

Indicadores de Qualidade do Processamento e Uso de Escleras para Transplante no Brasil: Estudo Ecológico

Mayra Dias¹ , Marcos Antonio Ferreira Júnior^{2*} , Oleci Pereira Frota² , Felipe Machado Mota³ ,
Aline Fernanda Alves Ribeiro² , Bethânia Karoline Alvaro Menezes² , Karina Angélica Alvarenga
Ribeiro⁴ , Giovanna Encinas Fernandes¹ , Gabriel Aparecido de Oliveira Ferreira¹ ,
Gustavo Yuzo Oshiro Shinohara¹ , Matilde Delmina da Silva Martins⁵ 

- 1.Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  – Instituto Integrado de Saúde – Curso de Graduação em Enfermagem – Campo Grande (MS) – Brasil.
- 2.Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  – Instituto Integrado de Saúde – Programa de Pós-Graduação em Enfermagem – Campo Grande (MS) – Brasil.
- 3.Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  – Faculdade de Medicina – Programa de Pós-Graduação em Doenças Infecções parasitárias – Campo Grande (MS) – Brasil.
- 4.Universidade Federal do Rio Grande do Norte  – Departamento de Enfermagem – Programa de Pós-Graduação em Enfermagem – Natal (RN) – Brasil.
- 5.Polytechnic University of Bragança  – Escola Superior de Saúde - Research Center for Active Living and Wellbeing – Bragança – Portugal.

*Autor correspondente: junior.marcos@ufms.br

Editora de Seção: Ilka de Fátima Santana F. Boin 

Recebido: Mar. 4, 2026 | Aprovado: Jun. 1, 2026

RESUMO

Introdução: A escassez de tecidos oculares disponíveis para transplante representa um desafio para o Sistema Nacional de Transplantes brasileiro. A esclera tem importância clínica em cirurgias reconstrutivas e sua captação, preservação e distribuição dependem da eficiência dos Bancos de Tecidos Oculares Humanos. A análise de indicadores de qualidade permite identificar fragilidades e orientar estratégias para otimização do uso terapêutico. **Objetivo:** Gerar indicadores de qualidade para análise do processamento e uso de escleras para transplante no Brasil. **Método:** Estudo quantitativo, ecológico, descritivo, observacional, baseado no Relatório Nacional de Produção dos Bancos de Tecido Ocular Humano da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Foram incluídos 46 Bancos de Tecido Ocular Humano distribuídos pelas cinco regiões brasileiras. Os valores foram relativizados por milhão de população e calculados em cinco indicadores: taxa de aproveitamento de escleras preservadas, taxa de desqualificação, taxa de uso terapêutico, taxa de transplantes sobre o total de tecido preservado e índice de eficiência global. Comparações regionais foram realizadas com uso do teste de Kruskal-Wallis, pós-teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner e épsilon quadrado para avaliar a magnitude das diferenças encontradas, todos com nível de significância de 0,05. **Resultados:** Os Bancos de Tecido Ocular Humano preservaram 2.741 escleras em um ano, concentradas principalmente nas regiões Sudeste (33,4%) e Sul (24,4%). A taxa de desqualificação nacional foi de 23,5%, com variação de 11,6% no Centro-Oeste a 66,1% no Norte ($p < 0,01$). A taxa de aproveitamento foi maior no Sul (94,5%) e menor no Norte (26,6%), enquanto a taxa de uso terapêutico destacou-se no Sudeste (61,8%) e Sul (57,9%). A taxa de transplantes sobre o total de tecido preservado atingiu 74,9% no Sudeste e 76,5% no Centro-Oeste, em contraste com 32,9% no Nordeste. O índice de eficiência global variou de 40% (Nordeste) a 90% (Centro-Oeste), evidenciando desigualdade regional significativa. **Conclusão:** Observaram-se desigualdades regionais na produção e no aproveitamento do tecido escleral, com melhor desempenho nas regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul. Norte e Nordeste apresentaram fragilidades operacionais e estruturais. Os achados reforçam a necessidade de padronização de processos, capacitação de equipes e fortalecimento da rede nacional com vistas a ampliar a disponibilidade e o uso terapêutico do tecido escleral.

Descritores: Esclera; Bancos de Olhos; Bancos de Tecidos; Eficiência; Transplante de Tecidos.

Quality Indicators For The Processing And Use Of Sclera For Transplantation In Brazil: An Ecological Study

ABSTRACT

Introduction: The scarcity of ocular tissues available for transplantation still represents a challenge for the Brazilian National Transplant System. The sclera has clinical importance in reconstructive surgeries, and its procurement, preservation, and distribution depend on the efficiency of Human Eye Tissue Banks. The analysis of quality indicators allows for the identification of weaknesses and guides strategies for optimizing therapeutic use. **Objective:** To generate quality indicators for analyzing the processing and use of sclera for transplantation in Brazil. **Method:** A quantitative, ecological, descriptive, observational study based on the Brazilian Production Report of Human Eye Tissue Banks from the National Health Surveillance Agency. Forty-six Human Eye Tissue Banks distributed across the five Brazilian regions were included. The values were relative per million population and calculated using five indicators: utilization rate of preserved sclera, disqualification rate, therapeutic use rate, transplant rate relative to the total preserved tissue, and overall efficiency index. Regional comparisons were performed using the Kruskal-Wallis test, the Dwass-Steel-Critchlow-Fligner post-hoc test, and the epsilon squared test to assess the magnitude of the differences found, all with a significance level of 0.05. **Results:** Human Eye Tissue Banks preserved 2,741 sclerae in one year, mainly concentrated in the Southeast (33.4%) and South (24.4%) regions. The national disqualification rate was 23.5%, ranging from 11.6% in the Central-West to 66.1% in the North ($p < 0.01$). The utilization rate was higher in the South (94.5%) and lower in the North (26.6%), while the therapeutic use rate stood out in the Southeast (61.8%) and South (57.9%). The transplantation rate as a percentage of the total preserved tissue reached 74.9% in the Southeast and 76.5% in the Midwest, in contrast to 32.9% in the Northeast. The overall efficiency index ranged from 40.0% (Northeast) to 90.0% (Midwest), highlighting significant regional inequality. **Conclusion:** Regional inequalities were observed in the production and utilization of scleral tissue, with better performance in the Midwest, Southeast, and South regions. The North and Northeast presented operational and structural weaknesses. The findings reinforce the need for process standardization, team training, and strengthening of the national network to expand the availability and therapeutic use of scleral tissue.

