

# Linha do tempo da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) na medicina regenerativa moderna: Da bancada ao paciente

*Timeline of tilapia skin (Oreochromis niloticus) in modern regenerative medicine: From bench to patient*

*Cronología de la piel de tilapia (Oreochromis niloticus) en la medicina regenerativa moderna: Del banco al paciente*

Edmar Maciel Lima Júnior, Sophia Martins da Silva, Carlos Roberto Koscky Paier, Manoel Odorico de Moraes Filho, Felipe Augusto Rocha Rodrigues, Adelânia Roque Marinho Guedes

## RESUMO

**Objetivo:** Descrever a trajetória de desenvolvimento dos curativos biológicos oriundos de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) em glicerol e liofilizada para uso em cirurgias externas e, posteriormente, uma matriz proteica acelular (*scaffold*) para uso interno. **Resultados:** A pele de tilápia no glicerol e liofilizada foi aplicada com sucesso em mais de 550 pacientes queimados. A pele de tilápia liofilizada obteve sucesso no tratamento de 53 mulheres em vaginoplastias, em 160 pacientes na redesignação sexual e na preparação do leito da ferida na autoenxertia em 15 portadores da Síndrome de Apert. O *scaffold* está sendo empregado na oftalmologia na medicina veterinária na reconstrução de córnea em 420 cães, nas duroplastias na neurocirurgia nos testes em animais, e em estudos para uso cirúrgico em 10 especialidades médicas. **Conclusões:** O curativo de pele de tilápia supera desafios do tratamento de queimados do Brasil. É barato, biosustentável, efetivo e reduz a dor do paciente, propiciando melhores resultados com potencial redução de custos, contribuindo para a qualidade de vida dos pacientes. O sucesso da pesquisa confirma a pele de tilápia como um novo biomaterial de grande potencial em medicina regenerativa.

**DESCRIPTORIOS:** Tilápia-do-Nilo. Biomateriais. Queimaduras. Curativos Biológicos.

## ABSTRACT

**Objective:** To describe the development trajectory of biological dressings made from tilapia (*Oreochromis niloticus*) skin in glycerol and freeze-dried for use in external surgeries and, subsequently, an acellular protein matrix (*scaffold*) for internal use. **Results:** Tilapia skin in glycerol and freeze-dried was successfully applied to more than 550 burn patients. Freeze-dried tilapia skin was successful in the treatment of 53 women undergoing vaginoplasty, in 160 patients in sexual reassignment and in preparing the wound bed in self-grafting in 15 patients with Apert Syndrome. The scaffold is being used in ophthalmology, veterinary medicine in corneal reconstruction in 420 dogs, in duraplasty in neurosurgery in animal tests, and in studies for surgical use in 10 medical specialties. **Conclusions:** The tilapia skin dressing overcomes challenges in treating burns in Brazil. It is cheap, biosustainable, effective and reduces patient pain, providing better results with potential cost reduction, contributing to patients' quality of life. The success of the research confirms tilapia skin as a new biomaterial with great potential in regenerative medicine.

**KEYWORDS:** Nile Tilapia. Biocompatible Materials. Burns. Biological Dressings.

## RESUMEN

**Objetivo:** Describir la trayectoria de desarrollo de apósitos biológicos elaborados a partir de piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en glicerol y liofilizado para uso en cirugías externas y, posteriormente, una matriz proteica acelular (andamio) para uso interno. **Resultados:** Se aplicó con éxito piel de tilapia en glicerol y liofilizada a más de 550 pacientes quemados. La piel de tilapia liofilizada tuvo éxito en el tratamiento de 53 mujeres sometidas a vaginoplastia, en 160 pacientes en reasignación sexual y en la preparación del lecho de la herida en autoinjerto en 15 pacientes con Síndrome de Apert. El andamio se está utilizando en oftalmología, medicina veterinaria en reconstrucción corneal en 420 perros, en duraplastia en neurocirugía en pruebas con animales y en estudios para uso quirúrgico en 10 especialidades médicas. **Conclusiones:** El apósito para piel de tilapia supera los desafíos en el tratamiento de quemaduras en Brasil. Es barato, biosostenible, eficaz y reduce el dolor del paciente, proporcionando mejores resultados con una posible reducción de costes, contribuyendo a la calidad de vida de los pacientes. El éxito de la investigación confirma que la piel de tilapia es un nuevo biomaterial con gran potencial en medicina regenerativa.

