltadas à otimização dos métodos de extração de fibras liberianas para aplicação têxtil.

Palavras-chave: Fibras liberianas; Maceração; Extração da fibra, Linho

INTRODUÇÃO

O cenário nacional evidencia a consolidação das fibras sintéticas no setor têxtil brasileiro, com produção superior a 200 mil toneladas anuais de materiais como poliamida, poliéster e elastano. Essas fibras representam cerca de 55% das aplicações no setor, demonstrando a forte dependência de matérias-primas de origem fóssil. Apesar dos avanços voltados à economia circular, sua base petroquímica ainda impõe desafios ambientais, como emissão de carbono, persistência no meio ambiente e dificuldades na gestão de resíduos (ABIT, 2025).

Em contraponto, as fibras liberianas, como o linho e o cânhamo, têm se destacado por apresentarem vantagens ambientais significativas, incluindo menor consumo energético e menores emissões ao longo do ciclo de vida, além de contribuírem para a diversificação agrícola e redução do uso de insumos químicos (Deckers; Manshoven; Mortensen, 2023). Essas fibras são caracterizadas por sua origem renovável, biodegradabilidade e bom desempenho mecânico, sendo consideradas alternativas promissoras às fibras sintéticas, com crescente aplicação tanto na moda sustentável quanto no

desenvolvimento de materiais técnicos (Muthu, 2020; Shaker; Nawab, 2022).

As fibras têxteis constituem a principal matéria-prima da indústria têxtil e podem ser classificadas em naturais, artificiais e sintéticas, de acordo com sua origem. As fibras naturais, especialmente as de origem vegetal, têm ganhado destaque devido à sua biodegradabilidade, renovabilidade e menor impacto ambiental em comparação às fibras sintéticas de base fóssil (Kumar; Suganya, 2017; Murthy, 2016; Shabbir; Mohammad, 2018). Entre essas fibras, destacam-se as fibras liberianas, cuja composição química influencia diretamente suas propriedades, seus métodos de extração e suas possibilidades de aplicação.

Dentre as fibras vegetais, as fibras liberianas são extraídas dos caules de plantas dicotiledôneas localizadas no floema, entre a epiderme e o xilema. Entre as principais espécies produtoras destacam-se o cânhamo (*Cannabis sativa*), o linho (*Linum usitatissimum*), a juta, o kenaf e o rami. Essas fibras são organizadas em feixes fibrosos e constituídas principalmente por celulose, hemicelulose, lignina, pectina, ceras e cinzas (Palanisamy *et al.*, 2022; Rajeshkumar *et al.*, 2022).

A celulose atua como principal componente estrutural, responsável pela resistência mecânica, enquanto a hemicelulose, a lignina e as pectinas contribuem para a coesão da estrutura vegetal. A composição química típica das principais fibras liberianas é apresentada na Tabela 1, evidenciando diferenças na proporção de celulose, hemicelulose, lignina e demais constituintes, que influenciam diretamente suas propriedades e aplicações têxteis.

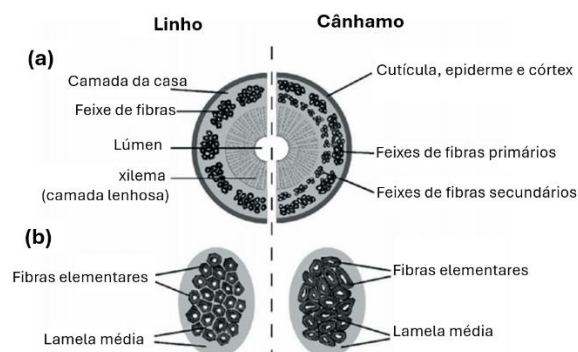
Tabela 1 – Composição química típica das principais fibras liberianas

Fibra	Celulose (%)	Hemicelulose (%)	Lignina (%)	Pectina (%)	Ceras (%)	Cinzas (%)
Linho	71	18,6–20,6	2,2	2,3	1,7	—
Cânhamo	61,8–91	5,2–16,1	1,5–17	0,8–5,8	0,7–3,3	—
Juta	59–71,5	13,6–20,4	11,8–13	0,2	0,5	0,7
Rami	68,6–76,2	13,1–16,7	0,6–0,7	1,9	0,3	—

Fonte: Adaptado de Rajeshkumar *et al.* (2022) e Vázquez-Núñez *et al.* (2024).

