



20^º COLÓQUIO
DE MODA

17ª EDIÇÃO INTERNACIONAL

19º FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES

11º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

SIMULACRO BIOQUÍMICO NO DESIGN VIVO: CONSTRUÇÃO DE BIOTECIDOS E ENSAIOS TERMOCRÔMICOS

Biochemical Simulacrum in Living Design: Bio-Tissue Construction and Thermochromic Experiments

Martins, Bruna P Gatto Belineti; Pós-Grad; Universidade de Belas Artes, bruna.pereiramartins@outlook.com¹

Resumo: No Brasil, marcado pelo alto descarte de resíduos e baixa reciclagem. Diante desse cenário, esta pesquisa propõe uma alternativa sustentável para a produção de tecidos. O estudo investigou a aplicação da biocelulose na indústria têxtil, a partir do cultivo de comunidades microbianas simbióticas (SCOBY). Foram testados diferentes meios e condições de fermentação em laboratório, comprovando a viabilidade técnica e relevância ecológica. Os resultados preliminares indicaram que o chá de hibisco proporciona melhor resistência e otimização do tempo de crescimento.

Palavras-chave: Biotecido; Produção de tecidos sustentáveis; Biocelulose.

Abstract: In Brazil, marked by high waste generation and low recycling rates, this research proposes a sustainable alternative for fabric production. The study investigated the application of biocellulose in the textile industry through the cultivation of symbiotic microbial communities (SCOBY). Different media and fermentation conditions were tested in the laboratory, confirming technical feasibility and ecological relevance. Preliminary results indicated that hibiscus tea provides greater resistance and optimization of growth time.

Keywords: Biotextile; Sustainable textile materials; Bacterial cellulose.

Introdução

A indústria têxtil, embora essencial para a economia global, figura entre as maiores responsáveis por impactos ambientais, devido ao elevado consumo de água, à emissão de gases de efeito estufa e ao descarte de resíduos persistentes, como indicam (BURKHARDT, 2023) e (MACARTHUR, 2017). No Brasil, mais de 4

¹ Bruna Pereira Gatto Belineti Martins – Bacharel em Estilismo pela Faculdade Santa Marcelina (FASM). Pós-graduada em Produção de Moda e Styling. Pesquisadora independente nas áreas de biotecnologia têxtil, biomateriais sustentáveis e inovação em design. E-mail: bruna.pereiramartins@outlook..com



20th COLÓQUIO DE MODA

17th EDIÇÃO INTERNACIONAL

19th FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES

11th CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

milhões de toneladas de resíduos têxteis são descartados anualmente, e menos de 20% são reciclados ou reaproveitados (CNN BRASIL, 2023) e (GONÇALVES, 2023; ABIT, 2023). Essa realidade tem impulsionado a busca por soluções que conciliam desempenho técnico, viabilidade econômica e sustentabilidade, cenário no qual a biotecnologia insere-se como área estratégica ao explorar microrganismos para a produção de bioprodutos de alto valor agregado. Entre esses materiais, a biocelulose se destaca por ser biodegradável e possuir características que podem agregar valor para a indústria da moda, como (i) resistência mecânica e capacidade de retenção hídrica (PORTELA et al., 2019); (ii) tecidos biodegradáveis e couros veganos (NG; WANG; 2016); (iii) membranas agrícolas capazes de liberar nutrientes de forma controlada e proteger mudas (SHODA; SUGANO; 2005). Produzida principalmente por bactérias do gênero *Komagataeibacter xylinus*, foi descrita pela primeira vez por Brown, em 1886, e teve seu potencial industrial ampliado por estudos recentes, (MUTHU; RATHINAMOORTHY; 2021). Nesse contexto, o presente estudo propõe a obtenção de biomembranas celulósicas a partir de chá verde (*Camellia sinensis*), cálice desidratado de hibisco (*Hibiscus sabdariffa*) e vinho tinto, investigando o meio de hibisco para otimização do tempo de crescimento, o uso de radiação UV-C como fator de estresse e a aplicação de pigmento termocrômico, com vistas ao desenvolvimento de alternativas ecologicamente responsáveis e tecnicamente viáveis para o setor têxtil.

Metodologia

A pesquisa foi conduzida em três fases principais: planejamento experimental, preparo de amostras e cultivos e testes e caracterização dos biofilmes obtidos, buscando otimizar a produção da biocelulose para aplicação têxtil.