Descriptors: Sclera; Eye Banks; Tissue Banks; Efficiency; Tissue Transplantation.

INTRODUÇÃO

O olho é um órgão complexo, delicado e essencial para a visão, consequentemente indispensável para a interação do indivíduo com o ambiente. Sua estrutura é constituída por diferentes componentes internos e externos que exercem funções específicas, que incluem estruturas ópticas, como a córnea e o cristalino; estruturas sensoriais, como a retina; e tecidos estruturais, como a esclera¹.

A palavra “esclera” tem origem no grego *skleros*, que significa “duro” ou “rígido”, em referência à sua principal característica estrutural. Anatomicamente, é a camada mais externa do globo ocular e reveste cerca de 5/6 da superfície do olho, continua com a córnea na parte anterior e com a bainha do nervo óptico na sua parte posterior².

A esclera consiste num tecido colagenoso e formado por três camadas principais, a saber: a *episclera*, que trata da camada mais externa e rica em vasos sanguíneos; o *estroma escleral*, que é a camada intermediária, composta principalmente por fibras colágenas densas e irregulares que conferem resistência; e a *lâmina fusca*, a camada mais interna, com células pigmentadas³.

Sua principal função está relacionada à capacidade de manter a forma do olho e proteger estruturas internas, como a retina e a coróide, contra traumas e variações de pressão intraocular⁴. Além disso, possui papel importante na sustentação e manutenção do formato do globo ocular, além da inserção dos músculos extraoculares, responsáveis pela movimentação dos olhos⁵. Dessa forma, alterações ou lesões esclerais podem comprometer significativamente a integridade do olho e resultar em prejuízos funcionais e estéticos, com impactos na qualidade de vida das pessoas, especialmente em situações em que ocorre redução da capacidade visual⁶.

Dentre as principais condições que afetam a esclera estão a escleromalácia, caracterizada pelo afinamento progressivo do tecido e frequentemente associada a doenças autoimunes, como a artrite reumatoide, as complicações cirúrgicas decorrentes do uso de enxertos para a cobertura de válvulas antiglaucomatosas expostas e as perfurações resultantes de traumas, úlceras ou infecções⁷. Nesses casos, o transplante de esclera torna-se necessário para restaurar ou reforçar a integridade estrutural do tecido, o que tem grande importância em situações específicas, como escleromalácia avançada, traumas oculares com perda de tecido, reconstruções orbitárias e cobertura de dispositivos implantados em cirurgias de glaucoma⁸.

A esclera também apresenta indicação cirúrgica nos casos de tumores, quando é utilizada para reconstituição estética da órbita. Há relatos de uso em casos de enucleações por tumores com posterior implante de órbitas de acrílico revestidas com escleras doadas para transplantes⁹.

O tecido escleral é obtido através de doadores falecidos e sua captação ocorre por meio da enucleação do globo ocular. Em geral, os responsáveis por esse processo são os Bancos de Tecidos Oculares Humanos (BTOH), instituições encarregadas pela captação, processamento, armazenamento e triagem sorológica e microbiológica dos tecidos oculares, conforme regulamenta a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n.º 707, de 1º de julho de 2022, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa)¹⁰.

Por sua natureza avascular, a esclera apresenta baixo potencial imunogênico, o que torna o transplante relativamente seguro e eficaz. Dessa forma, o transplante de esclera representa uma alternativa valiosa para a manutenção da forma e função oculares em diversas condições clínicas¹¹.

No Brasil, não foram identificados estudos atuais que tenham abordado os dados epidemiológicos referentes à captação, aproveitamento e eficiência na distribuição e no uso de tecidos esclerais para transplantes. Enquanto a literatura científica concentra-se majoritariamente nos transplantes de córneas, a esclera permanece como um tema pouco explorado, o que demonstra a ausência de evidências que descrevam e analisem a prevalência desse tipo de procedimento no Brasil e em suas diversas regiões.

Dito isso, neste artigo, objetivou-se gerar indicadores de qualidade para análise do processamento e uso de escleras para transplante no Brasil.

MÉTODO

Trata-se de um estudo ecológico de agregados institucionais, com abordagem quantitativa, descritiva e observacional, conduzido no Brasil com base em dados nacionais referentes a todo processamento e liberação de tecido escleral do ano de 2024, disponibilizados pela Anvisa por meio dos relatórios de produção dos BTOH.

