

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENFERMAGEM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE**

Joseli Azevedo Mendes Martins

**PREVISÃO DE DEMANDA DE PALIVIZUMABE PARA PROFILAXIA EM  
CRIANÇAS CONTRA O VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO EM FARMÁCIA  
REGIONAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Belo Horizonte  
2025

Joseli Azevedo Mendes Martins

**PREVISÃO DE DEMANDA DE PALIVIZUMABE PARA PROFILAXIA EM  
CRIANÇAS CONTRA O VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO EM FARMÁCIA  
REGIONAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Serviços de Saúde, da Escola de Enfermagem da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Serviços de Saúde.

Área de concentração: Gestão de Serviços de Saúde.

Linha de pesquisa: Política, Planejamento e Avaliação em Saúde.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Keli Bahia Felicíssimo Zocratto.

Coorientador: Prof. Dr. Renzo Joel Flores Ortiz.

M386p

Martins, Joseli Azevedo Mendes.

Previsão de demanda de Palivizumabe para profilaxia em crianças contra o vírus sincicial respiratório em Farmácia Regional do Estado de Minas Gerais [recurso eletrônico]. / Joseli Azevedo Mendes Martins. -- Belo Horizonte: 2025. 97f.: il.

Formato: PDF.

Requisitos do Sistema: Adobe Digital Editions.

Orientador (a): Keli Bahia Felicíssimo Zocratto.

Coorientador (a): Renzo Joel Flores Ortiz.

Área de concentração: Gestão de Serviços de Saúde.

Dissertação (mestrado): Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Enfermagem.

1. Palivizumab. 2. Infecções por Vírus Respiratório Sincicial. 3. Previsões. 4. Estudos de Séries Temporais. 5. Prevenção de Doenças. 6. Dissertação Acadêmica. I. Zocratto, Keli Bahia Felicíssimo. II. Ortiz, Renzo Joel Flores. III. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Enfermagem. IV. Título.

NLM: WC 500

Bibliotecário responsável: Fabian Rodrigo dos Santos CRB-6/2697



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENFERMAGEM

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE

**ATA DE NÚMERO 127 (CENTO E VINTE E SETE) DA SESSÃO PÚBLICA DE ARGUIÇÃO E DEFESA DA DISSERTAÇÃO APRESENTADA PELA CANDIDATA JOSELI AZEVEDO MENDES MARTINS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE.**

Aos 11 (onze) dias do mês de julho de dois mil e vinte e cinco, às 14:00 (quatorze horas), realizou-se, por videoconferência, a sessão pública para apresentação e defesa da dissertação "PREVISÃO DE DEMANDA DE PALIVIZUMABE PARA PROFILAXIA EM CRIANÇAS CONTRA O VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO EM FARMÁCIA REGIONAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS", da aluna *Joseli Azevedo Mendes Martins*, candidata ao título de "Mestre em Gestão de Serviços de Saúde", linha de pesquisa "Políticas, Planejamento e Avaliação em Saúde". A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes professores doutores: Keli Bahia Felicíssimo Zocratto, Renzo Joel Flores Ortiz, Stephanie Ferreira Botelho e Mery Natali Silva Abreu, sob a presidência da primeira. Abrindo a sessão, a presidente, após dar conhecimento aos presentes do teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata para apresentação do seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa da candidata. Logo após, os membros da Comissão se reuniram sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do seguinte resultado final:

( X ) APROVADA;

( ) REPROVADA.

O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pela orientadora.

**Belo Horizonte, 11 de julho de 2025.**

Profª. Drª. Keli Bahia Felicíssimo Zocratto

Membro Titular - Orientadora (UFMG)

Prof. Dr. Renzo Joel Flores Ortiz

Membro Titular (PUC-MG)

Drª. Stephanie Ferreira Botelho

Membro Titular (SES/MG)

Profª. Drª. Mery Natali Silva Abreu

Membro Titular (UFMG)



Documento assinado eletronicamente por **Keli Bahia Felicíssimo Zocratto, Professora do Magistério Superior**, em 11/07/2025, às 19:40, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Stephanie Ferreira Botelho, Usuária Externa**, em 11/07/2025, às 20:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renzo Joel Flores Ortiz, Usuário Externo**, em 11/07/2025, às 21:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mery Natali Silva Abreu, Professora do Magistério Superior**, em 17/07/2025, às 16:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4374685** e o código CRC **B6E8EF33**.

## **AGRADECIMENTOS**

À DEUS, em primeiro lugar, pela capacitação concedida, pela força nessa caminhada e por me permitir ultrapassar obstáculos e realizar meus objetivos.

À minha família e amigos, que são essenciais em minha vida, pela confiança, motivação e carinho.

À Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES/MG), Coordenadora da Assistência Farmacêutica da Superintendência Regional de Saúde de Belo Horizonte e aos colegas de trabalho, por todo incentivo e apoio necessário.

À Universidade Federal de Minas Gerais, pelo acolhimento na Instituição de Ensino.

À Orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Keli Bahia Felicíssimo Zocratto, por toda sua sabedoria, disponibilidade, estímulo, presteza, compreensão e dedicação e, ao coorientador Prof. Dr. Renzo Joel Flores Ortiz, pelo auxílio prestado.

A todos professores, pelo carinho e aprendizado ao longo do curso.

Aos membros da banca examinadora, pela disposição, participação e contribuições.

Aos meus colegas do mestrado, pelos conhecimentos agregados e momentos compartilhados.

*“Viver é enfrentar desafios. Quem nunca enfrentou desafios, apenas passou pela vida, não viveu.”*

*(Augusto Branco)*

## RESUMO

MARTINS, J. A. M. **Previsão de demanda de Palivizumabe para profilaxia em crianças contra o Vírus Sincicial respiratório em Farmácia Regional do Estado de Minas Gerais**. 2025. 97f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão de Serviços de Saúde) – Escola de Enfermagem, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.

O Palivizumabe confere proteção contra o Vírus Sincicial Respiratório (VSR), um dos principais agentes das infecções que acometem o trato respiratório inferior entre lactentes e crianças menores de dois anos, responsável por até 75% das bronquiolites, 40% das pneumonias e 60 milhões de infecções com 160.000 mortes anuais em todo o mundo. O Palivizumabe, fornecido por meio do Componente Estratégico da Assistência Farmacêutica no período sazonal do VSR, disponibilizado a partir de sua incorporação pela Comissão Nacional de Incorporação de tecnologias no Sistema Único de Saúde (SUS). Na Unidade Regional de Saúde de Belo Horizonte (URS-BH), as solicitações são recebidas na Coordenação de Assistência Farmacêutica (CAF), da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES/MG). A análise da solicitação considera os critérios de inclusão para uso: crianças prematuras nascidas com idade gestacional  $\leq 28$  semanas menores de um ano de idade, crianças com idade inferior a dois anos com doença pulmonar crônica da prematuridade ou doença cardíaca congênita. Considerando o período sazonal e o perfil epidemiológico das infecções pelo VSR, tornou-se essencial um estudo de previsão de demanda, visando auxiliar no processo de gestão do Palivizumabe, ressaltando que a programação, o consumo histórico e a distribuição efetiva são essenciais para a assistência farmacêutica. O estudo teve por objetivo geral, realizar a previsão de demanda e estimar o consumo de Palivizumabe a partir das solicitações deferidas na CAF/URS-BH da SES/MG, para profilaxia em crianças contra o VSR nos próximos períodos de fornecimento do medicamento. Trata-se de um estudo quantitativo, analítico preditivo de séries temporais, de análise de dados secundários sistematizados e previsão de demanda, referente às solicitações deferidas de Palivizumabe no período de 2014 a 2024. A coleta de dados ocorreu por meio do sistema eletrônico do serviço de informação ao cidadão. Foram identificados o número total de pacientes e, por critério de inclusão, o consumo do medicamento anual total e por dose de aplicação. Para a escolha do modelo de previsão de demanda de Palivizumabe foi realizada a comparação entre os modelos de Regressão Linear Simples, Suavização Exponencial Simples, Suavização Exponencial de Holt e ARIMA. Para análise dos dados foi utilizado o *software* RStudio®. O ARIMA foi o modelo escolhido por apresentar o melhor desempenho, devido ao menor erro de previsão, menores métricas e maior acurácia, sendo o consumo estimado de 0,77mL por dose de aplicação. Criou-se um painel de controle do Palivizumabe (três produtos técnicos), incluindo histórico de consumo, número de pacientes, número de solicitações segundo os critérios de inclusão para uso, além de ferramentas para auxiliar e efetuar a previsão de demanda nos próximos períodos de fornecimento, com programação efetiva, contribuindo, assim, para o aprimoramento da gestão.

**Palavras-chave:** Palivizumab. Infecções por Vírus Respiratório Sincicial. Previsões. Estudos de séries temporais. Prevenção de doenças.

## ABSTRACT

MARTINS, J. A. M. **Demand Forecasting of Palivizumab for Prophylaxis in Children Against Respiratory Syncytial Virus at the Regional Pharmacy of the State of Minas Gerais**. 2025. 97f. Dissertation (Professional Master in Health Services Management) – School of Nursing, Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2025.

Palivizumab provides protection against Respiratory Syncytial Virus (RSV), one of the main agents of infections affecting the lower respiratory tract among infants and children under two years of age, responsible for up to 75% of bronchiolitis, 40% of pneumonia and 60 million infections with 160,000 deaths annually worldwide. Palivizumab is provided through the Strategic Component of Pharmaceutical Assistance during the RSV seasonal period and became available after its incorporation by the National Commission for the Incorporation of Technologies into the Unified Health System (SUS). At the Belo Horizonte Regional Health Unit (URS-BH), requests are received at the Pharmaceutical Assistance Coordination (CAF) of the Minas Gerais State Health Department (SES/MG). The request analysis considers the following inclusion criteria for use: premature infants born with a gestational age  $\leq$  28 weeks and less than one year of age, and children under two years of age with chronic lung disease of prematurity or congenital heart disease. Considering the seasonal period and epidemiological profile of RSV infections, a demand forecast study became essential, aiming to assist in the Palivizumab management process, highlighting that programming, historical consumption and effective distribution are essential for pharmaceutical assistance. The study's general objective was to forecast demand and estimate the consumption of Palivizumab based on requests granted by the CAF/URS-BH of the SES/MG, for prophylaxis in children against RSV in the next periods of supply of the drug. This is a quantitative, predictive, times series analytical study that analyzes systematized secondary data and forecast demand for approved Palivizumab requests from 2014 to 2024. Data collection was carried out through the Citizen Information Service's electronic system. The total number of patients and, by inclusion criteria, the total annual medication consumption and per dose of application were identified. To choose the model for forecasting demand for Palivizumab, a comparison was made between Simple Linear Regression, Simple Exponential Smoothing, Holt's Exponential Smoothing, and ARIMA models. RStudio® software was used for data analysis. ARIMA was the chosen model because it presented the best performance, due to its lowest forecast error, lowest metrics, and highest accuracy, with an estimated consumption of 0.77 mL per application dose. A control panel for Palivizumab (three technical products) was created, including consumption history, number of patients, number of requests according to the inclusion criteria for use, as well as tools to assist in forecasting demand for future supply periods, with effective programming, thus contributing to the improvement of management.

**Key-words:** Palivizumab. Respiratory Syncytial Virus Infections. Forecastings. Time series studies. Disease prevention.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 - Interação do Palivizumabe com a glicoproteína F do VSR .....                                      | 23 |
| Figura 2 - Linha do tempo da incorporação, protocolo de uso e atualização<br>de fluxos do Palivizumabe ..... | 25 |
| Figura 3 - Divisão administrativa do Estado de Minas Gerais .....                                            | 30 |
| Figura 4 - Período sazonal do VSR na região sudeste .....                                                    | 31 |
| Figura 5 - Fluxo de solicitação do Palivizumabe .....                                                        | 32 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1 - Série de treinamento de consumo do Palivizumabe da<br>CAF/URS-BH de 2014 a 2023 ..... | 43 |
| Gráfico 2 - Regressão Linear Simples com previsão para 2024 .....                                 | 54 |
| Gráfico 3 - Suavização Exponencial Simples com previsão para 2024 .....                           | 56 |
| Gráfico 4 - Suavização Exponencial de Holt com previsão para 2024 .....                           | 57 |
| Gráfico 5 - ACF e PACF do modelo ARIMA .....                                                      | 58 |
| Gráfico 6 - Série diferenciada do modelo ARIMA .....                                              | 61 |
| Gráfico 7 - Análise de distribuição com teste Shapiro-Wilk .....                                  | 63 |
| Gráfico 8 - ARIMA com previsão para 2024 .....                                                    | 64 |

## **LISTA DE QUADROS**

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 - Municípios da Regional de Saúde de Belo Horizonte ..... | 30 |
|--------------------------------------------------------------------|----|

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Valor de custo do Palivizumabe .....                                                                                | 27 |
| Tabela 2 - Distribuição do número de paciente e consumo anual e por<br>dose de Palivizumabe na CAF/URS-BH de 2014 a 2024 ..... | 50 |
| Tabela 3 - Distribuição anual segundo os critérios para uso de Palivizumabe<br>em pacientes da CAF/URS-BH de 2014 a 2024 ..... | 52 |
| Tabela 4 - Ajuste do modelo de Regressão Linear Simples de 2014 a 2023 .....                                                   | 53 |
| Tabela 5 - Métricas de desempenho da Regressão Linear Simples .....                                                            | 54 |
| Tabela 6 - Valor real, previsão e erro da Regressão Linear Simples .....                                                       | 55 |
| Tabela 7 - Métricas de desempenho da Suavização Exponencial Simples .....                                                      | 56 |
| Tabela 8 - Valor real, previsão e erro da Suavização Exponencial Simples .....                                                 | 57 |
| Tabela 9 - Métricas de desempenho da Suavização Exponencial de Holt .....                                                      | 57 |
| Tabela 10 - Valor real, previsão e erro da Suavização Exponencial de Holt .....                                                | 58 |
| Tabela 11 - Teste Dickey- Fuller para estacionariedade no ARIMA .....                                                          | 59 |
| Tabela 12 - Teste Dickey- Fuller para estacionariedade de primeira<br>diferenciação no ARIMA .....                             | 60 |
| Tabela 13 - Teste Dickey- Fuller para estacionariedade de segunda<br>diferenciação no ARIMA .....                              | 60 |
| Tabela 14 - Teste Dickey-Fuller para estacionariedade de terceira<br>diferenciação no ARIMA .....                              | 61 |
| Tabela 15 - Diferenciações e valores de D e p-valor do modelo ARIMA .....                                                      | 61 |
| Tabela 16 - Análise dos resíduos com teste Ljung-Box no ARIMA .....                                                            | 62 |
| Tabela 17 - Análise de distribuição com teste Shapiro-Wilk no ARIMA .....                                                      | 62 |
| Tabela 18 - Métricas de desempenho do ARIMA .....                                                                              | 64 |
| Tabela 19 - Valor real, previsão e erro do modelo ARIMA .....                                                                  | 64 |
| Tabela 20 - Valor real, previsão e erro dos modelos de previsão analisados .....                                               | 65 |
| Tabela 21 - Métricas de desempenho dos modelos de previsão analisados .....                                                    | 65 |
| Tabela 22 - Cálculo da acurácia dos modelos de previsão analisados .....                                                       | 66 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|          |                                                                        |
|----------|------------------------------------------------------------------------|
| ACF      | <i>Autocorrelation Function</i>                                        |
| ADF      | <i>Dickey-Fuller</i>                                                   |
| ARIMA    | <i>AutoRegressive Integrated Moving Average</i>                        |
| BH       | Belo Horizonte                                                         |
| CAF      | Coordenação de Assistência Farmacêutica                                |
| CESAF    | Componente Estratégico da Assistência Farmacêutica                     |
| CONITEC  | Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias em Saúde              |
| COVID-19 | Coronavírus                                                            |
| E-Sic    | Sistema eletrônico do serviço de informação ao cidadão                 |
| FDA      | Food and Drugs Administration                                          |
| MAD      | Desvio médio absoluto                                                  |
| MAE      | <i>Mean Absolute Error</i>                                             |
| MAPE     | <i>Mean Absolute Percentage Error</i>                                  |
| MASE     | <i>Mean Absolute Scaled Error</i>                                      |
| ME       | <i>Mean Error</i>                                                      |
| MG       | Minas Gerais                                                           |
| MPE      | <i>Mean Percentage Error</i>                                           |
| MS       | Ministério da Saúde                                                    |
| OMS      | Organização Mundial da Saúde                                           |
| PACF     | Autocorrelação parcial                                                 |
| PCDT     | Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas                            |
| PNAF     | Política Nacional de Assistência Farmacêutica                          |
| PNM      | Política Nacional de Medicamentos                                      |
| RMSE     | <i>Root Mean Square Error</i>                                          |
| RT-PCR   | Reação de Transcriptase combinada com a Reação em Cadeia da Polimerase |
| SEH      | Suavização Exponencial de Holt                                         |
| SES      | Suavização Exponencial Simples                                         |
| SES/MG   | Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais                          |
| SIGAF    | Sistema Integrado de Gerenciamento da Assistência Farmacêutica         |
| SUS      | Sistema Único de Saúde                                                 |
| URS      | Unidade Regional de Saúde                                              |

|     |                              |
|-----|------------------------------|
| UTI | Unidade de Terapia Intensiva |
| VSR | Vírus Sincicial Respiratório |
| URS | Unidade Regional de Saúde    |
| VSR | Vírus Sincicial Respiratório |