Revisão bibliográfica

Foi realizada uma revisão bibliográfica sobre a produção e viabilidade da biocelulose, nos processos mediados por *Komagataeibacter xylinus*. Dados de (VIEIRA, 2013) demonstraram que a escolha do substrato — fonte de carbono e nutrientes essenciais ao metabolismo bacteriano — e o controle de variáveis como tempo



20º COLÓQUIO DE MODA

17ª EDIÇÃO INTERNACIONAL

19º FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES

11º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

de fermentação, temperatura, pH inicial e oxigênio determinam diretamente o rendimento e a qualidade do biofilme. Também destacou o chá verde (*Camellia sinensis*), além de frutas e vegetais, como substratos capazes de elevar a produtividade, reforçando o potencial do reaproveitamento agroindustrial. Em consonância, (CUNHA et al., 2021) verificaram que diferentes matrizes, como chá verde, chá mate, café, guaraná e cacau, desencadeiam respostas distintas no crescimento do SCOBY, sendo que cacau, café e chá verde se mostraram mais favoráveis, enquanto chá mate e guaraná apresentaram desempenho inferior. Por fim, (GALDINO et al., 2021) acrescentaram que compostos fenólicos presentes no hibisco (*Hibiscus sabdariffa*), especialmente as antocianinas, podem contribuir para propriedades diferenciadas das membranas, como maior elasticidade e coloração característica. Conclusões que (ADITIAWATI et al., 2020) ressalta por consequência desafios ainda recorrentes, como a alta absorção de água e a dificuldade em uniformizar a espessura dos biofilmes, apontando a necessidade de ajustes metodológicos para a consolidação em escala industrial.

Na produção de biotécidos é necessário fornecer matéria prima, que neste caso seriam os nutrientes necessários para o cultivo e crescimento dos micro-organismos que produzem celulose. Para isso, as fontes de carbono (carboidratos) empregadas foram sacarose, com ou sem suplementação de extrato de levedura, e glicose, visando aumentar a produtividade, enquanto a peptona bacteriana foi adotada como principal fonte de nitrogênio (proteína), a partir de protocolos de (LAHIRI, 2021). Também foram avaliados diferentes tipos de recipientes, constatando-se que o inóculo de chá verde apresentou melhor desempenho em bandejas plásticas e placas acrílicas, favorecendo a escalabilidade, enquanto o inóculo de hibisco apresentou maior rendimento em recipientes de vidro com baixa interação com oxigênio, como Erlenmeyers e frascos reagentes.

Preparação dos Meios de Cultivo

Foram desenvolvidos e testados diferentes meios de cultivo visando a otimização da produção de biocelulose mediada por comunidades microbianas simbióticas do kombucha (KMC). Investigou-se principalmente o uso de: (i) folhas de chá verde (*Camellia sinensis*); (ii) cálices de hibisco desidratado (*Hibiscus sabdariffa*) e (iii) vinho tinto (11% v/v), além de formulações experimentais com chá preto, café



20th COLÓQUIO DE MODA

17ª EDIÇÃO INTERNACIONAL

19º FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES
11º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

arábico e mel orgânico puro. A escolha da metodologia de (VIEIRA, 2013) como referência para este trabalho se deve ao seu caráter sistemático e abrangente no estudo da produção de biocelulose. A autora investigou de forma detalhada variáveis fundamentais como proporção do inóculo, concentração de sacarose, pH inicial e tempo de cultivo, estabelecendo parâmetros comparativos que permitem avaliar com clareza o desempenho de diferentes condições experimentais. Esse protocolo se destaca na literatura por oferecer dados quantitativos organizados em tabelas, relacionando diretamente o volume de inóculo e as características do biofilme obtido, como espessura, massa e produtividade. Assim, serviu como ferramenta metodológica para nortear a definição das proporções utilizadas nesta pesquisa, possibilitando a construção de uma base comparativa sólida entre diferentes substratos de cultivo, como chá verde, hibisco e vinho.

Tabela 1 - Meios de Cultivo utilizados

Meio e ID	Ingredientes e quantidades	Recipiente
Chá verde (MC01)	5g/L folhas de chá verde 50g/L sacarose (teste preliminar) pH inicial - 4,0; pH ajustado - 4,5 - 5. SCOBY $\therefore$ 1,20 $\pm$ 0,5g.	Placa de Petri de plástico (90x15mm).
Chá verde (MC02)	7g/L $\therefore$ 1,4g/ 200mL folhas de chá verde 150g/L $\therefore$ 3g/ 200mL glicose 1g/L $\therefore$ 0,2g/ 200mL gelatina em pó 1g/L $\therefore$ 0,2g/ 200mL peptona bacteriana pH inicial - 4,0; sem ajuste de pH. SCOBY $\therefore$ 2,20 $\pm$ 0,25g.	Erlenmeyer de vidro (500mL).
Chá verde (MC03)	7g/L $\therefore$ 14g/2L folhas de chá verde (150g/L $\therefore$ 200g/2L glicose (medida adaptada) 3g/L $\therefore$ 6g/2L extrato de levedura pH inicial - 4,0; sem ajuste de pH. SCOBY $\therefore$ 22g $\pm$ 2g.	Bandeja de plástico (25x30x15cm).