O recorte temporal se justifica por ser o último e mais atual ano disponível com dados completos no momento da realização desta pesquisa. Este relatório foi elaborado de acordo com as diretrizes dos Padrões Revisados para Excelência em Relatórios de Melhoria da Qualidade, do inglês *Revised Standards for Quality Improvement Reporting Excellence* (SQUIRE 2.0).

A população do estudo compreendeu os dados agregados de 46 BTOH distribuídos nas cinco macrorregiões brasileiras (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul). Foram incluídos todos os registros disponíveis no banco de dados “Produção de Tecidos 2024”, referentes às escleras preservadas, desqualificadas, disponibilizadas para uso terapêutico e aos transplantes realizados ao longo do mesmo ano. Foram excluídos os registros relativos à produção de córneas.

Os dados utilizados neste estudo são secundários de domínio público, e para obtenção das informações extraídas de planilha eletrônica em formato .xlsx intitulada “Produção dos Bancos de Tecidos – 2024”, disponível no site oficial da Anvisa, realizou-se a seguinte navegação: inicialmente, digitou-se “Anvisa” na barra de busca de um navegador e, ao ingressar na página institucional (<https://www.gov.br/anvisa/pt-br>), selecionou-se a seção “Centrais de Conteúdo”.

Na sequência, foi acessada a aba “Publicações”, na qual se optou pela categoria “Sangue, tecidos, células, órgãos e terapias avançadas”. Nela, foi localizado o item “Relatórios de produção dos Bancos de Tecidos” e efetuado o *download* do arquivo nomeado “Dados Brutos de Produção dos Bancos de Tecidos – 2024”.

Esse material disponibilizado em planilha eletrônica reúne informações padronizadas fornecidas pelas instituições responsáveis pela coleta e distribuição de tecidos em todo o território nacional e contém dados sobre os diferentes tipos coletados, armazenados, rejeitados, destinados a tratamentos ou efetivamente transplantados.

Após o *download* do arquivo, os dados foram organizados e tabulados para início do tratamento estatístico. Inicialmente, foram excluídas todas as informações referentes às córneas. Em seguida, realizou-se o somatório anual da produção de cada BTOH, uma vez que a base disponibiliza os dados de forma semestralizada. Posteriormente, as informações apresentadas por município de localização dos BTOH foram agrupadas e agregadas segundo as macrorregiões brasileiras. Concluída essa etapa, procedeu-se à análise estatística dos dados.

Foram empregadas análises descritivas por meio de frequências absolutas, relativas, medidas de tendência central (medianas) e medidas de dispersão (Intervalo Interquartil – IIQ).

Para cálculo dos indicadores de qualidade da produção dos BTOH e para as análises inferenciais referentes ao tecido escleral, foram utilizados valores relativizados pela população das regiões, de forma a permitir comparações. Assim, os valores absolutos de escleras preservadas, desqualificadas, disponibilizadas e entregues para uso terapêutico, bem como transplantes realizados, foram divididos pela população da respectiva região em 2024 e multiplicados por milhão de população (pmp), o que resultou em taxas regionais relativizadas. Após relativizar os valores absolutos pmp, cinco indicadores foram calculados, conforme a Tabela 1 a seguir.

Para verificar se os dados das variáveis investigadas apresentavam distribuição aderente à normalidade, foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk e, em seguida, foram gerados gráficos Q-Q e *boxplots*. Constatou-se que os dados não seguiam uma distribuição normal, portanto, foram utilizados testes não paramétricos na análise inferencial.

Tabela 1. Indicadores produzidos para análise da produção dos Bancos de Tecido Ocular Humano do Brasil, com os respectivos cálculos e interpretações.

Indicadores produzidos	Cálculo do indicador	Interpretação do indicador
Taxa de aproveitamento de escleras preservadas	$\frac{\text{Escleras disponibilizadas (pmp) para uso terapêutico}}{\text{Escleras preservadas (pmp)}} \times 100$	Proporção de escleras preservadas disponibilizadas para uso terapêutico.
Taxa de desqualificação	$\frac{\text{Escleras desqualificadas (pmp)}}{\text{Escleras preservadas (pmp)}} \times 100$	Proporção de escleras preservadas desqualificadas no processo.
Taxa de uso terapêutico	$\frac{\text{Transplantes realizados (pmp)}}{\text{Escleras disponibilizadas (pmp)}} \times 100$	Proporção de escleras disponibilizadas que efetivamente resultaram em transplantes.
Taxa de transplantes sobre o total preservado	$\frac{\text{Transplantes realizados (pmp)}}{\text{Escleras preservadas (pmp)}} \times 100$	Aproveitamento final das escleras preservadas em transplantes.
Índice de eficiência global	$\frac{\text{Transplantes pmp}}{\text{Escleras preservadas pmp} - \text{Escleras desqualificadas pmp}} \times 100.$	Rendimento global do manejo do tecido escleral, considerando-se as perdas por desqualificação.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao considerar que as variáveis de desfecho são quantitativas e a variável de agrupamento possui mais de dois níveis, utilizou-se o teste de Kruskal-Wallis seguido do pós-teste de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner (DSCF) para investigar possíveis diferenças estatisticamente significativas entre a prevalência das escleras preservadas, desqualificadas após preservação, disponibilizadas e entregues para uso terapêutico e transplantes de escleras notificados aos BTOH no ano de 2024, nas cinco macrorregiões brasileiras (Centro-Oeste, Nordeste, Norte, Sudeste e Sul). O épsilon quadrado (ϵ^2) foi utilizado para avaliar a magnitude das diferenças identificadas no teste de Kruskal-Wallis. Para todos os testes inferenciais, adotou-se um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

Por se tratar de um estudo baseado em dados secundários de domínio público e não identificáveis, a pesquisa dispensou a submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa para avaliação e autorização prévia.