## SUMÁRIO

|                                                                                                                            |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>APRESENTAÇÃO DA TRAJETÓRIA PROFISSIONAL E IMPLICAÇÕES DO TEMA NA PRÁTICA .....</b>                                      | <b>16</b> |
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                  | <b>17</b> |
| 1.1 Objetivos .....                                                                                                        | 19        |
| 1.1.1 Objetivo geral .....                                                                                                 | 19        |
| 1.1.2 Objetivos específicos .....                                                                                          | 20        |
| 1.2 Justificativa .....                                                                                                    | 20        |
| <b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                                                                                         | <b>22</b> |
| 2.1 O Vírus Sincicial Respiratória (VSR) e seu impacto para os serviços de saúde .....                                     | 22        |
| 2.2 O Anticorpo Palivizumabe: ação, benefícios, apresentação e posologia .....                                             | 23        |
| 2.3 O Palivizumabe: incorporação, portarias e custo .....                                                                  | 25        |
| 2.4 O Palivizumabe e as políticas nacionais .....                                                                          | 27        |
| 2.5 Critérios para fornecimento do Palivizumabe .....                                                                      | 28        |
| 2.6 Fluxo de acesso ao Palivizumabe .....                                                                                  | 29        |
| 2.7 Programação, consumo histórico, distribuição e previsão de demanda do Palivizumabe pela Assistência Farmacêutica ..... | 33        |
| 2.8 A escolha e os modelos de previsão de demanda .....                                                                    | 35        |
| <b>3 METODOLOGIA .....</b>                                                                                                 | <b>40</b> |
| 3.1 Método e abordagem da pesquisa .....                                                                                   | 40        |
| 3.2 Finalidade da pesquisa .....                                                                                           | 40        |
| 3.3 Objeto de estudo e período .....                                                                                       | 41        |
| 3.4 Critérios de inclusão e de exclusão da pesquisa .....                                                                  | 41        |
| 3.5 Coleta de dados .....                                                                                                  | 41        |
| 3.6 Análise de dados .....                                                                                                 | 42        |
| 3.7 Aplicabilidade dos modelos de previsão de demanda .....                                                                | 43        |
| 3.8 Cuidados éticos .....                                                                                                  | 49        |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                                                                      | <b>50</b> |
| 4.1 Pacientes, consumo anual e por dose de Palivizumabe de 2014 a 2024 .....                                               | 50        |
| 4.2 Solicitações de Palivizumabe deferidas a cada ano, segundo os critérios de inclusão para uso .....                     | 52        |
| 4.3 Modelo de Regressão Linear Simples .....                                                                               | 53        |

|                                                                                                                                                     |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.4 Modelo de Suavização Exponencial Simples (SES) .....                                                                                            | 55        |
| 4.5 Modelo de Suavização Exponencial de Holt (SEH) .....                                                                                            | 57        |
| 4.6 Modelo ARIMA .....                                                                                                                              | 58        |
| 4.7 Avaliação e comparação dos modelos de previsão de demanda e<br>consumo estimado para o próximo período de fornecimento do<br>Palivizumabe ..... | 65        |
| 4.8 Limitação do estudo .....                                                                                                                       | 67        |
| <b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                                                                                                 | <b>68</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                             | <b>70</b> |
| <b>APÊNDICES .....</b>                                                                                                                              | <b>78</b> |
| <b>ANEXO .....</b>                                                                                                                                  | <b>95</b> |

## **APRESENTAÇÃO DA TRAJETÓRIA PROFISSIONAL E IMPLICAÇÕES DO TEMA NA PRÁTICA**

A autora possui graduação em Farmácia (2011), é especialista em Farmacologia aplicada em Prática Clínica (2014) e, até 2015, teve experiência profissional como farmacêutica em drogaria. Em seguida, iniciou sua trajetória profissional na Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES/MG).

Atualmente, é especialista em Políticas e Gestão da Saúde, em exercício na SES/MG, atuando na Coordenação de Assistência Farmacêutica da Superintendência Regional de Saúde de Belo Horizonte. Ao ingressar na SES/MG, em 2015, trabalhou no Componente Especializado da Assistência Farmacêutica e, desde 2017, atua no Componente Básico e Estratégico da Assistência Farmacêutica.

Em 2019, tornou-se especialista em Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte, com resumo de trabalho de conclusão de curso publicado em livro. A especialização em gestão foi um marco para prosseguir para o mestrado profissional, também na mesma área.

A vivência da autora com diversos programas da Assistência Farmacêutica a fez compreender a importância de propiciar uma atenção ao fluxo do medicamento Palivizumabe, visto que o seu fornecimento ocorre no período sazonal do vírus por meio de solicitações. Como as solicitações de Palivizumabe, a cada ano, são variáveis, isso a fez pensar na elaboração do produto técnico de painel visando maior controle e contendo todo o histórico de consumo do medicamento desde o primeiro ano de sua distribuição, além da previsão de demanda, o que possibilitará na melhoria no processo de trabalho.

Desde a sua atuação na Secretaria de Estado de Saúde, teve a oportunidade de implementar melhorias de processos de trabalho, o que demonstra o interesse da autora em contribuir com os conhecimentos adquiridos para o aprimoramento dos Serviços de Saúde e Políticas Públicas.

## 1 INTRODUÇÃO

O Palivizumabe é um anticorpo imunoglobulina monoclonal capaz de fornecer proteção contra o Vírus Sincicial Respiratório (VSR), sendo composto de 95% de aminoácidos humanos e 5% murinos (Wang *et al.*, 2008). Ao contrário do que pode parecer, o Palivizumabe não tem por característica o de ser uma vacina. Como ainda não há uma vacina capaz de prevenir o vírus, a imunoglobulina se mostra responsável por induzir a imunização passiva contra o VSR (Lima; Archondo; Silva, 2020).

A imunização passiva se apresenta como um tipo de proteção contra doenças que ocorre quando uma pessoa recebe anticorpos prontos de outra fonte, ao invés de produzir esses anticorpos por si mesma. Essa imunização fornece uma defesa rápida contra infecções, mas essa proteção tem um caráter temporário, pois os anticorpos vão desaparecendo com o tempo.

De outro, a vacina assume uma forma de imunização ativa, pois contém partes do vírus ou bactéria (ou uma versão inativada ou atenuada), que estimulam o próprio sistema imunológico a produzir anticorpos e memória contra a doença. Assim, a vacina leva algum tempo para fazer efeito, mas oferece uma proteção mais duradoura, pois o corpo aprende a reconhecer e adquirir a defesa (Ferreira, 2018).

O VSR pode ser considerado um dos principais agentes etiológicos das infecções que acometem o trato respiratório inferior entre lactentes e crianças menores de dois anos de idade, podendo ser responsável por até 75% das bronquiolites e 40% das pneumonias durante os períodos de sazonalidade. O termo sazonalidade significa algo que acontece em períodos específicos (Moura, 2017). Nesta pesquisa, sazonalidade considera-se o período de ação do VSR, sendo também o período limitado de fornecimento do Palivizumabe.

A infecção causada pelo VSR, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), tem sido responsabilizada por cerca de 60 milhões de infecções com 160.000 mortes anuais em todo o mundo (Sociedade Brasileira de Pediatria, 2023). As doenças respiratórias tornaram-se umas das principais causas para elevação do número de consultas e internações, acometendo crianças e sendo apontado como a principal causa de mortalidade infantil (Checcia *et al.*, 2011).

O Palivizumabe, tem sido considerado seguro, bem tolerado e eficaz, com resultados favoráveis de redução da hospitalização por VSR (Gonçalves *et al.*, 2018). Apesar do custo elevado da imunoglobulina Palivizumabe, durante o surto nosocomial

de VSR, não existe um fármaco específico para eliminar o vírus ou para evitar complicações e internações que podem ser ainda mais dispendiosas, o que reforça a importância da prevenção (Prado, 2024).

O Palivizumabe apresenta elevado custo e não está, obrigatoriamente, vinculado a programas de imunização na saúde pública. A sua disponibilização no Sistema Único de Saúde de Minas Gerais (SUS/MG), se efetiva anualmente no período de sazonalidade do VSR e, somente, perante a análise das solicitações, considerando os critérios de inclusão para fornecimento (Minas Gerais, 2021a).

As solicitações administrativas do Palivizumabe na Unidade Regional de Saúde de Belo Horizonte (URS-BH), são recebidas na Farmácia de Minas, no componente estratégico da Coordenação de Assistência Farmacêutica (CAF), da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais (SES/MG) (Minas Gerais, 2021a). Farmácia de Minas se apresenta como um programa de assistência farmacêutica oferecido pelo SUS no estado de Minas Gerais (MG), sendo reconhecida como estabelecimento de saúde e referência de serviços farmacêuticos para a população adscrita (Minas Gerais, 2021a).

A população que atende aos critérios do Protocolo Clínico e Diretrizes Terapêuticas (PCDT) para uso do Palivizumabe e deferida para o recebimento, segundo os critérios de inclusão são: crianças prematuras nascidas com idade gestacional  $\leq 28$  semanas (até 28 semanas e seis dias) com idade inferior a um ano (até 11 meses e 29 dias); crianças com idade inferior a dois anos (até um ano, 11 meses e 29 dias) com doença pulmonar crônica da prematuridade (displasia broncopulmonar), com idade gestacional  $\leq 37$  semanas (até 36 semanas e 6 dias); e crianças com idade inferior a dois anos (até um ano, 11 meses e 29 dias) com doença cardíaca congênita com repercussão hemodinâmica demonstrada. Se deferida a utilização conforme a solicitação, o paciente será encaminhado para um polo para agendamento da aplicação (Brasil, 2022a).

A programação do Palivizumabe se constitui em uma das etapas realizadas pela assistência farmacêutica e consiste em estimar quantidades a serem adquiridas, possuindo influência direta sobre o abastecimento e o acesso ao item. Para isso, faz-se necessário o levantamento do consumo histórico, pois ele influencia a análise do uso do item, possibilitando estimar as necessidades mediante à previsão de demanda, habilidade importante para prever a necessidade futura (Silva; Alvim, 2020).

A série temporal analisada, tem sido apontada como uma ferramenta estatística fundamental para realizar a previsão de demanda. Essa ferramenta consiste no conjunto de dados coletados em intervalos regulares de tempo, como horas, dias, semanas, meses ou anos. Esses dados podem ser utilizados para analisar padrões e tendências ao longo do tempo, permitindo a antecipação de necessidades futuras (Brockwell; Davis, 2016).

Os modelos de previsão de demanda visam diminuir as oscilações de falta ou excesso de estoque, sendo importante para a gestão organizacional e orçamentária (Ackermann; Sellitto, 2022). Além disso, o estudo da previsão de demanda na prática assistencial também se torna valioso, porque ajuda a garantir que os recursos de saúde, como o medicamento Palivizumabe, estejam disponíveis no momento certo e na quantidade adequada.

Como a demanda de Palivizumabe depende de cada período sazonal do vírus, o quantitativo a ser programado pela CAF/URS-BH sofre variação, pois depende do número de pacientes na atualidade, além da necessidade de prever o seu uso, em função de perdas que podem vir a acontecer, como descartes de doses de frasco aberto ou avarias, ou mesmo, o aumento do número de pacientes. Dessa forma, a dificuldade de realizar uma programação mais eficaz e confiável, se configura num problema para a gestão.

Considerando esse cenário, tem-se a seguinte pergunta de pesquisa: Como prever a programação do Palivizumabe de forma mais assertiva a cada ano nos períodos sazonais do VSR e de fornecimento do medicamento?

A partir da pergunta que gerou esta pesquisa surgiu a necessidade de testar modelos de previsão de demanda, comparando-os para identificar o de melhor desempenho para aplicabilidade no fluxo de fornecimento do Palivizumabe.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo geral

Realizar a previsão de demanda e estimar o consumo de Palivizumabe a partir das solicitações deferidas na CAF da URS-BH da SES/MG, para profilaxia em crianças contra o VSR nos próximos períodos de fornecimento do medicamento.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Contabilizar o número de pacientes com solicitações deferidas para uso do Palivizumabe a cada período sazonal do VSR;
- quantificar o consumo anual e por dose de aplicação de Palivizumabe da URS-BH de 2014 a 2024;
- verificar as solicitações de Palivizumabe a cada ano, segundo os critérios de inclusão para uso;
- avaliar a aplicabilidade de modelos de previsão de demanda à série analisada; e
- apresentar uma comparação entre os modelos de previsão de demanda, avaliando as métricas, identificando o modelo com menor erro e com maior acurácia.

### 1.2 Justificativa

A análise histórica das solicitações de Palivizumabe faz-se necessária para trazer esclarecimentos e contribuições quanto a prever a demanda com programações mais assertivas para os próximos períodos de fornecimento, visando, dentre outros fatores, a otimização do recurso público. Nesse sentido, o presente estudo articula o seu objeto diretamente com a linha de pesquisa em Política, Planejamento e Avaliação em Saúde, uma vez que pode contribuir na reflexão, avaliação, aprendizado e execução dos processos de trabalho.

A análise e comparação do consumo a cada ano tem a sua importância, principalmente para subsidiar as perspectivas e os planejamentos do Palivizumabe na CAF/URS-BH para os próximos períodos de solicitações junto à Superintendência de Assistência Farmacêutica da Secretaria de Estado de Saúde, ao reportar a demanda para o Ministério da Saúde (MS). Assim, existe a motivação para viabilizar o planejamento (evitando sobra excessiva, falta, perda por validade, remanejamentos emergenciais ou solicitações extras) considerando, principalmente, o abastecimento eficiente por meio da programação efetiva.

Com o levantamento das solicitações de Palivizumabe deferidas, segundo os critérios de inclusão, número de pacientes e o consumo histórico do medicamento, foi

possível criar um painel de controle desse item (produtos técnicos) com todas as informações necessárias para realização da previsão de demanda. Os produtos técnicos, destinados principalmente para a CAF/URS-BH (âmbito regional), também podem contribuir no âmbito central da SES/MG, por realizar a programação final de todas as regionais e encaminhar ao Ministério da Saúde, visando o aprimoramento na gestão desse item por parte dos gestores.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O Vírus Sincicial Respiratória (VSR) e seu impacto para os serviços de saúde

O VSR consiste em um vírus de RNA (ácido ribonucleico) de fita negativa não segmentado, envelopado, da família viral Paramyxoviridae com dois subgrupos antigênicos, A e B. A infecção causada pelo VSR pode causar manifestações agudas de doenças do trato respiratório superior e inferior, acometendo principalmente crianças menores de dois anos de idade (Moura, 2017). O VSR pode ser considerado responsável por grande número de casos de bronquiolite viral aguda e pneumonias. Apesar de apresentar uma taxa de mortalidade baixa, as hospitalizações decorrentes das infecções por VSR são ocorrências comuns (Mena, Oliveira; Reis, 2020).

Lactentes menores de seis meses de idade, principalmente prematuros, crianças com doença pulmonar crônica da prematuridade (displasia broncopulmonar) e cardiopatas fazem parte da população de maior risco para desenvolver infecção respiratória mais grave e necessitar de internação por desconforto respiratório agudo (Brasil, 2013). Nessas populações, as condições associadas ao desenvolvimento de doença grave são decorrentes do sistema imune imaturo, reduzida transferência de anticorpos maternos e menor calibre das vias aéreas, acrescidos da baixa reserva energética, frequente desmame precoce, anemia, infecções de repetição e uso de corticóides, tornando-as mais suscetíveis à ação do VSR (Garegnani *et al.*, 2021).

As infecções pelo VSR acarretam elevado impacto financeiro ao sistema de saúde público ou privado, devido aos gastos com internações que geram elevados custos hospitalares e grandes impactos econômicos no sistema de saúde, além dos serviços adicionais necessários para a recuperação clínica dos pacientes (Silva *et al.*, 2024). Além disso, o VSR, durante o seu surto, causa grande repercussão aos dados epidemiológicos e na gestão organizacional dos serviços de saúde (Brasil, 2023).

A transmissão do VSR se dá por intermédio do contato direto com secreções respiratórias de pessoas doentes ou de objetos contaminados. Os primeiros sintomas se parecem com o de resfriado, com o nariz escorrendo, tosse e febre. Podem ocorrer dificuldade ao respirar, chiado no peito e insuficiência respiratória, atingindo olhos, boca ou nariz (Tibúrcio; Carvalheira; Gonçalves, 2023). A maioria dos pacientes inicia a recuperação em cerca de sete dias, entretanto, crianças podem desenvolver

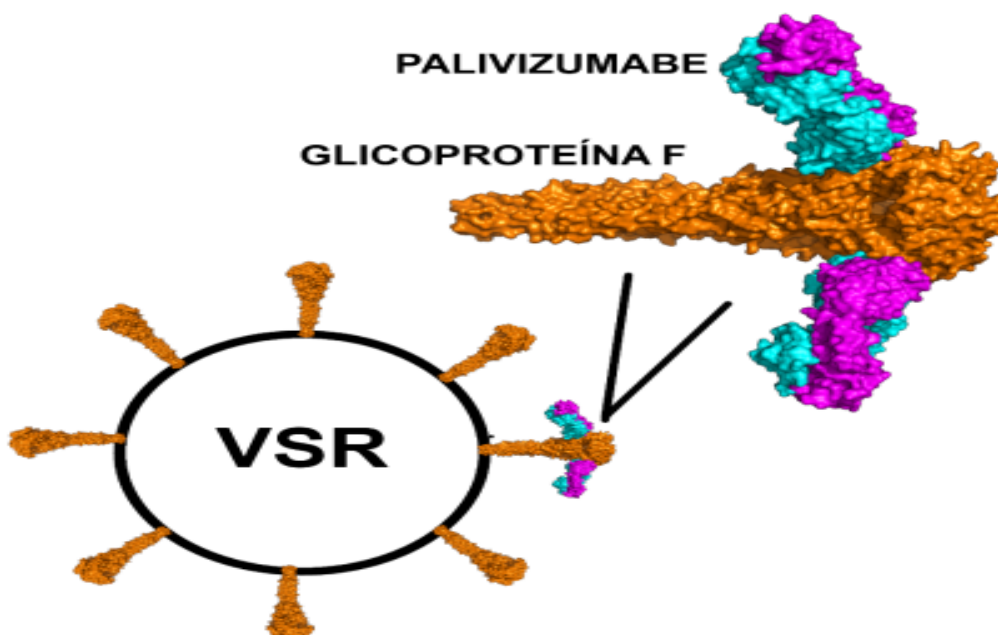
alterações respiratórias crônicas e sendo mais propensas à asma no futuro (Bueno *et al.*, 2021).