20^º COLÓQUIO DE MODA

17ª EDIÇÃO INTERNACIONAL

19º FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES

11º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

Chá preto (MC04)	7g/L ∴ 0,11g/ 16mL chá preto Leão® 100g/L ∴ 1,6g/ 16mL glicose 4g/L ∴ 0,06g/ 16mL extrato de levedura (medida adaptada). SCOBY ∴ 1,20 ± 0,5g.	Placa de Petri de plástico (90x15mm).
Chá preto (MC05)	3,5g/L ∴ 0,05g/ 16mL chá preto Leão® 3,5g/L ∴ 0,05g/ 16mL folhas de chá verde 100g/L ∴ 1,6g/ 16mL glicose 4g/L ∴ 0,06g/ 16mL extrato de levedura (medida adaptada). SCOBY ∴ 1,20 ± 0,5g.	Placa de Petri de plástico (90x15mm).
Chá preto (MC06)	7g/L ∴ 0,05g/ 8mL chá preto Leão® 50g/L ∴ 0,40g/ 8mL lactose em pó SCOBY ∴ 1,20 ± 0,5g.	Placa de Petri de plástico (90x15mm).
Chá hibisco (MC07)	7g/L ∴ 1,05g/ 150mL chá de hibisco 150g/L ∴ 22,5g/ 150mL glicose 3g/L ∴ 0,45g/ 150mL extrato de levedura SCOBY ∴ 6cm diâmetro, espessura estimada 10mm.	Frasco reagente de vidro de 200mL.
Chá hibisco (MC08)	7g/L ∴ 1,05g/ 150mL chá de hibisco 35g/L ∴ 5,4g/ 150mL mel orgânico puro 3g/L ∴ 0,45g/ 150mL extrato de levedura SCOBY ∴ 6cm diâmetro, espessura estimada 5mm.	Erlenmeyer de vidro (250mL).
Chá hibisco (MC09)	7g/L ∴ 0,05g/ 8mL chá de hibisco 30g/L ∴ 0,24g/ 8mL mel orgânico puro 40g/L ∴ 0,32g/ 8mL glicose 2g/L ∴ 0,01g/ 8mL extrato de levedura SCOBY ∴ 1,20 ± 0,5g.	Placa de Petri de plástico (90x15mm).
	7g/L ∴ 14g/ 2L chá de hibisco	



20^º COLÓQUIO DE MODA

17ª EDIÇÃO INTERNACIONAL

19º FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES

11º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

Chá hibisco (MC10)	150g/L ∴ 250g/ 2L glicose (medida adaptada) 3g/L ∴ 6g/ 2L extrato de levedura 2x SCOPY ∴ 8cm diâmetro, espessura estimada 20mm.	Bandeja de plástico (25x30x15cm).
Chá hibisco (MC11)	4,9g/L ∴ 0,09g/ 20mL chá de hibisco 2,1g/L ∴ 0,04g/ 20mL café arábico em pó 150g/L ∴ 3g/ 20mL glicose 3g/L ∴ 0,06g/ 20mL extrato de levedura SCOPY ∴ 1,20 ± 0,5g.	Placa de Petri de plástico (90x15mm).
Vinho 11% + CV (MC12)	300mL/L ∴ 60mL/ 200mL vinho 11% diluído em 140mL de água destilada 7g/L ∴ 1,4g/ 200mL folhas de chá verde 100g/L ∴ 20g/ 200mL sacarose 3g/L ∴ 0,6g/ 200mL extrato de levedura SCOPY ∴ 6cm diâmetro, espessura estimada 15mm.	Frasco reagente de vidro de 200mL.
Vinho 11% + CH (MC13)	300mL/L ∴ 60mL/ 200mL vinho 11% diluído em 140mL de água destilada 7g/L ∴ 1,4g/ 200mL chá de hibisco 150g/L ∴ 30g/ 200ml glicose 3g/L ∴ 0,6g/ 200mL extrato de levedura SCOPY ∴ 6cm diâmetro, espessura estimada 15mm.	Frasco reagente de vidro de 200mL.

Fonte: Autoria própria.

Etapas de Cultivo

Utilizaram-se diferentes estratégias para validar o meio de cultivo de melhor performance e otimização. Inicialmente, testou-se a fermentação primária conduzida em recipientes abertos, sob condições aeróbicas e temperatura controlada (30 ± 1 °C), conforme metodologia adaptada de (OFER; ALISTAR; 2023) e de



20th COLÓQUIO DE MODA

17th EDIÇÃO INTERNACIONAL

19th FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES
11th CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

(VIEIRA, 2013) permitindo a formação da camada de biofilme na interface líquido-ar. Após o período estabelecido, parte dos biofilmes foram transferidos para uma segunda etapa de fermentação (secundária) em meio de hibisco concentrado, com o objetivo de intensificar a coloração, modificar a morfologia e potencializar propriedades mecânicas, conforme abordagem descrita por (DA-COSTA-ROCHA et al., 2014).

A fermentação primária foi conduzida com vedação por filme plástico microperfurado, permitindo troca gasosa e prevenindo contaminações externas. Cada meio de cultivo foi preparado segundo protocolos específicos de infusão e suplementação, iniciando-se pela infusão do material vegetal em água destilada aquecida a 100 ± 5 °C por 10 minutos (OFER; ALISTAR; 2023), seguida de filtração estéril e incorporação dos açúcares e suplementos previstos na formulação. O pH foi monitorado com pHmetro calibrado e, quando necessário, ajustado com solução de ácido cítrico ou tampão fosfato para a faixa desejada.