**PALABRAS CLAVE:** Tilapia del Nilo. Materiales Biocompatibles. Quemaduras. Apósitos Biológicos.

## INTRODUÇÃO

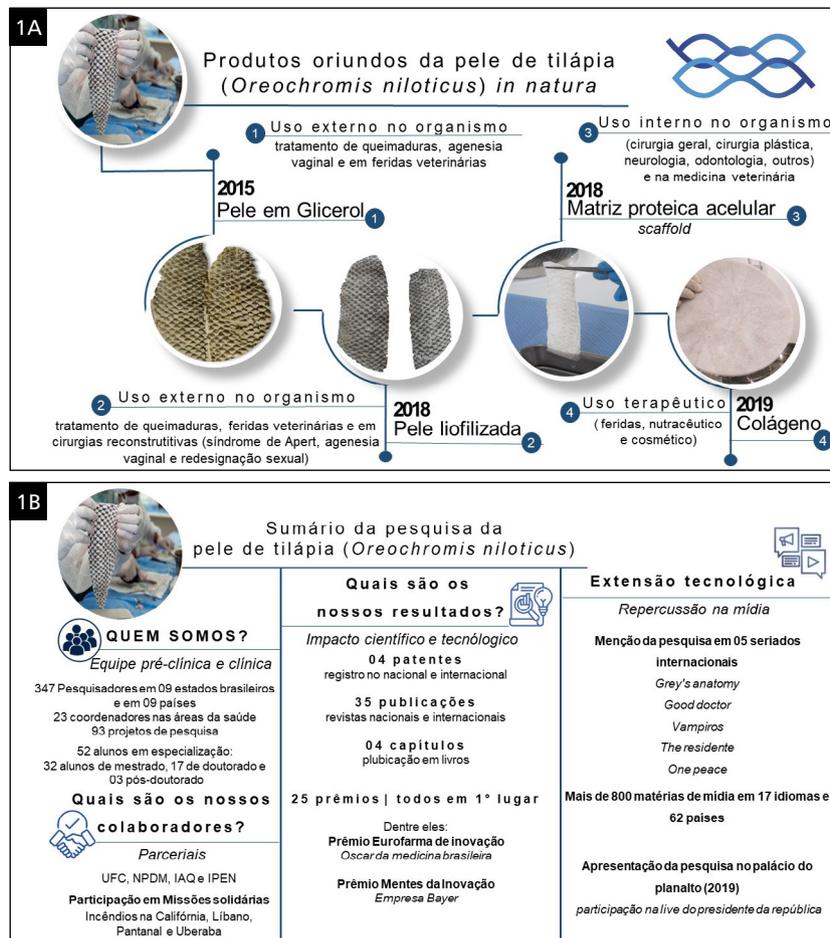
O emprego de matrizes biológicas para regenerar tecidos ou órgãos danificados em situações clínicas como lesões, infecções ou traumas é um importante avanço da medicina atual. Diversos biomateriais têm sido desenvolvidos com esse objetivo e podem ser de natureza sintética, semissintética ou derivados de tecidos biológicos<sup>1</sup>. Suas aplicações variam de curativos temporários e removíveis até matrizes proteicas biocompatíveis e permanentes, muitas vezes absorvidas pelo organismo do paciente. No Brasil, os substitutos biológicos são pouco usados devido ao alto custo, apesar de serem significativamente mais vantajosos para os pacientes em relação aos tratamentos tradicionais.

Desde 2015, a pele de tilápia vem sendo estudada como um biomaterial alternativo, em razão da similaridade histológica com a pele humana, alto teor de colágeno e alta resistência mecânica<sup>2</sup>. Este foi um dos motivos para que o grupo coordenado pelo cirurgião plástico Edmar Maciel desenvolvesse o uso de pele da tilápia para o tratamento

de queimaduras e feridas, além de idealizar o desenvolvimento de outros biomateriais.

A tilápia pertence à espécie *Oreochromis niloticus*, é o peixe mais cultivado do Brasil e tem excelente aceitação pelo mercado. Sua pele é um subproduto de descarte da indústria de alimentos, o que a torna uma matéria-prima de baixo custo e alta disponibilidade<sup>3</sup>. Portanto, os dispositivos produzidos a partir da pele de tilápia solucionam um problema ambiental da indústria, tendem a ser baratos e acessíveis, com potencial para gerar relevante impacto financeiro e social no sistema de saúde brasileiro.

