

## DESENVOLVIMENTO DE MEMBRANA BIOCOMPATÍVEL DE CELULOSE BACTERIANA, ÓXIDO DE GRAFENO E PENTÓXIDO DE NIÓBIO PARA CICATRIZAÇÃO

JÚLIA SILVEIRA LONGARAY<sup>1</sup>; GEOVANNA PETER CORREA<sup>2</sup>; ANDRESSA DA SILVA BARBOZA<sup>3</sup>; MORGANA LÜDTKE AZEVEDO<sup>4</sup>; JULIANA SILVA RIBEIRO DE ANDRADE<sup>5</sup>; RAFAEL GUERRA LUND<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [julias.longaray02@gmail.com](mailto:julias.longaray02@gmail.com)

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [geovannapeter@live.com](mailto:geovannapeter@live.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Santa Catarina - [andressahb@hotmail.com](mailto:andressahb@hotmail.com)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas - [morganaludtke@gmail.com](mailto:morganaludtke@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Santa Catarina – [sribeirooj@gmail.com](mailto:sribeirooj@gmail.com)

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pelotas - [rafael.lund@gmail.com](mailto:rafael.lund@gmail.com)

### 1. DESCRIÇÃO DA INOVAÇÃO

A inovação desenvolve uma membrana biocompatível composta por óxido de grafeno (GO), pentóxido de nióbio (Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e celulose bacteriana (BC), focada na regeneração da pele. A combinação de GO e Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ao meio de cultivo bacteriano cria uma membrana flexível, resistente e altamente eficaz para aderir à pele lesionada e acelerar a cicatrização. O GO estimula a diferenciação celular, enquanto o Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> aumenta a produção de colágeno tipo I e a viabilidade celular. A celulose bacteriana também contribui como curativo ao oferecer suporte mecânico e promover a proliferação celular (SOLIMAN et al., 2021). A membrana, aplicada diretamente sobre feridas ou queimaduras, auxilia o processo de cicatrização ao reter umidade, agir como barreira física contra patógenos, e estimular a regeneração celular. O GO e a celulose bacteriana aceleram a cicatrização e possuem propriedades antibacterianas (SOLIMAN et al., 2021), e o grafeno demonstrou destruir bactérias como *Staphylococcus aureus*. Ensaios laboratoriais mostraram que a membrana é eficaz contra patógenos como *Staphylococcus aureus* e *Pseudomonas aeruginosa*, evitando infecções (MURRAY et al., 2019). A inovação é única pela combinação de materiais com propriedades complementares, que aceleram a cicatrização e oferecem proteção antibacteriana sem o uso de antibióticos, uma solução para o aumento da resistência antimicrobiana (ABAZARI et al., 2020). Além disso, a membrana é de baixo custo e fácil de produzir, destacando-se como uma solução versátil para o tratamento de feridas. A ausência de antibióticos na prevenção de infecções torna o produto promissor frente às soluções disponíveis no mercado (MURRAY et al., 2019).

### 2. ANÁLISE DE MERCADO

A análise de mercado da inovação proposta indica que o principal público-alvo inclui pacientes com feridas cirúrgicas, feridas crônicas e queimaduras. As feridas crônicas afetam cerca de 5% da população adulta