Todos os cultivos permaneceram em estufa bacteriológica a 30 °C, em regime estático e monitoramento periódico de pH e espessura do biofilme por 3 a 30 dias. Ao término da fermentação primária, parte das membranas foi submetida à fermentação secundária em infusão concentrada de hibisco (14 g L^{-1}), com ou sem adição de mel orgânico, visando intensificar a coloração, enriquecer o material com compostos fenólicos e modificar sua morfologia. Alguns cultivos receberam radiação UV-C (7 J cm^{-2}) antes da incubação secundária para avaliação da resposta adaptativa do consórcio microbiano.

Aplicação de Fatores de Estresse

Diante da inatividade observada em um lote de cultivo, o sistema microbiano foi transposto para um novo inóculo duplicado de MC07, possibilitando sua potencialização por meio da fermentação secundária. Os mesmos SCOBYS foram reutilizados em combinação com 20 % do meio previamente inativo e distribuídos em dois Erlenmeyers de vidro de 500 mL. A estratégia buscou induzir um estresse controlado, de modo a estimular a resposta adaptativa das bactérias por meio da formação de biofilme. Como diferencial, um dos recipientes foi submetido à radiação UV-C em baixa intensidade (7 J/cm^2), aplicada como fator de estresse físico-químico. A radiação UV-C, embora não alcance naturalmente a superfície terrestre, é reconhecida pelo seu elevado



20^º COLÓQUIO DE MODA

17ª EDIÇÃO INTERNACIONAL

19º FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES

11º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

potencial de dano ao DNA, promovendo rapidamente a formação de dímeros de pirimidina e quebras de fita dupla (CADET & DOUKI, 2018). Contudo, quando administrada em doses pequenas, pode atuar como fator de estresse, estimulando microrganismos a ativarem os seus mecanismos de proteção, como a síntese de biocelulose. Essa hipótese é corroborada por (LEE et al., 2023), cuja pesquisa demonstra aumento na produtividade de biocelulose em cepas de *Gluconacetobacter xylinus* submetidas à mutagênese induzida por UV-C. Após três dias do tratamento, observou-se a formação irregular, porém significativa, de biocelulose no Erlenmeyer, com espessura média de 35 ± 5 mm, sugerindo ativação metabólica desencadeada pelo estressor luminoso.

A análise comparativa indicou que a fermentação secundária em hibisco gerou biomembranas espessas com características morfológicas equivalentes às induzidas pela radiação UV-C. Tal efeito pode ser atribuído ao pH mais baixo, que se manteve estável na faixa de 3,0 a 3,5, possível consequência da presença de antocianinas, ácidos orgânicos (hibísico, málico e cítrico) e flavonoides presentes no hibisco. Os resultados sugerem que tanto a radiação UV-C quanto o hibisco atuam como agentes de estresse capazes de promover espessamento da matriz extracelular, possivelmente por ativação de vias metabólicas associadas à síntese de polissacarídeos extracelulares (EPS). No caso do hibisco, a estratégia apresenta vantagens por ser um método não invasivo e bioestimulante, com potencial para aplicação em cultivos destinados à produção de biocelulose de alta espessura e resistência, especialmente em processos voltados à reprodução de biotêxteis em escala ampliada.

Figuras 2 e 3 - Bioceluloses Chá Hibisco após 5 dias.



20^º COLÓQUIO DE MODA

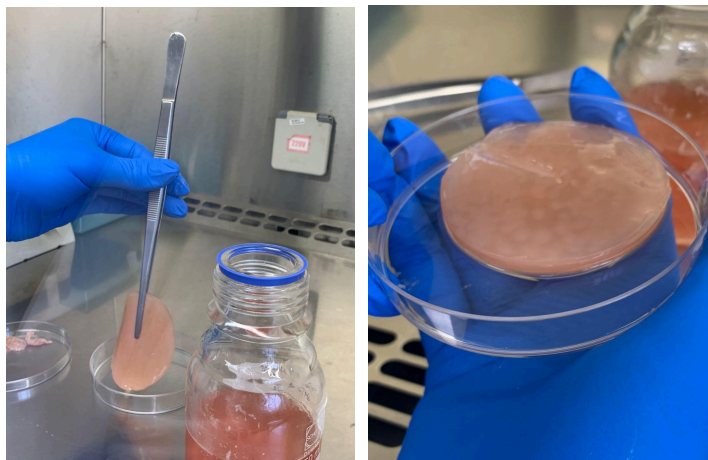
17^ª EDIÇÃO INTERNACIONAL

19^º FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES

11^º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025



Fonte: Autoral: Bruna Martins, resultado preliminar MC07. 2025.

Tratamento Pós-Cultivo

A purificação dos biofilmes de biocelulose foi realizada por imersão em solução de NaOH (0,1–1,0 M) em temperatura elevada (60–90 °C) ou uma diluição de hipoclorito de sódio a 1-2% em aproximadamente 1:10 com água destilada, seguida de lavagens com água destilada até pH neutro são procedimentos que removem efetivamente resíduos microbianos, proteínas e compostos coloridos (BODEA et al., 2021; FENG et al., 2024; AMARASEKARA et al., 2020). Ademais, parte do material foi submetido à pigmentação com tintas termocrômicas, tanto na condição seca quanto hidratada, avaliando-se a aderência e estabilidade da cor era possível sobre um novo tecido biodegradável.