O curativo biológico da pele de tilápia no glicerol foi desenvolvido e primeiramente empregado no tratamento de queimaduras, que geralmente resultam de acidentes domésticos e do trabalho, que são mais comuns entre os mais pobres, em idade laboral, e podem gerar sequelas debilitantes (Figura 1). Na rede pública brasileira, os queimados são usualmente tratados com pomada antibiótica, que exige trocas diárias de cobertura da ferida e provoca intensa dor. O novo curativo



**Figura 1** - Linha do tempo com o sumário da pesquisa pele de tilápia: desde 2015 até os dias atuais. 1A - Linha do tempo do desenvolvimento dos produtos oriundos da pele de tilápia; 1B - Sumário da pesquisa pele de tilápia apresentando dados de 2015 até os dias atuais.

UFC - Universidade Federal do Ceará; NPDM - Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento em Medicamentos; IAQ - Instituto de Apoio ao Queimado; IPEN - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

Fonte: Dados da pesquisa.

reduz em quase 50% os custos ambulatoriais do tratamento e diminui a dor do paciente, melhorando substancialmente sua recuperação e a qualidade de vida<sup>4,5</sup>.

O curativo liofilizado de pele de tilápia foi sucesso também em pacientes queimados e foi usado em vaginoplastias em mulheres com agenesia vaginal, ou com a vagina ocluída após tratamento antineoplásico, possibilitando a completa recuperação da estrutura e função genital<sup>6,7</sup>. De forma semelhante, também foi utilizado em cirurgias de redesignação sexual em mulheres transgênero<sup>8</sup>. Em todos esses casos, o curativo da pele de tilápia reduziu ou eliminou a necessidade de autoenxertia, diminuindo a morbidade pós-cirúrgica, aumentando a qualidade de vida do paciente e acelerando a sua recuperação. Recentemente, o curativo também foi utilizado no preparo para autoenxertia em complexas cirurgias plásticas reconstrutivas das mãos, em portadores da Síndrome de Apert, com grande sucesso, assim como em aplicações veterinárias<sup>9,10</sup>.

O sucesso do curativo de pele de tilápia liofilizada estimulou novas pesquisas para a criação de uma matriz proteica acelular (*scaffold*) de uso interno, que foi testada com sucesso em cirurgias na veterinária, com a reparação de córnea em 420 cães e na neurocirurgia, nas duroplastias em ratos. Outro produto foi a extração de colágeno para utilização em produtos farmacêuticos e cosméticos, abrindo novos horizontes como um novo dispositivo biomédico para medicina regenerativa<sup>9,11,12</sup>.

Os produtos desenvolvidos oriundos da pele de tilápia desde o início da pesquisa (2015) até os dias atuais serão apresentados por ordem cronológica da cadeia de produção e aplicabilidade médica.

## PRIMEIRO PRODUTO DESENVOLVIDO: A PELE DE TILÁPIA NO GLICEROL

O primeiro relato científico que se tem notícia do uso da pele da tilápia em queimaduras foi de um grupo de alunos da Faculdade de Medicina de Campos (FMC-RJ), com estudos em coelhos, em 2008<sup>13</sup>. Somente em 2011, o cirurgião plástico Marcelo Borges (Pernambuco) comentou sobre a possibilidade do uso da pele de tilápia esterilizada no glicerol para tratamento de queimaduras em humanos. A ausência de estrutura física (laboratoriais e biotério) e a falta de aporte financeiro para a pesquisa pré-clínica e clínica impossibilitaram o desenvolvimento dos estudos em seu estado.

O convite para iniciar a pesquisa no Ceará veio a partir do cirurgião plástico Edmar Maciel Lima Junior (Fortaleza, CE, Brasil), que já desenvolvia pesquisas com sucesso na área de queimaduras desde 2001. Inicialmente, buscaram-se recursos e parceria com o setor elétrico no estado através da empresa ENEL (antiga COELCE), em novembro de 2014. Em seguida, o médico Dr. Odorico de Moraes, professor da Universidade Federal do Ceará (UFC) e Coordenador do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento em Medicamentos (NPDM), foi convidado a participar e trouxe consigo toda a estrutura física do NPDM para iniciar a pesquisa, importante nos estudos laboratoriais e pré-clínicos.

