

Uso da impressão 3D na construção de plataformas carregadoras do extrato aquoso de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata miller*) como bactericida em bactérias do gênero *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*

Use of 3D printing in the construction of loading platforms for the aqueous extract of ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata miller*) as a bactericide against bacteria of the genus *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*

Uso de la impresión 3D en la construcción de plataformas de carga del extracto acuoso de ora-pro-nobis (*Pereskia aculeata miller*) como bactericida contra bacterias del género *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*

DOI: 10.55905/rmuscv3n1-012

Recebido: 14/3/2025

Aceito: 7/4/2025

Natalia Zureck Xavier¹, Allana Souza Heylmann², Caroline Keruk Caobianco³, Victoria Ueshima de Souza⁴, Maria Eduarda Barreiros⁵, Gabriela Gama Siqueira⁶, Carlos de Almeida Barbosa⁷

RESUMO

Os biomateriais têm se destacado como um campo essencial na área biomédica, impulsionados por avanços tecnológicos que ampliam sua aplicabilidade. Em especial, os hidrogéis poliméricos apresentam grande potencial devido à sua capacidade de mimetizar a matriz extracelular, favorecendo a engenharia tecidual e a liberação controlada de fármacos. Quando combinados à impressão 3D, possibilitam a criação de estruturas personalizadas para regeneração celular e administração de compostos bioativos. A impressão 3D tem revolucionado a medicina ao permitir a fabricação de dispositivos para liberação precisa de agentes antimicrobianos, melhorando a eficácia terapêutica e reduzindo efeitos adversos. Dentro desse contexto, a planta *Pereskia aculeata* Miller (Ora-pro-nóbis) tem atraído atenção por suas propriedades bactericidas promissoras, sendo

¹ Graduanda em Biomedicina pelo Centro Universitário Curitiba (UNICURITIBA), Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: nataliazureck.x@gmail.com

² Graduanda em Biomedicina pelo Centro Universitário Curitiba (UNICURITIBA), Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: allanaheylymann@gmail.com

³ Graduanda em Biomedicina pelo Centro Universitário Curitiba (UNICURITIBA), Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: carolkeruk03@gmail.com

⁴ Graduanda em Biomedicina pelo Centro Universitário Curitiba (UNICURITIBA), Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: victoriaueshimasouza@gmail.com

⁵ Graduanda em Biomedicina pelo Centro Universitário Curitiba (UNICURITIBA), Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: madudabar2@gmail.com

⁶ Centro Universitário Curitiba (UNICURITIBA), Curitiba, Paraná, Brasil.

⁷ Centro Universitário Curitiba (UNICURITIBA), Curitiba, Paraná, Brasil.

uma alternativa natural para o desenvolvimento de novos antimicrobianos. Este estudo propõe a construção de uma plataforma baseada em impressão 3D utilizando hidrogel de alginato de sódio, no qual será incorporado o extrato aquoso de ora-pro-nóbis. A proposta visa avaliar a capacidade teórica de inibição do crescimento bacteriano in vitro contra *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*. Essa abordagem inovadora combina biopolímeros e impressão 3D para otimizar a liberação controlada do extrato, potencializando seu efeito antimicrobiano. Dessa forma, espera-se contribuir para o desenvolvimento de novas estratégias terapêuticas no combate a infecções bacterianas, minimizando a resistência antimicrobiana e aprimorando as opções terapêuticas disponíveis.

Palavras-chave: Ora-pro-nobis, alginato de sódio, impressão 3D, hidrogéis, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*.

ABSTRACT

Biomaterials have emerged as an essential field in the biomedical field, driven by technological advances that broaden their applicability. In particular, polymeric hydrogels have great potential due to their ability to mimic the extracellular matrix, favoring tissue engineering and controlled drug release. When combined with 3D printing, they enable the creation of customized structures for cell regeneration and administration of bioactive compounds. 3D printing has revolutionized medicine by enabling the manufacture of devices for the precise release of antimicrobial agents, improving therapeutic efficacy and reducing adverse effects. In this context, the plant *Pereskia aculeata* Miller (Ora-pro-nóbis) has attracted attention for its promising bactericidal properties, being a natural alternative for the development of new antimicrobials. This study proposes the construction of a 3D printing-based platform using sodium alginate hydrogel, in which the aqueous extract of ora-pro-nóbis will be incorporated. The proposal aims to evaluate the theoretical capacity of inhibiting bacterial growth in vitro against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. This innovative approach combines biopolymers and 3D printing to optimize the controlled release of the extract, enhancing its antimicrobial effect. In this way, it is expected to contribute to the development of new therapeutic strategies to combat bacterial infections, minimizing antimicrobial resistance and improving the available therapeutic options.

Keywords: Ora-pro-nobis, sodium alginate, 3D printing, hydrogels, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*.