Mesmo com o diagnóstico sendo clínico, a identificação e confirmação do VSR acontece mediante aos exames laboratoriais, entre eles os testes rápidos e ensaios moleculares como o de Reação de Transcriptase combinada com a Reação em Cadeia da Polimerase (RT-PCR) que detectam o antígeno viral. Não há tratamento específico para o VSR e, diante de um quadro grave, faz-se imprescindível a hospitalização para oxigenoterapia e outras medidas de suporte. Pode ser necessário o uso de respiradores mecânicos e, até mesmo, intubação em ambiente de Unidade de Terapia Intensiva (UTI) (Lopes *et al.*, 2024).

## 2.2 O Anticorpo Palivizumabe: ação, benefícios, apresentação e posologia

O Palivizumabe, um anticorpo monoclonal, imunoglobulina, atua interagindo com a glicoproteína F do VSR localizada na superfície viral, bloqueando a ligação e absorção pelos receptores, inibindo sua fusão nas células do hospedeiro e a propagação do VSR, apresentando uma atividade inibitória e neutralizante (Figura 1) (Brasil, 2022a).

Figura 1 – Interação do Palivizumabe com a glicoproteína F do VSR



Fonte: Sociedade Brasileira de Pediatria (2023).

A diferença entre soro e vacina está na maneira como são produzidos e como produzem respostas no organismo. Os soros homólogos, conhecidos também como imunoglobulinas humanas, são produzidos a partir de doação de plasma de pessoas com altos níveis de anticorpos no sangue, que deverá ser testado, visando à produção de diferentes imunoglobulinas para proteção passiva (recebe anticorpo pronto) no organismo humano. As vacinas são produzidas por intermédio de atenuação ou inativação de vírus e bactérias que estimulam o próprio sistema imunológico a produzir anticorpos e memória contra a doença (Gonzales *et al.*, 2023).

A profilaxia com o anticorpo monoclonal humanizado Palivizumabe pode ser considerada uma ferramenta comprovada contra o VSR. Se apresenta como um dos investimentos em saúde mais rentáveis, sendo clinicamente eficaz para reduzir os riscos de infecção do trato respiratório inferior pelo VSR, adquirido pelo Ministério da Saúde e distribuído aos estados (Wang *et al.*, 2008).

Apresenta grandes benefícios e tem se mostrado satisfatória na prevenção das doenças graves pelo VSR por sua atividade específica, neutralizante e inibitória da fusão contra esse vírus. Reduz de 45% a 55% a taxa de hospitalização relacionada a infecção gerada pelo vírus, além de ser associada à redução da mortalidade entre as crianças com critério para a utilização do medicamento (Lima; Archondo; Silva, 2020).

A segurança e a eficácia do Palivizumabe são consistentes, reduz hospitalizações relacionadas ao VSR, internações e necessidade de ventilação mecânica. Passou a ser utilizado na profilaxia de infecção por VSR em diversos países do mundo, a partir das evidências científicas do risco de internação nos grupos mais suscetíveis às complicações causadas por esse vírus (Li, 2022).

Atualmente, comercializa-se o Palivizumabe no Brasil em caixa com frasco ampola de vidro incolor de 0,5 mL ou de 1 mL na forma de solução injetável, ambas contendo a concentração de 100mg/mL. Não há a necessidade de diluir, pois a solução injetável tem a sua formulação pronta para uso, eliminando o processo de reconstituição, tornando a sua preparação mais simples e rápida (Astrazeneca, 2023).

O Palivizumabe deve ser armazenado na embalagem original do produto, sob refrigeração entre 2° a 8°C, não devendo ser congelado, mantendo-se próprio para o consumo dentro do prazo de validade indicado pelo fabricante. Possui estabilidade informada pelo fabricante de três horas após a primeira perfuração. O uso deve ser feito, exclusivamente, por via intramuscular, de preferência na face anterolateral da coxa, usando a técnica asséptica, conforme prescrição médica. Os volumes

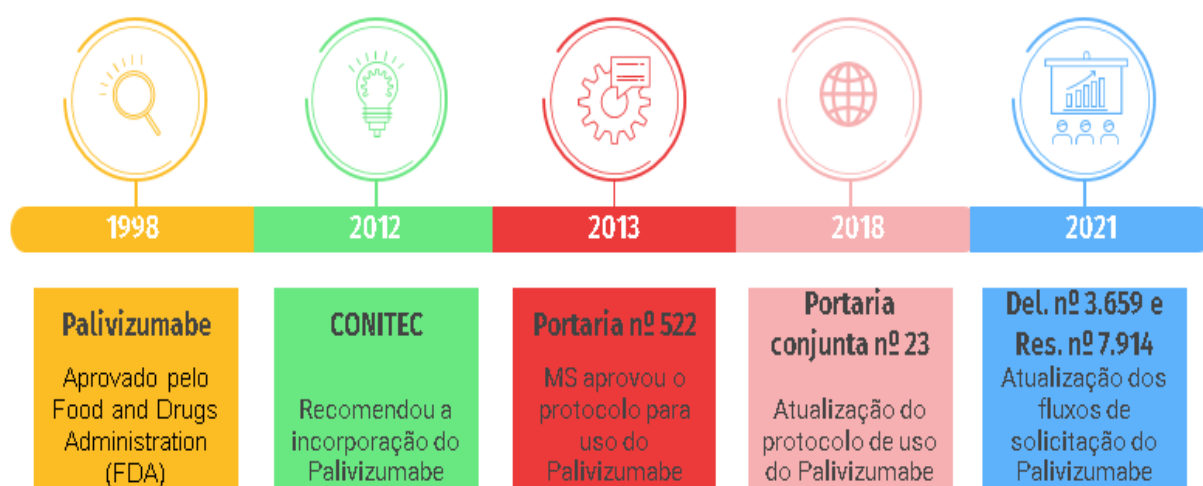
superiores a 1mL devem ser administrados em doses divididas (Minas Gerais, 2021b).

A dose preconizada para aplicação do Palivizumabe deve ser de 15mg/Kg de peso corporal, uma vez por mês, podendo ser aplicado somente durante o período de sazonal do VSR e no total de, no máximo, cinco aplicações durante cinco meses consecutivos, dependendo do critério de análise e deferimento da solicitação. As crianças devem ser pesadas no dia da administração da medicação, a fim de obter o peso exato para cálculo da dose a ser aplicada e, a aplicação, deve ser registrada na caderneta de vacinação da criança (Brasil, 2022a).

### 2.3 O Palivizumabe: incorporação, portarias e custo

O Palivizumabe foi aprovado pelo *Food and Drugs Administration* (FDA) em 1998. Em 2012, a pedido da Justiça Federal da 4ª região (seção judiciária do Rio Grande do Sul), o Palivizumabe foi analisado para incorporação e uso no SUS e foi recomendada sua incorporação durante a 7ª Reunião Ordinária da Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias no SUS (Conitec) (Figura 2) (Brasil, 2013).

Figura 2 – Linha do tempo da incorporação, protocolo de uso e atualização de fluxos do Palivizumabe



Fonte: Adaptado de Minas Gerais (2021a).

O Ministério da Saúde, por meio da Portaria de nº 522 de 2013, aprovou o protocolo para o uso clínico do Palivizumabe. Em 2018, houve a publicação da atualização do protocolo de uso do Palivizumabe para prevenção da infecção pelo VSR, por meio da Portaria Conjunta nº 23 e, posteriormente, a aprovação e

atualização dos fluxos de solicitação por intermédio da Deliberação CIB- SUS/ MG nº 3.659, de 9 de dezembro de 2021 e da Resolução SES/MG nº 7.914, de 9 de dezembro de 2021 (Minas Gerais, 2021a).

No Brasil, desde 2011, a Conitec passou a assessorar o Ministério da Saúde, ao se tornar o órgão responsável pelas avaliações das demandas por incorporação de novas tecnologias em saúde (Brasil, 2011a). A criação da Conitec representou um importante passo no desenvolvimento e institucionalização das Avaliações de Tecnologias em Saúde no país, ao subsidiar, por meio do uso das melhores evidências científicas disponíveis, os processos de tomada de decisão de cobertura de serviços de saúde, contribuindo para aumentar a transparência e a responsabilização do processo de decisão (Caetano; Silva; Pedro, 2017).

À Conitec foi atribuída a responsabilidade de incorporação, exclusão ou alteração de medicamentos, produtos e procedimentos ofertados pelo SUS, bem como a constituição ou a alteração dos PCDT. Estes são elaborados pelo Ministério da Saúde ou por instituições de saúde que estabelecem recomendações e orientações que visam garantir o melhor cuidado de saúde possível diante do contexto e dos recursos disponíveis no SUS.

Os PCDT's são documentos com materiais educativos que ajudam os profissionais de saúde a oferecer o cuidado mais padronizado, eficiente e baseado em evidências científicas, garantindo que os pacientes recebam o melhor tratamento possível com a regulamentação da conduta assistencial e explicitação de direitos aos usuários (Caetano; Silva; Pedro, 2017). Utilizam evidências científicas para sua elaboração, explicitando os critérios de eficácia, segurança, efetividade e custo-efetividade para a formulação das recomendações sobre intervenções em saúde (Brasil, 2013).

Dentre as avaliações que subsidiam a incorporação de tecnologias, a análise de impacto orçamentário consiste em uma das etapas finais das Avaliações de Tecnologias em Saúde. Pode ser compreendida como a avaliação das consequências financeiras advindas da incorporação de uma tecnologia em saúde e dentro de um determinado cenário. O uso em larga escala do Palivizumabe não foi possível em razão do custo elevado da medicação (Tabela 1). Por esse motivo, há os critérios de inclusão dos pacientes que podem utilizar o Palivizumabe de forma gratuita disponibilizado pelo SUS (Izidoro, 2019).

Tabela 1 – Valor de custo do Palivizumabe

| Medicamento                     | Valor proposto pelo fabricante | Valor máximo de venda ao Governo | Valor médio praticado em compras públicas |
|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------|
| Synagis®<br>Palivizumabe 0,5 mL | R\$1.177,87                    | R\$2.989,20                      | R\$1.072,60                               |
| Synagis®<br>Palivizumabe 1,0 mL | R\$2.676,88                    | R\$5.978,30                      | R\$2.145,00                               |

Fonte: Adaptado de Brasil (2023).

## 2.4 O Palivizumabe e as políticas nacionais

O Palivizumabe tem por característica o de ser um medicamento imunobiológico que corresponde a anticorpos com o objetivo induzir a imunização contra o VSR. Nesse caso, integra-se a PNM e a PNAF (Albuquerque *et al.*, 2014). A PNM e a PNAF, aprovadas em 1998 e 2004 respectivamente, estabeleceram, entre suas diretrizes e eixos estratégicos, a garantia do acesso da população a medicamentos e a promoção do seu uso racional (Moraes *et al.*, 2022). Definiram, ainda, como lista orientadora da oferta pública, a Relação Nacional de Medicamentos Essenciais, assim entendidos aqueles produtos essenciais e indispensáveis para atender a maioria dos problemas de saúde da população, a qual consta o Palivizumabe (Brasil, 2022b).

A PNM, aprovada pela Portaria n. 3.916/98, tem o dever desafiador de assegurar o acesso aos medicamentos à população, resguardando os princípios de equidade e justiça social, garantindo a disponibilidade de produtos seguros, eficazes e de qualidade, além de promover o uso racional por parte dos profissionais de saúde e usuários. No contexto da PNM foram definidas as prioridades e responsabilidades da assistência farmacêutica, entendida como um conjunto de ações interligadas relacionadas ao medicamento, compreendendo desde o seu processo de seleção até sua prescrição e dispensação (Brasil, 2000).

A PNAF, aprovada por meio da Resolução n. 338, de 6 de maio de 2004, surgiu a partir das deliberações da 12ª Conferência Nacional de Saúde. Faz parte da Política Nacional de Saúde, envolvendo um conjunto de ações voltadas à promoção, proteção e recuperação da saúde e garantindo os princípios da universalidade, integralidade e equidade. Dessa forma, a aquisição de medicamentos e sua devida distribuição pelo SUS teve maior respaldo na legislação (Brasil, 2004).

A Assistência Farmacêutica trata de um conjunto de ações voltadas tanto para

o individual como para o coletivo, tendo o medicamento como insumo essencial e visando o acesso e ao seu uso racional. Essas ações envolvem a pesquisa, o desenvolvimento e a produção de medicamentos e insumos, bem como a sua seleção, programação, aquisição, distribuição, dispensação, garantia da qualidade dos produtos e serviços, acompanhamento e avaliação de sua utilização. Todos esses processos envolvem diretamente na previsão de demanda (Brasil, 2004).

O ciclo da assistência farmacêutica se mostra como um processo que garante o cuidado integral ao paciente. Nesse sentido, a gestão da assistência farmacêutica ganhou ainda mais importância na saúde pública. Isso porque o medicamento deve ser entendido como um insumo prioritário, onde a falta pode significar a interrupção do tratamento, afetando diretamente a qualidade de vida da população (Gerlack *et al.*, 2017).

## 2.5 Critérios para fornecimento do Palivizumabe

A incorporação do Palivizumabe pela Conitec para a prevenção da infecção pelo VSR tem seu uso indicado e tendo o seu deferimento para os seguintes critérios:

- crianças prematuras nascidas com idade gestacional  $\leq 28$  semanas (até 28 semanas e seis dias) com idade inferior a um ano (até 11 meses e 29 dias);
- crianças com idade inferior a dois anos (até um ano, 11 meses e 29 dias) com doença pulmonar crônica da prematuridade (displasia broncopulmonar) com idade gestacional  $\leq 37$  semanas (até 36 semanas e seis dias); e
- crianças com idade inferior a dois anos (até um ano, 11 meses e 29 dias) com doença cardíaca congênita com repercussão hemodinâmica demonstrada (Sociedade de Pediatria do Distrito Federal, 2022).

No segundo ano de vida não deve ser considerada a indicação de profilaxia durante o período sazonal do VSR nas seguintes condições (critérios de indeferimento):

- crianças que preencham critério de doença pulmonar crônica da prematuridade e que não necessitaram de tratamento de suporte. A profilaxia com Palivizumabe deve ser considerada quando continuam necessitando de tratamento de suporte como o uso de corticoide para doença pulmonar crônica, diurético ou suplemento de oxigênio durante os seis últimos meses

antes do início do segundo ano de uso.

- crianças que preenchem critério de cardiopatia congênita e que não possui risco elevado de infecção por VSR e, portanto, não está indicada imunoprofilaxia: a) recém-nascido e lactentes com doença cardíaca sem repercussão hemodinâmica: pacientes com cardiopatia do tipo acianóticas devem estar em uso de medicamentos específicos da doença; b) crianças com lesão cardíaca corrigida por cirurgia, a não ser que continue precisando de medicamentos para insuficiência cardíaca; e c) lactentes com cardiopatia leve sem uso de medicamentos para esta doença (Brasil, 2018).

## 2.6 Fluxo de acesso ao Palivizumabe

A CAF/URS-BH pertence à SES/MG, onde foi criado o programa Farmácia de Minas. O Programa Farmácia de Minas, uma iniciativa do governo de Minas Gerais, tem por objetivo ampliar o acesso aos medicamentos e melhorar a assistência farmacêutica no estado. Ele busca garantir que a população tenha acesso a medicamentos de forma mais eficiente, promovendo a qualidade, a segurança e a sustentabilidade do fornecimento. Classificados em três grupos, a depender das doenças para as quais são indicados (especializados, estratégicos e básicos), têm financiamento tripartite (União, Estado e municípios), exclusivo do Ministério da Saúde e, ainda, exclusivo do Governo de Minas Gerais (Minas Gerais, 2021a).

O Ministério da Saúde adquiri o Palivizumabe, sendo fornecido por meio do Componente Estratégico da Assistência Farmacêutica (CESAF), que tem por objetivo garantir que todos os cidadãos tenham acesso aos medicamentos, vacinas, soros, hemoderivados e imunoglobulinas, necessários para prevenir, diagnosticar, tratar e controlar doenças que são comuns em determinadas regiões, com impacto epidemiológico e socioeconômico, ou que afetam grupos vulneráveis (Minas Gerais, 2021c).

O CESAF, regulamentado por uma legislação federal, pela portaria GM/MS n. 4.114/2021, apresenta as normas e ações para o acesso aos medicamentos e insumos de programas estratégicos, no âmbito do SUS. A nível estadual, foi criada a Deliberação CIB-SUS/MG n. 3.987/2022, cujo objetivo foi o de garantir o acesso a medicamentos de qualidade para a população e definir como deverá ser o repasse financeiro para custear esse serviço (Minas Gerais, 2021c).



e perante análise da solicitação, sendo definido para o estado de Minas Gerais (região Sudeste) o período de recebimento das solicitações de janeiro a julho, com aplicação de fevereiro a julho e sazonal de março a julho (Figura 4) (Minas Gerais, 2021b).

Figura 4 – Período sazonal do VSR na região sudeste



Fonte: Brasil (2023b).

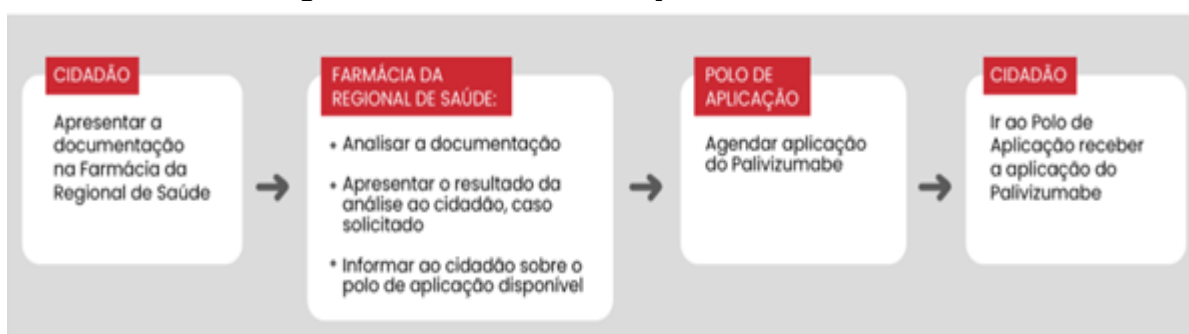
Por se tratar de uma profilaxia, ou seja, medida de controle e prevenção contra o VSR, o Palivizumabe, mesmo sendo considerado muito importante, não está, obrigatoriamente, vinculado aos programas de imunização da saúde pública (Minas Gerais, 2021b). Por isso, faz-se necessário a análise das solicitações por meio dos documentos:

- cópias do cadastro de pessoa física, da carteira de identidade do responsável, do comprovante de residência, do cartão nacional de saúde e da certidão de nascimento: e
- receita médica, formulário de solicitação, termo de consentimento, cópia do relatório de alta hospitalar (para pacientes prematuros cuja aplicação será ambulatorial), grau da doença e medicamentos utilizados (Minas Gerais, 2021a).

