



Avaliação da cicatrização de lesões cutâneas em ratos utilizando curativo biológico de pele de tilápia liofilizada

Evaluation of the healing of skin lesions in rats using freeze-dried tilapia skin biological dressing

Evaluación de la curación de lesiones cutáneas en ratas utilizando apósito biológico de piel de tilapia liofilizada

Amanda Godoy da Silva¹, Luis David Solis Murgas¹, Vinícius Frota Ferreira dos Santos¹, Edmar Maciel Lima Junior³, Carlos Roberto Koscky Paie², Felipe Augusto Rocha Rodrigues², Ana Paula Negreiro Nunes Alves², Kianne Silva Monteiro Rodrigues⁴.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a eficácia do uso da pele de tilápia no processo de reparo tecidual de feridas em dorso de ratos. **Métodos:** O estudo foi conduzido com 11 ratos *wistars* de sexo masculino com 60 dias de vida. Os animais foram divididos em 2 grupos, no qual o grupo experimental recebeu xenoenxerto de pele de tilápia liofilizada e irradiada com 30kGy e grupo controle apenas cobertura com gaze. Após 10 dias, os animais foram eutanasiados, sendo realizada extração do xenoenxerto para avaliação da biópsia do tecido em análise histológica. Os dados obtidos foram analisados por estatística descritiva e teste t, considerando $p < 0,05$. **Resultados:** Foi possível observar que a pele da tilápia não gerou infecções nem desconforto aos animais. Na análise histológica o grupo controle teve maior presença de infiltrado inflamatório e úlcera mais extensa, que foi comprovado pela análise estatística no qual a área total da ferida do grupo controle se encontrava maior comparada ao grupo que recebeu a matriz dérmica. **Conclusão:** As avaliações histológicas e estatísticas demonstraram resultados significativos na área total e na altura das lesões dos animais do grupo tratamento, sugerindo-se assim a pele de tilápia como matriz dérmica segura e eficaz para realização de xenoenxertos em animais.

Palavras-chave: Curativos biológicos, Materiais biocompatíveis, Tilápia.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effectiveness of using tilapia skin in the tissue repair process of wounds on the back of rats. **Methods:** The study was conducted with 11 male Wistar rats aged 60 days. The animals were divided into 2 groups, in which the experimental group received freeze-dried tilapia skin xenograft and irradiated with 30kGy and the control group received only gauze coverage. After 10 days, the animals were euthanized, and the xenograft was extracted to evaluate the tissue biopsy for histological analysis. The data obtained were analyzed using descriptive statistics and t-test, considering $p < 0.05$. **Results:** It was possible to observe that the tilapia skin did not cause infections or discomfort to the animals. In the histological analysis, the control group had a greater presence of inflammatory infiltrate and a more extensive ulcer, which was confirmed by statistical analysis in which the total area of the wound in the control group was larger compared

¹ Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras - MG.

² Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza – CE.

³ Instituto do Queimado – CE.

⁴ Research Animal Technician -BC Cancer Research Centre – Canadá.

to the group that received the dermal matrix. **Conclusion:** Histological and statistical evaluations demonstrated significant results in the total area and height of the lesions in the animals in the treatment group, thus suggesting tilapia skin as a safe and effective dermal matrix for performing xenografts in animals.

Keywords: Biological dressings, Biocompatible materials, Tilapia.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la efectividad del uso de piel de tilapia en el proceso de reparación tisular de heridas en el lomo de ratas. **Métodos:** El estudio se realizó con 11 ratas Wistar macho de 60 días de edad. Los animales se dividieron en 2 grupos, en los que el grupo experimental recibió un xenoinjerto de piel de tilapia liofilizada y se irradió con 30 kGy y el grupo de control recibió solo una cobertura de gasa. Después de 10 días, los animales fueron sacrificados y se extrajo el xenoinjerto para evaluar la biopsia de tejido para el análisis histológico. Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva y prueba t, considerando $p < 0,05$. **Resultados:** Se pudo observar que la piel de tilapia no provocó infecciones ni molestias a los animales. En el análisis histológico, el grupo control tuvo mayor presencia de infiltrado inflamatorio y úlcera más extensa, lo cual se confirmó mediante análisis estadístico en el que el área total de la herida en el grupo control fue mayor en comparación con el grupo que recibió el matriz dérmica. **Conclusión:** Las evaluaciones histológicas y estadísticas demostraron resultados significativos en el área total y altura de las lesiones en los animales del grupo tratamiento, sugiriendo así que la piel de tilapia es una matriz dérmica segura y efectiva para realizar xenoinjertos en animales.

Palabras clave: Apósitos biológicos, Materiales biocompatibles, Tilapia.