RESUMEN

Los biomateriales han surgido como un campo esencial en el ámbito biomédico, impulsados por los avances tecnológicos que amplían su aplicabilidad. En particular, los hidrogeles poliméricos tienen un gran potencial debido a su capacidad de imitar la matriz extracelular, favoreciendo la ingeniería de tejidos y la liberación controlada de fármacos. Combinados con la impresión 3D, permiten la creación de estructuras personalizadas para la regeneración celular y la administración de compuestos bioactivos. La impresión 3D ha revolucionado la medicina al permitir la fabricación de dispositivos para la liberación precisa de agentes antimicrobianos, mejorando la eficacia terapéutica y reduciendo los efectos adversos. En este contexto, la planta *Pereskia aculeata* Miller (Ora-pro-nóbis) ha

llamado la atención por sus prometedoras propiedades bactericidas, siendo una alternativa natural para el desarrollo de nuevos antimicrobianos. Este estudio propone la construcción de una plataforma basada en impresión 3D utilizando hidrogel de alginato de sodio, en la que se incorporará el extracto acuoso de ora-pro-nóbis. La propuesta tiene como objetivo evaluar la capacidad teórica de inhibición del crecimiento bacteriano in vitro frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Este enfoque innovador combina biopolímeros e impresión 3D para optimizar la liberación controlada del extracto, mejorando su efecto antimicrobiano. De esta forma, se espera contribuir al desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas para combatir infecciones bacterianas, minimizando la resistencia a los antimicrobianos y mejorando las opciones terapéuticas disponibles.

Palabras clave: Ora-pro-nobis, alginato de sodio, impresión 3D, hidrogeles, *Estafilococo áureo*, *Escherichia coli*.

1 INTRODUÇÃO

Os estudos sobre biomateriais vêm ganhando destaque nas últimas décadas, impulsionados pelos avanços tecnológicos e pelo crescimento de suas aplicações, especialmente na área biomédica. Esses materiais, formados por substâncias isoladas ou por combinações específicas, possuem propriedades físico-químicas e biológicas que permitem interações seguras e funcionais com sistemas biológicos. Sua versatilidade permite desde a aceleração de processos regenerativos e cicatriciais até a substituição parcial ou total de tecidos e órgãos, consolidando-se como ferramentas inovadoras na medicina regenerativa, engenharia tecidual e desenvolvimento de dispositivos médicos (LIU *et al.*, 2023).

Entre os biomateriais mais promissores, os hidrogéis poliméricos destacam-se por sua capacidade de mimetizar a matriz extracelular, tanto em suas propriedades biofísicas quanto bioquímicas. Com uma estrutura tridimensional hidrofílica e alta capacidade de retenção de água, os hidrogéis oferecem condições ideais para aplicações em engenharia de tecidos, liberação controlada de fármacos e regeneração celular. Quando associados a tecnologias emergentes, como a impressão 3D, tornam-se ainda mais versáteis, permitindo a criação de estruturas biomiméticas complexas e personalizadas para aplicações clínicas avançadas (UYSAL, 2025).

A integração da impressão 3D às ciências da saúde tem ampliado as possibilidades de fabricação de plataformas terapêuticas adaptadas às necessidades individuais dos

pacientes. Essa tecnologia possibilita o desenvolvimento de sistemas inteligentes de liberação de compostos farmacológicos, nos quais é possível controlar parâmetros como a taxa de difusão, biodegradabilidade e interação com tecidos biológicos. Nesse cenário, pesquisas recentes têm focado na criação de dispositivos tridimensionais personalizados para o tratamento de infecções, otimizando a eficácia terapêutica, minimizando efeitos colaterais e promovendo maior adesão ao tratamento (YAN, 2024).

Nesse contexto, cresce o interesse pela incorporação de compostos bioativos de origem natural nesses sistemas, como os extraídos de plantas com propriedades medicinais. A *Pereskia aculeata* Miller, popularmente conhecida como ora-pro-nóbis, é uma planta alimentícia não convencional (PANC), amplamente utilizada na culinária e medicina popular devido ao seu alto teor de proteínas, fibras e compostos antioxidantes. Estudos recentes indicam que seus extratos aquosos também apresentam potencial atividade bactericida, tornando-a uma candidata promissora para o desenvolvimento de novos agentes antimicrobianos naturais (NOGUEIRA, 2023).

As infecções bacterianas continuam sendo um dos principais desafios da medicina contemporânea, especialmente diante da crescente resistência aos antibióticos convencionais. Essa realidade tem motivado a busca por soluções terapêuticas inovadoras, como sistemas de liberação controlada de fármacos, terapias combinatórias e o uso de biomateriais inteligentes. Tais abordagens visam aumentar a eficácia terapêutica, reduzir efeitos adversos e controlar a progressão das infecções, promovendo uma recuperação mais segura e eficiente dos pacientes (MAKABENTA, 2020).