Em fevereiro de 2015, iniciaram-se as etapas pré-clínicas (estudos *in vitro* e *in vivo*) no NPDM, coordenadas e executadas pelo pesquisador

Edmar Maciel e pelos demais pesquisadores da universidade. O grupo de estudos histológicos, coordenado pela Profª. Dra. Ana Paula Negreiros, detectou que a derme da pele da tilápia contém uma proteína de colágeno tipo I, em maior quantidade do que a pele humana, responsável por potencializar o processo de cicatrização tecidual. Logo, a pele de tilápia em glicerol foi padronizada em produção e os estudos *in vivo* iniciaram em novembro deste ano, pelo qual os resultados satisfatórios em modelo animal ensejaram os pesquisadores a realizar o pedido de patente do biomaterial<sup>1</sup>.

Sob a coordenação da médica Elisabete Moraes, professora da Universidade Federal do Ceará (UFC), entre 2016 e 2017, foram realizados os estudos de Fase Clínica I - ensaios de alergia e sensibilidade pela empresa Alergisa; e, Fase Clínica II em pacientes adultos, no hospital público Instituto Dr. José Frota (IJF), Fortaleza, CE, sob a coordenação do Dr. Edmar Maciel e a sua equipe.

Os resultados demonstram que a pele de tilápia possui uma boa aderência ao leito da ferida, diminuindo a necessidade de trocas de curativos quando comparada ao tratamento convencional; e, conseqüentemente, redução da dor durante estes procedimentos, diminuindo o uso de analgésicos e anestésicos, os custos e o trabalho da equipe<sup>4</sup> (Figura 2). Além disto, a aderência da pele da tilápia ao leito da ferida cruenta evita a contaminação vinda do meio externo e reduz a perda de líquidos e proteínas, melhorando sobremaneira a sobrevida dos pacientes<sup>1</sup>.

Após os estudos de fase clínica I e II e os excelentes resultados, encerrou-se o contrato com a Enel em novembro de 2017, bem como aconteceu a saída voluntária de Marcelo Borges do grupo de pesquisa. Assim, entre o período de 2018 a 2020 foram realizados os estudos de Fase Clínica II em pacientes crianças e Fase Clínica III em pacientes adultos, com a participação e coordenação de Edmar Maciel, com fins de registro do biomaterial na Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) e contratada uma empresa para avaliação dos resultados e realização do dossiê. Os resultados obtidos em crianças foram semelhantes ao encontrado em adultos, em que o quadro de dor foi minimizado, beneficiando bastante o sofrimento destes pacientes e dos familiares<sup>14</sup>.

Com o grande sucesso da pesquisa, surgiram novos desafios que possibilitassem atender a demanda na clínica para cirurgias internas e reconstrutivas nas mais diversas áreas médicas. Assim, em 2018 passaram a integrar a equipe de coordenadores da pesquisa pré-clínica o pesquisador, biólogo e professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE - campus Jaguaribe) Dr. Felipe Rocha e o pesquisador, bioquímico e professor da Universidade Federal do Ceará (UFC) Dr. Carlos Paier. A proposta foi desenvolver novos produtos, a citar a pele liofilizada, a matriz proteica acelular (*scaffold*) e a matriz de colágeno hidrolisada (Figura 1).

## SEGUNDO PRODUTO DESENVOLVIDO: A PELE DE TILÁPIA LIOFILIZADA

A pele de tilápia no glicerol possui algumas limitações bioquímicas e estruturais que demandavam altos custos, a citar a refrigeração e a



**Figura 2** - Aplicabilidades da pele de tilápia em glicerol e liofilizada em cirurgias plásticas (queimaduras), ginecológicas (Síndrome de Mayer-Rokitansky-Kuster-Hauser) e reconstrutivas (Síndrome de Apert). 1A a 10A - Preparo, aplicação e remoção da pele de tilápia liofilizada no estudo de fase clínica II em adultos. 1B a 4B - fotografia intra e pós-operatória da cirurgia de neovaginoplastia utilizando a pele de tilápia liofilizada como molde para reconstrução vaginal em paciente com Síndrome de Mayer-Rokitansky-Küster-Hauser. 1C e 2C - fotografia intra pós-operatória da cirurgia de redesignação sexual em mulheres transgênero utilizando a pele de tilápia liofilizada como molde para construção do canal vaginal. 1D e 2D - Fotografia intraoperatória e pós-operatória da cirurgia de de paciente com Síndrome de Apert, de 3 anos de idade, submetida a aplicação de pele de tilápia no terceiro espaçamento da mão; após 10 dias, houve a remoção da pele de tilápia e aplicação de enxerto de pele de espessura parcial colhido do paciente.