RESULTADOS

O estudo incluiu informações de 46 BTOH distribuídos pelas cinco regiões do Brasil. Foram analisados dados referentes ao número de escleras preservadas, perdas pós-preservação, tecidos disponibilizados para uso terapêutico, entrega efetiva para uso terapêutico e transplantes realizados, o que permitiu uma visão abrangente da produção nacional no período analisado.

No que tange a valores absolutos, foram preservadas 2.741 escleras em 2024. A distribuição apresentou grande desigualdade regional: no Sudeste concentrou-se a maioria (33,42%), seguido pelo Sul (24%) e pelo Norte (17,44%). O Nordeste (13,97%) e o Centro-Oeste (11,16%) tiveram participações menos expressivas. A mediana de preservações dos BTOH foi de 72 (IIQ: 16,5–159), o que demonstra uma distribuição assimétrica entre as macrorregiões do país.

A análise padronizada pmp demonstrou um cenário distinto, quando o maior índice de preservação ocorreu no Norte (25,60 pmp), seguido pelo Sul (21,15 pmp) e Centro-Oeste (17,93 pmp), enquanto Sudeste e Nordeste apresentaram as menores prevalências de preservação pmp.

Um dado de destaque foi o índice de perdas pós-preservação, que totalizou 646 escleras desqualificadas. O Norte apresentou desempenho particularmente desfavorável, com taxa de descarte de 16,93 pmp, superior às demais regiões. Em contrapartida, o Sul (2,83 pmp) e o Sudeste (1,35 pmp) tiveram índices menores.

Após a triagem, 2.086 escleras foram disponibilizadas para uso terapêutico. Nesse contexto, destacaram-se as regiões Sul (17,87 pmp) e Centro-Oeste (13,18 pmp), enquanto o Norte apresentou participação reduzida (6,80 pmp). Quanto à entrega efetiva, observou-se o número de 1.416 escleras fornecidas. A região Sul apresentou a maior taxa (13,66 pmp), seguida pelo Sudeste (6,41 pmp), enquanto o Norte registrou o menor índice (0,64 pmp).

Foi realizado um total de 1.370 transplantes de esclera notificados aos BTOH, que corresponderam a cerca de 49,98% dos tecidos preservados. Os maiores indicadores pmp foram encontrados no Sul (15,65 pmp) e Centro-Oeste (13,71 pmp), enquanto o Norte (0,75 pmp) e o Nordeste (2,21 pmp) demonstraram as menores prevalências do procedimento (Tabela 2).

Em relação ao aproveitamento de escleras preservadas, o Sudeste apresentou o maior percentual (90,17%), seguido pelo Sul (84,50%) e Nordeste (81,20%). Em contraste, o Norte apresentou o menor aproveitamento, com 26,57%. Na taxa de desqualificação, o Norte também se destacou negativamente, com 66,11%, enquanto as menores taxas foram observadas no Sudeste (13,10%) e Sul (13,37%).

O maior índice de uso terapêutico foi observado no Centro-Oeste (104%) e no Sul (87,59%). Em contrapartida, os índices mais baixos ocorreram no Nordeste (40,51%) e Norte (11,02%). Em relação à proporção de transplantes sobre o total preservado, o Centro-Oeste (76,47%) e o Sudeste (74,01%) tiveram os maiores percentuais, enquanto o Norte registrou o menor valor (2,93%).

Tabela 2. Processamento de escleras pelos Bancos de Tecido Ocular Humano do Brasil em 2024 por macrorregiões. Campo Grande/MS, Brasil, 2026 (n = 46).

Variáveis	Regiões					Mediana (IIQ)	Total
	Centro-Oeste n (%)	Nordeste n (%)	Norte n (%)	Sudeste n (%)	Sul n (%)		
Escleras preservadas	306 (11,16)	383 (13,97)	478 (17,44)	916 (33,42)	658 (24,00)	72,0 (16,5–159)	2.741
Proporção pmp	17,93	6,71	25,60	10,34	21,15	x	-
Escleras desqualificadas pós-preservação	46 (7,12)	75 (11,61)	316 (48,92)	121 (18,73)	88 (13,62)	8,0 (2,25–20,3)	646
Proporção pmp	2,69	1,31	16,93	1,35	2,83	x	-
Escleras disponibilizadas para uso terapêutico	255 (12,22)	311 (14,91)	127 (6,09)	835 (40,03)	558 (26,75)	34,5 (5,0–132)	2.086
Proporção pmp	13,18	5,45	6,80	9,32	17,87	x	-
Escleras entregues para uso terapêutico	250 (17,65)	156 (11,02)	12 (0,85)	573 (40,47)	425 (30,01)	13,5 (3,5–89)	1.416
Proporção pmp	14,65	2,73	0,64	6,41	13,66	x	-
Transplantes realizados	234 (17,08)	126 (9,20)	14 (1,02)	509 (37,15)	487 (35,55)	13,0 (4,0–65,5)	1.370
Proporção pmp	13,71	2,21	0,75	5,69	15,65	x	-

Nota: IIQ: intervalo interquartil; pmp: por milhão de população. Fonte: Anvisa.