INTRODUÇÃO

Clinicamente, animais e seres humanos são frequentemente acometidos por diferentes tipos de feridas abertas, e a determinação do manejo adequado para o tratamento é essencial para a cicatrização das lesões. Atualmente, existem diversas maneiras de se realizar o manejo de feridas abertas, como a utilização de spray de prata como medicamento tópico, oxigenoterapia, ozonioterapia, enxertos de biomateriais como hidrocolóides, entre outros (FILHO APNNA, et al., 2015).

No geral, deve-se evitar agredir ainda mais a pele, além de proporcionar um ambiente ideal para a regeneração epitelial, de preferência estéril, úmido e protegido do contato externo. Isso facilita a restauração do epitélio estratificado de queratinócitos a partir da membrana basal. Além da resposta natural do organismo, o controle de micro-organismos na ferida também é crucial para promover a cicatrização, já que a presença e proliferação de bactérias e fungos em feridas agudas podem rapidamente levar à contaminação e atrasar o processo de cura (RODRIGUES R, 2024).

Na busca por novas técnicas reparadoras com materiais acessíveis e de bom custo-benefício que possam substituir os autoenxertos, o uso da pele de tilápia tem sido considerado como uma alternativa promissora para o reparo tecidual de lesões. A pele da tilápia-do-nilo apresenta uma microbiota não infecciosa, além de uma estrutura morfológica semelhante à pele humana e alta capacidade de biorreabsorção in vivo (DIAS MTPM, et al., 2020).

Além de ser um projeto inovador no uso clínico de pele animal em humanos e animais, é o primeiro banco responsável pelo processamento de pele de origem aquática, com patente registrada no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) (CYBELE M, 2018). Antes da aplicação nos pacientes, o material passa por um rigoroso processo de limpeza, descontaminação e esterilização nos laboratórios da Universidade Federal do Ceará (UFC). No Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (Ipen), em São Paulo, as peles são submetidas a radioesterilização em um irradiador industrial multipropósito, construído pelo Ipen com auxílio da FAPESP (MARTINS CB, et. al., 2023).

A pele de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) se apresenta como um biomaterial promissor para tratamento como curativo oclusivo e também para gerar matriz dérmica, principalmente para casos de

queimaduras e feridas extensas. O manejo diário de feridas abertas geram grandes desconfortos, dor e estresse quando relacionado às técnicas utilizadas atualmente (COSTA BA, et al., 2019).

Segundo BRAGA VAG, et al. (2021) a pele de tilápia apresenta baixa sensibilidade e reações alérgicas na pele humana. Além disso, não possui necessidade de remoção até o processo cicatricial completo, o que torna menos doloroso, visto que a troca de curativos consiste em uma variável importante precursora da dor. Dessa forma, o uso de pele de tilápia do Nilo diretamente em feridas ou de seus produtos oriundos, são alternativas de tratamentos para feridas abertas em animais e seres humanos, diminuindo o risco de infecções dos ferimentos, da dor e do estresse diário, e consequentemente proporciona uma recuperação mais rápida.

A histologia da pele de tilápia mostra uma correlação de sua estrutura morfológica bastante semelhante à pele humana. A derme é composta por fibras de colágeno compactadas, longas e organizadas, dispostas tanto paralelamente quanto transversalmente, com colágeno tipo I em quantidade dobrada em comparação à pele humana (LIMA E, et al., 2001).

Estudos mostram que o colágeno tipo I derivado da tilápia possui um grande potencial clínico, comparável aos materiais derivados de mamíferos atualmente utilizados como xenoinxerto. Quando aderida ao leito da ferida, a pele de tilápia pode promover permeabilidade à água e retenção de calor além de funcionar como uma barreira para microrganismos (COSTA BA, et al., 2019).

Além disso, o desenvolvimento de uma matriz dérmica a partir da pele liofilizada de tilápia pode desenvolver o acesso nacional e internacional para tratamentos na medicina veterinária e humana, de forma que se transforme em uma alternativa de opções de matrizes dérmicas no programa de saúde pública (Do NASCIMENTO AB, et al., 2020). Sendo assim, torna-se importante modelos de estudos que demonstrem o uso da pele de tilápia como uma técnica segura e eficaz ao longo do processo de cicatrização do tecido.

MÉTODOS

Declaração de ética

Todos os procedimentos experimentais neste estudo foram realizados em acordo com Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Lavras, MG, Brasil, sob nº 028/21 e atende às diretrizes de cuidado e uso de animais de laboratório do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA).

Origem das peles de tilápia

As peles são provenientes do Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM) da Universidade Federal do Ceará, devidamente liofilizadas e esterilizadas por meio de irradiação gama.