**Fonte:** Lima-Junior et al., 2019<sup>5</sup>; Dias et al., 2019<sup>7</sup>; Rodriguez et al. 2020<sup>8</sup>; Monte et al., 2022<sup>10</sup>.

complexa e dispendiosa logística de transporte para envio do biomaterial. Assim, foi desenvolvido o segundo produto: a pele de tilápia liofilizada sob o preparo químico e enzimático, seguido da desidratação a baixas temperaturas (liofilização), embalagem a vácuo e radioesterilização gama no Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares (IPEN-SP), sob a coordenação da Prof<sup>a</sup>. Dra. Mônica Mathor.

A pele liofilizada, por ser mantida a temperatura ambiente, facilita e barateia a logística do transporte em 90%; além de diminuir o risco de crescimento microbiano e, por não conter glicerol, evita a possibilidade de dor quando aplicada no paciente. Logo, em 2019, esse novo biomaterial foi usado nos estudos de fase clínica II em pacientes queimados no IJF com excelentes resultados.

Os pesquisadores Dr. Leonardo Bezerra e Dra. Zenilda Bruno iniciaram os estudos na Maternidade Escola Assis Chateaubriand (MEAC-UFC), com a aplicação cirúrgica do biomaterial em mulheres com agenesia vaginal (ausência do canal vaginal). O novo canal vaginal formado tinha um comprimento adequado, boa lubrificação e relação sexual normal. Em seguida, também foram iniciados estudos na medicina veterinária em feridas de equinos e cães, sob a coordenação da Dra. Behatriz Odebrecht. Paralelamente, foi utilizada na agenesia vaginal e na reconstrução de vagina pós-câncer.

Em 2019, a pele liofilizada foi utilizada na redesignação sexual em mulheres transgênero, em Cali, Colômbia, sob a coordenação do cirurgião plástico Dr. Álvaro Rodriguez. Foram 160 pacientes operadas, apresentando um ótimo comprimento do canal vaginal, boa lubrificação e ato sexual normal e sem dor<sup>8</sup>. No mesmo passo, o biomaterial foi empregado na cirurgia reconstrutiva da Síndrome de Apert, na SOBRAPAR, Campinas, São Paulo, com o grupo do Prof. Dr. Cássio Eduardo Amaral.

A Síndrome de Apert trata-se de uma malformação rara, com alterações no formato do crânio (craniossinostose) e nos dedos das mãos e dos pés (sindactilia). A pele liofilizada foi utilizada nas cirurgias após a liberação dos dedos, permitindo um melhor preparo do leito da ferida (estimulando a formação de vasos sanguíneos) e o maior índice de sucesso na autoenxertia, diminuindo o número de curativos, as dores e o sofrimento de pacientes, dos familiares e da equipe cirúrgica<sup>10</sup>.

#### Método de aplicação da pele de tilápia em glicerol e da pele de tilápia liofilizada em queimaduras

Antes da aplicação do produto, a ferida deve ser cuidadosamente limpa para receber o produto. A pele no glicerol deve ser lavada por 3 vezes consecutivas em solução de soro fisiológico a 0,9% para remover

o glicerol, enquanto a pele liofilizada é apenas hidratada por 10 minutos, sem a necessidade de ser lavada. As peles reidratadas são colocadas em forma de telha sobre as feridas, sendo que a primeira peça é parcialmente recoberta em uma de suas bordas pela próxima peça. As peças também devem cobrir parte da pele saudável nas bordas das feridas (passando 1 a 2cm), para manter o leito completamente coberto, pois o curativo se retrai levemente durante o tratamento.

Este é o curativo principal, que deve ser envolvido por um curativo secundário composto por bandagens. Após 48 horas, o curativo primário adere regularmente ao leito da ferida nas queimaduras superficiais e os curativos secundários podem ser removidos, se necessário. Após a cicatrização da ferida, as peças são destacadas de forma autônoma ou são gentilmente removidas com água corrente ou com solução de vaselina líquida. Uma pele regenerada inteiramente nova surge sob o curativo primário no final do tratamento.