Para viabilizar a liberação controlada dos compostos antimicrobianos presentes no extrato de ora-pro-nóbis, será utilizado um hidrogel à base de alginato de sódio, material amplamente reconhecido por sua biocompatibilidade, capacidade de formar géis em condições brandas e habilidade de encapsular substâncias bioativas. Essa escolha tecnológica contribui para uma liberação gradual e direcionada dos princípios ativos (ABASALIZADEH, 2020).

Diante disso, o presente estudo propõe o desenvolvimento de uma plataforma tridimensional, produzida por impressão 3D, contendo hidrogel de alginato de sódio incorporado com extrato aquoso de *Pereskia aculeata* Miller. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar *in vitro* a capacidade do sistema em inibir o crescimento de bactérias dos

gêneros *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, ambos relevantes em infecções hospitalares e de interesse clínico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Evidenciando este avanço nas aplicações a impressão 3D podemos incorporar a esta técnica a personalização na produção de medicamentos ou ainda a construção de plataformas carreadoras de fármacos (ELKASABGY, 2020).

É cada vez mais constante a aplicação de polímeros na indústria, não ficando de fora desta busca por biomateriais a indústria farmacêutica onde a biodegradabilidade é altamente desejada, uma vez que depois de cumprir sua função este polímero pode ser absorvido, sem deixar rastros (KUROWIAK, 2023).

O desenvolvimento de plataformas para aplicações na medicina regenerativa requer algumas características importantes, como, biocompatibilidade, estabilidade estrutural, serem biodegradáveis e serem, atóxicos (KUROWIAK, 2023).

A impressão 3D é uma técnica revolucionária de manufatura aditiva que usa materiais biológicos como células vivas e matrizes extracelulares para criar estruturas 3D, que podem ser aplicadas em biotecnologia e engenharia de tecidos (ZHANG, 2022).

Usando as técnicas de impressão 3D, as plataformas são obtidas inicialmente em arquivos digitais, utilizando softwares de modelagem, que posteriormente tem seus arquivos direcionados a softwares de fatiamento e impressos. A impressão 3D permite que o hidrogel seja depositado camada por camada, até obter o objeto desejado, utilizando um sistema personalizado e individual (TRENFIELD *et al.*, 2018).

Os oligossacarídeos de alginato, polímeros lineares de baixo peso molecular derivados do alginato, têm ganhado destaque em aplicações biomédicas devido à sua baixa toxicidade e biodegradabilidade, características que os tornam ideais para materiais nessa área. Além disso, o alginato é amplamente utilizado na indústria alimentícia como aditivo para melhorar a textura dos alimentos, graças à sua alta viscosidade e capacidade gelificante (BI, 2022).

Este trabalho visa a construção de uma plataforma carreadora para extrato aquoso de *ora-pro-nobis* (*Pereskia aculeata miller*) como agente bactericida utilizando a técnica de impressão 3D, desta forma permitindo obter uma plataforma impregnada com extrato.

Inicialmente se trata de uma avaliação *in vitro* do potencial inibição de crescimento bacteriano em meio sólido.

O estudo inicia com a construção da plataforma carreadora, sendo está obtida a partir de um dos derivados do ácido algínico, o alginato de sódio (ALG), um polissacárido aniônico natural, solúvel em água, com a extração extrato aquoso de *ora-pro-nobis*, posteriormente com a formação de uma blenda utilizando os dois compostos, formando uma membrana polimérica, dois microrganismos de grande interesse na saúde pública foram utilizados para compor as avaliação, o *Staphylococcus aureus* e a *Escherichia coli*, responsáveis por uma grande variedade de infecções de pele e dos tecidos moles.

A *ora-pro-nobis* é utilizada na medicina tradicional para tratar várias condições de saúde, suas propriedades medicinais são: Anti-inflamatória, Antioxidante, Cicatrizante, Digestiva, Antibacteriana e Antifúngica (TEIXEIRA *et al.*, 2023).

Um estudo sobre o perfil fitoquímico da *Pereskia aculeata* (*P. aculeata*) revelou a presença de compostos fenólicos, antioxidantes, antibacterianos e sem hepatotoxicidade. A partir do extrato seco das folhas orgânicas, foram identificados dez compostos fenólicos, incluindo o ácido caftárico (49%) como principal, dois ácidos derivados do ácido cafeico e oito flavonoides, sendo dois originários da quercetina (GARCIA *et. al*, 2019).

As infecções bacterianas da pele e dos tecidos moles representam uma preocupação significativa na medicina moderna. Essas infecções podem variar de manifestações superficiais a condições graves que afetam camadas mais profundas, como a fáscia muscular e o músculo, potencialmente levando a necrose extensa e choque séptico se não tratadas adequadamente. A identificação precoce e o tratamento apropriado são essenciais para prevenir complicações severas e a progressão para infecções sistêmicas (SUKUMARAN, 2016).