ocidental, com uma prevalência crescente entre idosos e diabéticos (BRASSOLATTI et al., 2018). O número de hospitalizações por queimaduras no Brasil foi superior a 110 mil em 2021, abrangendo também crianças e adolescentes (AHUJA et al., 2020). Hospitais e clínicas buscam soluções eficazes que acelerem a cicatrização e reduzam infecções, sem depender excessivamente de antibióticos. A inovação proposta, atende a essas necessidades, diferenciando-se de curativos como os produtos Aquacel® e Biobrane® da empresa ConvaTec, a qual oferece curativos para feridas crônicas e de difícil cicatrização, que utiliza tecnologia de hidrocolóide e hidrogel para manter um ambiente úmido (princípio ativo: *fibra de hidrocolóide*) para promover cicatrização, criando um ambiente úmido para a regeneração, mas não oferecem o efeito antibacteriano intrínseco da membrana proposta (MURRAY et al., 2019). A inovação proposta se posiciona como uma solução diferenciada no mercado, combinando biocompatibilidade, estimulação celular e proteção antibacteriana em um único produto, sem o uso de antibióticos, o que a destaca frente a concorrentes que dependem de métodos mais convencionais ou invasivos (MURRAY et al., 2019). A estimativa de mercado é baseada no TAM (*Total Addressable Market*), SAM (*Serviceable Available Market*) e SOM (*Serviceable Obtainable Market*). TAM: O mercado global de curativos avançados para feridas foi avaliado em aproximadamente 9 bilhões de dólares em 2021, com projeções de crescimento contínuo devido ao aumento de doenças crônicas e envelhecimento da população (GLOBENEWSWIRE, 2022). Dentro deste mercado, feridas crônicas e queimaduras representam uma parcela significativa (AHUJA et al., 2020). Estima-se que o mercado global de cuidados avançados com feridas atinja cifras superiores a US\$ 20 bilhões até 2032. O SAM, no Brasil, para o setor de cuidados com feridas e queimaduras cresce conforme a demanda por tratamentos especializados aumenta, com o mercado global avaliado em cerca de USD 9,89 bilhões em 2022 e projetado para crescer a uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 5,4% até 2030. A quantidade de hospitalizações de pacientes queimados e de pessoas com feridas crônicas indica um mercado que pode representar uma fração considerável do TAM. Estima-se que o SOM da inovação seja voltado inicialmente para centros especializados em tratamento de queimaduras e clínicas de cicatrização de feridas no Brasil, expandindo gradualmente para o mercado hospitalar geral. No primeiro momento, o SOM pode atingir entre 5% e 10% do mercado nacional, com potencial de crescimento à medida que o produto for validado e ganhar maior adoção nos setores público e privado. Dado o crescente envelhecimento da população, a prevalência de doenças crônicas e o aumento dos casos de queimaduras, o mercado apresenta grande potencial de crescimento para uma solução eficaz e inovadora como a membrana de GO/Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/BC (ABAZARI et al., 2020).

### 3. ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO

A estratégia de desenvolvimento e implementação da inovação foca na comercialização de curativos e membranas bioativas para hospitais e clínicas. O

modelo inicial utiliza preços competitivos e diferencia-se pela tecnologia avançada. A comercialização será realizada por vendas diretas e parcerias com distribuidores e redes hospitalares, incluindo possíveis colaborações com o SUS para tratar feridas crônicas. Atualmente, a inovação está nas fases iniciais de pesquisa, prototipagem e testes clínicos, com previsão de registro de patente após as primeiras validações. O nível de maturidade tecnológica (TRL) é entre 2 e 3, indicando desenvolvimento de protótipos. Os principais desafios incluem validação clínica, aprovação regulatória pela ANVISA e concorrência com empresas estabelecidas. A otimização dos custos de produção também é uma prioridade, com foco na diferenciação tecnológica e vantagens antimicrobianas do produto.

#### **4. RESULTADOS ESPERADOS E IMPACTO**

A inovação proposta apresenta um grande potencial tanto social quanto ambiental, pois visa melhorar a qualidade de vida de pacientes com feridas crônicas e queimaduras ao acelerar a cicatrização e reduzir a dependência de antibióticos, o que também contribui para aliviar a sobrecarga do sistema público de saúde, diminuindo o tempo de internação. Ambientalmente, a utilização de celulose bacteriana biodegradável e a produção sustentável do material ajudam a combater a resistência bacteriana, ao reduzir a necessidade de antibióticos. A celulose bacteriana é um material natural, biodegradável e pode ser produzida de forma sustentável. A substituição de membranas sintéticas por biocompatíveis e biodegradáveis pode reduzir o impacto ambiental de resíduos biomédicos e promover uma ciência mais sustentável. Financeiramente, a projeção é de crescimento progressivo: R\$ 500 mil no primeiro ano, com foco em parcerias e testes em hospitais privados; R\$ 1,5 milhão no segundo ano, com a aprovação regulatória e adoção pelo sistema público, representando um aumento de 200%; e R\$ 3 milhões no terceiro ano, com consolidação no mercado nacional e potencial expansão para mercados emergentes. Além disso, a inovação oferece oportunidades tecnológicas para aprimoramento, como a inclusão de liberação controlada de medicamentos e a introdução de novos materiais, e pode ser adaptada para outras áreas da saúde, como dermatologia e cirurgias plásticas, ampliando seu impacto e aplicabilidade.