### TERCEIRO PRODUTO DESENVOLVIDO: MATRIZ PROTEICA ACELULAR (*SCAFFOLD*) DE PELE DE TILÁPIA

Os estudos histológicos demonstraram os excelentes resultados obtidos na ginecologia<sup>7</sup>. O colágeno da pele de tilápia se incorporou na área cruenta da vagina, transformando o tecido em epitélio vaginal. Logo, buscou-se desenvolver um biomaterial para uso interno e reconstutivo para cirurgias mais delicadas – uma matriz proteica acelular (*scaffold*). O *scaffold* oriundo da pele de tilápia teve seu desenvolvimento iniciado em 2018, sob a coordenação do Dr. Felipe Rocha e Dr. Carlos Paier, podendo ser utilizado internamente no organismo, nas mais diversas áreas da saúde. O *scaffold* é atóxico e biocompatível em estudos *in vitro* e *in vivo*, tendo estudos em desenvolvimento em animais na cirurgia geral, urologia, otorrinolaringologia, oftalmologia, ortopedia, cirurgia

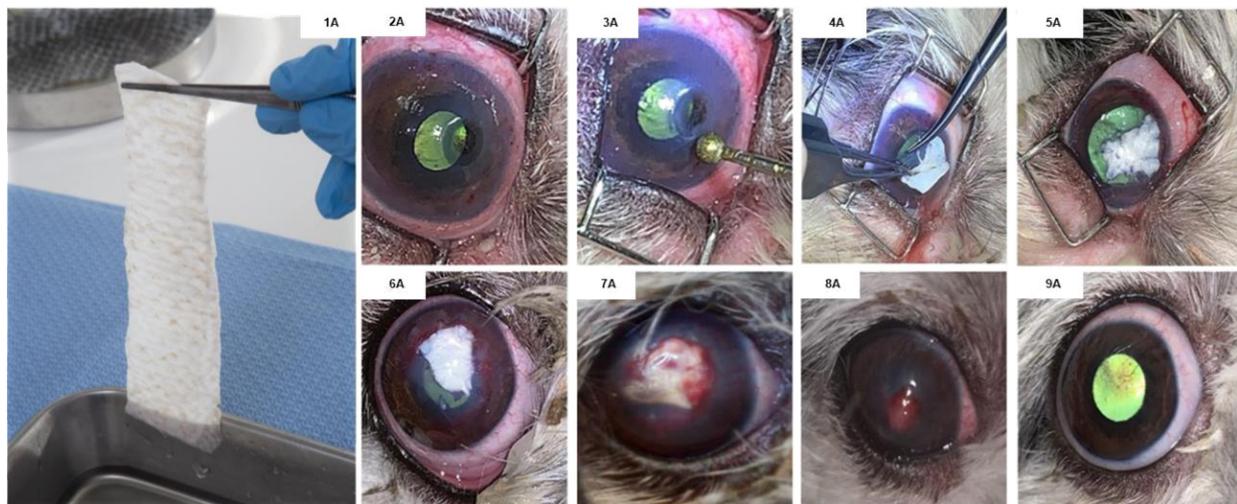
plástica, neurologia, cardiologia, entre outros, além da odontologia e da medicina veterinária para uso interno no organismo.

Atualmente, o *scaffold* é sucesso na área da oftalmologia veterinária, sendo utilizado na reparação de úlceras na córnea de cães, sob a coordenação da médica veterinária Mirza Melo, na Clínica de Olhos de Oftalmologia Veterinária, Fortaleza, CE. Os resultados são exitosos em mais de 420 pacientes operados<sup>9</sup> (Figura 3). Sucesso semelhante ocorreu nos estudos *in vivo* em cirurgias de reconstrução de dura máter (meningoplastias) em animais, sob a coordenação do neurocirurgião Rodrigo Becco, demonstrando um epitélio totalmente cicatrizado com um perfil inflamatório satisfatório, com o *scaffold* sendo totalmente absorvido. Em breve estes estudos serão realizados em pacientes humanos.

### QUARTO PRODUTO DESENVOLVIDO: MEMBRANA DE COLÁGENO EXTRAÍDO DA PELE DE TILÁPIA

O colágeno extraído da pele da tilápia é um valioso insumo, podendo ser processado a alta ou baixa hidrólise proteica, a depender da sensibilidade da aplicabilidade clínica<sup>11</sup>. Em 2019, foi iniciado o desenvolvimento das membranas de colágeno com a finalidade de uso terapêutico em feridas e, também, como nutracêutico e cosmético.

