

PERCEPÇÃO DE BIOMATERIAIS: processos do design aplicado à celulose bacteriana

PERCEPTION OF BIOMATERIALS: design processes applied to bacterial cellulose

BENATTI, Lia Paletta; Doutora em Design; Universidade Federal de Juiz de Fora

lia.paletta@ufjf.br

MOL, André; Doutor em Design; Universidade Federal de Juiz de Fora

andre.mol@ufjf.br

PAGNAN, Caroline Salvan; Doutora em Design; Universidade do Estado de Minas Gerais

caroline.pagnan@uemg.br

Resumo

O presente artigo aborda a pesquisa e o desenvolvimento do potencial uso comercial da celulose bacteriana (CB). A metodologia utilizada é aplicada e qualitativa, com foco em entender a percepção das pessoas sobre a CB e suas potenciais aplicações comerciais. A pesquisa bibliográfica incluiu a análise de biomateriais, métodos de percepção de materiais no design, e a produção de celulose bacteriana. A produção de CB foi realizada seguindo uma metodologia específica, utilizando chás adoçados, inóculo (comumente denominado chá de arranque) e SCOBY. A CB produzida foi testada quanto à percepção por estudantes de design, através de formulários online baseados na ferramenta Ma2E4. Os resultados mostraram que a celulose bacteriana tem condições de produção de baixo custo e baixo impacto ambiental, sugerindo seu potencial para diversas aplicações em produtos. A pesquisa conclui que os biomateriais produzidos a partir da CB são promissores substitutos a materiais comercialmente disponíveis, devido ao reconhecimento e aceitação de suas propriedades objetivas e subjetivas pelos participantes mediante a interação física.

Palavras Chave: Celulose bacteriana; Biomateriais; Percepção.

Abstract

The present paper addresses the research and development of the potential commercial use of bacterial cellulose (BC). The methodology employed is applied and qualitative, focusing on understanding people's perceptions of BC and its potential future applications. The bibliographic research included the analysis of biomaterials, methods for material perception in design, and BC production. BC production followed a specific methodology, using sweetened tea, starter tea, and SCOBY. The produced BC was tested for perception by design students through online surveys based on the Ma2E4 tool. Results indicated that BC offers low-cost production and low environmental impact, suggesting its potential for diverse product applications. The research concludes that biomaterials derived from BC are promising substitutes for commercially available materials, based on the recognition and acceptance of both objective and subjective properties by participants through physical interaction.

Keywords: Bacterial cellulose; Biomaterials; Perception.

1 Introdução

Nos últimos anos a celulose bacteriana tem emergido como uma importante base para produção de biomateriais, gerando grande interesse para diversas áreas, incluindo o design. Este material, produzido por bactérias, possui características únicas que oferecem benefícios significativos tanto para a inovação no campo do design quanto para a sustentabilidade por ser altamente versátil, podendo ser manipulada para criar texturas e formas variadas, o que a torna uma excelente opção para designers em busca de novos materiais membranosos maleáveis similares a tecidos e couros. “Os materiais biotecnológicos com base na celulose bacteriana (CB), estão sendo investigados para diferentes usos em produtos por apresentar condições de produção de baixo custo, baixo impacto ambiental e por suas características físico-químicas e mecânicas únicas” (COSTA; BIZ, 2017, p. 2). Se comparado à produção tanto do couro animal como do couro sintético (de base polimérica), é significativamente mais sustentável, uma vez que é biodegradável e pode ser cultivada a partir de fontes renováveis, contribuindo para a redução do impacto ambiental. Se o sistema linear de produção baseado em extração, produção e descarte já mostrou a necessidade de revisão e mudanças urgentes, do ponto de vista de uma produção circular, o uso dos biomateriais se mostra como uma proposta potencial para alcançar uma melhoria significativa no sistema de produção.

Em resposta a este cenário, tem aumentado a pesquisa, e aplicação da intersecção do design e das ciências biológicas como catalisadora para a inovação sustentável. Cada vez mais, estão sendo aplicadas abordagens que integram princípios da biologia na prática do design, para desenvolver uma nova geração de profissionais que trabalharão no contexto da emergente bioeconomia circular (ELLWANGER, 2022, p. 2).

Com o avanço da tecnologia e a crescente preocupação com a sustentabilidade, a pesquisa em materiais inovadores e ecologicamente responsáveis têm ganhado destaque. Entre esses materiais, a celulose bacteriana (CB) se destaca não apenas por suas propriedades únicas, mas também por seu potencial de aplicação em diversas indústrias, como a alimentícia, biomédica e têxtil. Costa e Biz (2017, p. 2) ressaltam a amplitude de aplicações já testadas para a CB: “sendo um material biodegradável com aplicações nas mais diversas áreas como: cosméticos, indústria têxtil, mineração e refinaria, tratamento de lixo, purificação de esgotos, comunicações, indústria de alimentos, indústria de papel, medicina, laboratórios, eletrônica, energia (...)”.