Caracterização dos Biofilmes

A caracterização físico-química incluiu ensaio de tração em (MUE) Máquina Universal de Ensaio, com uma amostra de chá verde mediante dimensões 8,2x1x1x0,5cm gabarito exigido pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ABNT NBR ISO 527-1 e 527-2 → adequado para ensaios de tração em plásticos (com desenho de codinome formato “dog-bone” / corpo osso-de-cachorro) para determinação de



20th COLÓQUIO DE MODA

17th EDIÇÃO INTERNACIONAL

19th FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES
11th CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

resistência mecânica. Margens do paquímetro utilizado “Marberg” - “Measuring Range: 0-150MM/0-6IN, 0-200MM/0-8IN, Resolution: 0.01MM/0.0005IN, Accuracy: $\pm$ 0.02MM/0.001IN (<100MM), $\pm$ 0.03MM/0.001IN (>100-200MM), Repeatability: 0.01MM/0.0005IN, Max Measuring Speed: 1.5M/SEC, 60IN/SEC” - velocidade de 2mm/mn, baseada no protocolo das normativas da ABNT ISO 527 (plásticos/filmes) → sugere 1 mm/min a 50 mm/min para módulo elástico e 50 mm/min a 500 mm/min para ruptura. Análises por microscopia óptica e espectroscopia Raman para avaliação estrutural, e mapeamento das vias metabólicas envolvidas na síntese de celulose bacteriana, e microscopia eletrônica de varredura (MEV) para análise morfológica de construção de fibras, porosidades, e pesquisa exploratória.

Resultados e Discussão

Crescimento em Diferentes Meios de Cultivo

Os resultados sugerem que a resposta distinta dos meios de cultivo pode estar associada à interação entre composição química e disponibilidade de oxigênio. O chá verde (*Camellia sinensis*), por apresentar pH inicial mais elevado e menor teor de ácidos orgânicos, parece demandar maior aeração para favorecer a síntese de celulose, o que justificaria o desempenho superior em placas abertas e de maior escala (ROSA et al., 2019) e (ANDRIANI; APRIYANA; KARINA, 2020). Já o chá de hibisco (*Hibiscus sabdariffa*), naturalmente mais ácido e rico em flavonoides, teria condições mais favoráveis para a rápida adaptação bacteriana mesmo em recipientes de vidro com baixa troca gasosa, como Erlenmeyer e frascos de reagente (BARROS, 2021); (RATHINAMOORTHY; MUTHU; 2023). De forma complementar, o uso de materiais alternativos, como acrílico e plástico, mostrou-se promissor nesta pesquisa, possivelmente pela menor interação de polifenóis com a superfície e maior estabilidade térmica do microambiente, aspectos já apontados na literatura como relevantes para a organização e rendimento da biocelulose (SHODA; SUGANO, 2005; GALDINO, 2021).

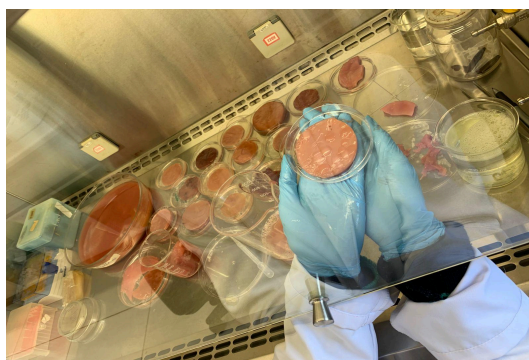
Análises Físico-Químicas e Fatores de Estresse



As análises físico-químicas mostraram que estímulos ambientais influenciaram significativamente a produtividade e a qualidade da biocelulose. A fermentação secundária em hibisco e a radiação UV-C (7 J/cm^2) resultaram em espessamento das biomembranas, sugerindo que o estresse controlado pode atuar como catalisador metabólico da síntese (JANG et al., 2015) e (CADET & DOUKI, 2018). A microscopia Raman revelou fibras colapsadas nas amostras de chá verde seco, em contraste com as hidratadas, que preservaram a rede tridimensional; resultado coerente com o FTIR descrito por Vieira (2013), no qual a redução das bandas de hidroxila ($\approx 3340 \text{ cm}^{-1}$) e C–O ($\approx 1050 \text{ cm}^{-1}$) indicou colapso estrutural. Estudos clássicos também associam a intensidade desses picos ao grau de cristalinidade da celulose (IGUCHI; YAMANAKA; BUDHIONO, 2000), o que sugere instabilidade do chá verde durante a secagem.