Origem e manutenção dos animais

Os ratos são provenientes do Biotério Central da Universidade Federal de São João Del Rei. Os animais foram mantidos em gaiolas individuais específicas para espécie, com as dimensões de 41 x 34 x 17 centímetros, com cama de maravalha, sendo acondicionado um animal por gaiola pós cirurgia; foram mantidos nas gaiolas até o final do experimento, saindo somente para o processo operatório; todos os animais foram mantidos em temperatura de 20°C a 24°C. Os animais foram pesados diariamente fazendo o acompanhamento de peso. Para alimentação foi utilizada ração “Nuvilab” que possui concentrações nutricionais adequadas para espécie; essa foi pesada no início e no final do dia para avaliar ingestão pelos animais. A água foi disponibilizada à vontade durante todo o dia, sendo colocado uma escala volumétrica em cada bebedouro com a finalidade de avaliar ingestão de água. A limpeza das gaiolas foram realizadas diariamente, recolhendo os dejetos e trocando o material da cama por um novo.

Desenho experimental

Foram utilizados 12 ratos machos adultos jovens, da linhagem Wistar (*Rattus norvegicus*), procedentes do Biotério do NEPAD (Lavras-MG), com 60 dias e peso corporal médio de 250-300g, os quais foram previamente observados quanto às condições gerais de saúde, recebendo ração padrão para ratos e água ad libitum.

Os animais foram igualmente divididos, aleatória e probabilisticamente, em dois grupos compostos por 6 animais cada, de acordo com o esquema terapêutico previamente determinado: Grupo C (controle; n=6) - as feridas foram lavadas com solução de NaCl a 0,9% e Grupo T (tratamento com tilápia; n=5) - foi realizado curativo oclusivo com pele de tilápia irradiadas a 30 kGy, sendo suturado com fio de nylon 5-0.

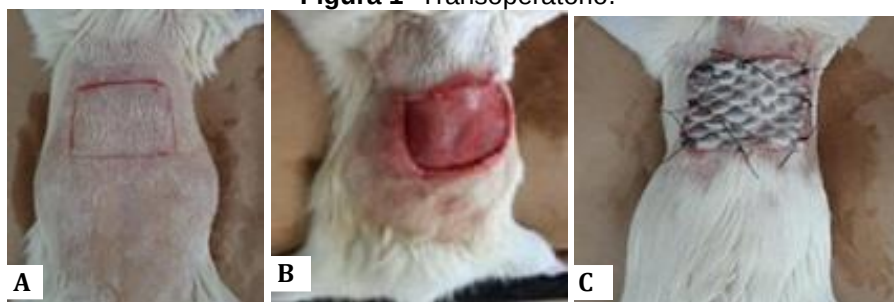
Pré-operatório

Os animais foram retirados individualmente das gaiolas para a realização de pesagem, assim, calculando e determinando a dose adequada para anestesia geral intraperitoneal; posteriormente, os animais foram devidamente sedados com xilazina (10mg/Kg por via intraperitoneal) e administrado cloridrato de tramadol (10mg/Kg por via Subcutânea) para analgesia. O protocolo anestésico utilizado foi com cloridrato de cetamina (75mg/Kg por via intraperitoneal). Após anestesia, os animais foram imobilizados em decúbito ventral e realizado tricotomia em uma área de aproximadamente 16 cm² (4x4 cm); antissepsia da pele utilizando clorexidina 2% degermante e clorexidina alcoólica a 0,5% e marcação do perímetro da lesão de 9 cm² (3x3 cm) com caneta dermatográfica azul estéril (FILHO APFS, 2006; HRAPKIEWICZ K e MEDINA L, 2007; LIMA-JUNIOR EM, et al., 2017).

Transoperatório

Foi realizada uma lesão traumática com espessura total (envolvendo epiderme e derme completa) no dorso dos animais (**Figura 1.A**), por meio da utilização de um bisturi número 15, aprofundando a incisão até a fáscia muscular dorsal, sendo a pele dorsal posteriormente retirada (**Figura 1.B**). Após o processo cirúrgico para produção das feridas, as mesmas foram limpas com soro fisiológico estéril (NaCl 0,9%) e em seguida os animais foram submetidos à aplicação do xenoenxerto da pele liofilizada de Tilápia do Nilo, os mesmos eram fixados com fio de nylon em oito pontos (**Figura 1C**).

Figura 1- Transoperatório.

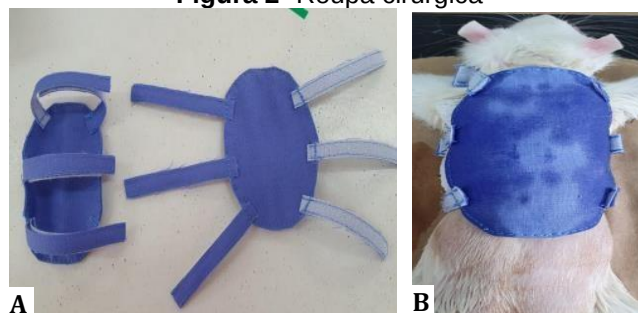


Nota: A. Início da lesão cirúrgica, realizado no dorso do animal. B. Lesão completamente realizada. C. Xenoenxerto com a pele de tilápia posicionada e fixada.