A celulose é o polímero sustentável mais abundante e viável, sendo o mais amplamente utilizado, em especial pela alta resistência mecânica (LAHIRI et al., 2021). Pode ser sintetizada por diversos organismos, a exemplo de animais e vegetais, porém, quando produzida por bactérias, passa a ser denominada de celulose bacteriana (PACHECO *et al.*, 2017). A versatilidade da CB oferece uma ampla gama de possibilidades para o desenvolvimento de novos produtos que atendem às necessidades de um mercado cada vez mais consciente e exigente em termos de sustentabilidade e impacto ambiental, uma vez que, por ser livre de lignina¹, hemicelulose² e pectina³, requer um processo mais simples de purificação, com menor uso energético (DIMA *et al.*, 2017).

1 “A lignina é uma macromolécula tridimensional amorfa encontrada em vegetais associada à celulose na parede celular cuja função é de conferir rigidez, impermeabilidade e resistência a ataques microbiológicos e mecânicos aos tecidos vegetais” (CARVALHO et al., 2010, p. 8).

2 “A hemicelulose é o segundo carboidrato mais comum que constitui os resíduos das plantas e consiste de polímeros contendo hexoses, pentoses e ácidos urônicos” (CARVALHO et al., 2010, p. 8).

3 “Componente multifuncional na parede celular dos vegetais, participando na manutenção da união intercelular, juntamente com a celulose e hemicelulose” (PAIVA, PAIXÃO, 2009, p, 196).

Os problemas ambientais decorrentes da exploração excessiva de recursos naturais, como a produção de polímeros sintéticos a base de petróleo e o desgaste ambiental decorrente da exploração descontrolada de madeiras nativas em áreas de preservação, intensificam os impactos negativos das atividades industriais no meio ambiente, afetando diretamente o desenvolvimento humano. Nesse contexto, a adoção de materiais alternativos e mais sustentáveis torna-se essencial. A busca por materiais que tenham uma origem menos poluente, com uma pegada de carbono reduzida e ciclos de vida desenhados para facilitar a reutilização ou biodegradação, é fundamental para mitigar os impactos ambientais causados pelas atividades humanas. Este esforço não só promove um consumo mais consciente e responsável, como também direciona a indústria para práticas mais sustentáveis. A incorporação de materiais alternativos, como a celulose bacteriana, é uma resposta necessária às crises ambientais, incentivando a inovação e o desenvolvimento de tecnologias que preservem o meio ambiente e garantam um futuro mais sustentável.

Devido à sua alta pureza e características físico-químicas distintas, a celulose bacteriana possui amplas aplicações em diversos setores do mercado, como nas indústrias alimentícias, no setor biomédico e na formação de polímeros bioembasados e nanocompósitos (LAHIRI et al., 2021). Sua produção ocorre como subproduto da Kombucha, “uma bebida fermentada produzida à base de chá verde e sacarídeos, como o açúcar. É uma bebida milenar chinesa que se acredita possuir propriedades medicinais por ser probiótica e pelos produtos gerados da fermentação” (COSTA; BIZ, 2017). Seu processo de produção parte de uma matriz composta de uma associação entre fungos e bactérias, denominada de SCOBY, sigla para *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast* (em português: Cultura Simbiótica de Bactéria e Levedura). Em termos gerais, essa cultura se alimenta de açúcar e carbono oriundos do chá, e tem como produção uma celulose pura. Dentre os gêneros de bactérias que produzem a celulose bacteriana estão: (i) *Agrobacterium spp.*, (ii) *Acetobacter spp.*, (iii) *Azotobacter*, (iv) *Rhizobium spp.*, (v) *Sarcina*, (vi) *Alcaligenes* e (vii) *Pseudomonas* (LAHIRI et al., 2021).

Para a transformação da CB em um biomaterial destinado à aplicação em produtos de uso, após coletada, é realizado o processamento com etapas de lavagem, fervura, tingimento (quando pertinente), secagem e hidratação. A aplicação do biomaterial é versátil e pode ser observada em segmentos diversos do mercado. Porém, em uma revisão bibliográfica na busca de aplicações da celulose bacteriana no design industrial, arquitetura e moda, Nascimento *et al.* (2021) apontaram estudos científicos com aplicações têxteis e de moda como maior parte da amostra de trabalhos encontrados.