O hibisco, em contrapartida, manteve estabilidade morfológica mesmo após a secagem, com maior espessura e homogeneidade, reforçando o papel de seu pH ácido e de ácidos orgânicos na regularidade estrutural (VIEIRA, 2013; ADITIAWATI et al., 2021). A suplementação com hibisco e glicose favoreceu biofilmes mais espessos e resistentes (SHODA; SUGANO, 2005). Embora a radiação UV-C tenha reduzido levemente a taxa de crescimento, aumentou a densidade fibrilar e a resistência à tração, efeito associado ao estresse oxidativo (JANG et al., 2015). Entre os fatores avaliados, o hibisco destacou-se como o mais relevante para espessura e regularidade, enquanto a suplementação nutricional acelerou o processo.

Figura 4 - Bioceluloses Chá Hibisco com método de fator de estresse aplicado.





20^º COLÓQUIO
DE MODA

17ª EDIÇÃO INTERNACIONAL

19º FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES
11º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

Fonte: Autoral: Bruna Martins.2025

Os ensaios de tração revelaram comportamento distinto ao descrito na literatura (POTIVARA; PHISALAPHONG; 2019; NAYAK et al., 2024) para filmes de biocelulose. O biofilme de chá verde apresentou elevada ductilidade, alcançando alongamento extremo com resistência próxima a ~50 MPa, valor expressivo para materiais celulósicos, pois se aproxima da faixa de plásticos biodegradáveis (40–60 MPa) e supera a resistência de alguns couros naturais (8–25 MPa). Esse desempenho sugere que a composição do meio pode ter favorecido maior plasticidade e resistência simultaneamente. As micrografias do MEV (Microscopia Eletrônica de Varredura) reforçam essa interpretação, ao mostrarem fibras colapsadas e menor porosidade no chá verde, enquanto o hibisco exibiu rede fibrilar mais densa e homogênea, possivelmente associada a maior estabilidade mecânica. O Raman também apontou maior uniformidade estrutural no hibisco, em concordância com observações de sobre a relação entre espectros regulares e maior cristalinidade da biocelulose (VIEIRA, 2013; IGUCHI; YAMANAKA; BUDHIONO; 2000).

Pigmentação Termocrômica

No setor têxtil, pigmentos termocrômicos são amplamente utilizados, como demonstrado pelas camisetas Hypercolor² da Generra Sportswear nos anos 90, produzidas com pigmentos encapsulados da Matsui Shikiso Chemical, e mais recentemente pelas versões reativas da Shadow Shifter³ e pelas peças de luxo interativo da KULER®⁴. Resultados semelhantes já foram relatados em biocelulose tingida com corantes (COSTA et al., 2017) verificaram melhor fixação de pigmentos naturais em estado úmido, enquanto anteriormente (PETERS et al., 2013) observaram que a afinidade com corantes sintéticos depende do momento

² DEL SOL. *Del Sol Photochromic Color Changing Shirts vs Thermochromic Hypercolor Shirts*. Del Sol Blog, 2024. Disponível em: <https://blog.delsol.com/2024/del-sol-photochromic-color-changing-shirts-vs-thermochromic-hypercolor-shirts/>. Acesso em: 20 jun., 2025.

³ SHADOW SHIFTER. *Shadow Shifter – Official Website*. Disponível em: <https://www.shadowshifter.us/>. Acesso em: 20 jun., 2025.

⁴ KULER. *The rise of thermochromic textiles: a new era in luxury fashion*. Kuler Blog, 2024. Disponível em: <https://www.kuler.io/blogs/the-rise-of-thermochromic-textiles--a-new-era-in-luxury-fashion>. Acesso em: 20 jun., 2025.



20^º COLÓQUIO DE MODA

17^º EDIÇÃO INTERNACIONAL

19^º FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES

11^º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

da aplicação. De forma complementar, (FERNANDES et al.; 2021) e (SALMEAN et al., 2021) reforçam que a funcionalização para aplicações inteligentes é mais eficiente quando ocorre na fase úmida ou durante a biossíntese, ou ainda com o uso de agentes de acoplamento.

Na presente pesquisa, foi utilizada a proporção de 1 g de pigmento dissolvido em 9 g de base acrílica aquosa com glicerina, acrescida de pequena quantidade de goma guar para viscosidade. Contudo, como o pigmento foi aplicado apenas após a secagem e reidratação dos biotécidos, observou-se fixação superficial sem penetração nos poros ou fibras da matriz. Esse resultado pode ser explicado pelo colapso da rede fibrilar após a secagem, que reduz a porosidade e dificulta a difusão de moléculas, como descrito por (IGUCHI; YAMANAKA; BUDHIONO; 2000). A reidratação não reabre totalmente esses espaços, restringindo o pigmento à superfície.

Figura 5 - Termocromia aplicada em Biotecido de Chá Verde.



Fonte: Autoral: Bruna Martins.2025

Apesar dessas limitações, os testes autorais confirmaram a responsividade térmica dos pigmentos, com mudança de cor entre 40–50 °C e reversão ao estado inicial em 10–15 °C. A aderência foi mais evidente em biofilmes de chá verde, possivelmente pela superfície mais uniforme, enquanto os de hibisco apresentaram menor fixação. Esses resultados, ainda que preliminares, demonstram a originalidade da abordagem e abrem



20^º COLÓQUIO DE MODA

17ª EDIÇÃO INTERNACIONAL

19º FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES

11º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

caminho para futuras pesquisas em biotécidos inteligentes, posicionando a biocelulose como plataforma promissora para inovação em moda sustentável e design responsivo.