O médico preenche toda a documentação necessária para solicitação do Palivizumabe e o responsável pelo paciente. O representante do município ou hospital realiza a entrega da documentação na CAF/URS-BH. Na abertura da solicitação faz-se a pré escolha do polo de aplicação que será aprovado em caso de disponibilidade de vagas e se houver esgotamento de vagas será direcionado para outro polo.

A análise da solicitação deve ser efetuada na CAF/URS-BH em quatro dias úteis e, após esse prazo, o solicitante deverá entrar em contato com o setor de telefonia por intermédio do telefone informado para obter informação sobre o resultado do parecer. Se devolvido ou indeferido, poderá ter acesso ao parecer da solicitação para conhecimento e retorno ao médico para avaliação. Se deferido receberá o contato do polo de aplicação para agendamento das aplicações diretamente com a unidade hospitalar (Minas Gerais, 2021a). A figura 5 apresenta o fluxo de solicitação do Palivizumabe.

Figura 5 – Fluxo de solicitação do Palivizumabe



Fonte: Minas Gerais (2021d).

São oito os estabelecimentos de saúde credenciados como Polos de Aplicação de Palivizumabe:

- em Belo Horizonte: Hospital Infantil João Paulo II, Hospital Sofia Feldman, Hospital Júlia Kubitschek, Maternidade Odete Valadares, Unidade de Referência Secundária Saudade e Unidade de Referência Secundária Padre Eustáquio;
- em Betim: Hospital Público Regional de Betim; e
- em Contagem: Centro Materno Infantil de Contagem (Minas Gerais, 2021a).

Ocorrem também solicitações de unidade hospitalares do SUS (exemplo: Hospital João XXIII, Hospital Risoleta Tolentino Neves, Santa Casa de Belo Horizonte, Hospital Odilon Behrens e Hospital das Clínicas) que não são polos de aplicação, mas, nesse caso, se possuírem pacientes internados deferidos, receberão as doses para aplicações na unidade até a alta hospitalar e, posteriormente, serão transferidos para um polo para dar continuidade as aplicações (Minas Gerais, 2021a).

Após o deferimento, a CAF/URS-BH distribui o Palivizumabe para as unidades procederem com a aplicação do anticorpo e essas realizam o agendamento da

aplicação quando o responsável entra em contato. O controle de agendamento das aplicações ocorre no próprio hospital (Minas Gerais, 2021a).

## 2.7 Programação, consumo histórico, distribuição e previsão de demanda do Palivizumabe pela Assistência Farmacêutica

Programar consiste em estimar quantidades a serem adquiridas, para atender uma demanda de serviços em um período definido de tempo, possuindo influência direta sobre o abastecimento e o acesso ao item, sendo uma etapa imprescindível do ciclo da Assistência Farmacêutica. Para tanto, faz-se preciso dispor de dados de consumo, demandas atendidas e, ainda, não atendidas e estoques existentes (Coradi, 2019).

Consumo histórico consiste na análise do comportamento de consumo do item numa série histórica no tempo, possibilitando estimar as necessidades. Para calcular o consumo médio mensal do item a ser programado faz-se necessário observar o quantitativo consumido no tempo em que se pretende analisar e dividir pelo número de meses de utilização. Analisar a variação dos consumos de cada item em função do tempo deve ser considerado importante, bem como realizar o inventário do item, definir um ponto de reposição e prever um possível aumento ou diminuição da demanda. Por isso, a necessidade de se conhecer as características de uso do item (Silva; Alvim, 2020).

Além da programação, tem-se a distribuição, atividade que consiste no suprimento do item às unidades de saúde, em quantidade, qualidade e tempo oportuno. Para uma distribuição eficaz faz-se essencial um sistema de informação e controle, tais como rastreabilidade das distribuições realizadas, bem como as quantidades e lotes (Coradi, 2019).

A periodicidade com que os medicamentos são distribuídos às unidades operativas varia em função da programação, da capacidade de armazenamento e o nível da demanda local, tempo de aquisição, disponibilidade de transporte e de recursos humanos, entre outros. O intervalo de tempo entre as distribuições deve ser cuidadosamente observado, evitando-se o desabastecimento (Silva; Alvim, 2020).

Para a distribuição, algumas etapas são seguidas e avaliadas como análise da solicitação, processamento, preparação e liberação do pedido, conferência do item, registro de saída por ordem cronológica de prazo de validade, arquivamento da

documentação de saída assinada pela unidade que realizou a retirada (Coradi, 2019).

A programação e a distribuição de Palivizumabe realizadas pela CAF/URS-BH para prevenção do VSR, no âmbito do SUS/MG estão normatizadas pela Resolução SES/MG n. 7.914, de 9 de dezembro de 2021 (Minas Gerais, 2021a). Por meio do Sistema Integrado de Gerenciamento da Assistência Farmacêutica (SIGAF), a CAF/URS-BH realiza a programação e a distribuição aos polos de aplicação e unidades de internação, além de monitorar o seu uso pelas unidades (Minas Gerais, 2009).

O SIGAF é o *software* que auxilia na gestão da Assistência Farmacêutica no âmbito do SUS no estado de Minas Gerais e teve seu início em 2007. O sistema tem um papel essencial na qualificação e gestão da assistência farmacêutica (Minas Gerais, 2021a).

As Unidades hospitalares devem prestar contas por meio da entrada das notas de fornecimento no SIGAF. Todas as movimentações como a dispensação do item para o paciente no sistema, bem como acertos de estoques devem ser realizados mensalmente. A devolução de frascos restantes, se houver, devem ser realizadas no final do período sazonal do VSR pelo estabelecimento para a CAF/URS-BH, que reporta ao nível central da SES/MG que também deve prestar contas ao Ministério da Saúde (Minas Gerais, 2021a).

Dentro do contexto da programação, a previsão de demanda torna-se essencial, uma vez que essa habilidade de prever as necessidades futuras, permitindo que as organizações tenham capacidade de tomar decisões rápidas e precisas. As demandas previstas servem de ponto de partida para diversas tomadas de decisões, como por exemplo, no planejamento, distribuição e logística (Ackermann; Sellitto, 2022). Os modelos de previsão de demanda objetivam, também, a diminuir as oscilações de falta ou excesso de estoque. A gestão dos estoques na área de saúde, por meio do emprego de técnicas de previsão de demanda, se mostra relevante, visto que agrega importância não só econômica, mas, também, de prestação de serviço e atendimento ao usuário (Almeida; Amaral; Silva, 2022).

Dentre os modelos de previsão de demanda, os quantitativos de projeção histórica se dispõem de um número razoável de dados históricos e a tendência e variações sazonais são considerados (Almeida; Amaral; Silva, 2022). Partem da premissa de que o padrão de tempo futuro será uma repetição do passado, pelo menos em sua maior parte. Em outras palavras, quando os modelos de previsão com

série histórica, ou seja, com organização dos dados em ordem cronológica, são utilizados, a demanda atual, os padrões de crescimento, os padrões sazonais e históricos influenciarão em sua demanda futura (Ackermann; Sellitto, 2022).

## 2.8 A escolha e os modelos de previsão de demanda

A escolha dos modelos de previsão para realização da análise foi realizada considerando aqueles já existentes e mais utilizados em previsão de séries temporais. Esses modelos são amplamente utilizados devido à sua simplicidade e eficácia em capturar padrões em séries temporais. Além disso, são fundamentais para entender e analisar os dados em séries temporais curtas, considerando que o período de pesquisa foi de 2014 a 2024 (Makridakis; Wheelwright; Hyndman, 2008).

As séries temporais curtas podem apresentar um desafio maior nas análises e previsões. Como elas têm poucos dados disponíveis, fica mais difícil identificar padrões, tendências ou sazonalidades. Por isso, trabalhar com séries curtas exige cuidado na escolha dos modelos (Cruz-Nájera *et al.*, 2022). Na estatística, a sazonalidade refere-se a padrões e variações regulares que ocorrem em uma série temporal devido a fatores sazonais. Casos de VSR aumentam em determinado período do ano, com repetição desse padrão ao longo dos anos se enquadram numa sazonalidade (Latorre; Cardoso, 2001).

Nesse contexto, no presente estudo, foram escolhidos os modelos de Regressão Linear Simples, Suavização Exponencial Simples (SES), Suavização Exponencial de Holt (SEH) e *AutoRegressive Integrated Moving Average* (ARIMA) para análise.

A Regressão Linear Simples pode ser utilizada para modelar a relação entre uma variável dependente que se deseja prever ou entender (y) e uma variável independente usada para fazer a previsão ao longo do tempo (x). Pressupõe uma relação linear entre as variáveis (Montgomery; Peck; Vining, 2021).

O modelo de regressão tenta encontrar uma linha reta que melhor se ajuste aos dados observados. Essa linha é representada pela equação geral:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

Em que:

- Y: variável dependente;

- X: variável independente;
- $\beta_0$ : intercepto (valor de Y quando X = 0);
- $\beta_1$ : coeficiente angular (inclinação);
- $\varepsilon$ : erro aleatório (Castro; Ferreira, 2022).

Encontra-se a linha usando o método dos mínimos quadrados, que minimiza a soma dos quadrados das diferenças entre os valores observados e os valores previstos por ela. Assim, consegue-se a melhor aproximação possível dos dados. A utilidade do modelo está em permitir o entendimento da relação entre duas variáveis, facilitar previsões com base em dados históricos, sendo relativamente fácil de interpretar e aplicar (Bzovsky *et al.*, 2022).

A SES realiza previsões com base em uma média ponderada dos valores passados, na qual os dados mais recentes recebem maior peso. Controla-se essa ponderação por um parâmetro de suavização ( $\alpha$ ), que determina o quanto os valores mais recentes influenciam na previsão (Hyndman; Athanasopoulos, 2021). Isso, por ser um modelo de previsão de séries temporais que busca suavizar os dados históricos para identificar tendências e padrões de forma mais clara. Tem sido muito utilizado devido à sua simplicidade e eficiência na previsão de dados que apresentam comportamento relativamente constante ao longo do tempo, sem grandes variações ou tendências acentuadas (Moraes; Souza; Enami, 2023).

Este modelo consiste em atribuir pesos exponencialmente decrescentes às observações passadas, ou seja, as observações mais recentes têm maior influência na previsão futura do que as mais antigas. Tem-se, então, a fórmula básica da suavização exponencial simples é:

$$\hat{y}_{t+1} = \alpha y_t + (1 - \alpha)\hat{y}_t$$

Em que:

- $\hat{y}_{t+1}$ : previsão para o próximo período;
- $y_t$ : valor observado no tempo t;
- $\hat{y}_t$ : valor previsto no tempo t;
- $\alpha$ : parâmetro de suavização ( $0 < \alpha < 1$ ) (Moraes; Souza; Enami, 2023).

Valores próximos de 1 tornam o modelo mais responsivo às variações recentes, enquanto valores próximos de 0 produzem uma suavização mais forte, com menor sensibilidade às mudanças rápidas (Antunes; Cardoso, 2015).

A SES se mostra especialmente útil em contextos em que os dados apresentam um nível médio aproximadamente constante ao longo do tempo, sendo comum à sua

aplicação em áreas como: economia; finanças; controle de estoques; e previsão de demanda. Valoriza-se essa técnica por sua facilidade de implementação e por fornecer previsões rápidas e razoavelmente precisas em séries de dados relativamente estáveis (Moraes; Souza; Enami, 2023).

A SEH se apresenta como uma extensão do modelo de SES, projetada para lidar com séries temporais que apresentam tendência linear, ou seja, quando os dados mostram um padrão consistente de crescimento ou queda ao longo do tempo. Esse modelo utiliza dois parâmetros de suavização, o  $\alpha$  (alfa) que controla a sensibilidade do nível da série às mudanças recentes e, o  $\beta$  (beta), que regula a sensibilidade da tendência às variações recentes (Hunter; Hunter, 2018).

A SEH combina duas equações de suavização, uma para o nível (que representa o valor estimado da série no momento atual) e outra para a tendência (que representa a direção e a intensidade da mudança ao longo do tempo).

São elas:

Nível:

$$\ell_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(\ell_{t-1} + b_{t-1})$$

Tendência:

$$b_t = \beta(\ell_t - \ell_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1}$$

Previsão k passos à frente:

$$\hat{y}_{t+k} = \ell_t + k \times b_t$$

Em que:

- $\ell_t$ : componente de nível;
- $b_t$ : componente de tendência;
- $\alpha, \beta$ : parâmetros de suavização (entre 0 e 1) (Hunter; Hunter, 2018).

Tem-se no nível uma média ponderada entre o valor atual e a previsão anterior (que é o nível anterior mais a tendência). A tendência deve ser ajustada com base na mudança entre o novo nível e o anterior, suavizando as variações. Obtém-se a previsão futura somando o nível atual com a tendência (Santos, 2020).

O modelo SEH, desenvolvido por Charles Holt em 1957, tem sido amplamente utilizado em contextos em que os dados apresentam uma tendência linear ao longo do tempo (Montgomery; Jennings; Kulahci, 2008). Sua utilidade está em permitir que

as previsões acompanhem essa tendência, oferecendo resultados mais precisos do que a SES (Cruz-Nájera *et al.*, 2022).

O modelo ARIMA, técnica estatística amplamente utilizada para análise e previsão de séries temporais, combina três componentes:

- Autorregressivo: utiliza valores passados da série para prever o futuro, assumindo que o valor atual da série está na combinação linear dos valores passados.
- Integrado: envolve a diferenciação dos dados para torná-los estacionários, ou seja, remover tendências e sazonalidades. Isso deve ser feito para garantir que a série temporal seja estável e possa ser modelada com precisão.
- Média móvel: utiliza os erros passados (resíduos) como variáveis explicativas para melhorar a previsão. Ele assume que os erros passados têm um impacto nos valores futuros da série (Latorre; Cardoso, 2001).

Um conceito central ao ARIMA é o de estacionariedade. Muitos fenômenos reais, no entanto, não são estacionários, exigindo uma etapa de diferenciação para estabilizar a média e permitir a modelagem ARIMA. Esse processo pode ser repetido até que a série se torne estacionária. O número de diferenciações realizadas determina o parâmetro “d” do modelo (Cambuí, 2023). A parte autorregressiva descreve uma série como uma combinação linear de seus próprios valores passados. O modelo autorregressivo de ordem “p” e a parte de média móvel representa a dependência entre o valor atual da série e os erros passados do modelo de ordem “q” (Silva; Santos, 2021).

O modelo ARIMA (p, d, q) tem a sua utilização na representação de séries temporais que, após diferenciação, tornam-se estacionárias. Ele combina componentes autorregressivos de média móvel e de diferenciação para modelar a estrutura da série. A construção de um modelo ARIMA envolve três etapas principais:

- Identificação (que análise gráfica e estatística como as funções ACF e PACF), para determinar os valores adequados de p, d e q;
- Estimação (ajuste do modelo aos dados);
- Diagnóstico (verificação dos resíduos para avaliar a adequação do modelo) (Lima; Laporta, 2021).

Sua equação é:

$$\phi(B)(1 - B)^d y_t = \theta(B)\epsilon_t$$

Em que:

- $y_t$ : valor observado no tempo  $t$ ;
- $B$ : operador de defasagem ( $B y_t = y_{t-1}$ );
- $\phi(B)$ : parte autorregressiva (AR);
- $\theta(B)$ : parte de média móvel (MA);
- $d$ : ordem de diferenciação;
- $\varepsilon_t$ : erro aleatório (ruído branco) (Bandura *et al.*, 2019).

Uma vez ajustado, o modelo ARIMA pode ser utilizado para prever valores futuros da série com boa precisão, especialmente em contextos onde não ocorrem mudanças estruturais significativas no comportamento dos dados. Trata-se de uma ferramenta poderosa e versátil para a modelagem de séries temporais. Sua capacidade de capturar dependências temporais, ajustar tendências e filtrar ruídos o torna adequado para aplicações de previsão em diversas áreas. Com uma análise criteriosa e validação adequada, o ARIMA continua sendo uma das abordagens mais confiáveis para a previsão com base em dados históricos (Lima; Laporta, 2021).

### 3 METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de dados secundários, quantitativo no que se refere à abordagem e analítico preditivo quanto à finalidade no que tange às questões técnico-metodológicas.

#### 3.1 Método e abordagem da pesquisa

Trata-se de um estudo de dados sistematizados, secundários acessíveis e públicos, utilizando a análise das solicitações deferidas de Palivizumabe. Caracteriza-se como uma pesquisa quantitativa, pois considera que tudo pode ser quantificável. Ou seja, que tudo pode ser explicado em números, opiniões e informações, para, então, classificar e analisar (Marconi; Lakatos, 2018).

Optou-se por utilizar a abordagem quantitativa, uma vez que a pesquisa quantificou o número de solicitações deferidas de acordo com os critérios de inclusão do Palivizumabe, número de pacientes, consumo histórico total e por dose e, ainda, realizou a previsão de demanda, estimando a programação para escolha do melhor modelo. O estudo utilizou dados numéricos mensuráveis e análises estatísticas para interpretar os resultados, permitindo a quantificação e a comparação (Marconi; Lakatos, 2018).