Observa-se uma ênfase nos processos produtivos envolvendo a CB tanto nos trabalhos acadêmicos quanto nos depósitos de patentes. Na amostra, há um maior número de trabalhos voltados à aplicações têxteis e da moda. Os autores divergem quanto às possibilidades de uso a curto prazo para este tipo de aplicação. Nota-se o empenho em encontrar tratamentos que aumentem a durabilidade de biofilmes de CB (NASCIMENTO, et al., 2021, p. 27).

As propriedades técnicas e perceptivas do biomaterial podem variar a depender da rota de tratamento e processamento adotada para a produção. Após o processo de secagem completo, a CB pode assumir propriedades próximas do papel. A adição de glicerina, a depender da sequência de aplicação em relação à secagem, pode acrescentar propriedades de translucidez ou maleabilidade (ELLWANGER, 2022). Esta última propriedade aproxima o biomaterial a características do couro bovino, que tem um papel importante de aplicação na indústria da moda. “A celulose produzida por bactérias é descrita como uma possibilidade em potencial para atender a nichos de mercado na fabricação de vestuário formados por pessoas mais preocupadas com o desenvolvimento sustentável” (LIMA; ALVES; MARTINS, 2021, p. 154).

Oferecer segurança à iniciativa privada para investir em inovação é sempre desafiador, assim, com o objetivo de promover uma inserção mais segura de novos materiais e biomateriais no mercado, é interessante que seja possível analisar a forma como o público o percebe, quais características associam a ele e se consideram positiva a sua experiência de uso. “A interação que ocorre entre o produto e o usuário influencia diretamente na decisão de compra, por isso, no momento do projeto de um produto é necessário que o designer tenha conhecimento dos fatores que promovem influência nessa interface” (PAGNAN; CAMARA; AYRES, 2019, p. 64).

A experiência geral de usuários com os materiais é baseada em uma série de fatores. Parte dela se pauta nas propriedades técnicas e sensoriais do material, mas também é afetada pelos aspectos morfológicos e culturais do produto/artefato em que o material está incorporado (KARANA, et al., 2015). “Apesar da ênfase na visão, a percepção do usuário envolve todos os sentidos e é influenciada fortemente pela sua bagagem de conhecimentos” (PAGNAN; CAMARA; AYRES, 2019, p. 64).

O presente trabalho se dedica a explorar estes benefícios e apresenta uma análise da percepção da celulose bacteriana por um grupo de participantes sem conhecimento no tema de biomateriais. Através de uma investigação focada nos aspectos visuais e táteis do material, buscou-se verificar se há aceitação e interesse por parte do público em geral. Essa análise é crucial para entender as potencialidades do biomaterial não apenas do ponto de vista técnico, mas também em termos de sua viabilidade comercial e de sua integração no mercado de produtos de design sustentável.

2 Metodologia

O presente trabalho é uma pesquisa de natureza aplicada por tratar, em parte, da caminhada para a viabilização do uso comercial da celulose bacteriana e produtos diversos do mercado. Já, em termos de abordagem, trata-se de uma pesquisa qualitativa pois tem como cerne do método “buscar conhecimento, entendimento e aprofundamento sobre aspectos complexos do comportamento humano” (OLIVEIRA, 2011, p. 100), no presente caso, é entender como um grupo de pessoas percebem a celulose bacteriana, prospectando possibilidades de aplicação futura.

2.1 Pesquisa bibliográfica

A primeira etapa do trabalho foi o levantamento de referências bibliográficas que abordam os biomateriais e trabalhos e projetos de design que apresentem sua aplicação prática. Além disso foram levantados também os métodos de análise de percepção de materiais no design e, especificamente, textos sobre a produção de celulose bacteriana.

Na pesquisa bibliográfica, seguiu-se o descrito por Marconi e Lakatos (2023, p. 49): “Hoje, predomina entendimento de que artigos científicos constituem o foco primeiro dos pesquisadores, porque é neles que se pode encontrar conhecimento científico atualizado [...]. Entre os livros distinguem-se os de leitura corrente e os de referências”.

As etapas da pesquisa bibliográfica do presente trabalho seguiram as oito etapas descritas pelas autoras:

1. Escolha do tema: entender como é a percepção da celulose bacteriana com o objetivo de viabilizar sua aplicação mercadológica;

2. Elaboração do plano de trabalho: foram determinadas as áreas complementares de pesquisa que permitiram suprir os conhecimentos básicos do trabalho;
3. Identificação: busca em base de dados e repositórios para artigos científicos, teses e dissertações e bibliotecas virtuais para livros de referência;
4. Localização: revisão das fichas catalográficas das referências selecionadas para o trabalho;
5. Compilação: reunião do material;
6. Fichamento: organização das informações coletadas;
7. Análise e interpretação das informações;
8. Redação do artigo.