A *Escherichia coli* é um microrganismo pertencente à família Enterobacteriaceae, constituindo parte da microbiota normal do trato intestinal de humanos e de animais de sangue quente. (ROSA *et al*, 2016). É uma bactéria gram-negativa, móvel, não formadora de esporos, anaeróbios facultativos, com metabolismo respiratório e fermentativo, a temperatura para seu crescimento gira em torno de 37°C (SILVA, 2022). Os mecanismos de contaminação podem ser através da contaminação cruzada entre os alimentos crus e cozidos, utensílios não desinfetados e mãos de manipuladores não higienizadas, bem como são considerados indicadores de contaminação fecal (MAESTRI *et al.*, 2020).

Cepas da *E. coli* apresentam uma alta resistência aos antibióticos β -lactâmicos, principalmente a Ampicilina, também foi apresentada alta resistência frente a Amoxicilina. Por outro lado, observou-se um baixo perfil Nitrofurantoína, Gentamicina, Norfloxacino e Ciprofloxacino. (BARBOSA *et al.*, 2022).

O *Staphylococcus aureus* é uma bactéria gram-positiva onde suas células têm forma de cocos, apresentam-se frequentemente agrupadas em cacho e são imóveis. Em condições favoráveis, produz toxinas – enterotoxinas – que são o agente responsável pela intoxicação alimentar. (APOLINÁRIO, 2021). A intoxicação ocasionada por *Staphylococcus aureus* é causada pela ingestão de toxinas presentes nos alimentos, produzidas por este micro-organismo. Essas toxinas são resistentes à cocção e a hidrólise pelas enzimas gástricas e jejunais. Os meios de contaminação podem ocorrer por manipular os alimentos após a cocção de alimentos já higienizados sem o devido cuidado (MAESTRI *et al.*, 2020).

Staphylococcus aureus é altamente virulento e com uma resistência a antimicrobianos elevada. Já foi tentado fazer o uso de Penicilina para infecções causadas por *S. aureus*, que logo se tornou ineficaz, pois começaram a aparecer cepas resistentes a este medicamento, e com um antibiótico beta-lactâmico sintético a Metecilina, que agia na ação das beta-lactamases, produzida pelo *S. aureus*, porém também se tornou ineficaz, tornando o *S. aureus* uma bactéria resistente a todos os antibióticos beta-lactâmicos. Atualmente o *Staphylococcus aureus* é tratado com Clindamicina, Ciprofloxacina, Claritromicina e Azitromicina (AQUINO, 2022).

3 METODOLOGIA

3.1 FORMULAÇÃO DO HIDROGEL

O estudo utilizou um dos derivados do ácido algínico, o alginato de sódio (ALG), um polissacarídeo aniônico natural, solúvel em água obtido a partir das paredes celulares de algas marrons. Suas propriedades físico-químicas, tais como, alteração de solução para gel, viscosidade e interação com a água, tornam este polímero muito presente em diversas áreas da indústria (BARBU *et al.*, 2021). alginato de sódio (ALG) da marca (BIOTEC, 98% de pureza) dissolvido em água deionizada. O ALG foi pesado em balança semi-

analítica (Bel-S2202H) na concentração de 40g/L, solubilizado no extrato de ora probis obtido anteriormente com agitação constante em agitador magnético (Fisatom-752^a) por 30 minutos na temperatura ambiente. Posteriormente a solução foi deixada em descanso por 24h, também a temperatura ambiente. O agente reticulante utilizado para a gelificação do ALG foi o Cloreto de cálcio (CaCl₂) (SYNTH), preparado previamente na concentração de 10g/L. O cloreto de cálcio é um agente fornecedor dos íons Ca²⁺, utilizado na formulação de hidrogéis de ALG promovendo uma gelificação rápida (ABASALIZADEH, *et al.*, 2020). A reticulação foi realizada na proporção de 4:1 (4 partes de AGL para 1 parte de CaCl₂), a mistura ALG e o agente reticulante foi realizada em becker de 50 mL e então abastecida a seringa para serem acopladas no cabeçote da impressora e então realizar a impressão.