Fonte: Silva AG, et al., 2025.

Após a realização das feridas e aplicação das peles, os locais foram envoltos em um curativo composto por gaze de algodão e roupa cirúrgica (**Figura 4**) com fechamento de velcro, envolvendo o corpo do animal, para proteger a ferida contra possíveis contaminações externas e infecções, além de impedir que os animais interfiram nas lesões durante o ato de coçar. Os animais permaneceram com a roupa cirúrgica durante todo o experimento.

Figura 2- Roupas cirúrgicas



Nota: A. Demonstração da roupa cirúrgica fechada e aberta, respectivamente; fechamento feito por velcro. B. Roupa cirúrgica no animal.

Fonte: Silva AG, et al., 2025.

Pós-operatório

Após o procedimento cirúrgico, os animais foram realocados em suas instalações e monitorados até a completa recuperação anestésica. No pós-operatório, o manejo dos animais continuou o mesmo. Diariamente, eles foram observados duas vezes ao dia (manhã e à tarde) durante 5 minutos, sendo avaliado, principalmente, parâmetros relacionados a dor até o 10º dia de experimento (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Sintomas observados no pós-operatório.

Respiração: boca aberta ou fechada, acelerada, abdominal
Automutilação
Ranger de dentes
Aumento ou diminuição de movimentos
Postura anormal
Vocalização
Rigidez muscular ou tremors
Falta de lacrimejamento ou excesso

Fonte: Silva AG, et al., 2025. Fundamentado em Damy SB, et al., 2010.

Coleta

Todos os animais foram eutanasiados por overdose anestésica (30 mg/kg de xilasina + 270 mg/kg de cetamina). Em seguida, no grupo com curativos abertos, retirou-se um retalho de pele e de tela subcutânea contendo a ferida cicatrizada, em condições assépticas. No grupo do curativo oclusivo, fez-se a retirada da pele de tilápia e procedeu-se da mesma forma com a ferida (LIMA-JUNIOR EM, et al., 2017). Logo após a eutanásia foi coletado o sangue dos animais por punção cardíaca, de 0,5-1 ml de sangue e em seguida realizada extração do xenoenxerto, sendo, assim, possível visualizar a revitalização dérmica ocorrida no local da lesão onde foi realizada análise macroscópica da região. Após a retirada do xenoenxerto, com o auxílio de um bisturi número 15 e uma pinça anatômica, foi removido tecido para biópsia da região de revitalização dérmica para análise histológica.

Destino dos animais

Após a realização da eutanásia, os animais foram encaminhados ao Setor de Patologia Veterinária do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras - UFLA, para serem encaminhados para incineração.

Análise Estatística

Para análise estatística foi utilizado Test t para análise das medias dos grupos com nível de significância fixado em 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Taxa de sobrevivência

Durante todo o experimento houve a perda apenas de um animal, por morte súbita, um dia após aplicação do xenoenxerto. Os demais animais sobreviveram até o final do experimento e receberam doses de tramadol para analgesia por dois dias por apresentarem sintomas de dor em ambos os grupos.

Avaliação macroscópica

Logo após a retirada da roupa cirúrgica foi possível perceber que o xenoenxerto continuava íntegro (**Figura 3.A**), de aspecto seco e aderido ao local da revitalização dérmica (**Figura 3.B**). Também foi possível observar, macroscopicamente, que a pele reduziu a área de lesão, com a formação de tecido de granulação, sem produção de exsudato ou presença de infecção secundária e que promoveu a revitalização da ferida (**Figura 3.C**).

Figura 3- Retirada do xenoenxerto.



Nota: **A.** Xenoenxerto após dez dias no animal. **B.** Verificação da aderência do xenoenxerto ao local de repitelização. **C.** Lesão após dez dias com o enxerto de pele de tilápia apresentando repitelização.

Fonte: Silva AG, et al., 2025.

Análise histológica

Após a realização das biópsias, as mesmas foram submetidas ao processamento de análise histopatológica por meio da coloração de hematoxilina e eosina (H&E) (CAMPOS ACL, et al., 2007).