Devido às semelhanças morfológicas entre as fibras de linho e cânhamo, ambas apresentam comportamento estrutural semelhante, favorecendo sua aplicação em processos têxteis similares. Além da composição química, a organização estrutural dessas fibras no caule influencia diretamente sua extração por maceração. A organização dessas fibras no caule pode ser observada na Figura 1, que ilustra o corte transversal e a disposição dos feixes fibrosos (Palanisamy *et al.*, 2022; Rajeshkumar *et al.*, 2022; Shaker; Nawab, 2022).

Figura 1. Estrutura das plantas de fibras liberianas: (a) corte transversal do caule e (b) feixe de fibras de linho e cânhamo



Fonte: Angulu e Gusovius (2024).

Para viabilizar o uso têxtil dessas fibras, torna-se necessária sua separação da matriz vegetal. Esse processo é realizado por meio da maceração (*retting*),

que consiste na degradação dos componentes responsáveis pela união dos feixes fibrosos à porção lenhosa do caule, especialmente pectinas e outros constituintes não celulósicos (Ahmed *et al.*, 2022; Ouagne *et al.*, 2017). A eficiência dessa etapa influencia diretamente a qualidade das fibras obtidas, uma vez que processos insuficientes podem dificultar a separação dos feixes, enquanto tratamentos excessivos podem comprometer sua integridade estrutural.

A maceração pode ocorrer por diferentes métodos, como maceração em água, maceração natural em orvalho, maceração química ou maceração enzimática. A maceração em água baseia-se na ação de microrganismos naturais e apresenta menor impacto ambiental, embora possa demandar maior tempo de processamento (Nair *et al.*, 2015; Yu *et al.*, 2023). A maceração em orvalho ocorre pela ação de microrganismos presentes no solo e na umidade do ambiente, sendo fortemente dependente das condições climáticas (Lee *et al.*, 2020; Ma; Yan; Kasal, 2025). Já a maceração química utiliza agentes alcalinos ou ácidos, promovendo rápida separação das fibras, mas com potencial impacto ambiental e risco de degradação estrutural (Mukherjee *et al.*, 2024; Zimmiewska, 2022). A maceração enzimática, por sua vez, emprega enzimas específicas, permitindo maior seletividade na remoção dos componentes não celulósicos e melhor preservação das propriedades das fibras (Arufe *et al.*, 2021; Muthu, 2019). Os principais métodos de maceração descritos na literatura para a extração de fibras liberianas estão resumidos na Tabela 2.

Tabela 2 – Principais métodos de maceração empregados na extração de fibras liberianas

Método de maceração	Fibras	Descrição do processo	Tempo de processamento
Maceração em água (<i>water retting</i>)	Linho, cânhamo, juta, kenaf	Imersão dos caules em água para promover a ação de microrganismos responsáveis pela degradação das substâncias cimentantes da matriz vegetal.	Dias a semanas
Maceração natural em orvalho (<i>dew retting</i>)	Linho, cânhamo	Exposição dos caules no campo, sob influência da umidade, da temperatura e dos microrganismos presentes no solo e no ambiente.	Semanas

Maceração enzimática	Linho, cânhamo, rami	Uso de enzimas específicas, como pectinases, celulases e lacases, para degradação seletiva de componentes não celulósicos.	Horas a dias
Maceração química	Linho, cânhamo, juta	Aplicação de agentes químicos alcalinos ou ácidos para acelerar a remoção de pectinas, hemicelulose e lignina.	Horas
Maceração mecânica ou física	Diversas fibras liberianas	Separação física dos feixes fibrosos por processos mecânicos, podendo ser combinada a tratamentos químicos ou enzimáticos.	Variável

Fonte: Adaptado de Akin et al. (2007), De Prez et al. (2018), Nair et al. (2015), Yu et al. (2019) e Yu et al. (2023).