#### 3.2 Finalidade da pesquisa

Este estudo utilizou as séries temporais para prever demanda, portanto, assume um caráter analítico, previsionista ou preditivo. Ao estimar valores com base em dados históricos, buscou entender padrões, tendências e realizou previsões. Envolveu a análise de dados ao longo do tempo para identificar comportamentos e fez inferências sobre o que pode acontecer no futuro. Pretendeu entender e prever o comportamento futuro do quantitativo de Palivizumabe, utilizando técnicas estatísticas de séries temporais (Severino, 2017).

O estudo analisou os dados históricos (analítico) por meio dos critérios de inclusão para uso e influência do período pandêmico do coronavírus (COVID-19), modelando e prevendo o comportamento futuro (preditivo) (Severino, 2017).

### 3.3 Objeto de estudo e período

Foram analisadas as solicitações de Palivizumabe recebidas na CAF/URS-BH, e deferidas de acordo com os critérios de inclusão para utilização. As solicitações deferidas são aquelas que foram aprovadas para uso do medicamento. O objeto da análise correspondeu às demandas do Palivizumabe que pertencem ao CESA. Foi utilizado o censo das solicitações deferidas, sem amostragem. A série histórica analisada compreendeu os dados referentes aos anos de 2014 a 2024.

### 3.4 Critérios de inclusão e de exclusão da pesquisa

Os critérios de inclusão foram: solicitações do Palivizumabe deferidas no período de 2014 a 2024, dos 39 municípios que abrangem CAF/URS-BH da SES/MG. Como critérios de exclusão tem-se as solicitações incompletas e inconsistentes, devolvidas e indeferidas.

### 3.5 Coleta de dados

Foram utilizados dados sistematizados secundários da CAF, advindos de informações das solicitações de Palivizumabe deferidas para uso, dos 39 municípios da URS/BH.

Os dados foram solicitados para a SES/MG, setor da Superintendência de Assistência Farmacêutica, por meio do Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão (e-SIC). O e-SIC foi criado visando a transparência, onde o cidadão solicita os dados não sensíveis que podem ou não estar sistematizados, mas que são de acesso público. No e-SIC qualquer pessoa pode fazer esta solicitação (Minas Gerais, 2012a).

Foram solicitados, por meio do protocolo de n. 01320000328202371, os seguintes dados relacionados à CAF/URS-BH referente aos de 2014 a 2024, separados anualmente:

- número de pacientes com solicitações de Palivizumabe deferidas para uso;
- número de solicitações deferidas separadas pelos critérios de inclusão para uso (prematuridade, displasia broncopulmonar e cardiopatia); e
- consumo do Palivizumabe em mL utilizados a cada ano.

Os dados foram recebidos por meio do *software Microsoft Office Excel 365®*.

### 3.6 Análise de dados

Com todos os dados coletados disponíveis, as informações recebidas foram organizadas no RStudio® para análise.

O *software* RStudio® apresenta um ambiente de desenvolvimento integrado, projetado, especificamente, para trabalhar com a linguagem de programação R, amplamente utilizado para cálculos estatísticos, gráficos e modelagem estatística. Ele vem sendo considerado uma ferramenta poderosa para pesquisa científica, pois permite realizar tarefas complexas de análise e visualização de dados de forma eficiente (Shimizu; Ferreira, 2023).

A análise de dados (de 2014 a 2024) seguiu os seguintes passos com as variáveis analisadas:

- Extração, preparação e análise de dados:
  - do número de pacientes com solicitações deferidas para uso do Palivizumabe;
  - do consumo histórico de Palivizumabe anual;
  - do consumo por dose de aplicação (o consumo total anual foi dividido por cinco, relacionado ao número de dose para encontrar o dado referente ao consumo por dose).
- análise segundo os critérios de inclusão e do período da doença pela COVID-19;
- previsão de demanda com avaliação das métricas dos modelos e valores previstos;
- escolha do melhor modelo de previsão com menor erro, menores métricas, melhor desempenho e maior acurácia; e
- obtenção do consumo estimado de Palivizumabe para o próximo período de fornecimento com base no modelo escolhido.

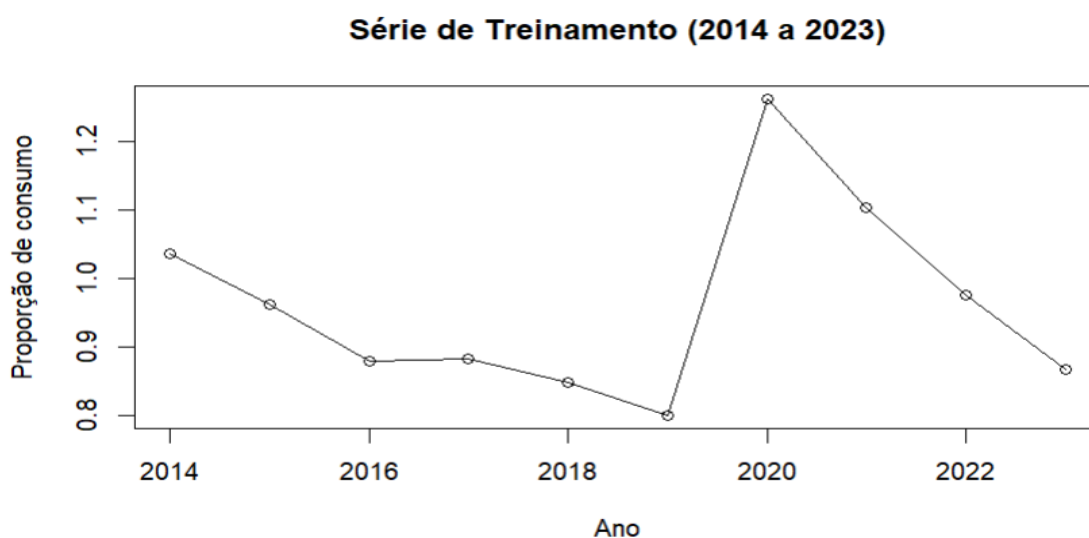
### 3.7 Aplicabilidade dos modelos de previsão de demanda

Os modelos de previsão de demanda de Regressão Linear Simples SES, SEH e ARIMA foram aplicados à série analisada, visando definir o modelo mais adequado para a previsão do Palivizumabe. As telas do *software* RStudio® com os procedimentos estatísticos dos modelos podem ser consultadas no Anexo A.

Para proceder com a escolha do melhor modelo, inicialmente foi necessária a separação dos dados em conjuntos de teste e treinamento. Normalmente, quando se separa um conjunto de dados em um conjunto de treinamentos e outro conjunto de testes, a maior parte dos dados passa a ser usada para o treinamento e uma parte menor dos dados se utiliza para o teste. Em seguida, o modelo foi processado usando o conjunto de treinamentos e testado fazendo previsões contra o conjunto de testes. Como os dados no conjunto de teste já contêm valores conhecidos para o atributo que se deseja prever, torna-se possível determinar se a precisão das previsões do modelo está correta (Box; Jenkins; Reinsel, 2008).

Então, o ajuste de cada modelo foi realizado nos dados de treinamento (de 2014 a 2023) e obtido o valor previsto (2024) por cada um dos modelos ajustados, comparado ao valor real do ano de 2024, que já se conhece (série de teste). O gráfico 1 apresenta a série de treinamento.

Gráfico 1 – Série de treinamento de consumo do Palivizumabe da CAF/URS-BH de 2014 a 2023



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O modelo que possuir um menor erro no resultado, ou seja, um resultado mais próximo do valor real, com menores métricas e uma maior acurácia será o modelo que melhor se ajustou aos dados e, portanto, o escolhido para previsões futuras (Lima; Laporta, 2021).

A série de teste foi o ano de 2024 e a proporção de consumo foi de 0,8598007 (valor real obtido de consumo por dose de Palivizumabe neste ano). O modelo que fizer uma previsão mais próxima de 0,8598007 (2024), será o de menor erro. Foram aplicadas as métricas dos modelos e realizada a previsão para 2024. Considerou-se a variável de previsão a “Proporção de Consumo” e a variável explicativa, o “Ano”.

No contexto da estatística, alguns parâmetros são analisados. No modelo de Regressão Linear Simples, de acordo com as medidas descritivas dos dados, o coeficiente de determinação ou  $R^2$ , é uma medida estatística que avalia a qualidade do ajuste de um modelo de regressão linear aos dados. Ele varia de 0 a 1 e indica a proporção da variância dos dados explicada pelo modelo. Quanto mais próximo de 1 o  $R^2$  estiver, melhor será o ajuste do modelo aos dados (Levine; Szabat; Stephan, 2020). A interpretação geral dos valores de  $R^2$  é:

- $R^2 = 1$ : ajuste perfeito (todos os pontos de dados estão na linha de regressão)
- $0,7 \leq R^2 < 1$ : ajuste muito bom
- $0,4 \leq R^2 < 0,7$ : ajuste bom
- $0,2 \leq R^2 < 0,4$ : ajuste razoável
- $R^2 < 0,2$ : ajuste ruim (Levine; Szabat; Stephan, 2020).

O t value  $\Pr(>|t|)$  representa o teste t individual que testa a significância de cada uma das variáveis independentes do modelo. Indica a probabilidade de obter um valor de t tão extremo ou mais extremo, supondo que a variável não tenha efeito significativo no modelo. Essa probabilidade é conhecida como p-valor (Wang; Chen, 2013).

Na análise estatística, um efeito significativo refere-se à relação entre variáveis, sendo, estatisticamente, provável de não ser causada pelo acaso, isso é, uma relação que, provavelmente, seja real e, não, o resultado de flutuações aleatórias nos dados. No caso da regressão linear, um efeito significativo significa que a variável independente (por exemplo, "ano") tem um impacto estatisticamente significativo na variável dependente (Montgomery; Peck; Vining, 2021).

O nível de significância ( $\alpha$ ), se mostra como um parâmetro que define a probabilidade máxima de rejeitar a hipótese nula (ou seja, a hipótese de que não há efeito significativo) quando ela se apresenta como verdadeira. Em outras palavras,

tem-se a probabilidade de obter um resultado estatisticamente significativo por acaso. O nível de significância, geralmente, pode ser definido como 0,05 (5%), o que significa que há uma probabilidade de 5% de rejeitar a hipótese nula quando ela se apresenta como verdadeira. Então, se o p-valor (a probabilidade de obter um resultado tão extremo ou mais extremo) for menor que o nível de significância (0,05), a hipótese nula será rejeitada, considerando que há um efeito significativo. Se o valor-p para o teste F de teste de significância global for menor que seu nível de significância, considera-se que o modelo proporciona um ajuste melhor do que o modelo somente com o intercepto (Montgomery; Peck; Vining, 2021).

Utilizou-se a *Mean Absolute Error* (MAE), *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) e o Desvio Médio Absoluto (MAD,) que são métricas comuns usadas para avaliar a precisão de modelos de previsão (Bzovsky *et al.*, 2022).

- MAE:

- média dos erros absolutos entre os valores previstos e os valores reais;
- fornece uma medida da magnitude média dos erros; e
- mais robusto contra *outliers* (valores extremos) em comparação com o RMSE.

- RMSE:

- raiz quadrada da média dos erros quadrados entre os valores previstos e os valores reais;
- fornece uma medida da dispersão dos erros; e
- mais sensível a *outliers* (valores extremos) em comparação com o MAE.

- MAPE:

- média dos erros percentuais absolutos entre os valores previstos e os valores reais; e
- fornece uma medida da magnitude média dos erros percentuais.

- MAD:

- medida estatística que indica o quão dispersos os dados estão em relação à média (Castro; Ferreira, 2022).

No modelo de regressão linear simples, a reta de regressão ajustada se apresenta como uma linha que melhor se ajusta aos pontos de dados em um gráfico, com o objetivo de prever o valor de uma variável contínua (variável dependente) com base nos valores de uma variável independente (Castro; Ferreira, 2022).

A reta de regressão ajustada deve ser calculada utilizando o método dos mínimos quadrados, que busca minimizar a soma dos quadrados dos erros entre os pontos de dados observados e os valores previstos pela reta de regressão (Bzovsky *et al.*, 2022). A reta de regressão ajustada tem a sua utilidade para:

- prever valores de y com base em valores de x;
- identificar a relação entre x e y; e
- analisar a força e a direção da relação entre x e y (Castro; Ferreira, 2022).

O modelo de SES realiza a análise de dados de séries temporais utilizando médias ponderadas para produzir previsões. A técnica está baseada na função de janela exponencial, que atribui pesos exponencialmente decrescentes às observações passadas. A SES está adequada para séries que apresentam tendência linear e não sazonalidade (Moraes; Souza; Enami, 2023).

Esse modelo:

- ajusta os dados por meio de uma média ponderada exponencialmente, atribuindo maior peso aos valores mais recentes;
- não leva em conta a tendência nos dados; e
- considerado mais adequada para séries temporais com pouca ou nenhuma tendência (Hyndman; Athanasopoulos, 2021).

Além das métricas já citadas, outras métricas utilizadas são:

- Erro Médio (ME - *Mean Error*):

- média dos erros entre os valores previstos e os valores reais; e
- pode ser positivo ou negativo, indicando tendência de super ou subestimação.

- Erro Percentual Médio (MPE - *Mean Percentage Error*):

- média dos erros percentuais entre os valores previstos e os valores reais; e
- útil para avaliar a precisão de previsões em termos de percentagem.

- Erro de Escala Médio Absoluto (MASE - *Mean Absolute Scaled Error*):

- medida da precisão de um modelo em relação a um modelo de referência (por exemplo, previsão ingênua); e
- útil para avaliar a melhoria de um modelo em relação a um modelo de referência.

- Autocorrelação de 1º Ordem (ACF1 - *Autocorrelation Function*):

- medida da correlação entre os resíduos de um modelo em um período de tempo e os resíduos no período de tempo anterior; e
- útil para avaliar a presença de autocorrelação nos resíduos de um modelo. Essas métricas fornecem uma visão abrangente do desempenho de um modelo de SES, permitindo avaliar a precisão, a robustez e a adequação do modelo para um determinado problema (Antunes; Cardoso, 2015).

Já no modelo de SEH, este:

- ajusta os dados utilizando uma combinação de duas médias móveis exponenciais: uma para o nível e outra para a tendência;
- leva em conta a tendência nos dados, ajustando a previsão com base na direção e na magnitude da tendência; e
- considerado mais adequado para séries temporais com tendência linear (Santos, 2020); (Hunter; Hunter, 2018).

No modelo ARIMA, algumas análises são importantes e os passos envolvidos são:

- Análise de autocorrelação:

- a autocorrelação se apresenta como correlação entre os valores de uma série temporal em diferentes momentos;
- ajuda a identificar a presença de padrões ou tendências na série temporal; e
- deve ser feito utilizando o gráfico de autocorrelação (ACF) e o gráfico de autocorrelação parcial (PACF) (Cambuí, 2023).

O ACF:

- mede a correlação entre uma variável e seus valores defasados;
- O eixo vertical representa os coeficientes de correlação, enquanto o eixo horizontal representa as defasagens;
- O valor de autocorrelação igual a 1 no tempo 0 indica que a série está completamente correlacionada consigo mesma; e
- se as demais observações estiverem dentro do intervalo de confiança (95% no caso), sugere que as observações da série não são estatisticamente correlacionadas (Latorre; Cardoso, 2001).

O PACF:

- mede a correlação entre uma variável e seus valores defasados após remover o efeito de outras defasagens;
- ajuda a identificar a ordem de autocorrelação parcial;
- se não houver autocorrelações parciais significativas, indica que o valor atual da série não está influenciado diretamente pelo valor do período anterior (Latorre; Cardoso, 2001).

Então, se  $p\text{-valor} < 0,05$ , há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula indicando a presença de resíduos autocorrelacionados.

- a hipótese nula: não há correlação nos resíduos da série.
- a hipótese alternativa: existe autocorrelação nos resíduos da série (Lima; Laporta, 2021). Análise de Estacionariedade:
- a estacionariedade se apresenta como uma propriedade das séries temporais que indica que a distribuição dos dados não muda ao longo do tempo;
- a análise de estacionariedade deve ser considerada importante porque muitos modelos de séries temporais, incluindo o ARIMA, requerem que os dados sejam estacionários;
- Isso deve ser feito utilizando testes estatísticos, como o teste de *Dickey-Fuller* (ADF) (Cambuí, 2023);
- se o  $p\text{-valor}$  for  $< 0,05$  ou 5%, considerado como um nível de significância rejeita-se a hipótese nula de que a série tem uma raiz unitária, e conclui-se que a série se mostra estacionária;
- com o  $p\text{-valor}$  entre 0,05 e 0,10: pode ser considerado como uma "zona cinzenta", onde a série pode ser considerada estacionária, mas com uma certa cautela. Ou seja, um  $p\text{-valor}$  próximo de 0,05 (por exemplo, 0,06 ou 0,07) pode ser considerado estacionária (Lima; Laporta, 2021); e
- o  $p\text{-valor}$  acima de 0,10 (fora da "zona cinzenta") não há nível de significância, não se rejeita a hipótese nula, e conclui-se que a série não é estacionária (Silva; Santos, 2021).

- Ajuste Automático de Modelo e Avaliação de desempenho:

- O ajuste automático de modelo se apresenta como o processo de selecionar os parâmetros do modelo ARIMA que melhor se ajustam aos dados. Isso deve ser feito utilizando algoritmos de otimização e o objetivo está em encontrar os parâmetros que minimizem o erro de

previsão. A avaliação de desempenho deve ser entendido como o processo de avaliar a qualidade do modelo ARIMA ajustado. Isso deve ser feito utilizando as métricas de avaliação (Cambuí, 2023).

- Análise dos resíduos:

Considera-se importante analisar os resíduos que devem ser aleatórios e não apresentar padrões ou tendências. Para análise dos resíduos foi realizado o Teste de Ljung-Box. Ele testa a independência dos resíduos, ou seja, se os resíduos são aleatórios e não apresentam padrões ou correlação. Já o teste de Shapiro-Wilk testa se os dados seguem uma distribuição normal (Cambuí, 2023).