Por fim, o índice de eficiência global atingiu níveis mais altos nas regiões Centro-Oeste (90%) e Sul (85,44%), resultados que contrastam com o Norte (8,64%), que apresentou a menor eficiência do país no período analisado (Tabela 3).

Tabela 3. Indicadores de qualidade do processamento de escleras pelos Bancos de Tecido Ocular Humano do Brasil em 2024 por macrorregiões. Campo Grande/MS, Brasil, 2026 (n = 46).

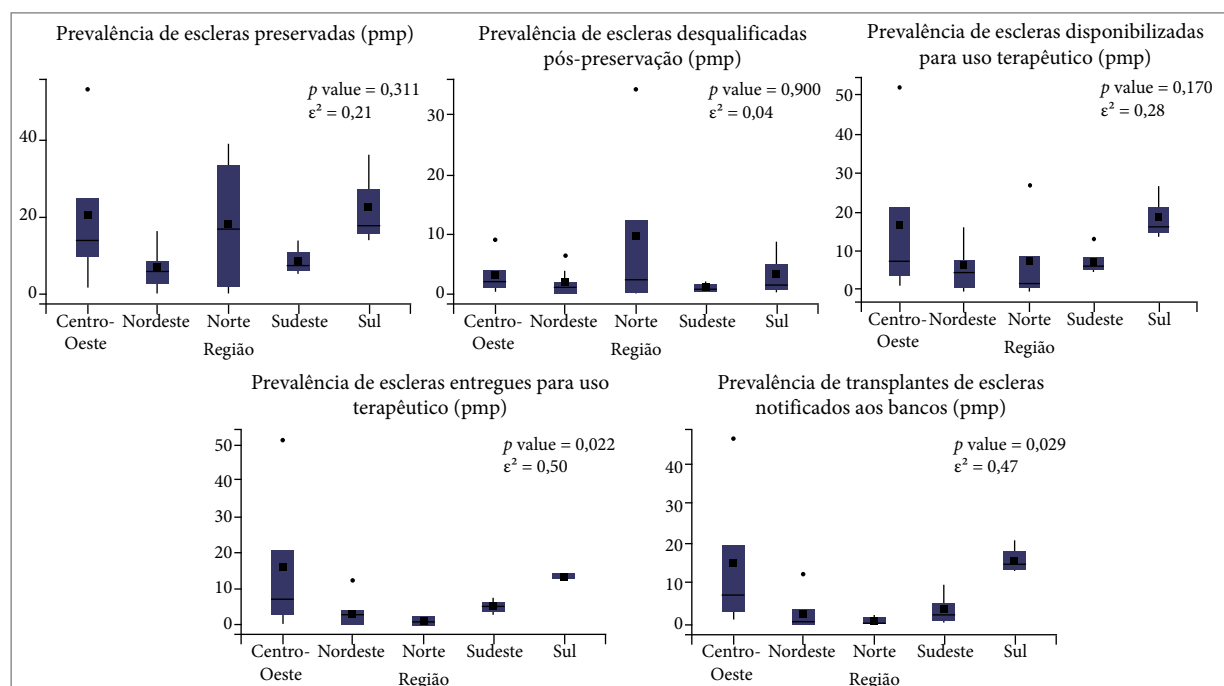
Variável	Regiões				
	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
Taxa de aproveitamento de escleras preservadas	73,53	81,20	26,57	90,17	84,50
Taxa de desqualificação	15,03	19,58	66,11	13,10	13,37
Taxa de uso terapêutico	104,00	40,51	11,02	61,02	87,59
Taxa de transplantes sobre o total preservado	76,47	32,90	2,93	74,01	55,02
Índice de eficiência global	90,00	40,91	8,64	63,32	85,44

Fonte: Anvisa.

Para analisar a ocorrência de diferença estatisticamente significativa na preservação, desqualificação, disponibilização, entrega e nos transplantes entre os BTOH das cinco macrorregiões brasileiras, foram aplicados testes que evidenciaram diferenças estatisticamente significativas ocorridas nas fases finais do processo, como no caso de escleras entregues para uso terapêutico ($p = 0,022$; $\epsilon^2 = 0,50$) e transplantes de escleras notificados aos BTOH ($p = 0,029$; $\epsilon^2 = 0,47$).

Observou-se, pelo tamanho de efeito, que a magnitude das diferenças encontradas foi elevada. No entanto, ao analisar para identificar quais regiões divergiam entre si por meio das comparações par a par, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas. Esse resultado pode indicar que, embora exista uma diferença global entre as cinco macrorregiões, quando analisadas em conjunto, esse efeito não se mantém nas comparações individuais, possivelmente devido à elevada variabilidade entre os locais.

Assim, enquanto as etapas de preservação, desqualificação e disponibilização de escleras apresentaram comportamentos semelhantes entre as regiões, as fases finais de efetiva entrega e realização do transplante ressaltaram diferenças regionais significativas (Fig. 1).



Nota: $p \text{ value}$: valor de p do teste de Kruskal-Wallis; ϵ^2 : epsilon quadrado. Fonte: Anvisa.

Figura 1. Prevalências de escleras preservadas, desqualificadas, disponibilizadas e entregues para uso terapêutico e transplantes notificados aos Bancos de Tecido Ocular Humano no Brasil por macrorregiões em 2024. Campo Grande/MS, Brasil, 2026.

DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que, embora exista uma produção nacional expressiva de escleras preservadas, a distribuição e a eficiência do processo apresentaram disparidades regionais. Identificou-se que a utilização de indicadores absolutos pode ocultar diferenças relevantes entre as regiões, quando a padronização por pmp se faz essencialmente para comparações mais precisas.