Considerações Finais

Os resultados obtidos neste estudo apontam o chá de hibisco como a descoberta mais promissora, visto que, apesar da escala laboratorial ainda restrita, sua eficiência fermentativa, a formação acelerada de camadas e as propriedades diferenciadas do biofilme evidenciam um potencial inovador para aplicação em substratos têxteis sustentáveis. Além disso, verificou-se que a aplicação de estresse físico-químico, por meio de radiação UV-C em baixa dosagem ($\approx 7 \text{ J/cm}^2$), funcionou como um estímulo adaptativo capaz de reativar inóculos inativos e induzir a produção de biomembranas mais espessas, ampliando a compreensão dos fatores ambientais no desempenho fermentativo.

Referências

ADITIAWATI, P. et al. **Optimization of bacterial cellulose production by *Komagataeibacter sp.* through pH and carbon source variation.** *Materials Today: Proceedings*, v. 46, n. 9, p. 4187–4194, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320372609>. Acesso em: 15 jan. 2025.

AGÊNCIA BRASIL. **Brasil descarta 4 milhões de toneladas de resíduos têxteis por ano.** Empresa Brasil de Comunicação (EBC), 2025. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2025-04/brasil-descarta-4-milhoes-de-toneladas-de-residuos-texteis-por-ano>. Acesso em: 20 jul. 2025.

AMARASEKARA, A. M. et al. **Preparation and characterization of bacterial cellulose-based biodegradable composites.** *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 164, p. 4235–4245, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813020349854>. Acesso em: 22 ago. 2025.



20^º COLÓQUIO
DE MODA

17^ª EDIÇÃO INTERNACIONAL

19^º FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES
11^º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

ANDRIANI, D.; APRIYANA, A. Y.; KARINA, M. **The optimization of bacterial cellulose production and its applications: a review.** *Cellulose Chemistry and Technology*, v. 54, n. 7–8, p. 6744–6766, 2020. Disponível em: [https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT7-8\(2020\)/p.674-686.pdf](https://www.cellulosechemtechnol.ro/pdf/CCT7-8(2020)/p.674-686.pdf). Acesso em: 28 jul. 2025.

BARROS, M. O. **Propriedades de celulose bacteriana: influência do tempo de fermentação em diferentes cepas de Komagataeibacter.** 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/57521>. Acesso em: 25 ago. 2025.

BODEA, I. M. et al. **Bacterial cellulose from kombucha: preparation, properties and applications.** *Polymers*, v. 13, n. 21, p. 3600, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/13/21/3600>. Acesso em: 20 ago. 2025.

CADET, J.; DOUKI, T. **Formation of UV-induced DNA damage contributing to skin cancer development.** *Photochemical & Photobiological Sciences*, v. 17, n. 12, p. 1816–1841, 2018. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2018/pp/c7pp00395a>. Acesso em: 25 ago. 2025.

CNN BRASIL. **Brasil descarta mais de 4 milhões de toneladas de resíduos têxteis por ano.** São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/brasil-descarta-mais-de-4-milhoes-de-toneladas-de-residuos-texteis-por-ano/>. Acesso em: 20 jul. 2025.

COSTA, A. F. S. et al. **Bacterial cellulose as a support for natural colorants.** *Polímeros*, v. 27, n. 4, p. 305–311, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/4fQxTdrS3MX9kQbM5o9vRvg/>. Acesso em: 24 ago. 2025.

CUNHA, F. A. et al. **Kombucha fermented with different substrates: physicochemical and microbiological characteristics.** *Research, Society and Development*, v. 10, n. 14, p. e44101421222, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21222>. Acesso em: 15 fev. 2025.

DA-COSTA-ROCHA, I. et al. **Hibiscus sabdariffa L. – a phytochemical and pharmacological review.** *Food Chemistry*, v. 165, p. 424–443, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614007435>. Acesso em: 20 fev. 2025.



20^º COLÓQUIO
DE MODA

17ª EDIÇÃO INTERNACIONAL

19º FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES

11º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

FENG, Y. et al. **Advances in bacterial cellulose-based materials: from biosynthesis to biomedical applications.** *Carbohydrate Polymers*, v. 315, p. 121274, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861723020511>. Acesso em: 22 ago. 2025.

FERNANDES, I. M. et al. **Application of bacterial cellulose in the textile and shoe industry: development of biocomposites.** *Textiles*, v. 1, n. 1, p. 34–52, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2673-4176/1/1/3>. Acesso em: 28 ago. 2025.

FOUNDATION, Ellen MacArthur. **A New Textiles Economy: Redesigning Fashion's Future.** Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2017. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>. Acesso em: 15 jun. 2025.

GALDINO, A. S. et al. **Produção de biocelulose a partir de chá de hibisco (*Hibiscus sabdariffa*): caracterização físico-química e morfológica.** *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental (REGET)*, v. 25, n. 1, p. e21, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/46180>. Acesso em: 13 jan. 2025.