A escolha do método de maceração influencia diretamente a eficiência da separação das fibras, bem como as propriedades finais das fibras obtidas e os impactos ambientais associados ao processo. O setor têxtil é reconhecido como um dos mais impactantes ambientalmente, em função do elevado consumo de água, uso intensivo de produtos químicos e geração de efluentes (Pickering; Efendy; Le, 2016). Nesse contexto, o uso de fibras liberianas destaca-se por sua menor demanda hídrica, biodegradabilidade e possibilidade de inserção em sistemas produtivos mais sustentáveis (Ouagne et al., 2017).

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo realizar a extração preliminar de fibras de linho por diferentes métodos de maceração, avaliando qualitativamente o comportamento dos caules durante o processo de separação das fibras. O estudo também se alinha aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente ao ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis, ao propor o uso de fibras naturais e processos de menor impacto ambiental. Também contribui para o ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura, ao investigar métodos de extração de fibras com potencial de aplicação no setor têxtil, e para a ODS 13 – Ação contra a Mudança Global do Clima, ao incentivar a substituição de materiais de origem fóssil por recursos

renováveis, reduzindo os impactos ambientais associados à produção têxtil.

Apesar do potencial das fibras liberianas como alternativa às fibras sintéticas, ainda há oportunidades para ampliar as investigações sobre o comportamento de diferentes métodos de maceração aplicados à extração de fibras de linho, especialmente em estudos de caráter qualitativo e exploratório. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo realizar a extração preliminar de fibras de linho por maceração em água, enzima e ureia, avaliando qualitativamente o comportamento do processo de separação das fibras.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo consiste em um experimento preliminar, de caráter qualitativo e exploratório, voltado à extração de fibras de linho sob diferentes condições de maceração. Foram utilizados caules secos de cinco genótipos de linho provenientes do curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), campus Florianópolis. Os caules foram padronizados com comprimento de 35 cm, excluindo-se a região da raiz, de forma a uniformizar as amostras utilizadas nos ensaios.

Figura 2. Caules secos de linho utilizados no experimento



Fonte: Autores (2026).

Para a condução dos ensaios, os caules de linho foram acondicionados em recipientes plásticos com capacidade de 27 L, utilizando-se 10 L de água de poço em cada condição experimental. A água de poço foi empregada por favorecer a atividade microbológica envolvida no processo de maceração, aproximando-se de uma condição de água natural, sem tratamento químico intenso.

Foram avaliadas três condições de maceração, cada uma conduzida por períodos de 7 e 15 dias:

a) maceração em água, utilizada como condição de referência, na qual os caules foram apenas imersos em água de poço;

b) maceração enzimática, com adição de 2 g/L de lacase, 2 g/L de pectinase e 2 g/L de celulase à água de maceração;

c) maceração com ureia, na qual os caules receberam aplicação de 2% de ureia em relação ao peso do material vegetal, com base em protocolo adaptado da literatura (Dhanalaxmi; Vastrad, 2013), seguida de repouso por 40 a 50 horas e posterior imersão em água.

Durante o processo, foram monitorados o tempo de maceração e aspectos visuais do meio, como formação de espuma, alteração de coloração e escurecimento progressivo da água. Esses aspectos foram considerados indicativos qualitativos da atividade fermentativa e da atuação de microrganismos na degradação dos componentes responsáveis pela coesão dos feixes fibrosos. Os registros foram realizados fotograficamente ao longo dos ensaios.