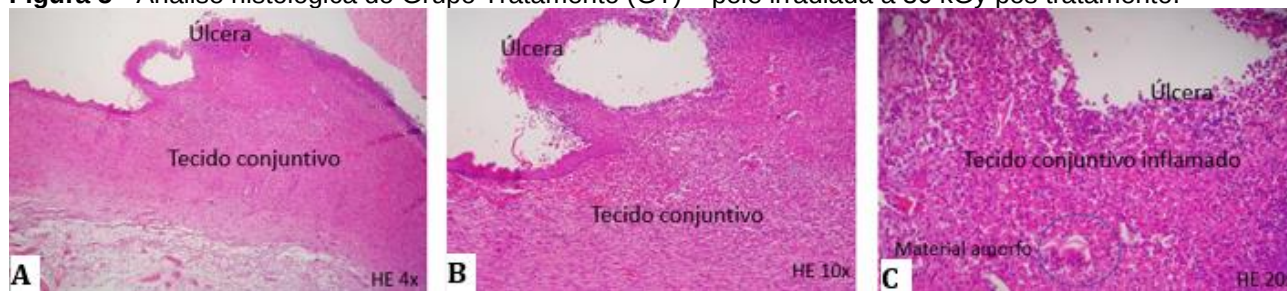
Figura 4 - Análise histológica de amostra de tecido pré-cirúrgico.



Nota: Histologia de pele de rato Wistars, evidenciando epiderme e derme. **A.** aumento de 40x. **B.** aumento de 100x. **C.** aumento de 200x. Amostra representada por segmento de pele revestida por epitélio pavimentoso estratificado ortoceratinizado sob o qual apresenta derme de tecido conjuntivo fibroso denso com anexos cutâneos, faixa irregular de adipócitos suportada por músculo esquelético seguido por tecido conjuntivo fibroso frouxo.

Fonte: Silva AG, et al., 2025.

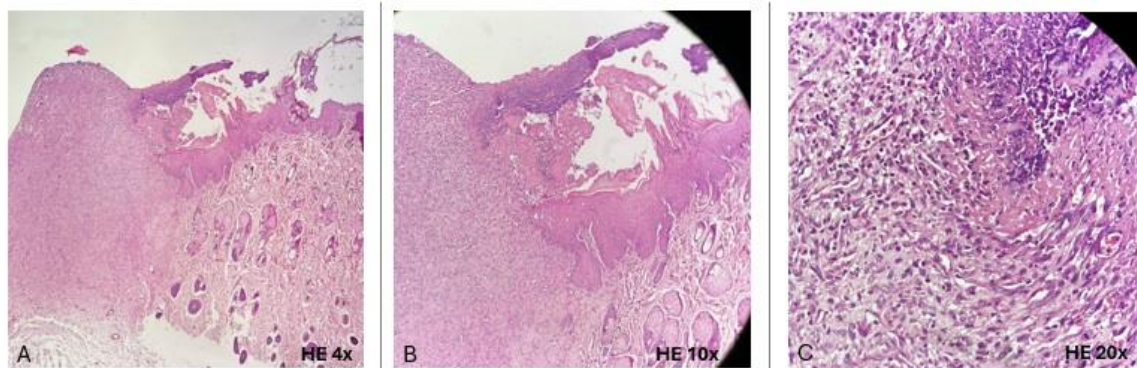
Figura 5 - Análise histológica do Grupo Tratamento (GT) – pele irradiada à 30 kGy pós tratamento.



Nota: **A.** aumento de 40x, evidenciando úlcera e tecido conjuntivo. **B.** aumento de 100x, evidenciando úlcera e tecido conjuntivo. **C.** aumento de 200x, evidenciando tecido conjuntivo inflamado. Úlcera recoberta por membrana fibrinogranulocítica associada a denso infiltrado de células inflamatórias leucocitárias mistas com numerosos granulócitos polimorfonucleares neutrófilos. Diversos vasos sanguíneos de calibres variados com hemácias extravasadas e neoformação vascular evidente. Remanescente de material amorfo eosinofílico, sugestivo do colágeno da tilápia, com reação granulocítica e hemossiderófagos.

Fonte: Silva, AG, et al., 2025.

Figura 6 - Análise Histológica do Grupo Controle (GC) pós lesão.



Nota: Histologia de pele de rato *Wistars*, evidenciando epiderme e derme, após tratamento sem xenoenxerto, apenas gaze. **A.** aumento de 40x, evidenciando úlcera e tecido conjuntivo. **B.** aumento de 100x, evidenciando úlcera e tecido conjuntivo. **C.** aumento de 200x, evidenciando tecido conjuntivo inflamado. Presença de intensa proliferação de tecido de granulação, com vasos neoformados e tecido conjuntivo fibroso polimorfonuclear com ulceração. Derme profunda com acentuado infiltrado inflamatório e presença de macrófagos, linfócitos e neutrófilos.

Fonte: Silva AG, et al., 2025.