3.2 OBTENÇÃO DO EXTRATO AQUOSO

Para a obtenção do extrato aquoso a base de *Pereskia Aculeata* Miller, foram adaptadas metodologias para extração em, sendo eles, folhas trituradas (farinha) a quente e a frio e folhas inteiras a quente e a frio, metodologias apresentadas de (Maciel; *et al.* 2021) e (LOPES, 2022)

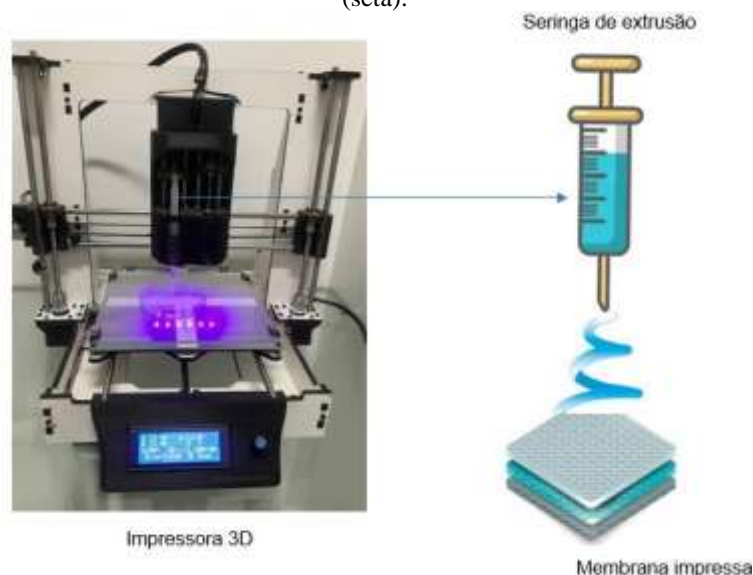
As plantas utilizadas foram limpas com a finalidade de retirar galhos e outras sujidades, mantendo só as folhas, que foram desidratadas e secas em estufa de secagem a 35°C por 72h, foram separadas em quatro porções de mesmo peso inicial, após a primeira pesagem em balança semi-analítica (Bel-S2202H). Duas porções de amostras de folhas inteiras foram reservadas, e duas foram selecionadas para o método de produção de farinha, as quais passaram por processo de trituração em processador alimentício. Com a farinha pronta, as quatro amostras foram pesadas novamente em balança semi-analítica (Bel-S2202H). Após a pesagem final as amostras foram solubilizadas em H₂O destilada a uma concentração de 10% (m/v) com agitação constantemente por 1 hora com agitador magnético (Fisatom-752^a). Sendo que dois extratos produzidos, farinha a quente e folha a quente, foram submetidos a calor constante de 75°, já que os outros extratos foram produzidos a frio (farinha e folha)

Posterior a extração as amostras passaram por um processo de filtração a vácuo direta com a finalidade de separar as partes sólidas da parte líquida do extrato, esse processo foi realizado separadamente com as quatro amostras obtidas.

3.3 CONSTRUÇÃO DA ARQUITETURA DE IMPRESSÃO

Para a elaboração da arquitetura 3D dos arcabouços impressos, foram utilizados os softwares Tinkercad para a modelagem e o software Ultimaker Cura para o plano de impressão da estrutura, ambos de acesso livre. Para o ensaio de printabilidade, as seringas acopladas ao cabeçote da impressora contendo os hidrogéis já reticulados foram depositando camadas circulares com diâmetro de 20 mm e espessura de 2 mm definidos na modelagem da estrutura. A construção da membrana foi realizada depositando camada sobre camada, em uma placa de Petri de 90 mm de diâmetro colocada sobre a mesa da impressora. Foi utilizada uma impressora Bioprinter (Mod.Dual) da Pontinmaker® Figura 1.

Figura 1. Impressora – Bioprinter Pontinmaker® Modelo dual, mostrando detalhe da seringa de injeção (seta).



Fonte: autor, 2025.

3.4 LIOFILIZAÇÃO E ESTERILIZAÇÃO DA MEMBRANA POLIMÉRICA

O processo de liofilização permitiu sublimar a água e com isso obter uma membrana com características bem definidas na forma, favorecendo sua manipulação, armazenamento na temperatura ambiente e, quando adequadamente embalado, garantindo sua esterilidade por tempo definido. Utilizando Óxido de Etileno (EtO), a garantia de esterilidade é de até 2 anos, ser esterilizável é uma condição fundamental para que o material possa ter seu uso em aplicações médicas e para o ensaio in vivo realizado, no presente estudo, optou-se pelo processo de esterilização por EtO, por a adequado para vários biomateriais (KRUG, 2023).