GONÇALVES, G. A. **Gestão de resíduos têxteis: práticas de reutilização e reciclagem no setor de confecção brasileiro.** 2023. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.repositorio.unb.br/handle/10482/49041>. Acesso em: 20 jul. 2025.

IGUCHI, M.; YAMANAKA, S.; BUDHIONO, A. **Bacterial cellulose—a masterpiece of nature's arts.** *Journal of Materials Science*, v. 35, p. 261–270, 2000. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1004775229149>. Acesso em: 20 jun. 2025.

JANG, W. D. et al. **Bacterial cellulose production under oxidative stress.** *Journal of Applied Microbiology*, v. 119, n. 6, p. 1451–1461, 2015. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26332410/>. Acesso em: 25 ago. 2025.

LAHIRI, D. et al. **Bacterial cellulose: production, characterization, and application as a biodegradable material.** *Biotechnology Reports*, v. 30, p. e00645, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215017X2100058X>. Acesso em: 28 abr. 2025.



20th COLÓQUIO
DE MODA

17th EDIÇÃO INTERNACIONAL

19th FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES

11th CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

LEE, S. Y. et al. **Bacterial cellulose production under environmental stress: insights into microbial adaptation and material properties.** *Carbohydrate Polymers*, v. 312, p. 120850, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861723006000>. Acesso em: 20 ago. 2025.

MUTHU, Subramanian Senthilkannan; RATHINAMOORTHY, R. **Characteristics of bacterial cellulose.** In: MUTHU, Subramanian Senthilkannan; RATHINAMOORTHY, R. (eds.) *Bacterial Cellulose: Sustainable Material for Textiles*. Singapore: Springer, 2021. p. 61–130.

NAYAK, R.; CLEVELAND, D.; TRAN, G. et al. **Potential of bacterial cellulose for sustainable fashion and textile applications: A review.** *Journal of Materials Science*, v. 59, p. 6685–6710, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10853-024-09543-4>. Acesso em: 24 ago. 2025.

NG, H.; WANG, L. **Natural self-grown fashion from bacterial cellulose: a shift towards sustainable textile production.** *Journal of the Textile Institute*, v. 107, n. 12, p. 1755–1766, 2016. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Natural-Self-grown-Fashion-From-Bacterial-A-Shift-Ng-Wang/3b5c7fd20da7fe4392b60620b67911b73dddcfcc>. Acesso em: 25 ago. 2025.

OFER, D.; ALISTAR, M. **Biodesign: The transformation of living materials in design and architecture.** *Biodesign Journal*, v. 1, n. 1, p. 1–15, 2023. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/27707161.2023.2178734>. Acesso em: 13 jan. 2025.

PARLIAMENT, European. **Report on the EU strategy for sustainable and circular textiles (2023/2006(INI))** – Rapporteur: Delara Burkhardt. Strasbourg: European Parliament, 2023. Disponível em: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-9-2023-0176_EN.html. Acesso em: 14 jun. 2025.

PETERS, S. et al. **Dyeing of bacterial cellulose nonwovens with reactive and direct dyes.** *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, v. 8, n. 3, p. 26–35, 2013. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/155892501300800305>. Acesso em: 24 jun. 2025.

PORTELA, R. et al. **Bacterial cellulose: a versatile biopolymer for wound dressing applications.** *Journal of Microbial Biotechnology*, v. 12, n. 4, p. 586–610, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30838788/>. Acesso em: 25 ago. 2025.



20^º COLÓQUIO DE MODA

17^º EDIÇÃO INTERNACIONAL

19^º FÓRUM DAS ESCOLAS DE MODA DOROTÉIA BADUY PIRES

11^º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA EM DESIGN E MODA

FAAP - SÃO PAULO

DE 30 DE SETEMBRO A 03 DE OUTUBRO DE 2025

POTIVARA, K.; PHISALAPHONG, M. **Development and characterization of bacterial cellulose reinforced with natural rubber.** *Materials*, v. 12, n. 14, p. 2323, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/14/2323>. Acesso em: 26 ago. 2025.

ROSA, M. F. et al. **Bacterial cellulose production by *Komagataeibacter hansenii* using alternative food substrates.** *Food Hydrocolloids*, v. 93, p. 38–46, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X19303127>. Acesso em: 20 jun. 2025.

SALMEAN, A. A. et al. **Functionalization of bacterial cellulose for smart textile applications.** *Carbohydrate Polymers*, v. 255, p. 117366, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861720321096>. Acesso em: 26 ago. 2025.

SHODA, M.; SUGANO, Y. **Recent advances in bacterial cellulose production.** *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, v. 10, n. 1, p. 1–8, 2005. Disponível em: <https://www.ijemas.com/vol-2-12/D.Raghunathan.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2025.

VIEIRA, Denise Cristina Moreira. **Caracterização e propriedades da celulose bacteriana obtida por *Gluconacetobacter xylinus*.** 2013. 187 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-9G2HNR>. Acesso em: 15 jan. 2025.