- Hipótese nula: os dados seguem uma distribuição normal.
- Hipótese alternativa: os dados não seguem uma distribuição normal.
- Então, se  $p\text{-valor} < 0,05$ , há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula, indicando que os resíduos não são normalmente distribuídos (Lima; Laporta, 2021).

### 3.8 Cuidados éticos

O presente estudo utilizou dados secundários públicos acessíveis advindos do e-SIC. Nesse sentido, não foi necessária a submissão e apreciação do projeto a quaisquer Comitê de Ética em Pesquisa. De todo modo, destaca-se as normas regulatórias de acesso à informação vigentes no estado de Minas Gerais.

O Decreto Estadual n. 45.969, de 24 de maio de 2012, tem o propósito de regulamentar o acesso à informação no âmbito do poder executivo do estado de Minas Gerais por meio da Controladoria Geral do Estado e consolidar a política de informação e transparência implantada no estado, de acordo com a premissa da Lei Federal n. 12.527, de 18 de novembro de 2011 – a Lei de Acesso à Informação (Minas Gerais, 2012b).

Essa lei assegura ao cidadão o direito de receber informações da Administração Pública, ressalvadas as hipóteses de sigilo previstas na Constituição e em legislação específica. Essa legislação faz-se de suma importância, uma vez que disciplina o ordenamento estadual e institui a Política de Acesso à Informação no âmbito do Poder Executivo estadual, com vistas à observância dos direitos do cidadão de obter informação do Poder Público (Brasil, 2011b).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Pacientes, consumo anual e por dose de Palivizumabe de 2014 a 2024

No ano de 2014, observou-se o menor número de pacientes (n=280) e maior consumo por dose (1,0364286mL) de Palivizumabe. Como esse foi o primeiro ano de aplicação, sugere-se que o resultado encontrado (consumo inversamente proporcional ao número de pacientes), possa ser devido à divulgação recente do protocolo de uso e à falta de experiência com o fluxo dos profissionais envolvidos. Nos anos seguintes, observou-se o aumento progressivo no número de pacientes e diminuição no consumo, até o período da pandemia do COVID-19 (Tabela 2).

Tabela 2 – Distribuição do número de paciente e consumo anual e por dose de Palivizumabe na CAF/URS-BH de 2014 a 2024

| Ano  | Pacientes | Consumo<br>total anual em<br>mL | Consumo por dose<br>em mL |
|------|-----------|---------------------------------|---------------------------|
| 2014 | 280       | 1451                            | 1,0364286                 |
| 2015 | 401       | 1930                            | 0,9625935                 |
| 2016 | 536       | 2356                            | 0,8791045                 |
| 2017 | 645       | 2850                            | 0,8837209                 |
| 2018 | 646       | 2744                            | 0,8495356                 |
| 2019 | 700       | 2800                            | 0,8000000                 |
| 2020 | 301       | 1900                            | 1,2624585                 |
| 2021 | 399       | 2200                            | 1,1027569                 |
| 2022 | 420       | 2050                            | 0,9761905                 |
| 2023 | 542       | 2350                            | 0,8671587                 |
| 2024 | 602       | 2588                            | 0,8598007                 |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Como apresentado na tabela 2, em relação ao número de pacientes, esse crescimento passou de 401 pacientes (2015) para 700 pacientes (2019). Em relação ao consumo, a tendência de redução foi observada entre os anos (2015: 0,9625935mL; 2016: 0,8791045mL; 2017: 0,8837209mL; 2018: 0,8495356mL). Em 2019, foi quando se atingiu uma grande quantidade de cobertura de pacientes (n=700) e o menor consumo registrado por dose de aplicação (0,80mL), sendo essa diferença a mais expressiva e o ano de maior excelência nos resultados.

Em 2019, a maior divulgação trouxe aumento da cobertura de pacientes enquanto o baixo consumo por dose refletiu, possivelmente, maior aproximação e

familiaridade com o fluxo. Com o objetivo de otimizar o uso do medicamento, orienta-se o agendamento de grupos de crianças que tenham indicação de uso do Palivizumabe, que recebam no mesmo dia, considerando sua estabilidade após aberto. Assim, um frasco-ampola poderá ser fracionado de forma segura em múltiplas doses de acordo com o peso das crianças evitando o desperdício do produto (Brasil, 2018).

Acredita-se que em 2019, o fluxo já estava bem alinhado e estabelecido e que nos próximos períodos de fornecimento, a tendência seria de melhora no quesito de cobertura e consumo, evitando qualquer tipo de perda. Porém, em 2020 e 2021, devido ao pico da pandemia do COVID-19, essa condição alterou os padrões de consumo. Nesses anos, o número de pacientes ( $n=301$ ;  $n=399$ , respectivamente) diminuiu drasticamente e o consumo (1,2624585mL; 1,1027569mL, respectivamente) aumentou consideravelmente, se comparado, até mesmo, com o primeiro ano de aplicação, em 2014 (1,036286mL) (tabela 2).

Durante o período de pandemia da COVID-19, medidas de prevenção e controle de infecção foram implementadas, tais como uso de equipamento de proteção individual como máscaras, espaço apropriado e ventilado que permitiram que os pacientes em espera fossem separados e com fácil acesso a suprimentos de higiene das mãos. Houve também restrição a entrada de apenas um acompanhante por criança e solicitação para que fosse informado, logo na chegada ao serviço, a manifestação de quaisquer sintomas de alguma infecção respiratória (por exemplo, tosse, coriza, febre, dificuldade para respirar) (Aquino *et al.*, 2020).

Com as orientações de distanciamento e medidas de controle e prevenção estabelecidas, foi aconselhável que o agendamento das aplicações ocorresse num menor número de pacientes ao dia e com horários mais intercalados. Esta medida, associada à estabilidade do medicamento, influenciou no aumento do consumo por dose de aplicação em 2020 e 2021 (Minas Gerais, 2020). Além disso, o isolamento social no período da COVID-19 foi uma medida fundamental para reduzir a transmissão do vírus, proteger a saúde pública e evitar sobrecarregar os sistemas de saúde.

Ao permanecer em casa, as pessoas ajudam a diminuir o contato social, o que reduz as chances de contágio, especialmente em ambientes onde o vírus pode se espalhar facilmente (Pescarini *et al.*, 2020). Essa atitude também contribui para a proteção de grupos mais vulneráveis, como as crianças prematuras, com

broncodisplasia e cardiopatia, o que pode ter influenciado na diminuição do número de pacientes nesses anos de pico da pandemia.

Nos anos de 2022, 2023 e 2024, notou-se novamente um aumento gradual do número de pacientes ao longo dos anos (n=420; n=542; n=602, respectivamente) e o padrão de consumo foi diminuindo (0,9761905mL; 0,8671587mL; 0,8598007mL, respectivamente), registrando o menor valor de consumo por dose em 2024, sugerindo, assim, um retorno à normalização dos padrões de consumo.

#### 4.2 Solicitações de Palivizumabe deferidas a cada ano, segundo os critérios de inclusão para uso

Desde o início das solicitações em 2014, a condição de broncodisplasia pulmonar foi o critério mais frequentemente apresentado, com percentual de solicitações entre 47,63% e 61,79%, exceto nos anos de pico da COVID-19 (2020=20,93% e 2021=27,07%) (Tabela 3).

Tabela 3 – Distribuição anual segundo os critérios para uso de Palivizumabe em pacientes da CAF/URS-BH de 2014 a 2024

| Anos        | Número de pacientes | Prematuro ≤28 semanas e menor de 1 ano | Displasia Broncopulmonar menor de 02 anos | Cardiopatia menor de dois anos |
|-------------|---------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------|
|             | n                   | n (%)                                  | n (%)                                     | n (%)                          |
| <b>2014</b> | 280                 | 130 (46,43)                            | 145 (51,79)                               | 5 (1,78)                       |
| <b>2015</b> | 401                 | 153 (38,15)                            | 199 (49,63)                               | 49 (12,22)                     |
| <b>2016</b> | 536                 | 250 (46,60)                            | 255 (47,63)                               | 31 (5,77)                      |
| <b>2017</b> | 645                 | 208 (32,25)                            | 375 (58,14)                               | 62 (9,61)                      |
| <b>2018</b> | 646                 | 319 (49,38)                            | 326 (50,47)                               | 1 (0,15)                       |
| <b>2019</b> | 700                 | 345 (49,29)                            | 350 (50,00)                               | 5 (0,71)                       |
| <b>2020</b> | 301                 | 199 (66,11)                            | 63 (20,93)                                | 39 (12,96)                     |
| <b>2021</b> | 399                 | 190 (47,62)                            | 108 (27,07)                               | 101 (25,31)                    |
| <b>2022</b> | 420                 | 201 (47,86)                            | 211 (50,24)                               | 8 (1,90)                       |
| <b>2023</b> | 542                 | 200 (36,89)                            | 330 (60,90)                               | 12 (2,21)                      |
| <b>2024</b> | 602                 | 212 (35,22)                            | 372 (61,79)                               | 18 (2,99)                      |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A broncodisplasia pulmonar se apresenta como uma condição crônica que afeta principalmente bebês que necessitaram de oxigênio suplementar e ventilação mecânica após o nascimento. Caracterizada por uma inflamação e lesão nos pulmões imaturos, o que pode levar a problemas respiratórios crônicos (Ribeiro *et al.*, 2019). Considera-se alto o número de crianças com essa condição, sendo que os bebês nascidos antes de 32 semanas de gestação têm maior risco. O uso prolongado de

oxigênio pode danificar os pulmões imaturos, a ventilação invasiva pode causar lesão pulmonar e infecções respiratórias podem contribuir para o desenvolvimento da broncodisplasia pulmonar (Davidson; Berkelhamer, 2020).

Nos anos de pico da COVID-19, observou-se uma mudança no padrão referente à população de consumo, considerando os critérios de inclusão (prematuridade, broncodisplasia pulmonar e cardiopatia). O critério mais solicitado nos anos da pandemia passou a ser o de prematuridade (2020=66,11% e 2021=47,63%), sendo que o critério de cardiopatia foi o menos solicitado em todos os anos (Tabela 3).

O aumento no número de pacientes com o critério de prematuridade em 2020 e 2021 se deve, possivelmente, ao fato da COVID-19 em grávidas aumentar o número de nascimentos prematuros e gerar alterações no organismo da mãe que são prejudiciais ao bebê (Universa, 2022). Mulheres grávidas com COVID-19 têm um risco maior de parto prematuro em comparação com aquelas sem a doença. Nessa situação, as gestantes passam a apresentar comprometimento da oxigenação e o seu organismo envia menos oxigênio para o bebê. A COVID-19 também pode causar inflamação no corpo, o que pode levar a contrações uterinas e parto prematuro (Vousden *et al.*, 2020). Além disso, grávidas infectadas pela COVID-19 correm mais risco de desenvolver pré-eclâmpsia e risco de progredir para formas mais graves da doença, contribuindo para o parto prematuro e também estão mais sujeitas a sofrer um aborto (Oliveira *et al.*, 2024).

#### 4.3 Modelo de Regressão Linear Simples

O ajuste do modelo referente à Regressão Linear Simples, para o conjunto de treinamento, contém os dados de 2014 a 2023 e teste para 2024. De acordo com as medidas descritivas dos dados apresentados, foi analisado o ajuste do modelo no RStudio® conforme tabela 4:

Tabela 4– Ajuste do modelo de Regressão Linear Simples de 2014 a 2023

| Variável             | Estimate  | p-valor Pr(> t ) |
|----------------------|-----------|------------------|
| Intercepto           | -8,539497 | 0,802            |
| Ano                  | +0,004707 | 0,780            |
| <b>R<sup>2</sup></b> |           | 0,01034          |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O valor de  $R^2$  obtido de 0,01034 não apresentou um bom ajuste do modelo de regressão linear aos dados, sendo o resultado classificado como ajuste ruim. Na equação de regressão, a proporção de consumo obtida foi:  $-8,539497 + 0,004707$  (ano). Isso significa que, para cada aumento de um ano, a proporção de consumo aumenta aproximadamente 0,004707 unidades (Tabela 4).

Os valores para o p-valor do teste t foram  $\Pr(>|t|) = 0,802$  (80,2%) para o intercepto (constante do modelo de regressão) e 0,780 (78,0%) para a variável explicativa ano (Tabela 4). Nesse caso, como ambos os p-valores são maiores que o nível de significância de 5% (0,05), pode-se considerar que não houve evidências estatísticas suficientes que demonstre que a variável "ano" tem um efeito significativo na variável dependente, assim, não foi estatisticamente significativo com base nos dados e na regressão linear, ou seja, o modelo não foi capaz de explicar a variabilidade dos dados de forma significativa.

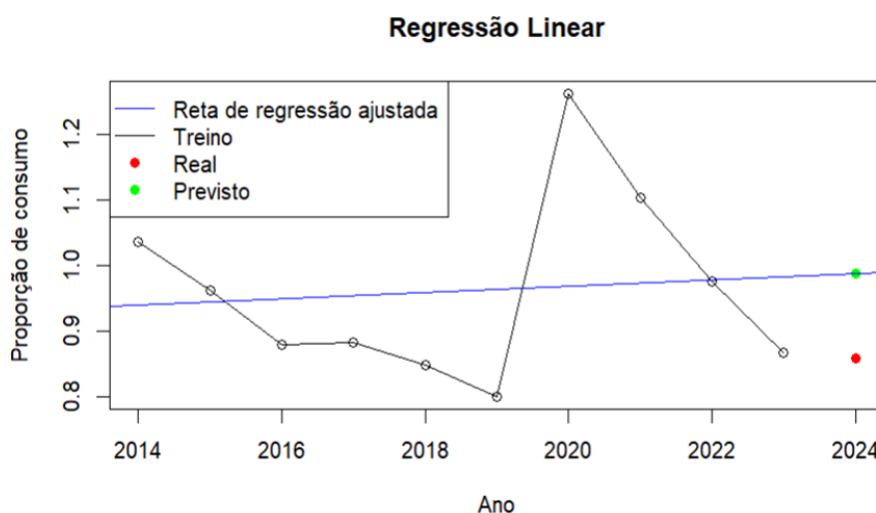
Foi realizada a previsão com o modelo. A seguir, as métricas utilizadas para avaliação da precisão do modelo (Tabela 5), a proporção de consumo ao longo dos anos, o valor real e previsto para o ano de 2024 (Gráfico 2).

Tabela 5 – Métricas de desempenho da Regressão Linear Simples

| Modelo                   | MAE    | RMSE   | MAPE<br>(%) | ME | MPE | MASE | MAD    |
|--------------------------|--------|--------|-------------|----|-----|------|--------|
| Regressão Linear Simples | 0.1281 | 0.1281 | 14,90       | -  | -   | -    | 0.1281 |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Gráfico 2 – Regressão Linear Simples com previsão para 2024



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A linha de regressão ajustada está quase na horizontal, indicando que o modelo estimou uma tendência praticamente constante no consumo ao longo dos anos (Gráfico 2). Os dados de treino têm variações significativas, inclusive um pico maior por volta do ano de 2020. De 2014 a 2019, a proporção de consumo vem caindo gradualmente. Em 2020, houve um pico abrupto e, após 2020, o consumo começou a diminuir novamente. Essa variação dificultou que uma reta simples (modelo linear) sem que conseguisse capturar bem o comportamento real dos dados.

A reta de regressão ajustada (linha azul) é a linha estimada pelo modelo linear com base nos dados de treino. Já a outra linha, com pontos vazados são os dados reais usados para treinar o modelo. O valor real de 2024 foi de 0,8598007 (ponto vermelho) e o valor previsto (ponto verde) foi de 0,9878844, sendo a previsão do modelo para 2024. Em 2024, o ponto verde (previsto) ficou acima do ponto vermelho (valor real), o que indicou que o modelo superestimou o consumo, demonstrando que o modelo não favorece essa aplicação.

Assim o erro de previsão do modelo de regressão linear simples (diferença entre o valor previsto e o valor real) foi de 0,1280837, aproximadamente 0,13 (Tabela 6).

Tabela 6 – Valor real, previsão e erro da Regressão Linear Simples

| Modelo ajustado aos dados | Valor real 2024  | Valor de previsão 2024 | Erro (valor real -valor previsto) |
|---------------------------|------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Regressão Linear Simples  | <b>0,8598007</b> | 0,9878844              | 0,1280837                         |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

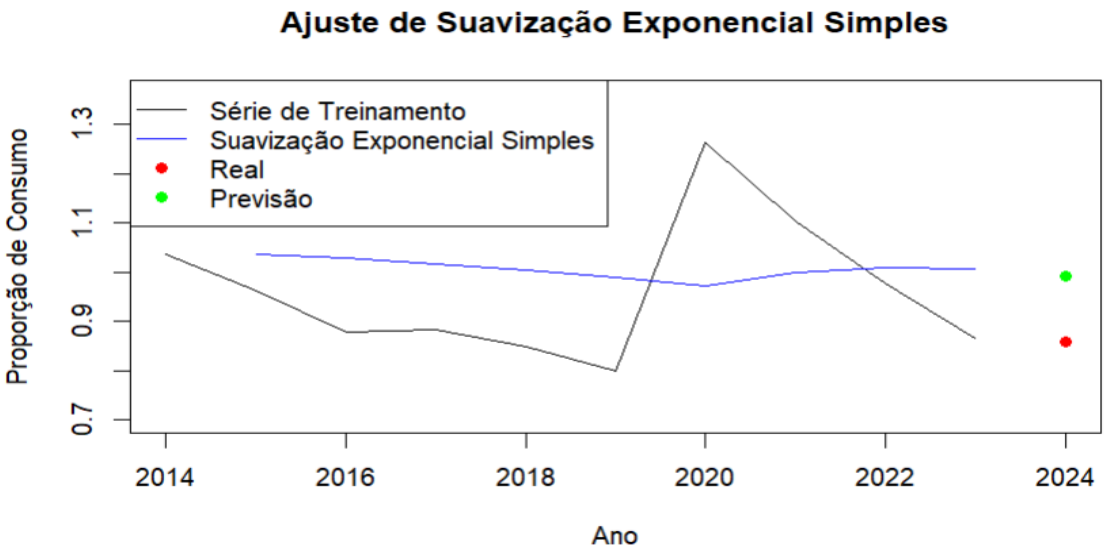
#### 4.4 Modelo de Suavização Exponencial Simples (SES)

Referente a SES, o ajuste do modelo para o conjunto de treinamento contém os dados de 2014 a 2023 e teste para 2024. Foi realizada previsão de um passo à frente (2024) com o modelo ajustado e avaliação das métricas de desempenho (Tabela 7). A série temporal ajustada pelo modelo de SES, o valor real e o valor previsto estimado pelo modelo para 2024 está representada no gráfico 3.

| Tabela 7 – Métricas de desempenho da Suavização Exponencial Simples |        |        |          |         |        |        |     |
|---------------------------------------------------------------------|--------|--------|----------|---------|--------|--------|-----|
| Modelo                                                              | MAE    | RMSE   | MAPE (%) | ME      | MPE    | MASE   | MAD |
| Suavização Exponencial Simples                                      | 0.1328 | 0.1328 | 15,45    | -0.1328 | -15.45 | 1.0835 | -   |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Gráfico 3 - Suavização Exponencial Simples com previsão para 2024



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A linha preta corresponde à série de treinamento (dados reais históricos) e a linha azul à série ajustada com SES com previsão baseada nos valores passados. Interpretou-se que a SES tenta "suavizar" as flutuações dos dados históricos para identificar uma tendência. O modelo traça uma linha azul mais suave em relação à série real (cor preta), tentando captar o comportamento geral da tendência.