3.5 TESTE MICROBIOLÓGICO DAS MEMBRANAS IMPREGNADAS COM EXTRATO AQUOSO

Para a avaliação da eficácia contra agentes bacterianos na membrana de alginato de sódio associada ao extrato aquoso de Ora-Pró-Nóbis, foram utilizadas cepas puras de *Escherichia coli* (ATCC 9637) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213) (Newprov). Um meio líquido base, caldo de nutriente, foi preparado atendendo as recomendações do fabricante (Kasvi), transferido para tubos com tampa de rosca com volume final de 10mL e posteriormente autoclavado por calor úmido, 121°C por 20 minutos (Stermax), ao final do processo de esterilização do meio, os tubos foram armazenados em geladeira limpa. No dia seguinte, os tubos contendo o meio líquido foram em estufa a temperatura de 37°C para atingirem temperatura ideal, as cepas foram depositadas no meio e colocadas novamente na estufa (Solid steel) a 37°C para o crescimento e desenvolvimento das bactérias por 24h

Para a semeadura das bactérias previamente ativadas, foi empregado o meio sólido, ágar Mueller Hinton (Kasvi), preparado seguindo as recomendações do fabricante, o meio foi autoclavado por calor úmido, transferido para placas de petri descartáveis estéreis (cralplast), lacrados com fita e armazenados em geladeira para evitar contaminação até o momento da semeadura. Os microrganismos foram inoculados no meio usando swab estéril, preenchendo toda a extensão da placa de petri, ao centro da inoculação foi depositada a membrana de alginato de sódio associada ao extrato de ora- pró-nóbis para

evidenciar sua atividade antimicrobiana, as placas então foram identificadas e acondicionada em estufa (Solid steel) de cultura a 37°C por 24h, para evidenciar o crescimento microbiano das espécies aqui estudadas, bem como a capacidade antimicrobiana da membrana proposta.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As metodologias utilizadas tiveram como meta estabelecer testes de estabilidade e reticulação com o intuito de verificar a possibilidade de suportar o processo de impressão. Foram realizados também testes microbiológicos para ação antimicrobiana do extrato aquoso de *Pereskia Aculeata* Miller, o qual foi utilizado para formulação da membrana polimérica.

4.1 PLATAFORMA CARREADO DO EXTRATO AQUOSO DE ORA-PRO-NOBIS.

4.1 Hidrogel de Alginato de sódio

Com a obtenção dos quatro extratos de ora-pro-nobis distintos, sendo com folha inteira a frio, folha inteira a quente, farinha de folhas a frio e farinha de folhas a quente, tabela 1. o hidrogel preparado foi submetido a impressão 3D. Sendo assim, o hidrogel foi estabilizado a uma concentração de 4:1 (sendo 4 porções de alginato de sódio para 1 de Cloreto de cálcio), inserido na seringa, acoplado ao cabeçote da impressora e como demonstra a figura 2, os aspectos de estabilidade alcançaram como o esperado.

Tabela 1 - Dados de pesagem e concentração da preparação do extrato aquoso.

BIOCURATIVO DE ORA-PRO-NÓBIS					
AMOSTRA	ESPÉCIE	PESO INICIAL	PESO FINAL	METODO DE EXTRAÇÃO	CONCENTRAÇÃO
NÚMERO 1	PERESKIA ACULEATA MILLER	20,016 g	15,000 g	FOLHA QUENTE	10%
NÚMERO 2	PERESKIA ACULEATA MILLER	20,017 g	15,018 g	FOLHA FRIA	10%
NÚMERO 3	PERESKIA ACULEATA MILLER	20,013 g	15,001 g	FARINHA FRIA	10%
NÚMERO 4	PERESKIA ACULEATA MILLER	20,016 g	15,016 g	FARINHA QUENTE	10%

OBSERVAÇÕES: Todas as amostras foram solubilizadas com água 100% pura e colocadas para agitação magnética.

Fonte: o autor, 2025.

Figura 2 - Impressão da plataforma de alginato de sódio associada ao estrato extrato aquoso de ora-pro-nobis.



Fonte: o autor, 2025

Obtidas as plataformas impressas, já liofilizadas e esterilizadas, iniciou-se os testes de ação antibacteriana com os microrganismos selecionados, *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus*, os quais foram cultivados em placas de petri, com meio Mueller