A região Norte apresentou o maior índice de preservação do país (25,60 pmp), mas também registrou elevada desqualificação (16,93 pmp), baixa entrega (0,64 pmp) e reduzido número de transplantes realizados (0,75 pmp). Esses achados indicam vulnerabilidades operacionais no processamento e armazenamento do tecido. A preservação da esclera exige condições específicas de esterilização e conservação, como o uso de álcool absoluto ou glicerina. Além disso, a estrutura inadequada nos BTOH pode comprometer o atendimento dos requisitos da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) da Anvisa n.º 707/2022 e resultar em altas taxas de desqualificação¹⁰.

A extensão territorial e a baixa densidade demográfica da região Norte (4,51 hab./km²)¹² impactam diretamente a cadeia de doação e transplante de tecidos oculares. Dificuldades de acesso a serviços de saúde, limitações estruturais e capacitação técnica insuficiente contribuem para o baixo número de transplantes realizados¹³. Esses achados refletem padrões previamente observados no Sistema Nacional de Transplantes (SNT), em que Sudeste, Sul e Centro-Oeste apresentam menor tempo de espera e maiores taxas de atendimento, enquanto Norte e Nordeste enfrentam baixa cobertura e desafios organizacionais¹⁴.

Dados do Conselho Brasileiro de Oftalmologia (CBO) corroboram esse cenário e evidenciam a concentração desigual de especialistas: o Sudeste reúne mais da metade dos oftalmologistas do país (12.147), enquanto o Norte (1.043) e o Nordeste (4.050) registram números significativamente menores¹⁵.

A análise dos indicadores de qualidade dos BTOH revela que a região Sudeste obteve a maior taxa de aproveitamento das escleras preservadas (90,17%), seguida pelo Sul (84,50%) e Nordeste (81,20%), enquanto o Norte apresentou aproveitamento significativamente inferior (26,57%). Essa diferença pode estar associada à menor disponibilidade de centros especializados e à capacitação insuficiente para o processamento adequado¹⁶. Tal cenário evidencia que regiões com melhor estrutura operacional e maior número de profissionais tendem a apresentar maior eficiência e menores índices de desqualificação¹⁷.

Além dessas diferenças, um aspecto que merece atenção especial foi a taxa de uso terapêutico superior a 100% no Centro-Oeste (104%), principalmente pelo uso de estoques acumulados, tecidos importados de outros BTOH de outras regiões ou inconsistências no registro de dados. Mesmo ao considerar que a esclera pode ser armazenada por até 180 dias, valores acima de

100% podem refletir inclusão de tecidos de períodos anteriores ou inconsistências no preenchimento dos formulários eletrônicos da Anvisa^{18,19}.

Vale considerar também, nessa situação, que um dos possíveis motivos para valores acima de 100% pode estar relacionado à possibilidade de que uma única esclera pode ser utilizada por mais de um paciente, quando apenas um pequeno fragmento de esclera pode ser usado, por exemplo, em casos de cirurgias para glaucoma²⁰.

As taxas de perdas pós-preservação também apresentaram diferenças expressivas entre as regiões, com destaque negativo para a região Norte (66,11%), muito superior ao Sudeste (13,10%) e Sul (13,37%). Essa variação sugere ineficiências na triagem, no processamento e armazenamento dos tecidos, possivelmente relacionadas à estrutura operacional dos BTOH, menor investimento em capacitação técnica ou limitações laboratoriais¹⁶.

O índice de eficiência global evidenciou que o Centro-Oeste (90%) e o Sul (85,44%) apresentaram os melhores desempenhos, enquanto o Sudeste, apesar do maior volume de preservações, apresentou índice inferior (63,32%). Isso demonstra que um maior número de procedimentos não se traduz necessariamente em melhor aproveitamento do tecido. Fatores estruturais e organizacionais, como gestão de estoques e padronização de rotinas, podem ser mais determinantes para o desempenho dos BTOH do que o próprio desenvolvimento socioeconômico regional²⁰. Nesse sentido, o estudo que analisou os BTOH de Sorocaba/SP e Campo Grande/MS reforça que protocolos objetivos, uniformização de processos e gestão eficiente de estoques são essenciais para maximizar o aproveitamento dos tecidos²¹.

Outro aspecto relevante da pesquisa demonstra que embora as fases iniciais do manejo das escleras, como a preservação, desqualificação e disponibilização, apresentem comportamento relativamente homogêneo entre as regiões, as etapas finais de entrega terapêutica e transplante exibem diferenças significativas. Foram identificadas variações estatisticamente relevantes na entrega para uso terapêutico ($p = 0,022$; $\epsilon^2 = 0,50$) e nos transplantes notificados ($p = 0,029$; $\epsilon^2 = 0,47$), o que sugere influência de fatores estruturais e operacionais dos BTOH.

Essas disparidades reforçam a necessidade de políticas de gestão e monitoramento contínuo, com vistas a padronizar etapas, otimizar processos e reduzir perdas, além de promover maior equidade no transplante de escleras¹⁷. A padronização de protocolos e a integração regional, com redistribuição regulada de tecidos, podem ampliar a eficiência do sistema, garantindo qualidade, rastreabilidade e segurança nos processos²².