O pH também foi acompanhado a cada dois dias por meio de fita indicadora. Por se tratar de um método de baixa precisão analítica, essa medida foi utilizada apenas como indicativo qualitativo do andamento da maceração, não sendo considerada como dado quantitativo conclusivo. A extração da fibra foi considerada bem-sucedida quando houve separação visual entre o feixe fibroso e a porção lenhosa do caule.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O processo de maceração permitiu acompanhar qualitativamente o comportamento dos caules de linho nas diferentes condições avaliadas (água, enzima e ureia), evidenciando alterações visuais ao longo do período experimental. Após aproximadamente sete dias de imersão, observou-se a formação de espuma em todos os tratamentos, acompanhada pelo surgimento de odor característico do processo fermentativo e pela alteração gradual da coloração da solução de maceração (Figura 3). Essas modificações são compatíveis com o processo de degradação biológica das substâncias cimentantes presentes na matriz lignocelulósica, principalmente pectinas, favorecendo a separação dos feixes fibrosos, conforme descrito por Nair et al. (2015) e Yu et al. (2023).

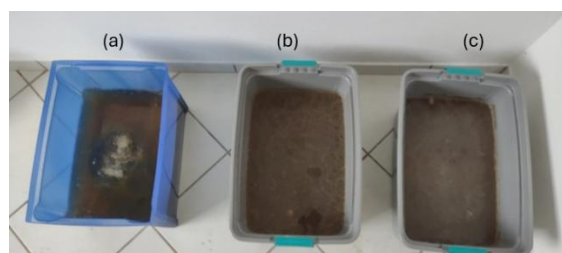
Figura 3. Maceração do linho no 1º dia somente água



Fonte: Autor (2026)

Embora os três tratamentos tenham apresentado comportamento semelhante quanto ao desenvolvimento da fermentação, foram observadas diferenças visuais entre eles. A solução submetida ao tratamento enzimático apresentou coloração mais escura em comparação às demais condições avaliadas, evidenciando alterações no meio de maceração ao longo do experimento. Essas diferenças contribuíram para o acompanhamento qualitativo da evolução do processo nas diferentes condições avaliadas, complementando as observações realizadas durante o processo de maceração.

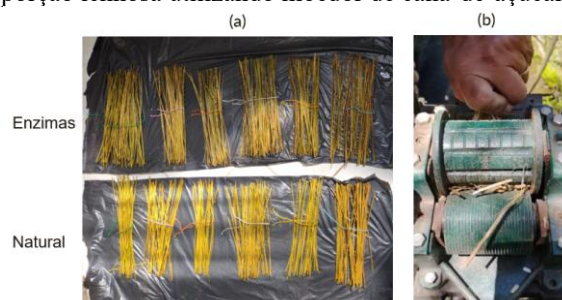
Figura 4. Aspecto visual do processo de maceração do linho após 9 dias nas condições de maceração (a) ureia, (b) água e (c) enzimas



Fonte: Autor (2026)

Após os períodos de maceração de 7 e 15 dias, os caules foram submetidos à secagem natural e, posteriormente, processados em um moedor de cana-de-açúcar, utilizado para promover a separação da porção lenhosa e facilitar a obtenção das fibras (Figura 4). A utilização desse procedimento permitiu a retirada das fibras em todas as condições avaliadas, demonstrando que os diferentes tratamentos possibilitaram a separação preliminar dos feixes fibrosos. Segundo Akin et al. (2007), a remoção dos componentes não celulósicos durante a maceração facilita a individualização das fibras, sendo uma etapa essencial para sua aplicação em processos têxteis.

Figura 5. Etapas posteriores ao processo de maceração: (a) secagem natural dos caules após 1 semana de imersão e (b) separação mecânica da porção lenhosa utilizando moedor de cana-de-açúcar.



Fonte: Autor (2026)

As fibras obtidas apresentaram coloração semelhante entre os diferentes tratamentos, não sendo observadas diferenças visuais significativas após a etapa de separação (Figura 5). Esse resultado demonstra que a metodologia empregada possibilitou a obtenção das fibras de linho em todas as condições avaliadas. Entretanto, como o presente trabalho possui caráter preliminar e qualitativo, não foram realizadas análises de rendimento, propriedades mecânicas ou caracterizações físico-químicas das fibras, restringindo-se a avaliação às observações visuais do comportamento do processo de maceração.