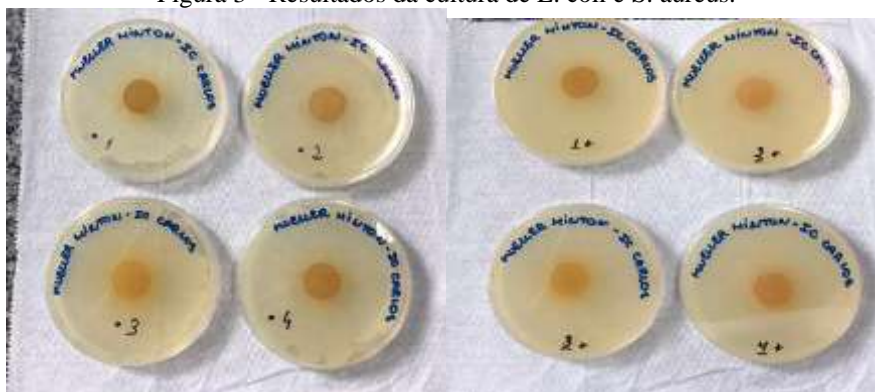
Hinton com a adição da plataforma carregada disposta no centro da placa de petri e levadas para incubação em estufa de cultura bacteriana por 24 horas em temperatura de 36°C conforme descrito na metodologia do presente estudo tabela, 2. Ambos os microrganismos se desenvolveram, porém, não se observou a presença do halo de inibição de crescimento bacteriano em detrimento da utilização da plataforma carregadora a base de ora-pro-nobis figura 3. Sendo assim, o estudo apresentou-se satisfatório na elaboração, na estabilidade da membrana de alginato de sódio, porém, não foi satisfatória quando se trata da ação antimicrobiana figura 4. O resultado corrobora com estudo anterior de Lopes e Cattelan (2022), que descreveu ao fazer uso dos extratos aquosos de ora-pro-nobis, não foi possível inibir o desenvolvimento de bactérias do tipo *E. coli* assim como impedir a multiplicação de *S. aureus*, esse resultado pode se justificar pelo método de extração utilizado, já que (Pimenta *et al.*, 2020) averiguaram em seu estudo que o óleo essencial de ora-pro-nobis possui ação antimicrobiana contra diversas cepas bacterianas, tanto Gram positivas quanto Gram negativas.

Tabela 2 - Identificação das placas de Petri de acordo com o tipo de extrato da membrana e microrganismo aplicado.

Identificação das amostras no teste microbiológico		
Amostras	Escherichia coli	Staphylococcus aureus
FOLHA QUENTE	*1	°1
FOLHA FRIA	*2	°2
FARINHA QUENTE	*3	°3
FARINHA FRIA	*4	°4

Fonte: a autora, 2025.

Figura 3 - Resultados da cultura de E. coli e S. aureus.



Fonte: a autora, 2024

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, a construção da plataforma utilizando alginato de sódio como material carreador apresentou elevada viabilidade de impressão, mantendo estabilidade estrutural após o processo e preservando com precisão as características geométricas previamente projetadas. Esses achados indicam a eficiência da bioimpressão na obtenção de estruturas consistentes e reproduzíveis. No entanto, a eficácia antimicrobiana do extrato aquoso de ora-pro-nóbis ainda não pôde ser confirmada de forma conclusiva, o que evidencia a necessidade de estudos adicionais. Destaca-se, assim, a importância de otimizar as metodologias de extração do extrato vegetal, visando potencializar sua atividade biológica. Essa melhoria pode permitir uma avaliação mais precisa de suas propriedades antimicrobianas e, conseqüentemente, ampliar suas aplicações potenciais em dispositivos biomédicos.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Iniciação Científica do Centro Universitário Unicuritiba – Curitiba – PR.
- Brasil.

REFERÊNCIAS

Abasalizadeh F, Moghaddam SV, Alizadeh E, Akbari E, Kashani E, Fazljou SMB, Torbati M, Akbarzadeh A. Alginate-based hydrogels as drug delivery vehicles in câncer treatment and their applications in wound dressing and 3D bioprinting. *Journal of Biological Engineering*, v. 14, p. 8, 2020. DOI: 10.1186/s13036-020-0227-7. PMID: 32190110; PMCID: PMC7069202.

Apolinário, Joelma Maria dos Santos da Silva. CARACTERÍSTICAS CLASSIFICAÇÃO E PATOGENICIDADE DO STAPHYLOCOCCUS AUREUS. *Revista Multidisciplinar em Saúde*, v. 2, n. 2, p. 54, 2021. DOI: <https://doi.org/10.51161/rem/s/1211>.

Aquino, Madson de Souza; Silva, Claudinei Mesquita da. Staphylococcus aureus e sua importância no âmbito das infecções hospitalares: revisão da literatura. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 11, n. 14, p. e519111436568, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i14.36568>.

Barbosa, Edinelson de Sousa, et al. Prevalência e perfil de resistência da *Escherichia coli* isolada de infecções do trato urinário. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento*, v. 11, n. 1, p. e0611124280, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24280>.

Bi D, Yang X, Lu J, Xu X. Preparation and potential applications of alginate oligosaccharides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 63, n. 29, p. 10130-10147, 2023. DOI: 10.1080/10408398.2022.2067832. PMID: 35471191.

Elkasabgy NA, Mahmoud AA, Maged A. 3D printing: An appealing route for customized drug delivery systems. *International Journal of Pharmaceutics*, v. 588, p. 119732, 2020. DOI: 10.1016/j.ijpharm.2020.119732. PMID: 32768528.

Garcia JAA, Corrêa RCG, Barros L, Pereira C, Abreu RMV, Alves MJ, Calhelha RC, Bracht A, Peralta RM, Ferreira ICFR. Phytochemical profile and biological activities of 'Ora-pro-nobis' leaves (*Pereskia aculeata* Miller), an underexploited superfood from the Brazilian Atlantic Forest. *Food Chemistry*, v. 294, p. 302-308, 2019. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.05.074. PMID: 31126467.