2.2 Produção da celulose bacteriana

Após a revisão bibliográfica, foi feito o processo de cultivo da celulose bacteriana seguindo a metodologia do curso Fabteria⁴, oferecido pela Ponto Biodesign em 2023, da designer Elena Raquel Amato Paz.

Em uma primeira etapa foi criada a matriz, ou seja, o ponto de partida de onde se origina o inóculo que será utilizado na produção do material para aplicação em produtos. O processo produtivo é similar, tanto para produção da matriz quanto para o cultivo da CB, trabalhando-se com diferentes concentrações de chá, açúcar e inóculo. Levou-se em consideração do trabalho de Ellwanger (2022, p. 63) que descreve o processo: “o inóculo foi preparado com 10% (v/v) de Kombucha e 90% (v/v) de infusão de *C. sinensis* (5 g de folhas secas por litro, infundidas durante 15 min.) com concentração de açúcar de 10 °Brix, mantendo a solução em cultura estática”.

Assim, o cultivo da matriz foi produzido a partir da mistura de chá preto (*Camellia sinensis*), açúcar cristal, o inóculo (com bactérias ativas) e o SCOBY, membrana de celulose bacteriana que vem acompanhada do líquido ativador, adquiridos da distribuidora The Kombucha Hub⁵. A mistura de elementos permanece em cultivo estático durante 14 dias, em local ventilado, sem incidência de luz direta e com temperatura entre 23-30°C. Ao final do processo é esperado que o chá e o açúcar adicionado atuem como meio para crescimento da colônia bacteriana ativa, permitindo que o líquido resultante seja utilizado para recriar o processo para o cultivo da CB.

Na etapa seguinte são utilizadas bandejas planas, com um recorte coberto por filtro para permitir a passagem de ar e evitar contaminação. Nelas, é adicionada a mesma quantidade do líquido da etapa anterior (constituindo um novo inóculo) e de chá acrescido de açúcar. As bandejas são submetidas novamente a repouso estático, nas mesmas condições anteriores, por até 14 dias ou até a membrana atingir uma espessura de aproximadamente 8 milímetros.

Neste processo, observou-se a necessidade de garantir uma passagem de ar maior nas caixas/bandejas de cultivo maior do que as recomendadas no método inicial, devido a resultados com a celulose bacteriana em espessuras insatisfatórias.

Outro ponto importante a ser citado é a garantia do cultivo estático, pois qualquer movimentação das bandejas de cultivo ocasiona a entrada da mistura de chá adoçado e inóculo, na

4 https://www.instagram.com/fabteria_/

5 <https://www.instagram.com/kombucha.hub/>

estrutura da CB, causando posterior delaminação do material.

Após o período de incubação, o material foi recolhido, lavado em água corrente e imerso em mistura de água com sabão neutro por 24 horas. Depois o material foi novamente lavado e, por duas vezes, fervido em água por 40 minutos. Encerrado o processo de higienização, importante para desvitalização dos micro-organismos e retirada do odor de fermentação característico do material, foi realizada a pré-secagem em centrífuga. A perda de água do material nesse processo pode reduzir em até metade a sua espessura, e pode ser executada não apenas em centrífuga como também por exposição à luz do sol, este último caso sugerido quando a película resultante tem espessuras menores que seis milímetros.

Em seguida, foi feita a hidratação da membrana com glicerina, espalhando-a por toda a extensão do material, deixando secar com exposição a vento constante até não sobrar glicerina residual. As películas de CB resultantes do processo foram armazenadas entre folhas de papel sulfite com o objetivo de absorver a glicerina residual e evitar que o material se dobrasse.

Um ponto importante notado no decorrer do trabalho é que a produção da celulose bacteriana com o chá preto não obteve um bom rendimento, alcançando espessuras de tamanho insatisfatório. Como o problema permaneceu, mesmo após correções e melhorias nos compartimentos de armazenamento do material (bandejas planas) e do local de cultivo, optou-se por trocar o chá. A matriz continuou sendo produzida com o chá preto, porém à produção foi acrescentado o chá de hibisco (*Hibiscus L.*), que resultou uma espessura mais satisfatória, próxima aos 8 milímetros desejados.

Após a produção do biomaterial, estes foram cortados em formatos retangulares de aproximadamente 10 x 5 cm para uso no teste de percepção.