Análise Estatística

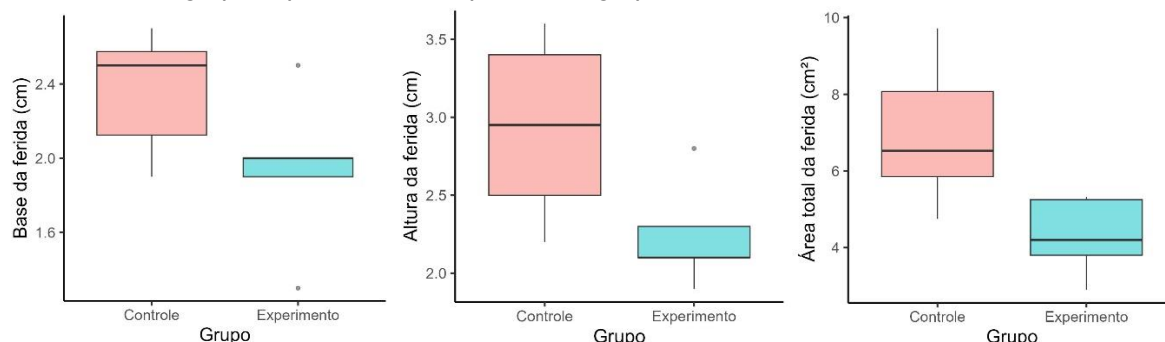
O teste-t mostrou que há diferenças significativas entre o grupo controle e experimento sobre as **altura das feridas** ($p = 0.04259$) e **áreas da ferida** ($p = 0.01843$), mas não sobre a base da ferida ($p = 0.09513$).

Tabela 2- Análise descritiva.

Grupo	Variável	n	Média	Desvio padrão
Controle	base.cm	6	2.37	0.333
Controle	altura.cm	6	2.93	0.599
Controle	area.total.cm2	6	6.96	1.84
Experimento	base.cm	5	1.94	0.428
Experimento	altura.cm	5	2.24	0.344
Experimento	area.total.cm2	5	4.29	1.02

Fonte: Silva AG, et al., 2025

Tabela 3- Análise estatística do Test t ($p < 0,05$) demonstrando significância nos resultados na altura e na área total das feridas do grupo experimental comparado ao grupo controle.



Fonte: Silva AG et al., 2025.

DISCUSSÃO

De maneira geral, o tratamento de lesões consiste em interromper o processo lesivo, gerenciar a dor, reidratar o paciente, repor minerais e nutrientes, prevenir ou tratar infecções e realizar procedimentos como balneoterapia, desbridamento e enxertos. Em casos de grandes extensões corporais atingida, o tratamento é realizado em centros especializados, envolvendo hidratação intravenosa, controle da diurese, suporte alimentar e analgesia regular. Em alguns casos, o uso da antibioticoterapia também se torna necessária (ANTUNES PAF e RUBACK TS, 2022).

Em tese, deve-se evitar agredir ainda mais a pele, além de proporcionar um ambiente ideal para a regeneração epitelial, de preferência estéril, úmido e protegido do contato externo. Isso facilita a restauração do epitélio estratificado de queratinócitos a partir da membrana basal. Além da resposta natural do organismo, o controle de micro-organismos na ferida também é crucial para promover a cicatrização, já que a presença e proliferação de bactérias e fungos em feridas agudas podem rapidamente levar à contaminação e atrasar o processo de cura (RODRIGUES R, 2024).

O processo é demorado, envolve trocas diárias de curativos, o que causa dor e sofrimento aos pacientes, além de aumentar o risco de infecção durante a manipulação e exigir várias idas ao hospital. Além disso, o uso de sulfonamidas, como a sulfadiazina de prata, pode causar reações alérgicas, leucopenia e é contraindicado em gestantes e lactantes, além de encarecer o tratamento (Do NASCIMENTO AB, et al., 2020). Esses desafios destacam a necessidade de novos tratamentos que proporcionem cicatrização mais rápida, menos dolorosa e mais segura.

No entanto, pesquisas mostram que, em casos onde grandes áreas da pele são afetadas, a quantidade de tecido autólogo disponível pode não ser suficiente para a reparação completa das lesões. Isso faz com que alternativas como o xenoenxerto sejam necessárias (RODRÍGUEZ ÁH, et. al., 2020). Nesse contexto, a criação e implementação de bancos de pele e tecidos se tornam essenciais para o transplante em pacientes com queimaduras extensas e feridas graves (LIMA E, 2001). Foi por esse motivo que o presente estudo teve o objetivo de avaliar a eficácia do uso da pele de tilápia como curativo biológico em reparo tecidual.

A pele de Tilápia-do-Nilo, tem sido amplamente utilizada na medicina humana e veterinária como curativo biológico oclusivo, pertencente à família dos ciclídeos, é originária da bacia do Rio Nilo, no Leste da África e encontrando amplamente nas regiões tropicais e subtropicais. No Brasil é o peixe mais cultivado e ocupa o quarto lugar no mundo, segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (JÚNIOR EM, et al., 2020).