A esclera desempenha papel estratégico em diversas intervenções oftalmológicas, quando o enxerto escleral se constitui numa alternativa segura e versátil. Em cirurgias de glaucoma, é amplamente utilizado para cobrir válvulas de drenagem e dispositivos filtrantes, prevenir complicações e aumentar a longevidade dos implantes. Além disso, é indicado para tratar afinamentos e perfurações esclerais, reconstruir o globo ocular após traumas, corrigir fistulas e proteger implantes orbitários. A disponibilidade desse tecido nos BTOH constitui um recurso insubstituível, essencial para garantir a integridade anatômica e funcional do olho, além de ampliar as possibilidades cirúrgicas em oftalmologia²³.

Os resultados deste estudo demonstram que a eficiência dos BTOH depende não apenas da capacidade produtiva, mas também da qualidade da gestão, da estrutura operacional e da integração interinstitucional. Dessa forma, o aprimoramento contínuo dos BTOH, aliado à integração entre regiões, representa um passo essencial para consolidar a autossuficiência nacional em tecidos oculares e reduzir desigualdades históricas no acesso ao transplante de esclera.

Este estudo apresenta como limitações metodológicas a utilização de dados secundários, cujos preenchimentos das informações originais podem estar sujeitos a falhas ou inconsistências nos relatórios enviados pelos BTOH, o que pode ter impactado em indicadores atípicos, como taxas superiores a 100%. Além disso, a ausência de variáveis clínicas e operacionais nos bancos de dados da Anvisa limita a compreensão das razões subjacentes às diferenças regionais observadas. Por fim, o desenho ecológico impede a análise individualizada dos fatores que influenciam diretamente a captação, preservação e o transplante de tecidos esclerais.

Os resultados apresentados contribuem para a área da saúde ao fornecer uma análise sobre a captação, preservação e o transplante de tecido escleral no Brasil ao evidenciar desigualdades regionais e perdas significativas desse tecido. Ao preencher lacunas na literatura científica, os resultados obtidos geram suporte para que gestores possam desenvolver estratégias que otimizem a distribuição de tecidos, reduzam perdas e fortaleçam os BTOH.

Assim, este trabalho promove não apenas o conhecimento no âmbito acadêmico, mas também pode ser útil para a melhoria do acesso equitativo e da qualidade do cuidado aos pacientes que necessitam do transplante de esclera para terem qualidade de vida.

CONCLUSÃO

Os BTOH são responsáveis pela captação e produção de tecido escleral para uso terapêutico no Brasil. No entanto, este estudo identificou desigualdades regionais nos processos de preservação, disponibilização e transplante desses tecidos.

A região Norte apresentou altas taxas de desqualificação, enquanto o Sudeste obteve a maior taxa de aproveitamento, que corresponde ao maior volume de materiais disponibilizados para uso terapêutico. Esses achados sugerem a existência de fatores estruturais e organizacionais que podem estar associados às diferenças observadas entre as regiões, embora não tenham sido avaliados diretamente neste estudo.

Dessa forma, fortalecer os BTOH, padronizar processos e promover maior articulação entre regiões apresentam-se como estratégias relevantes para reduzir perdas, aumentar a eficiência e favorecer maior equidade no acesso aos transplantes de esclera.

CONFLITOS DE INTERESSE

Nada a declarar.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Contribuições científicas e intelectuais substanciais para o estudo: Dias M, Ferreira Júnior MA, Frota OP, Mota FM; **Concepção e design:** Dias M, Ferreira Júnior MA, Mota FM; **Análise e interpretação dos dados:** Dias M, Ferreira Júnior MA, Mota FM; **Redação do artigo:** Dias M, Ferreira Júnior MA, Frota OP, Mota FM, Ribeiro AFA, Menezes BKA, Ribeiro KAA, Fernandes GE, Ferreira GAO, Shinohara GYO, Martins MDS; **Revisão crítica:** Dias M, Ferreira Júnior MA, Mota FM, Martins MDS; **Aprovação final:** Ferreira Júnior MA.

DISPONIBILIDADE DE DADOS DE PESQUISA

Todos os dados foram gerados/analizados no presente artigo.

FINANCIAMENTO

Coordenação de Aprimoramento de Pessoal de Ensino Superior 
Código de Financiamento 001

DECLARAÇÃO DE USO DE FERRAMENTAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Os autores declaram que nenhuma ferramenta de inteligência artificial foi usada na preparação, redação, análise de dados ou revisão deste manuscrito.

AGRADECIMENTOS

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) pela disponibilização pública dos dados.

REFERÊNCIAS

1. Boote C, Sigal IA, Grytz R, Hua Y, Nguyen TD, Girard MJ. Scleral structure and biomechanics. *Prog Retin Eye Res.* 2020 jan; 74: 100773. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2019.100773>
2. Atta G, Tempfer H, Kaser-Eichberger A, Traweger A, Heindl LM, Schrödl F. Is the human sclera a tendon-like tissue? A structural and biomechanical evaluation. *Ann Anat.* 2022 feb; 240: 151858. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2021.151858>.
3. Rehman I, Hazhirkarzar B, Patel BC. *Anatomy, Head and Neck, Eye.* StatPearls. Treasure Island: StatPearls Publishing; 2023. [acesso em 2025 dez 15]. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482428/>
4. Santana SP. Esclerótica (ou esclera). São Paulo: 2020. [acesso em 2025 dez 11]. Disponível em: <https://brascrs.com.br/auxiliares/esclerotica/esclerotica-ou-esclera/>
5. Walker MK, Schornack MM, Vincent SJ. Anatomical and physiological considerations in scleral lens wear: conjunctiva and sclera. *Cont Lens Anterior Eye.* 2020 dec; 43(6): 517-528. <https://doi.org/10.1016/j.clae.2020.06.005>