2.3 Percepção do material

Para o teste de percepção foram entregues amostras para turmas de estudantes de graduação do curso de Bacharelado em Design da Universidade Federal de Juiz de Fora. Ao distribuir as amostras, os professores apenas informaram que se tratava de um teste de percepção de biomaterial, sem maiores detalhes, que foram apresentados posteriormente à participação, em formato de palestra. Aqueles que aceitaram responder o questionário, acessaram um QR Code que encaminhava para o formulário online na plataforma Google Docs, com cinco questões⁶.

A aplicação de formulário é um instrumento de pesquisa que “oferece a vantagem da economia de custo, de tempo, bem como pode atingir um grande número de pessoas e proporcionar menor interferência do pesquisador na resposta dos pesquisados” (MARCONI; LAKATOS, 2022, p. 323). Importante citar que o tempo de resposta oferecido aos participantes da pesquisa foi rápido, solicitando resposta em até quinze minutos.

As questões do formulário foram determinadas tendo como referência o kit de ferramenta Ma2E4, acrônimo para *Materials-to-Experiences at four levels*, desenvolvido por Camere e Karana (2018) para uma caracterização da experiência dos materiais. O trabalho apresenta uma abordagem ágil para entender como as pessoas percebem, em diferentes níveis, um novo material.

A caracterização de materiais é um processo comum da engenharia que se refere ao que é

6 De acordo com a resolução CNS 510/2016 (https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2016/res0510_07_04_2016.html) não é necessária a aprovação do Comitê de Ética da Pesquisa no caso de pesquisa de opinião com participantes não identificados.

um material e como ele se comporta sob certas condições (por exemplo, sob compressão ou em contato com a água). Quando se trata de materiais no design de produtos, as experiências que os materiais evocam nas interações dos usuários são igualmente importantes para alcançar uma compreensão holística e informar o processo de design (CAMERE; KARANA, 2018). Assim, para além do processo de criação do biomaterial, justificou-se também observar quais sensações são despertadas quando se entra em contato com este material.

2.4 Análise dos resultados

“Os materiais biotecnológicos com base na celulose bacteriana (CB), estão sendo investigados para diferentes usos em produtos por apresentar condições de produção de baixo custo, baixo impacto ambiental e por suas características físico-químicas e mecânicas únicas” (COSTA; BIZ, 2018). Com base nas potencialidades do biomaterial, a última etapa da presente proposta foi o agrupamento e a análise das respostas do formulário para a redação do presente texto, com o objetivo de viabilizar o encaminhamento que promovam a viabilização do uso dos biomateriais.

3 Resultados

Os resultados do trabalho envolvem a produção do biomaterial de celulose bacteriana e as respostas do formulário de percepção.

3.1 Produção da celulose bacteriana

Após a delimitação do processo produtivo da celulose bacteriana, a produção foi feita considerando as etapas de composição da matriz onde fica alocado o SCOBY (figura 1). A produção foi feita considerando-se a proporção de 1 parte de inóculo para cada 10 partes de chá adoçado. O líquido e o SCOBY foram armazenados em potes de vidro com capacidade para 3 litros. A boca do pote deve permanecer aberta para permitir a troca de gases, sendo utilizadas folhas de papel toalha ou tela para que não haja a entrada de insetos.

Figura 1 – Matriz com líquido ativador e SCOBY.



Fonte: os autores (2024).

Após 14 dias de preparação da matriz foi utilizado parte do inóculo para a produção da lâmina de celulose bacteriana em caixas com maior área (figura 2). “Como a CB cresce e ocupa toda a superfície do líquido, sua forma será resultante do formato do recipiente usado. Sendo assim possível reduzir a perda de materiais excedentes pré-estabelecendo formas específicas de acordo com a forma do produto final” (COSTA; BIZ, 2017, p. 6).

Desta vez a proporção do líquido ativador foi de 50%, para outros 50% de chá adoçado. Após 14 dias de cultivo estático em caixas plásticas, o material foi coletado, lavado com água e sabão neutro e submetido a fervura, para posterior testagem e hidratação com glicerina. “Depois de removida a CB se faz necessário proceder a uma lavagem e purificação a fim de se retirar sobretudo compostos orgânicos (ácidos nucleicos e proteínas do meio de cultura)” (COSTA; BIZ, 2017, p. 8).

Figura 2 – Cultivo estático e fervura após a coleta.



Fonte: os autores (2024).

Após o término do processo de produção as amostras foram cortadas em formato retangular para uso no teste de percepção (figura 3).

Figura 3 – Amostras finais para teste de percepção.



Fonte: os autores (2024).