Seu material é um produto nobre e de alta qualidade, que possui resistência peculiar como couro e é uma alternativa de baixo custo que confere benefícios ao paciente e promove maior rendimento do pescado. Além disso, o biomaterial utilizado como xenoenxerto é a parte descartada pelo consumidor, fazendo com que o produto da tilápia seja aproveitado como um todo (MORAES-FILHO EML-J, et al., 2017; LIMA E, et. al., 2001).

Seu uso reduz custos com materiais, anestésicos e estrutura da equipe médica, além de diminuir a perda de líquidos, a necessidade de trocas diárias de curativos, o risco de infecção, secreção e a dor intensa associada ao tratamento convencional (COSTA BA, et al., 2019). Em nossas análises macroscópicas foi possível observar que ao remover a pele de tilápia do dorso dos ratos o tecido se apresentava hidratado, sem infecções ou exsudato presente.

Estudos mostram que o colágeno tipo I derivado da tilápia possui um grande potencial clínico, comparável aos materiais derivados de mamíferos atualmente utilizados. Quando aderida ao leito da ferida, a pele de tilápia pode promover permeabilidade à água e retenção de calor e funcionar como uma barreira para microrganismos (COSTA BA, et al., 2019).

A pele de tilápia precisa ser esterilizada para seu uso evitando possíveis contaminações aos receptores do xenoinxerto, em seu estudo foi concluído que a pele irradiada com 30 kGy possui maior preservação de colágeno e é por esse motivo que utilizamos as peles com esse valor de irradiação (ALVES APNN, et al., 2018).

Segundo LIMA-JUNIOR EM, et. al. (2017) o padrão de cicatrização observado em seu estudo dos grupos tratados com a pele da tilápia foi superior devido à sua capacidade de obstruir a ferida, minimizando exsudatos e a formação de crostas. Também foram encontradas reações inflamatórias de intensidade leve a moderada nas feridas recobertas pelas peles de tilápia, com fenótipo mononuclear, diferentemente da intensa resposta aguda observada nos grupos controle, interferindo positivamente no processo de cicatrização, confirmando o benefício de sua utilização.

No presente estudo, nossos resultados histológicos corroboram com os autores seguindo o padrão de intensa inflamação no grupo controle e de baixa a média inflamação no grupo com xenoinxerto. Outro fato que corrobora com os resultados, são as medidas das feridas onde podemos observar resultados significativos em altura e área total da ferida no grupo que recebeu a pele de tilápia comparada ao grupo controle.

O curativo ideal deve atender características essenciais para promover a cicatrização de forma eficaz e prática. Devendo ser de fácil obtenção, apresentar baixo custo, simples de armazenar e possuir estabilidade prolongada. É fundamental que não apresente antigenicidade e que seja suficientemente flexível, resistente ao estiramento, tenha boa aderência ao leito da ferida, adapte-se ao contorno das lesões e facilite os movimentos articulares. Assim como, possuir capacidade de manter temperatura corporal, oferecendo condições ótimas para o reparo tecidual e o conforto do paciente (ALVES APNN, et. al., 2018).

Ausência de efeitos colaterais sugeriram a efetividade da pele de tilápia como um xenoinxerto flexível e aderente, com ausência de antigenicidade e toxicidade, capacidade de conservar a umidade e evitar a entrada de microrganismos, além da diminuição considerativa do tamanho da ferida, sendo características de um curativo ideal no processo de reparo tecidual.

CONCLUSÃO

Baseando-se nos achados histológicos e estatísticos, é possível concluir que o uso da pele de tilápia como curativo oclusivo por 10 dias, teve resultados significativos no processo de reparo tecidual comparado ao grupo que não recebeu xenoinxerto, principalmente na área total da ferida, quanto na medida da altura. Sendo assim, os achados semelhantes sugerem que a utilização da pele da tilápia aceleram o processo de reparo tecidual de feridas e podem ser utilizadas de forma eficaz. Sugere-se que sejam realizadas outras análises com amostras maiores e tempo de reparo tecidual mais prolongado.

AGRADECIMENTOS E FINANCIAMENTOS

Este trabalho contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior Pessoal (CAPES), sob número de bolsa 88887.929322/2023-00. Agradecemos ao Núcleo de Pesquisa e Desenvolvimento de Medicamentos (NPDM) da Faculdade Federal do Ceará pela parceria e colaboração nesse estudo, em especial ao Dr. Edmar Maciel.