Krug N, Zarges J-C, Heim H-P. Influence of Ethylene Oxide and Gamma Irradiation Sterilization Processes on the Properties of Poly-L-Lactic-Acid (PLLA) Materials. *Polymers*, v. 15, n. 16, p. 3461, 2023. DOI: 10.3390/polym15163461.

Kurowiak J, Klekiel T, Będziński R. Biodegradable Polymers in Biomedical Applications: A Review-Developments, Perspectives and Future Challenges. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 24, n. 23, p. 16952, 2023. DOI: 10.3390/ijms242316952. PMID: 38069272; PMCID: PMC10707259.

Kurowiak J, Klekiel T, Będziński R. Biodegradable Polymers in Biomedical Applications: A Review-Developments, Perspectives and Future Challenges. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 24, n. 23, p. 16952, 2023. DOI: 10.3390/ijms242316952. PMID: 38069272; PMCID: PMC10707259.

Liu, S., Yu, JM., Gan, YC. et al. Biomateriais naturais biomiméticos para engenharia de tecidos e medicina regenerativa: novos métodos de biossíntese, avanços recentes e aplicações emergentes. *Military Medical Research*, v. 10, p. 16, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40779-023-00448-w>.

LOPES, André Vinícius Castelucci; CATTELAN, Marília Gonçalves. POTENCIAL *in vitro* de extratos aquosos de *Ora-pro-nobis*. *Revista Científica Unilago*, v. 1, n. 1, 2022. Disponível em: <https://revistas.unilago.edu.br/index.php/revista-cientifica/article/view/795>.

Maciel, Vinicius Borges Vieira, et al. *Ora-pro-nobis* (*Pereskia aculeata* Miller): uma alternativa potencial para suplementação de ferro e compostos fitoquímicos. *Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos*, v. 24, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-6723.18020>.

Maestri, Gabriela, et al. Quantificação de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* e mecanismos de resistência nas mãos de manipuladores de alimentos em UANS hospitalares em SC. *Disciplinarum Scientia | Saúde*, v. 21, n. 1, p. 91–105, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumS/article/view/3062>.

Makabenta JMV, Nabawy A, Li CH, Schmidt-Malan S, Patel R, Rotello VM. Nanomaterial-based therapeutics for antibiotic-resistant bacterial infections. *Nature Reviews Microbiology*, v. 19, n. 1, p. 23-36, 2021. DOI: 10.1038/s41579-020-0420-1. PMID: 32814862; PMCID: PMC8559572.

Nogueira Silva, NF, Silva, SH, Barão, D., Oliveira Neves, IC, Casanova, F. *Pereskia aculeata* Miller como uma nova fonte alimentar: uma revisão. *Alimentos*, v. 12, p. 2092, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12112092>.

Pimenta, Poliana do Carmo, et al. Avaliação da capacidade antimicrobiana do óleo essencial de *Pereskia aculeata*: interação com microrganismos encontrados em jalecos de profissionais de saúde. *Revista Brasileira de Desenvolvimento*, v. 6, n. 6, 2020.

Revista Multidisciplinar do UniSantaCruz, Curitiba, v.X, n.X, p. xx–yy, 2024. ISSN 2965-2790.

Rosa, Joice Lara, et al. CARACTERÍSTICAS DA *ESCHERICHIA COLI* ENTEROHEMORRÁGICA (EHEC). *Saúde & Ciência em Ação*, v. 2, n. 1, p. 66–78, 2016. Disponível em: <https://revistas.unifan.edu.br/index.php/RevistaICS/article/view/191>.

Silva, Eduardo Gomes da; Mendes, Maiara Pereira. CARACTERÍSTICAS E PREVENÇÃO DA CONTAMINAÇÃO *ESCHERICHIA COLI*. *Revista Científica E-Locução*, v. 1, n. 22, 2022.

Sukumaran, Vichitra; Senanayake, Sanjaya. Infecções bacterianas da pele e dos tecidos moles. *Australian Prescriber*, v. 39, n. 5, p. 159–163, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18773/austprescr.2016.05>.

Teixeira, VMC, Oliveira, Ad, Backes, E., Souza, CGMd, Castoldi, R., Sá-Nakanishi, ABd, Bracht, L., Comar, JF., Corrêa, RCG., Leimann, FV., *et al.* Uma avaliação crítica das investigações mais recentes sobre *Ora-pro-nobis* (*Pereskia* sp.): aspectos econômicos, botânicos, fitoquímicos, nutricionais e etnofarmacológicos. *Plants*, v. 12, p. 3874, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12223874>.