O material resultante do processo tem espessura entre 0,8 e 1 milímetro, coloração bege

amarronzado, com toque aveludado, sem odor aparente. Da mesma forma que um filme plástico de PVC, as amostras do trabalho também apresentaram a propriedade de adesão por contato, ou seja, o material adere a si mesmo quando pressionado em conjunto. E da mesma forma permite que seja descolado e reposicionado.

3.2 Teste de percepção

O formulário sobre a percepção do biomaterial contém 5 perguntas e foi respondido por 47 estudantes. A primeira questão aborda, de forma mais generalizada, a primeira sensação ao tocar o material. A pergunta foi formulada da seguinte forma: “Ao tocar o material, qual sensação te é despertada?”, dando a possibilidade de marcar apenas uma resposta. Das 47 respostas obtidas 38,3% responderam Agradável, outros 38,3% marcaram como Neutro e 23,4% marcaram como Desagradável.

Somando-se as respostas Agradável e Neutro temos o total de 76,6% de respostas consideradas positivas, ou seja, uma maioria considerável apresenta aceitação ou potencial para aceitação.

A segunda questão perguntou “Qual sensação você sentiu?” e foram apresentadas sugestões de respostas com base na listagem de nível sensorial da ferramenta Ma2E4 de Camere e Karana (2018), porém foi oferecido um campo aberto para resposta. Os apontamentos citados e a respectivas porcentagem de respostas referente aos 47 participantes é apresentado no quadro 1.

Quadro 1 – Respostas para a questão 2 do formulário, referente às sensações em relação à amostra de celulose bacteriana.

Sensação	Respostas
Leve	53,1%
Liso	48,9%
Macio	44,6%
Fosco	40,4%
Resistente	40,4%
Transparente/translúcido	40,4%
Não elástico	38,3%
Frio	31,9%
Fibroso	31,9%
Não refletivo	27,6%
Opaco	25,5%
Não fibroso	21,2%
Rugoso	14,8%

Brilhante	12,7%
Frágil	12,7%
Grudento/pegajoso	12,7%
Quente	6,3%
Maleável/flexível	6,3%
Rígido	4,2%
Pesado	2,1%
Gorduroso	2,1%

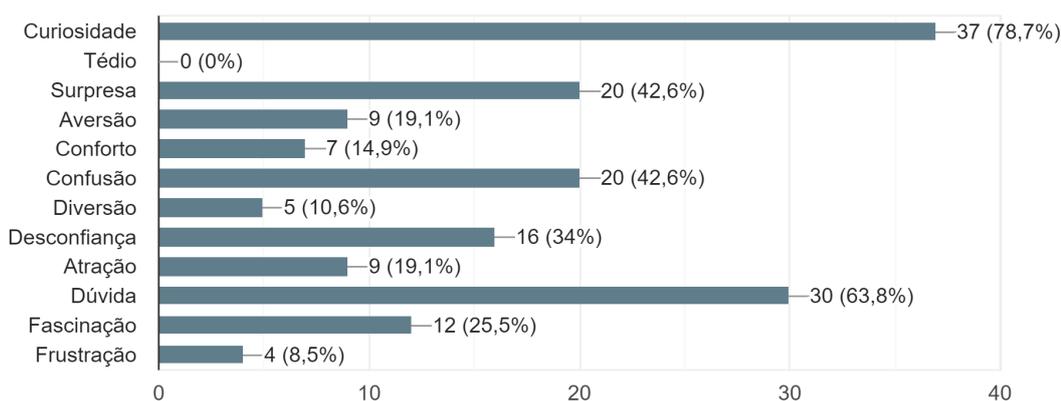
Fonte: os autores (2024).

Os aspectos sensoriais que mais se repetiram nas respostas foram leve, liso, macio, fosco, resistente e translúcido.

A terceira questão tem como referência aspectos afetivos em relação à amostra e, utilizando-se o vocabulário proposto como Camere e Karana (2018), foi perguntado “Qual emoção você sentiu?” com a possibilidade de marcação de quantas respostas fossem necessárias para melhor descrever as emoções.

Como está apresentado pelo gráfico 1, as emoções mais apontadas foram: curiosidade, dúvida, surpresa, confusão, desconfiança e fascinação.

Gráfico 1 – Respostas sobre a emoção sentida em relação à amostra de celulose bacteriana.



Fonte: Google Formulário com base nos dados dos autores (2024).

Na quarta questão foi proposta a pergunta: “Quais usos você imagina para a aplicação desse material?” no sentido de entender as analogias que as pessoas fazem com o material e o contexto em que o inserem.