REFERÊNCIAS

1. ALVES APNN, et al. Study of tensiometric properties, microbiological and collagen content in Nile tilapia skin submitted to different sterilization methods. *Cell and Tissue Banking*, v. 19, n. 3, p. 373–382, 29 jan. 2018.
2. ANTUNES PAF, RUBACK TS. O uso da pele de tilápia para cicatrização de queimaduras / The use of tilapia skin for burn healing. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 5, n. 4, p. 13130–13137, 22 jul. 2022.
3. BRAGA VAF, et al. Benefícios do uso da pele de tilápia para o tratamento de queimaduras: revisão integrativa de literatura. *Brazilian Journal of Health Review*, v. 4, n. 6, p. 29328–29341, 29 dez. 2021.
4. CAMPOS ACL, et al. Cicatrização de feridas. *ABCD, Arq. Bras. Cir. Dig. São Paulo*, v. 20, n. 1, p. 51-58, Mar. 2007.
5. COSTA BA, et al. Use of Tilapia Skin as a Xenograft for Pediatric Burn Treatment: A Case Report. *Journal of Burn Care & Research*, v. 40, n. 5, p. 714–717, 17 maio 2019.
6. CYBELE M. Elaboração de um protocolo para implementação e funcionamento do primeiro banco de pele animal do Brasil: Relato de experiência. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 17, n. 1, p. 66–71, 2018.
7. DAMY SB, et al. Aspectos fundamentais da experimentação animal- aplicações em cirurgia experimental. *Ver. Assoc Med Bras.*, v56, n1, p103-111.2010.
8. DIAS MTPM, et al. Neovaginoplasty Using Nile Tilapia Fish Skin as a New Biologic Graft in Patients with Mayer-Rokitansky-Küster-Hauser Syndrome. *Journal of Minimally Invasive Gynecology*, v. 27, n. 4, p. 966–972, 1 maio 2020.
9. NASCIMENTO AB, et al. O uso da pele de tilápia no tratamento de queimaduras. *Temas em saúde. Edição especial*, p. 128-143, 2020.
10. FILHO APFS. Sedação, analgesia e anestesia geral em ratos In__RHODEN, E.L., RHODEN, C.R., *Princípios e Técnicas em Experimentação Animal*. Porto Alegre: UFRGS Editora. 2006. p. 46-47.
11. FILHO APNNA, et al. Avaliação microscópica, estudo histoquímico e análise de propriedades tensiométricas da pele de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 14, n. 3, p. 203–210, 2015.
12. HRAPKIEWICZ K, MEDINA L. *Clinical Laboratory Animal Medicine Introduction*. Iowa: Blackwell Publishing, 2007. p.79-111.
13. JÚNIOR EML, et al. Innovative Burn Treatment Using Tilapia Skin as a Xenograft: A Phase II Randomized Controlled Trial. *Journal of Burn Care & Research: Official Publication of the American Burn Association*, 4 jan. 2020.
14. LIMA E, et al. Elaboração, desenvolvimento e instalação do primeiro banco de pele animal no Brasil para o tratamento de queimaduras e feridas. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*, v. 34, n. 3, p. 349–354, 1 jan. 2001.
15. LIMA E. et al. Treatment of deep second-degree burns on the abdomen, thighs, and genitalia: use of tilapia skin as a xenograft. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica*, v. 35, n. 2, p. 243–248, 1 jan. 2001.
16. LIMA JÚNIOR EM, et al. Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 16, n. 1, p. 10-17, 2017.
17. LIMA JUNIOR, EM, et al. Characterization of the microbiota of the skin and oral cavity of *Oreochromis niloticus* Caracterização da microbiota da pele e cavidade oral de *Oreochromis*. *Journal of Health & Biological Sciences*, v. 4, n. 3, p. 193, 28 set. 2016.
18. MARTINS CB, et al. Desenvolvimento de uma matriz acelular de pele tilápia para tratamento de feridas: Um estudo experimental. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 22, n. 2, 1 jan. 2023.
19. MIRANDA MJBD, BRANDT CT. Nile. tilapia skin xenograft versus silver-based hydrofiber dressing in the treatment of second-degree burns in adults. *Revista Brasileira de Cirurgia Plástica (RBCP) – Brazilian Journal of Plastic Surgery*, v. 34, n. 1, p. 89–95, 2019.
20. MORAES-FILHO EML-J, et al. Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 16, n. 1, p. 10–17, 2017.
21. RODRIGUES R. Evolução dos curativos de prata no tratamento de queimaduras de espessura parcial. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 12, n. 2, p. 60–67, 2024.
22. RODRÍGUEZ ÁH, et al. Male-to-Female Gender-Affirming Surgery Using Nile Tilapia Fish Skin as a Biocompatible Graft. *Journal of Minimally Invasive Gynecology*, v. 27, n. 7, p. 1474–1475, nov. 2020.