Notou-se que houve uma diferença visível entre o valor previsto e o real, indicando que o modelo não previu com alta precisão o ano de 2024. Portanto, gráfico 2 mostra que, embora o modelo de SES fornecesse uma previsão suave com base em dados anteriores, ele pode não capturar bem variações ou mudanças de comportamento da série. O valor real de 2024 foi de 0,8598007 (ponto vermelho) e o valor previsto (ponto verde) foi de 0,9926456, sendo esse, a previsão do modelo para 2024. Dessa forma, o erro de previsão do modelo SES (diferença entre o valor previsto e o valor real) foi de 0,1328449 (Tabela 8).

Tabela 8 – Valor real, previsão e erro da Suavização Exponencial Simples

| Modelo ajustado aos dados      | Valor real 2024 | Valor de previsão 2024 | Erro (valor real -valor previsto) |
|--------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------------|
| Suavização Exponencial Simples | 0,8598007       | 0,9926456              | 0,1328449                         |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

4.5 Modelo de Suavização Exponencial de Holt (SEH)

Referente a SEH, o ajuste do modelo para o conjunto de treinamento contém os dados de 2014 a 2023 e teste para 2024. Foi realizada previsões de um passo à frente (2024) com o modelo ajustado e avaliação das métricas de desempenho (Tabela 9).

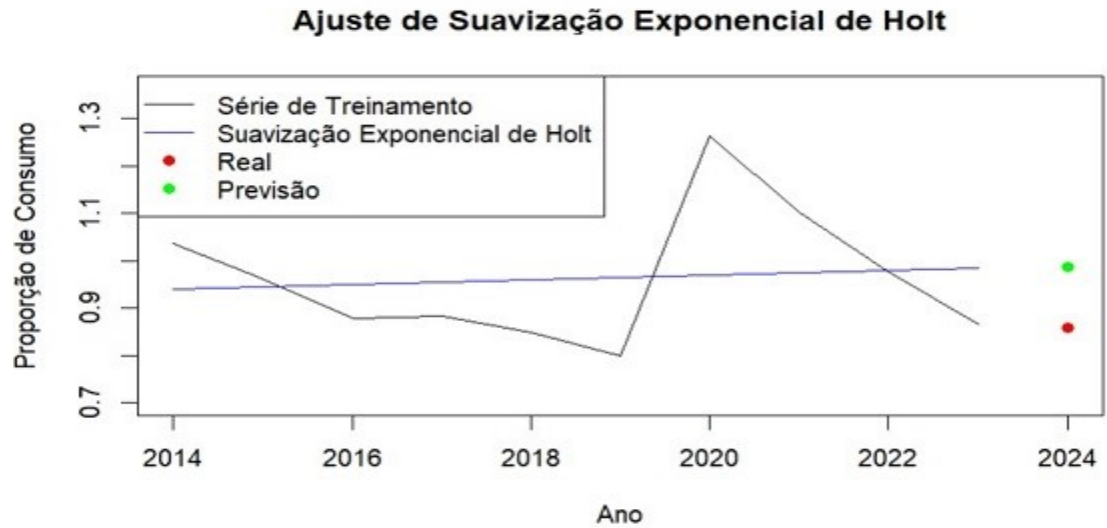
Tabela 9 – Métricas de desempenho da Suavização Exponencial de Holt

| Modelo                         | MAE    | RMSE   | MAPE (%) | ME      | MPE    | MASE   | MAD |
|--------------------------------|--------|--------|----------|---------|--------|--------|-----|
| Suavização Exponencial de Holt | 0.1281 | 0.1281 | 14,90    | -0.1281 | -14.90 | 1.0449 | -   |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A série temporal ajustada pelo modelo de SEH, o valor real e o valor previsto estimado pelo modelo para 2024 está representado pela Gráfico 4.

Gráfico 4 – Suavização Exponencial de Holt com previsão para 2024



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A linha preta são os dados reais (série de treinamento) e a linha azul, a previsão feita com o modelo SEH, que considera tendência nos dados (ao contrário da SES). Interpretou-se que o modelo SEH tende a se ajustar melhor quando há uma tendência linear nos dados, pois apresentou um erro menor comparado ao SES.

O valor real de 2024 foi de 0,8598007 (ponto vermelho) e o valor previsto (ponto verde) foi de 0,9879106, sendo esse, a previsão do modelo para 2024. Dessa forma, o erro de previsão do modelo SEH (diferença entre o valor previsto e o valor real) foi de 0,1281099, aproximadamente 0,13 (Tabela 10).

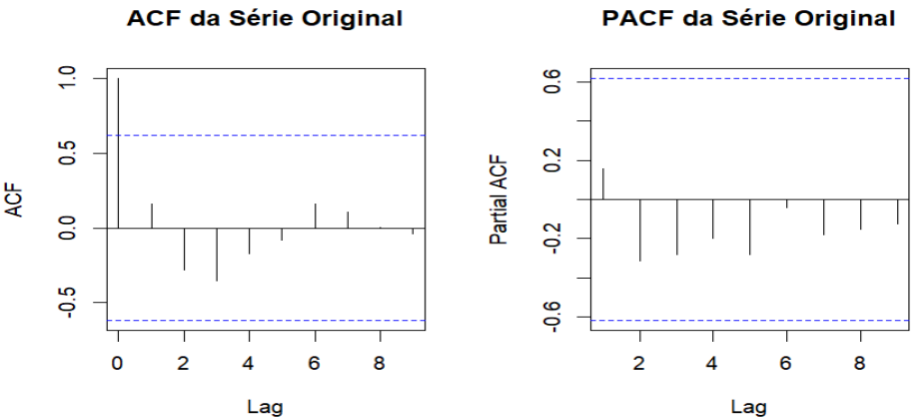
| Tabela 10 – Valor real, previsão e erro da Suavização Exponencial de Holt |                 |                        |                                   |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------------|
| Modelo ajustado aos dados                                                 | Valor real 2024 | Valor de previsão 2024 | Erro (valor real -valor previsto) |
|                                                                           | 0,8598007       |                        |                                   |
| Suavização Exponencial de Holt                                            |                 | 0,9879106              | 0,1281099                         |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

4.6 Modelo ARIMA

O ajuste do modelo para o conjunto de treinamento contém os dados de 2014 a 2023 e teste para 2024. Os coeficientes de correlação para diferentes defasagens no eixo vertical e as defasagens no eixo horizontal são demonstrados pelo ACF e PACF (Gráfico 5). O intervalo de confiança por padrão foi de 95%, mostrado com a marcação em azul. Observações que estão fora da marca foram consideradas estatisticamente correlacionadas.

Gráfico 5 – ACF e PACF do modelo ARIMA



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O ACF, tem um valor de autocorrelação igual a 1 (Gráfico 5), está acima do limite azul, indicando autocorrelação significativa na primeira barra. As demais barras observadas estão dentro do intervalo de confiança (linha azul), sugerindo que as observações da série não foram estatisticamente correlacionadas. No PACF, não foram observadas autocorrelações parciais significativas, sendo que o valor atual da série não foi influenciado diretamente pelo valor do período anterior.

A primeira barra também se mostrou significativa, mas as demais têm pouca contribuição. Com base no ACF e PACF, demonstrou-se que as variáveis são não-correlacionadas. Isso sugere que a série temporal não apresentou padrões de autocorrelação significativos. Em outras palavras, o valor atual da série não foi influenciado pelo valor do período anterior e não houve um padrão claro de comportamento na série temporal (Latorre; Cardoso, 2001).

Para o teste de estacionariedade, verificou-se se a série temporal é estacionária usando o teste ADF (Tabela 11). Uma série temporal pode ser considerada estacionária se suas propriedades estatísticas (como média, variância e autocorrelação) permanecem constantes ao longo do tempo. Muitos modelos de séries temporais, incluindo o ARIMA, requerem que os dados sejam estacionários. Se a série não for estacionária, os resultados do modelo podem ser inválidos ou imprecisos (Cambuí, 2023).

Tabela 11 – Teste Dickey- Fuller para estacionariedade no ARIMA

| Dickey- Fuller | p-valor |
|----------------|---------|
| -1.7827        | 0,6552  |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

- O p-valor de 0,6552 foi maior que o nível de significância de 5% (0,05), o que sugere que a série não é estacionária.
- O valor de  $D = -1,7827$  não foi estatisticamente significativo, as barras seguintes diminuem lentamente, sugerindo não estacionariedade o que reforça a ideia de que a série não é estacionária (Silva; Santos, 2021).

Transformação da série para estacionária: Aplicou-se a diferenciação de ordem 1 (Tabela 12) e realizou-se o teste ADF novamente para confirmar a estacionariedade.

Tabela 12 – Teste Dickey- Fuller para estacionariedade de primeira diferenciação no ARIMA

| Dickey- Fuller | p-valor |
|----------------|---------|
| -1.7321        | 0,6744  |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

- O p-valor de 0,6744 foi maior que o nível de significância de 5% (0,05) e o valor de  $D = -1,7321$  não foi estatisticamente significativo, o que reforça a ideia de que a série permanece não estacionária. Assim, aplicou-se uma segunda diferenciação (Tabela 13) na série, com a finalidade de torná-la estacionária (Silva; Santos, 2021).

Tabela 13 – Teste Dickey- Fuller para estacionariedade de segunda diferenciação no ARIMA

| Dickey- Fuller | p-valor |
|----------------|---------|
| -2.5199        | 0,3743  |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Após a segunda diferenciação na série, ela ainda não se tornou estacionária. Percebe-se que o p-valor do teste de estacionariedade diminuiu, mas a série ainda não é estacionária.

- O p-valor de 0,3743 foi maior que o nível de significância de 5% (0,05) e o valor de  $D = -2,5199$  não foi estatisticamente significativo, o que reforça a ideia de que a série permanece não estacionária. Aplicou-se uma terceira diferenciação na série.
- O p-valor de 0,07967 ficou muito próximo do nível de significância de 5% (0,05), o que sugere que a série é estacionária na “zona cinzenta”. Além disso, o valor de  $D = -3,3864$  foi marginalmente significativo (Tabela 14), o que reforça a ideia de que a série é estacionária. Isso significa que as propriedades estatísticas da série permaneceram constantes ao longo do tempo (Silva; Santos, 2021).

Tabela 14 – Teste Dickey-Fuller para estacionariedade de terceira diferenciação no ARIMA

| Dickey- Fuller | p-valor |
|----------------|---------|
| -3.3864        | 0,07967 |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Foi realizado um máximo de três diferenciações (Tabela 15), se o número de diferenciações for muito alto (>3 ou 4), podemos estar perdendo informações úteis da série, tornando o modelo mais difícil de interpretar (Lima; Laporta, 2021).

Em resumo:

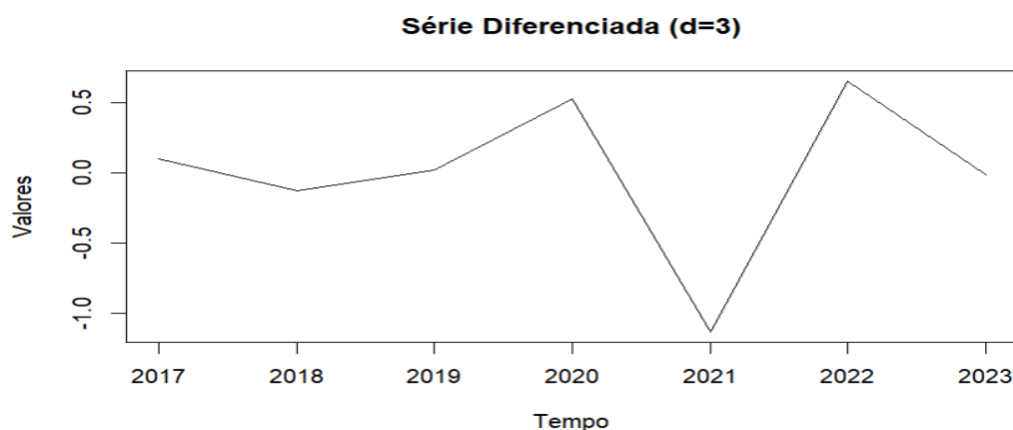
Tabela 15 – Diferenciações e valores de D e p-valor do modelo ARIMA

| Diferenciações                  | Valor de D     | p-valor        |
|---------------------------------|----------------|----------------|
| Diferenciação de ordem 0        | -1,7827        | 0,6552         |
| Diferenciação de ordem 1        | -1,7321        | 0,6744         |
| Diferenciação de ordem 2        | -2,5199        | 0,3743         |
| <b>Diferenciação de ordem 3</b> | <b>-3,3864</b> | <b>0,07967</b> |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A série temporal foi diferenciada três vezes (Gráfico 6), o que é indicado pelo título “Série Diferenciada (d = 3)”. Isso significa que foram aplicadas três subtrações (os anos de 2014, 2015 e 2016) sucessivas para remover tendências e tornar a série estacionária. A série diferenciada é usada como entrada para o modelo ARIMA. O eixo x (Tempo) mostra os anos de 2017 a 2023. O eixo y (Valores) mostra os valores da série após as três diferenciações. A linha mostra variações relativamente estáveis ao redor de zero, sendo típico de uma série estacionária. Houve uma variação brusca em 2021, mas a série não tem uma tendência clara, sendo desejável após a diferenciação (Lima; Laporta, 2021).

Gráfico 6 – Série diferenciada do modelo ARIMA



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A terceira diferenciação foi necessária porque as duas primeiras ainda não haviam deixado a série estacionária. Isso pode indicar que a série original tinha uma forte tendência ou estrutura não estacionária complexa.

Na análise de resíduos, como o p-valor do teste foi de 0,0921 (Tabela 16), não há evidência forte de autocorrelação nos resíduos. O modelo parece ser adequado e os resíduos são independentes, não precisando ser ajustado. Como o p-valor do teste foi igual a 0,01348 (Tabela 17), houve evidências que os resíduos do modelo não seguem uma distribuição normal.

Tabela 16 – Análise dos resíduos com teste Ljung-Box no ARIMA

| Ljung- Box |        |
|------------|--------|
| p-valor    | 0,0921 |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Tabela 17 – Análise de distribuição com teste Shapiro-Wilk no ARIMA

| Shapiro- Wilk |         |
|---------------|---------|
| p-valor       | 0,01348 |

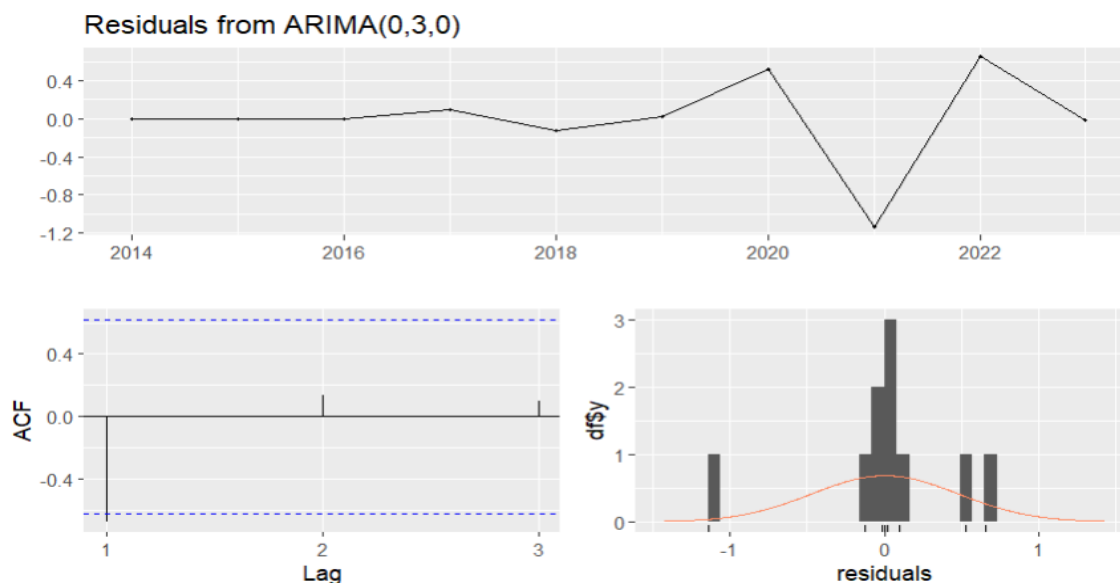
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Mesmo que os dados não sejam normais o modelo ainda pode ser útil para previsões e análises devido:

- independência dos resíduos: o teste de Ljung-Box confirmou que os resíduos são independentes, sendo um requisito importante para muitos modelos estatísticos;
- previsões precisas: mesmo que os dados não sejam normais, o modelo pode ainda ser capaz de fazer previsões precisas; e
- análise de tendências: o modelo pode ser útil para analisar tendências e padrões nos dados (Lima; Laporta, 2021).