Figura 6. Aspecto das fibras de linho obtidas após o processo mecânico de remoção da parte lenhosa.



Fonte: Autor (2026)

Os resultados obtidos demonstram que os diferentes métodos de maceração empregados permitiram acompanhar o desenvolvimento do processo fermentativo e promover a obtenção preliminar das fibras de linho. Embora as observações apresentadas sejam de natureza qualitativa, elas evidenciam a viabilidade da metodologia adotada e fornecem uma base experimental para investigações futuras voltadas à otimização dos processos de maceração, bem como para a realização de análises quantitativas de

rendimento, caracterização físico-química e propriedades mecânicas das fibras obtidas.

CONCLUSÃO

O presente estudo apresentou a viabilidade da obtenção preliminar de fibras de linho em diferentes condições de maceração (água, enzimática e com ureia), permitindo acompanhar qualitativamente o comportamento do processo ao longo dos períodos de imersão avaliados. As alterações visuais observadas durante a maceração, como formação de espuma, mudança da coloração da solução e separação dos feixes fibrosos, forneceram informações relevantes sobre a evolução do processo e demonstraram que os diferentes tratamentos empregados possibilitaram a obtenção das fibras.

A metodologia adotada mostrou-se adequada para a condução de estudos exploratórios, empregando procedimentos experimentais simples e de baixo custo, desde a preparação das amostras até a separação mecânica das fibras. Além disso, o protocolo utilizado demonstrou potencial como ferramenta inicial para avaliação qualitativa de diferentes condições de maceração, podendo subsidiar estudos voltados ao aprimoramento da extração de fibras liberianas para aplicações têxteis.

Embora os resultados obtidos sejam de natureza qualitativa, eles fornecem informações relevantes sobre o comportamento da maceração e contribuem para o avanço do conhecimento acerca da obtenção de fibras naturais por métodos de menor impacto ambiental. Dessa forma, este trabalho constitui uma base para investigações futuras envolvendo análises quantitativas de rendimento, caracterização físico-química, propriedades mecânicas e otimização das condições de maceração, ampliando o potencial de utilização dessas fibras como alternativa sustentável para a indústria têxtil.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) pela concessão da bolsa de estudos e pelo apoio ao desenvolvimento desta pesquisa. Agradecem, ainda, ao Curso de Agronomia da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Campus Florianópolis, pelo fornecimento dos caules de linho utilizados nos experimentos.