#### **5. CONCLUSÕES**

A inovação proposta tende a ser uma abordagem revolucionária no tratamento de lesões, especialmente em pacientes com dificuldade de cicatrização, como diabéticos, pois a versatilidade e a funcionalidade dos biomateriais supracitados abrem portas para futuras aplicações na engenharia de tecidos e outros dispositivos médicos, com potencial de personalização e aprimoramento conforme a necessidade clínica. Esse avanço tem um impacto social relevante, melhorando a qualidade de vida dos pacientes e ambiental por utilizar materiais biodegradáveis. Tendo, também, potencial para evolução

tecnológica, abrindo oportunidades para novas aplicações em áreas como engenharia de tecidos e tratamentos médicos avançados. Para otimizar seu impacto, é crucial envolver investidores, parceiros da saúde e instituições de pesquisa. Essa colaboração permitirá que o produto alcance rapidamente o mercado e proporcione benefícios significativos para a saúde da população, contribuindo para a geração de membranas terapêuticas com múltiplas funções, que podem aprimorar significativamente as alternativas terapêuticas disponíveis atualmente no que se refere à cicatrização de feridas

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAZARI, M.; GHAFARI, A.; RASHIDZADEH, H.; BADELEH, S.M.; MALEKI, Y. Uma revisão sistemática sobre classificação, identificação e processo de cura de queimaduras. **International Journal**, São Paulo, v.11, p.15, 2020.

AHUJA, N.; JIN, R.; POWERS, C.; BILLI, A.; BASS, K. Membrana de córion de âmnio humano desidratado como tratamento para queimaduras pediátricas. **Cuidado Avançado de Feridas**, Minas Gerais, v.9, n.11, p.602-611, 2020.

BRASSOLATTI, P.; BOSSINI, P.S.; KIDO, H.W.; OLIVEIRA, M.C.D.; ALMEIDA-LOPES, L.; ZANARDI, L.M.; et al. Fotobiomodulação e membrana de celulose bacteriana no tratamento de queimaduras de terceiro grau em ratos. **Jornal de Viabilidade Tecidual**, São Paulo, v.27, n.4, p.249-256, 2018.

GLOBENEWSWIRE. Advanced Wound Care Market Size Worth USD 13.05 Billion by 2029 | **Market Share, Industry Growth and Forecast** [online]. 2022. Disponível em: <https://www.globenewswire.com/news-release/2022/09/28/2524160/0/en/Advanced-Wound-Care-Market-Size-Worth-USD-13-05-Billion-by-2029-Market-Share-Industry-Growth-and-Forecast.html>. Acesso em: 14 set. 2024.

MURRAY, R.Z.; WEST, Z.E.; COWIN, A.J.; FARRUGIA, B.L. Desenvolvimento e utilização de biomateriais como terapias de cicatrização de feridas. **Traumatismo de Queimaduras**, Minas Gerais, v.7, n.2, p.10, 25 jan. 2019.

SOLIMAN, M. M.; EL-SAYED, H. S.; EL-DAMATY, W. S.; ELDIN, M. A. S. Nanocomposites of graphene oxide and cellulose for enhanced wound healing: An in vivo study. **Journal of Nanobiotechnology**, Assiut, v. 19, n. 1, p. 1-14, 2021.