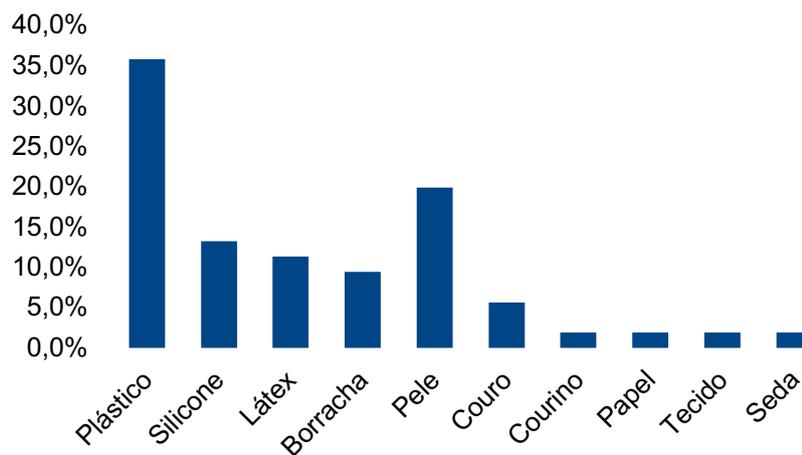
Para a resposta foi disponibilizado o campo aberto, permitindo que o respondente fizesse os apontamentos que julgasse necessário para melhor realizar a sua descrição.

Foram identificados 64 apontamentos, separados em 28 diferentes grupos de respostas.

Com maior prevalência de aplicação do material foi apontada a substituição de sacolas (18,7%), uso como embalagem (17,1%) e algum tipo de revestimento (9,3%). Com 4,6% foram apontados também aplicação como selador e em roupas e com 3,1% para substituição de couro e plástico.

A última questão perguntou ao participante: “A qual outro material, em sua opinião, esta amostra se assemelha?”. Conforme apresentado no gráfico 2, a maior parte das respostas assemelhavam as amostras de celulose bacteriana a materiais plásticos, e em segundo lugar, foi apontada a semelhança à pele.

Gráfico 2 – Respostas sobre a semelhança da amostra a outros materiais.



Fonte: os autores (2024).

Foram 10 diferentes materiais apontados, tendo menor quantidade de apontamentos para os materiais courino, papel, tecido e seda.

4 Conclusões

Em relação aos aspectos produtivos, cabe citar que o cultivo de celulose bacteriana para o presente estudo foi feito de forma caseira, e que carece de investigação laboratorial, por profissional da área biológica com o objetivo de alcançar uma produção com a padronização desejável.

Sem o controle de temperatura adequado algumas produções acabaram sendo prejudicadas em decorrência de períodos mais frios. O ambiente laboratorial também permite maior segurança para que não haja contaminação.

Não se sabe justificar ao certo porque o chá-preto, indicado no processo de referência, não obteve um bom resultado. Porém, através da experimentação com diferentes chás, foi possível observar o potencial produtivo associado ao hibisco, que acabou por ser fonte selecionada para a produção.

Considera-se o uso das matrizes descartadas pela indústria da Kombucha um potencial ponto de partida para uso da celulose bacteriana na produção de produtos. Apesar de ser um material biodegradável, com o tratamento apresentado, pode vir a compor a matéria-prima de

biomateriais com distintas propriedades e grande variação de potenciais aplicações.

A avaliação da percepção do material mostra que, em sua maioria, os participantes tiveram uma sensação geral neutra ou positiva em relação ao material, sendo considerado um resultado positivo. Assim como as sensações apontadas que traçam características interessantes para uso em produtos de cunho pessoal, para contato direto com o usuário.

As emoções em relação ao material foram citadas como curiosidade, desconfiança, dúvida, surpresa e confusão são resultados esperados pois trata-se de um novo material que foi apresentado pelo termo de “biomaterial”, pouco conhecido pelos participantes. Este tipo de resposta informa da necessidade de contextualizar corretamente um novo material, dando suporte de comunicação adequado no momento da venda no mercado até que seu uso se torne habitual. Neste ponto, o design oferece instrumentos potenciais, como metodologias de *naming*, *storytelling* e desenvolvimento de material de comunicação, apoiados por uma identidade visual, quando for o caso.

Por fim, a associação que os participantes da pesquisa fizeram, relacionando o biomaterial a plástico, pele, couro e couro em sua maior parte é um ponto extremamente positivo, e indica que nessas áreas tem potencial de aceitação, podendo substituir tecidos nos segmentos de decoração, vestuário e em acessórios de moda ou estofados na indústria movelaria, por exemplo.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem à bolsista de iniciação científica tecnológica Camille Cristal Anastácio do IAD/UFJF por auxiliar no processo de cultivo da celulose bacteriana; ao CNPq e à Universidade Federal de Juiz de Fora pela concessão da bolsa PIBITI; à FAPEMIG e à Universidade do Estado de Minas Gerais pelo apoio suporte e fomento na realização do projeto.