Atualmente, ambos os protocolos de processamento desse coproduto da tilápia estão na etapa final da experimentação em ratos. Os resultados já compilados são promissores quanto à alta biocompatibilidade e à sinalização do baixo perfil inflamatório das membranas de colágeno, quando comparado a produtos comerciais. De forma isolada, o colágeno de tilápia também apresenta a característica ímpar de todos os produtos da tilápia em relação à sinalização biomolecular no processo de cicatrização tecidual.



**Figura 3** - Aplicabilidades da matriz proteica acelular (*scaffold*) em reparo de úlcera em córnea de cão. 1A: Matriz proteica acelular (*scaffold*) oriunda da pele de tilápia. 2A a 9A: Ceratoplastia com pele de tilápia em cadela, imagens da evolução cicatricial do momento inicial até 120 dias de evolução: (2A) lesão corneal no dia 01; (3A) aspecto transcirúrgico inicial; (4A) aspecto transcirúrgico intermediário; (5A) aspecto transcirúrgico final; (6A) pós-cirúrgico após 10 dias; (7A) pós-cirúrgico com 30 dias; (8A) pós-cirúrgico após 60 dias; (9A) pós-cirúrgico após 120 dias. **Fonte:** Melo et al., 2022<sup>9</sup>.

## CONCLUSÕES

O uso dos produtos oriundos da pele de tilápia em cirurgias plásticas reparadoras e estéticas complexas é uma inovação radical, que demonstrou melhorar significativamente a qualidade de vida de portadores de diversas condições médicas, incluindo síndromes raras que afetam a mobilidade destas pessoas. O uso da pele liofilizada e da matriz proteica acelular originou a aplicação de novas técnicas cirúrgicas, que possibilitam a redução da morbidade, da dor pós-operatória e dos custos, em vista da redução ou exclusão do número de curativos e da necessidade de autoenxertia, ou do aumento da taxa de sucesso quando a autoenxertia é obrigatória.

Todas essas vantagens terapêuticas resultam na rapidez do processo de recuperação e na diminuição do tempo e da carga de trabalho da equipe médica. Em todas as aplicações clínicas descritas, o dispositivo conseguiu promover a funcionalidade, visando a autonomia, a independência e substancialmente melhorando a qualidade de vida e o bem-estar dos pacientes. São curativos biológicos perfeitamente aptos a adentrar no sistema de saúde pública brasileira, pois todos esses fatores positivos impactam no bem-estar dos pacientes, facilitando o ganho de mobilidade e a reintegração às atividades normais.