REFERÊNCIAS

- ABIT. Abrafas impulsiona agenda sustentável para fibras artificiais e sintéticas no Brasil. 2025. Disponível em: <https://www.abit.org.br/noticias/abrafas-impulsionaagenda-sustentavel-para-fibras-artificiais-e-sinteticas-no-brasil>. Acesso em: 20 set. 2025.
- AHMED, Bulbul et al. Degumming of hemp fibers using combined microwave energy and deep eutectic solvent treatment. *Industrial Crops and Products*, v. 184, 2022.
- AKIN, Danny E.; CONDON, Brian; SOHN, Miryeong; FOULK, Jonn A.; DODD, Roy B.; RIGSBY, Luanne L.. Optimization for enzyme-retting of flax with pectate lyase. *Industrial Crops And Products*, [S.L.], v. 25, n. 2, p. 136-146, fev. 2007.
- ANGULU, Morris; GUSOVIUS, Hans-Jörg. Retting of Bast Fiber Crops Like Hemp and Flax—A Review for Classification of Procedures. *Fibers*, v. 12, n. 3, 2024.
- ARUFE, Santiago et al. Effect of retting on hemp shiv physicochemical properties. *Industrial Crops and Products*, v. 171, 2021.
- DECKERS, Jana; MANSHOVEN, Saskia; MORTENSEN, Lars Fogh. The role of bio-based textile fibres in a circular and sustainable textiles system. 2023. Disponível em: <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etcce/products/etcce-report-2023-5-the-role-of-bio-based-textile-fibres-in-a-circular-and-sustainable-textiles-system>. Acesso em: 20 set. 2025.
- DHANALAXMI, R. K.; VASTRAD, Jyoti V. Influence of retting methods on quality of mesta fibres. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, v. 4, n. 2, p. 178–183, 2013.
- KUMAR, Ponnusamy Senthil; SUGANYA, Subburaj. Introduction to sustainable fibres and textiles. In: *Sustainable Fibres and Textiles*. [S.L.]: Elsevier, 2017.
- LEE, C. H. et al. A Comprehensive Review on Bast Fibre Retting Process for Optimal Performance in Fibre-Reinforced Polymer Composites. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2020.
- MA, Wenzhuo; YAN, Libo; KASAL, Bohumil. Intensive exploration: the application potential of flax fibre/textiles as reinforcement in cementitious composites. *Journal of Cleaner Production*, v. 507, 2025.
- MUKHERJEE, S. et al. Metaproteomics identifies key cell wall degrading enzymes and proteins related to flax dew retting. *Industrial Crops and Products*, v. 222, 2024.
- MURTHY, H. V. Sreenivasa. Introduction to Textile Fibres. New York: WPI Publishing, 2016.
- MUTHU, Subramanian Senthilkannan (org.). Circular Economy in Textiles and Apparel: processing, manufacturing, and design. Cambridge: Woodhead Publishing, 2019.
- MUTHU, Subramanian Senthilkannan. Assessing the Environmental Impact of Textiles and the Clothing Supply Chain. Cambridge: Woodhead Publishing, 2020.
- NAIR, Gopu Raveendran et al. Application of microwave energy in degumming of hemp stems for the processing of fibres. *Biosystems Engineering*, v. 131, p. 23–31, 2015.
- OUAGNE, P. et al. Fibre Extraction from Oleaginous Flax for Technical Textile Applications. *Procedia Engineering*, v. 200, p. 213–220, 2017.
- PALANISAMY, Sivasubramanian et al. Effect of Extraction Methods on the Properties of Bast Fibres. In: *Springer Series on Polymer and Composite Materials*. [S.L.]: Springer, 2022.
- PICKERING, K. L.; EFENDY, M. G. A.; LE, T. M. A review of recent developments in natural fibre composites and their mechanical performance. *Composites Part A*, v. 83, p. 98–112, 2016.
- PREZ, Jana de; VAN VUURE, Aart Willem; IVENS, Jan; AERTS, Guido; VOORDE, Ilse van de. Enzymatic treatment of flax for use in composites. *Biotechnology Reports*, [S.L.], v. 20, p. 00294-00315, dez. 2018.
- RAJESHKUMAR, G. et al. Introduction to Bast Fibers. In: *Springer Series on Polymer and Composite Materials*. [S.L.]: Springer, 2022.
- SHABBIR, Mohd; MOHAMMAD, Faqeer. Introduction to textile fibers: an overview. In: *Handbook of Renewable Materials for Coloration and Finishing*. [S.L.]: Wiley, 2018.
- SHAKER, Khubab; NAWAB, Yasir. Lignocellulosic Fibers. *SpringerBriefs in Materials*, 2022.
- VÁZQUEZ-NÚÑEZ, Edgar; AVECILLA-RAMÍREZ, Andrea M; VERGARA-PORRAS, Berenice; LÓPEZ-CUELLAR, María del Rocío. Green composites and their contribution toward sustainability: a review. *Polymers And Polymer Composites*, [S.L.], v. 29, n. 9, p. 1588-1608, 5 maio 2021. SAGE Publications.
- YU, Chunyu et al. Study on the efficiency and recyclability of Fenton-MnFe₂O₄ for the degumming of hemp fibers. *RSC Advances*, v. 13, 2023.
- YU, Yuanyuan; WANG, Qiang; WANG, Ping. Bioprocessing of bast fibers. *Advances In Textile Biotechnology*. [S.L.], p. 1-19, 2019.
- ZIMNIEWSKA, Malgorzata. Hemp Fibre Properties and Processing Target Textile: a review. *Materials*, v. 15, n. 5, 2022.