6 Referências

CAMERE, Serena; KARANA, Elvin. **Experiential characterization of materials: Toward a toolkit.** Design Research Society Conference 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331712000_Experiential_Characterization_of_Materials_toward_a_toolkit Acesso em: 26 jun. 2024.

COSTA, Pedro Zöhner Rodrigues da, BIZ, Pedro. **Cultivando materiais: o uso da celulose bacteriana no design de produtos.** Anais do 3º Simpósio de Pós-Graduação em Design da ESDI | SPGD 2017. Disponível em: https://www.even3.com.br/anais/spgd_2017/61907-cultivando-materiais---o-uso-da-celulose-bacteriana-no-design-de-produtos/ Acesso em: 25 jun. 2024.

DIMA, S. O.; PANAITESCO, D. M.; ORBAN, C.; GHIUREA, M.; DOCEA, S. M.; FIERASCU, R. C.; NISTOR, C. L.; ALEXANDRESCU, E.; NICOLAE, C. A.; TRICA, B.; MORARU, A.; OANCEA, F. **Bacterial nanocellulose from side-streams of kombucha beverages production: Preparation and physical-chemical properties.** Polymers, v. 9, n. 8, p. 374, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/9/8/374> Acesso em: 10 julho 2024.

ELLWANGER, Elena Raquel Amato. **Produção de filme de celulose bacteriana com resíduo cervejeiro para aplicação em embalagens de alimentos.** Monografia (Mestrado em Design) – Escola de Design, Universidade do Estado de Minas. Belo Horizonte: 2022. Disponível em: <https://mestrados.uemg.br/ppgd-producao/dissertacoes-ppgd/category/171-2021-dissertacoes->

ppgd Acesso em: 02 julho 2024.

KARANA, E.; BARATI, B.; ROGNOLI, V.; ZEEUW VAN DER LAAN, A. **Material driven design (MDD):** A method to design for material experiences. *International Journal of Design*, 2015, 9(2), 35-54. Disponível em: <https://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/1965> Acesso em: 02 julho 2024.

LAHIRI, D.; NAG, M.; DUTTA, B.; DEY, A. SARKER, T.; PATI, S.; EDINUR, H. A.; ABDUL KARI. Z.; MOHD NOOR, N. H.; RAY, R. R. **Bacterial Cellulose:** Production, Characterization, and Application as Antimicrobial Agent. *Int. J. Mol. Sci.* 2021, 22(23). Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/22/23/12984> Acesso: 02 julho 2024.

LIMA, Bruna Lummertz; ALVES, Andressa Schneider; MARTINS, Geannine Cristtina Ferreira. **Biofabricação:** cultivo de celulose bacteriana para a área de moda. *Mix Sustentável*. Florianópolis: v.7, n.3, p.153-164 | ago. | 2021. Disponível em: <https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4644> Acesso em: 25 jun. 2024.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2023.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia científica.** Barueri: Atlas, 2022.

NASCIMENTO, Elisa Strobel do; LAU, Gislaine Maria; ISHIY, Felipe de Carvalho; HEEMANN, Adriano. **Design e materiais vivos:** perspectivas e aplicações da celulose bacteriana no design industrial, arquitetura e moda. IX ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto – UFSC – Florianópolis – maio de 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228967/VOLUME%20IV%20-19-30.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 25 jun. 2024.

OLIVEIRA, Diva Maria Tammaro de. **Introdução à pesquisa qualitativa.** In: Teoria e prática da pesquisa aplicada. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

PACHECO, G.; NOGUEIRA, C. R.; MENEGUIM, A. B.; TROVATTI, E.; SILVA, M. C. C.; MACHADO, R. T. A.; RIBEIRO, S. J. L.; FILHO, E. C. S.; BARUD, H. S. **Development and characterization of bacterial cellulose produced by cashew tree residues as alternative carbon source.** *Industrial Crops and Products*, v. 107, n. May, p. 13–19, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669017303394> Acesso em: 10 julho 2024.

PAGNAN, Caroline Salvan; CAMARA, Jairo Drummond; AYRES, Eliane. **Percepção do usuário e a coloração dos biopolímeros.** *Actas de Diseño* 26, Vol. 26, pp. 63-67 – 2018. Facultad de Diseño y Comunicación. Universidad de Palermo. Disponível em: <https://dspace.palermo.edu/ojs/index.php/actas/article/view/2204> Acesso em: 26 jun. 2024.