## REFERÊNCIAS

- Pires ALR, Moraes AM. Improvement of the mechanical properties of chitosan-alginate wound dressings containing silver through the addition of a biocompatible silicone rubber. *J Appl Polym Sci* [Internet]. 2015; 132(12):41686 [acesso 2024 Jan 10]. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/app.41686>
- Alves APNN, Verde MEQL, Ferreira Júnior AEC, Silva PGDB, Feitosa VP, Lima Junior EM, et al. Avaliação microscópica, estudo histoquímico e análise das propriedades tensionométricas da pele da Tilápia do Nilo. *Rev Bras Queimaduras* [Internet]. 2015; 14(3):203-10 [acesso 2024 Jan 10]. Disponível em: <http://rbqueimaduras.org.br/details/263>
- Associação Brasileira da Piscicultura. Anuário peixe BR da piscicultura [Internet] 2021 [acesso 2024 Jan 10]; 71. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2021/>
- Lima Júnior EM, Picollo NS, Miranda MJB, Ribeiro WLC, Alves APNN, Ferreira GE, Parente EA, Moraes Filho MOD. Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. *Rev Bras Queimaduras* [Internet]. 2017; 16(1):10-7 [acesso 2024 Jan 10]. Disponível em: <http://rbqueimaduras.org.br/details/341>
- Lima Júnior EM, Moraes Filho MO, Rocha MBS, Silva Júnior FR, Leontinis CMP, Nascimento MFA. Elaboração, desenvolvimento e instalação do primeiro banco de pele animal no Brasil para o tratamento de queimaduras e feridas. *Rev Bras Cir Plást* [Internet]. 2019; 34(3):349-54 [acesso 2024 Jan 10]. Disponível em: <http://www.rbcp.org.br/details/2650>
- Dias MTPM, Bilhar APM, Rios LC, Costa BA, Júnior EML, Alves APNN, et al. Neovaginoplasty Using Nile Tilapia Fish Skin as a New Biologic Graft in Patients with Mayer-Rokitansky-Küster-Hauser Syndrome. *J Minim Invasive Gynecol* [Internet]. 2020; 27(4):966-72 [acesso 2024 Jan 10]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1553465019312063>
- Dias MTPM, Lima Júnior EM, Alves APNN, Bilhar APM, Rios LC, Costa BA, et al. Tilapia fish skin as a new biologic graft for neovaginoplasty in Mayer-Rokitansky-Küster-Hauser syndrome: a video case report. *Fertil Steril* [Internet]. 2019; 112(1):174-6 [acesso 2024 Jan 10]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0015028219303279>
- Rodríguez AH, Lima Júnior EM, Moraes Filho MO, Costa BA, Bruno ZV, Filho MPM, et al. Male-to-Female Gender-Affirming Surgery Using Nile Tilapia Fish Skin as a Bio-compatible Graft. *J Minim Invasive Gynecol* [Internet]. 2020; 27(7):1474-5 [acesso 2024 Jan 10]. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1553465020301205>
- Melo MS, Vieira-Neto AE, Wouk AFFF, Evangelista JSAM, Morais GB, Moraes MEA, et al. Tilapia (*Oreochromis niloticus*) skin graft in dog corneal ulcer repair: case report. *Braz J Anim Environ Res* [Internet]. 2022; 5(1):367-75 [acesso 2024 Jan 10]. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJAER/article/view/4331132553>
- Monte TM, Lima Júnior EM, Moraes Filho MO, Paier CRK, Rodrigues FAR, Alves APNN, et al. Apert Hand Reconstruction With Tilapia Skin. *J Craniofac Surg* [Internet]. 2022; 33(6):1939 [acesso 2024 Jan 10]. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35148527/>
- Gomes JP. Desenvolvimento das formulações de hidrogel à base de colágeno extraído da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) [dissertação de mestrado]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina; 2021 [acesso 2024 Jan 10]; 75f. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/62728>
- Silva SM. Utilização de agente de reticularização em matriz descelularizada (scaffold) de pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*) para o desenvolvimento de biomaterial com aplicação em medicina regenerativa [dissertação de mestrado]. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina; 2023 [acesso 2024 Jan 10]; 95f. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/74033>
- Filgueiras ML, Abreu MBTD, Nogueira NQ, Queiroz FBDF, Fraga RLDA, Ferreira RM. Comparação do uso da pele de rã touro, *Rana catesbeiana* e da pele de peixe tilápia, *Oreochromis niloticus*, no tratamento de queimaduras de segundo grau. *Caderno de resumos dos trabalhos apresentados na iniciação científica 2007-2010/Faculdade de Medicina de Campos* [Internet] 2008; 109-10 [acesso 2024 Jan 10]. Disponível em: <http://www.fmc.br>
- Lima Júnior EM, Moraes Filho MO, Costa BA, Uchôa AMN, Martins CB, Moraes MEA, et al. Tratamento de queimaduras de segundo grau profundo em abdômen, coxas e genitália: uso da pele de tilápia como um xenoenxerto. *Rev Bras Cir Plást* [Internet]. 2020; 35(2):243-8 [acesso 2024 Jan 10]. Disponível em: <http://rbcp.org.br/details/2755>

## AFILIAÇÃO DOS AUTORES

**Edmar Maciel Lima Junior** - Instituto de Apoio ao Queimado, Departamento Médico, Fortaleza, CE, Brasil.

**Sofphía Martins da Silva** - Universidade Federal do Ceará, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos, Fortaleza, CE, Brasil.

**Carlos Roberto Koscky Paier** - Universidade Federal do Ceará, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos, Fortaleza, CE, Brasil.

**Manoel Odorico de Moraes Filho** - Universidade Federal do Ceará, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos, Fortaleza, CE, Brasil.

**Felipe Augusto Rocha Rodrigues** - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, campus Jaguaribe, Departamento de Ensino, Jaguaribe, CE, Brasil.

**Adelânia Roque Marinho Guedes** - Universidade Federal do Ceará, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos, Fortaleza, CE, Brasil.

**Correspondência:** Edmar Maciel Lima Júnior

Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 – Rodolfo Teófilo – Fortaleza, CE, Brasil – CEP: 60430-275 – E-mail: [edmarmaciel@gmail.com](mailto:edmarmaciel@gmail.com)

**Artigo recebido:** 31/1/2024 • **Artigo aceito:** 31/1/2024

**Local de realização do trabalho:** Universidade Federal do Ceará, Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos, Fortaleza, CE, Brasil.

**Conflito de interesses:** Os autores declaram não haver.