6. Jayme BC, Silva LVB, Rezende LCM, Silva MFA, Moreira TC, Oliveira TMA, et al. Principais ocorrências na emergência oftalmológica com enfoque em traumas oculares: uma revisão integrativa. *Res Soc Dev*. 2023; 12(1): e14912139765. <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i1.39765>
7. Zhang Y, Wang Y, Xu R, Wang T, Zhang Y, Mao J, et al. Case report: scleromalacia caused by rheumatoid arthritis combined with high intraocular pressure, first discovered due to ocular trauma. *Front Med*. 2025; 11: 1504807. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1504807>
8. Ghauri MI, Riaz SU, Husain A, Jafri AR, Bashir ZTA. Scleromalacia perforans: a case report. *J Med Case Rep*. 2018 jun; 12:155. <https://doi.org/10.1186/s13256-018-1686-z>
9. Jongman HP, Marinkovic M, Notting I, Koetsier L, Swart W, Schalijs-Delfos NE, et al. Donor sclera-wrapped acrylic orbital implants following enucleation: experience in 179 patients in the Netherlands. *Acta Ophthalmol*, 2016 feb; 94(3): 253-256. <https://doi.org/10.1111/aos.12960>
10. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução - RDC nº 707, de 1º de julho de 2022. Diário Oficial da União. 2022 jul. 6; p. 164. [acesso em 2025 dez 14]. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=06/07/2022&jornal=515&pagina=164>
11. Can GD, Akcan G, Can ME, Akdere ÖE, Çaylı S, Şimşek G, et al. Surgical and immunohistochemical outcomes of scleral reconstruction with autogenic, allogenic and xenogenic grafts: an experimental rabbit model. *Curr Eye Res*. 2020 may; 45(12): 1572-1582. <https://doi.org/10.1080/02713683.2020.1764976>
12. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama do Censo 2022. Rio de Janeiro; 2023. [acesso em 2025 dez 18]. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama>
13. Gómez EJ, Jungmann S, Lima AS. Resource allocations and disparities in the Brazilian health care system: insights from organ transplantation services. *BMC Health Serv Res*. 2018 feb; 18: 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12913-018-2851-1>
14. Marinho A, Cardoso SS, Almeida VV. Desigualdade de transplantes de órgãos no Brasil: análise do perfil dos receptores por sexo e raça ou cor. (Texto para Discussão, n. 1629). Brasília: IPEA; 2011.
15. Conselho Brasileiro de Oftalmologia. Observatório CBO da saúde ocular. São Paulo: CBO; [s.d.]. [acesso em 2025 dez 18]. Disponível em: <https://observatoriocbo.com.br/>
16. Freire ILS, Vasconcelos QLDAQ, Torres GV, Araújo EC, Costa IKF, Melo GSM. Estrutura, processo e resultado da doação de órgãos e tecidos para transplante. *Rev Bras Enferm*. 2015 sep-oct; 68(5): 555-563. <https://doi.org/10.1590/0034-7167.2015680511i>
17. Favoretto CK, Gomes CE. Fatores associados às taxas de transplantes de córneas nas Unidades Federativas do Brasil: uma abordagem espacial (2012-2019). Encontro Nacional de Economia da ANPEC LII; 2024 dez 10-13; Natal: Brasil. Natal: Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia; 2017. [acesso em 2025 dez 14]. Disponível em: https://www.anpec.org.br/sul/2024/submissao/files_I/i7-c3288408f1ba847a84d950e5a56c5271.pdf
18. Romanchuk KG, Nair P, Grahm B. How long can donor sclera be safely stored? *Cornea*. 2003 aug; 22(6): 569-572. <https://doi.org/10.1097/00003226-200308000-00016>
19. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Relatório de avaliação dos dados de produção dos Bancos de Tecidos Humanos: anos 2011-2012. Brasília: Anvisa; 2013. [acesso em 2025 dez 16]. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/sangue-tecidos-celulas-e-orgaos/relatorio-de-avaliacao-dos-dados-de-producao-dos-bancos-de-tecidos/relatorio-de-avaliacao-dos-dados-de-producao-dos-bancos-de-tecidos-humanos-2011-2012.pdf>
20. Francesco T, Ianchulev T, Rhee DJ, Gentile RC, Pasquale LR, Ahmed IIK. The evolving surgical paradigm of scleral allograft bio-tissue use in ophthalmic surgery: techniques and clinical indications for ab-externo and ab-interno scleral reinforcement. *Clin Ophthalmol*. 2024 jun; 18: 1789-1795. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S462719>
21. Hilgert CVR, Sato EH. Modelo de gestão em Bancos de Olhos e seu impacto no resultado destas organizações. *Rev Bras Oftalmol*. 2012 feb; 71(1): 28-35. <https://doi.org/10.1590/S0034-72802012000100006>
22. Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Guia de boas práticas em Células e Tecidos Humanos para Uso Terapêutico. Brasília: Anvisa; 2024. [acesso em 2025 dez 16]. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/ptbr/assuntos/sangue/inspecao/arquivos/guibpcelulastecidos.pdf>
23. Jakub D, Netuková M, Procházková A, Poláchová M, Krivosheev K, Studený P. Scleral grafts in ophthalmic surgery: a review. *Cesk Slov Oftalmol*. 2024 feb; 80(5): 231-238. <https://doi.org/10.31348/2024/11>