O gráfico 7 apresenta o ACF e QQ-Plot com análise de distribuição utilizando o teste Shapiro-Wilk.

Gráfico 7 - Análise de distribuição com teste Shapiro-Wilk



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A primeira imagem, demonstrou os resíduos ao longo do tempo e verificou se há algum padrão visível nos resíduos. Eles devem parecer aleatórios. O ACF (segunda imagem), verificou se houve dependências remanescentes nos resíduos. Devendo os valores ficarem dentro do intervalo de confiança. Por último, o QQ-Plot avalia a normalidade dos resíduos comparando a distribuição com uma curva normal teórica (Lima; Laporta, 2021).

A ideia é que esses resíduos oscilem ao redor de zero sem padrão evidente (o que parece ter sido atendido, embora haja oscilações em 2021). No ACF as barras estão dentro das linhas azuis (limites de confiança), sugerindo que não houve autocorrelação significativa. Esse foi um bom sinal de que o modelo capturou bem a dependência temporal. No histograma dos resíduos com curva de densidade que avalia se os resíduos seguem uma distribuição aproximadamente normal, esse parece simétrico com leve concentração em torno de zero, sendo o esperado. A análise acima, mostrou que os resíduos, aparentemente, são aleatórios, não correlacionados e não apresentaram padrões ou tendências, assim como desejado.

Realizadas previsões de um passo à frente (2024) com o modelo ajustado e avaliação das métricas de desempenho (Tabela 18).

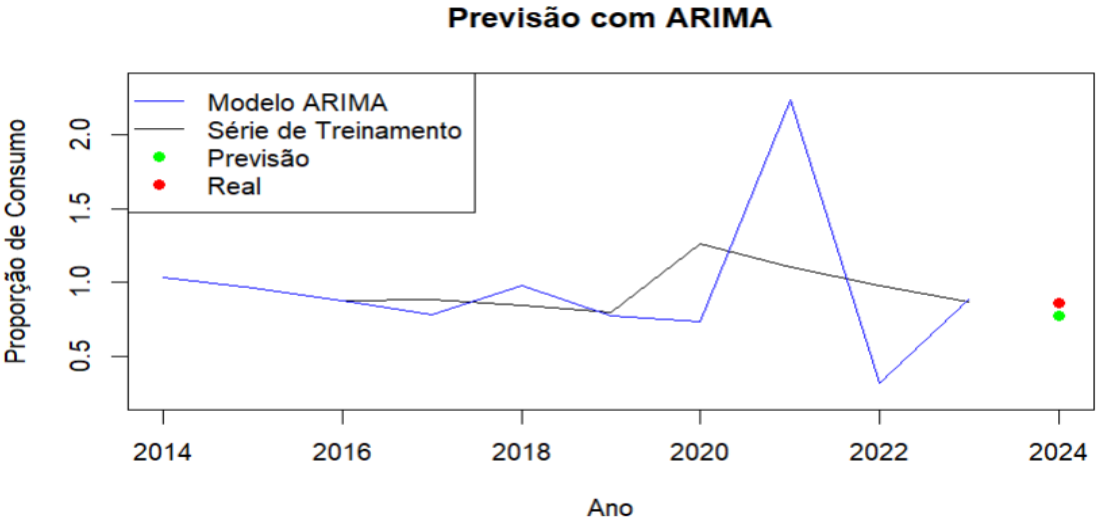
Tabela 18 – Métricas de desempenho do ARIMA

| Modelo | MAE    | RMSE   | MAPE (%) | ME     | MPE  | MASE   | MAD |
|--------|--------|--------|----------|--------|------|--------|-----|
| ARIMA  | 0.0841 | 0.0841 | 9,79     | 0.0841 | 9.79 | 0.6863 | -   |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O gráfico 8 apresenta a série temporal ajustada pelo modelo ARIMA, o valor real e o valor previsto estimado pelo modelo para 2024. A linha preta são os dados reais (série de treinamento), a linha azul foi a previsão feita com o modelo ARIMA. O valor real de 2024 foi de 0,8598007 (ponto vermelho) e o valor previsto (ponto verde) foi de 0,7756615, sendo a previsão do modelo para 2024.

Gráfico 8 – ARIMA com previsão para 2024



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Assim, o erro de previsão do modelo ARIMA (diferença entre o valor previsto e o valor real) foi de 0,0841392 (Tabela 19).

Tabela 19 – Valor real, previsão e erro do modelo ARIMA

| Modelo ajustado aos dados | Valor real 2024 | Valor de previsão 2024 | Erro (valor real -valor previsto) |
|---------------------------|-----------------|------------------------|-----------------------------------|
| ARIMA                     | 0,8598007       | 0,7756615              | 0,0841392                         |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

#### 4.7 Avaliação e comparação dos modelos de previsão de demanda e consumo estimado para o próximo período de fornecimento do Palivizumabe

O valor real do consumo por dose em 2024, o valor de previsão e o erro dos modelos avaliados estão exibidos (Tabela 20). O modelo ARIMA demonstrou um melhor desempenho à série e um menor erro de previsão (0,0841392), ou seja, a menor diferença entre o valor previsto comparado ao valor real. O consumo estimado de Palivizumabe para o próximo período de fornecimento foi de 0,77mL por dose de aplicação.

Tabela 20 – Valor real, previsão e erro dos modelos de previsão analisados

| Modelo ajustado aos dados      | Valor real 2024  | Valor de previsão 2024 | Erro (valor real -valor previsto) |
|--------------------------------|------------------|------------------------|-----------------------------------|
| Regressão Linear Simples       | <b>0,8598007</b> | 0,9878844              | 0,1280837                         |
| Suavização Exponencial Simples |                  | 0,9926456              | 0,1328449                         |
| Suavização Exponencial de Holt |                  | 0,9879106              | 0,1281099                         |
| <b>ARIMA</b>                   |                  | <b>0,7756615</b>       | <b>0,0841392</b>                  |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Para avaliar o desempenho preditivo dos modelos aplicados à série temporal em estudo, foram consideradas as seguintes métricas: MAE, RMSE, MAPE, ME, MPE e MASE (Tabela 21) (Lima; Laporta, 2021).

Tabela 21 – Métricas de desempenho dos modelos de previsão analisados

| Modelo                         | MAE           | RMSE          | MAPE (%)    | ME      | MPE    | MASE          | MAD    |
|--------------------------------|---------------|---------------|-------------|---------|--------|---------------|--------|
| Regressão Linear Simples       | 0.1281        | 0.1281        | 14,90       | -       | -      | -             | 0.1281 |
| Suavização Exponencial Simples | 0.1328        | 0.1328        | 15,45       | -0.1328 | -15.45 | 1.0835        | -      |
| Suavização Exponencial de Holt | 0.1281        | 0.1281        | 14,90       | -0.1281 | -14.90 | 1.0449        | -      |
| <b>ARIMA</b>                   | <b>0.0841</b> | <b>0.0841</b> | <b>9,79</b> | 0.0841  | 9.79   | <b>0.6863</b> | -      |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O modelo de regressão linear simples apresentou MAE e RMSE de 0.1281, com MAPE de 14,90% e MAD equivalente ao MAE, uma vez que ambos medem o desvio absoluto médio. A SES teve desempenho inferior, com MAE e RMSE de 0.1328, MAPE de 15,45% e MASE superior a 1 (1.0835), indicando desempenho abaixo de um modelo de referência. A SEH apresentou métricas similares às da

regressão linear, com leve melhora em MASE (1.0449) e MAPE de 14,90%. O modelo ARIMA obteve os melhores resultados, com MAE e RMSE de apenas 0.0841, MAPE de 9,79% e MASE de 0.6863, refletindo uma previsão significativamente mais precisa e eficiente que os demais modelos. Valores menores dessas métricas indicam um melhor ajuste do modelo (Lima; Laporta, 2021).

A acurácia dos modelos foi calculada (Tabela 22) verificando a proximidade de um resultado com o seu valor de referência real, para confirmar a escolha do modelo.

Tabela 22 – Cálculo da acurácia dos modelos de previsão analisados

| <b>Modelo ajustado aos dados</b> | <b>Acurácia (1-Erro) x 100%</b>                                            |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Regressão Linear Simples         | $(1 - 0,1280837) \times 100\% = 0,8719163 \times 100\% = 87,19\%$          |
| Suavização Exponencial Simples   | $(1 - 0,1328449) \times 100\% = 0,8671551 \times 100\% = 86,72\%$          |
| Suavização Exponencial de Holt   | $(1 - 0,1281099) \times 100\% = 0,8718901 \times 100\% = 87,19\%$          |
| <b>ARIMA</b>                     | $(1 - 0,0841392) \times 100\% = 0,9158608 \times 100\% = \mathbf{91,59\%}$ |

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A acurácia é expressa como um valor entre 0 e 1, em que:

- 1 representa uma acurácia perfeita (o modelo prevê os valores reais com precisão); e
- 0 representa uma acurácia ruim (o modelo não prevê os valores reais com precisão).

Em porcentagem, a acurácia pode ser interpretada da seguinte forma:

- 90% ou mais: acurácia excelente;
- 80-89%: acurácia boa;
- 70-79%: acurácia razoável; e
- 69% ou menos: acurácia ruim (Lima; Laporta, 2021).

O modelo ARIMA apresentou a maior acurácia (91,59%), classificada como acurácia excelente.

Considerando o erro de previsão, a avaliação das métricas e a acurácia dos modelos analisados, a SES demonstrou os piores resultados, seguida da SEH e a regressão linear simples que revelaram resultados similares. O modelo ARIMA apresentou o melhor desempenho em todas as avaliações, sendo o modelo escolhido e mais adequado, devido menor erro de previsão, menores métricas e maior acurácia.

#### 4.8 Limitação do estudo

Diante de uma série temporal relativamente pequena, como a analisada no presente estudo (2014 a 2024), o desafio principal foi fazer previsões precisas com poucos dados históricos. O estudo foi realizado considerando esse período, pois o Palivizumabe só passou a ser ofertado a partir de 2014. Com uma série curta, pode ser difícil capturar padrões sazonais ou tendências de longo prazo com alta precisão, o que pode afetar a precisão dos modelos, pois eles têm menos informações para aprender e fazer previsões mais assertivas. Além disso, houve o complicador do período atípico da COVID-19 que desregulou o comportamento da série. A escolha do modelo de previsão depende da natureza dos dados e do problema específico. Nesse sentido, torna-se primordial explorar e analisar os dados para determinar o mais adequado.

À medida que se obtiver novos dados para a série, torna-se importante o seu abastecimento. Ao passar dos anos pode ser que a série altere o padrão e seja necessária a atualização do modelo de previsão, a fim de buscar o mais adequado e preciso, considerando a série atual para melhorar a previsão ao longo do tempo. Mesmo diante de uma série curta, mas com uma abordagem cuidadosa, modelos adequados e uso de conhecimento de domínio, tem-se a possibilidade de fazer previsões úteis. Dessa forma, no presente estudo, mesmo diante das limitações e considerando a série de apenas 10 anos, obteve-se um resultado muito favorável e significativo, com a escolha do modelo ARIMA que apresentou as melhores avaliações nos parâmetros avaliados.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fornecimento de Palivizumabe para VSR ao longo dos anos analisados sofreu influência da pandemia do COVID-19. A pandemia alterou drasticamente os padrões de consumo do item, assim como o número de pacientes. Além disso, ficou claro a alteração no padrão de critério de solicitação, devido ao aumento de prematuros no período. Com o fim do pico da pandemia, espera-se que o fornecimento do item não sofra tanta alteração relacionada à COVID-19, como já vem acontecendo; e, também, devido ao conhecimento do fluxo.

Os modelos de previsão de demanda foram bem aplicados à série histórica apesar do desafio da série curta. O modelo ARIMA teve o menor erro de previsão em relação ao valor real de consumo e esse resultado mostrou o quão próximo o modelo chegou do valor correto. Também apresentou um melhor resultado com menores métricas de avaliação e, além disso, apresentou a maior acurácia, indicando que ele prevê os dados da série temporal com maior precisão.

O ARIMA foi o modelo com melhor performance, demonstrando superioridade em todas as avaliações. Tornou-se o modelo com melhor desempenho e, portanto, o melhor para a previsão de demanda entre os avaliados, destacando-se como o mais eficaz para prever a série temporal em análise e o consumo para os próximos períodos de solicitação.

Foi desenvolvido três produtos técnicos de painel de controle de Palivizumabe. Um painel de dados BI com todo o histórico de 2014 a 2024, abarcando os dados de consumo total e por dose de aplicação do medicamento, número de pacientes e solicitações deferidas segundo os critérios de inclusão para uso (Apêndice A). Um modelo para previsão de demanda para cálculo do consumo (Apêndice B) e um *Script* para aplicação em *software* RStudio® para análise de dados (Apêndice C) a fim de auxiliar na previsão de demanda para os próximos períodos sazonais do VSR e de fornecimento do Palivizumabe.

Os produtos técnicos entregues são de grande importância para a atuação local de trabalho e poderão servir de base de estudo para ser replicado, considerando as especificidades de cada medicamento e a realidade de cada local de atuação.

Considerou-se inegável a importância deste estudo, visto a oportunidade de aprofundamento no assunto, a melhoria nos fluxos de trabalho e a contribuição de grande relevância para o ambiente profissional e para a população. As informações

garantirão confiabilidade e efetividade para uma previsão de demanda e programações mais assertivas nos próximos períodos de programação do item, sendo extremamente relevante para a gestão.

Considerou-se notória a contribuição para um sistema de saúde mais seguro e preparado para atender às necessidades da população, a fim de melhorar a gestão de recursos e implementar políticas de saúde mais eficientes.

## REFERÊNCIAS

ACKERMANN, A. E. F.; SELLITOO, M. A. Métodos de previsão de demanda: uma revisão de literatura. **Innovar**, v. 32, n. 85, p. 83-99, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.15446/innovar.v32n85.100979>. Acesso em: 28 jul. 2025

ALBUQUERQUE, R. S. *et al.* Análise do processo diferenciado de aspiração do Palivizumabe. **Acta Paul Enferm.**, v. 27, n. 1, p. 69-75, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/appe/a/MnPJhBNXsLrFgzJCHknLKTf/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 28 jul. 2025.

ALMEIDA, R. F.; AMARAL, T. G. D.; SILVA, P. A. L. D. Modelos de previsão de demanda em materiais: aplicação em uma empresa de administração pública. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 11, p. 74296-74310, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n11-238>. Acesso em: 28 jul. 2025.

ANTUNES, J. L. F.; CARDOSO, M. R. A. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 3, p. 565-576, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5123/S1679-49742015000300024>. Acesso em: 28 jul. 2025.

AQUINO, E. M. L. *et al.* Medidas de distanciamento social no controle da pandemia de COVID-19: potenciais impactos e desafios no Brasil. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, v. 25, n. 1, p. 2001-2015, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232020256.1.10502020>. Acesso em: 28 jul. 2025.

ASTRAZENECA. **Synagis bula pacientes**. São Paulo: AstraZeneca, 2025. Bula. 22p. Disponível em: [https://www.astrazeneca.com.br/content/dam/az-br/Medicine/medicine-pdf/Synagis\\_Bula\\_Pacientes.pdf](https://www.astrazeneca.com.br/content/dam/az-br/Medicine/medicine-pdf/Synagis_Bula_Pacientes.pdf). Acesso em: 06 jun. 2025.

BANDURA, E. *et al.* Aplicação do modelo ARIMA para estatística na análise de dados em série temporal. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v. 12, n. 3, p. 145-150, 2019. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/viewFile/6380/4352>. Acesso em: 28 jul.. 2025.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. **Time series analysis: forecasting and control**. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 338, de 06 de maio de 2004**. Política nacional de assistência farmacêutica. Brasília, 2004. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2004/res0338\\_06\\_05\\_2004.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/cns/2004/res0338_06_05_2004.html). Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informação. 2011b. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm). Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.401, de 28 de abril de 2011**. Altera a Lei no 8.080, de 19.09.1990, para dispor sobre a assistência terapêutica e a incorporação de tecnologia em saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde. 2011a. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/lei/l12401.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12401.htm). Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Portaria nº 522, de 13 de maio de 2013**. Aprova o protocolo de uso do Palivizumabe. 2013. Disponível em: <https://portaldeboaspraticas.iff.fiocruz.br/biblioteca/portaria-no-522-de-13-de-maio-de-2013/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. **Portaria Conjunta nº 23, de 03 de outubro de 2018**. Aprova o protocolo de uso do Palivizumabe para prevenção da infecção pelo Vírus Sincicial respiratório. 2018. Disponível em: [https://www.gov.br/conitec/pt-br/midias/relatorios/portaria/2018/portariasconjuntas\\_22e23\\_2018.pdf](https://www.gov.br/conitec/pt-br/midias/relatorios/portaria/2018/portariasconjuntas_22e23_2018.pdf). Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumos Estratégicos em Saúde. **Relação Nacional de Medicamentos Essenciais 2022**. Brasília: Ministério da Saúde, 2022b. Disponível em: <https://www.conass.org.br/wp-content/uploads/2022/01/RENAME-2022.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Complexo da Saúde. **Relatório de Recomendação do Palivizumabe**. Brasília: Ministério da Saúde, 2023. (n. 857). Disponível em: <https://www.gov.br/conitec/pt-br/midias/relatorios/2023/palivizumabe-para-prevencao-da-infeccao-pelo-virus-sincicial-respiratorio-em-criancas-prematuras-com-idade-gestacional-de-29-a-31-semanas-e-seis-dias>. Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia, Inovação e Insumos Estratégicos em Saúde. **Uso do anticorpo monoclonal Palivizumabe durante a sazonalidade do vírus sincicial respiratório – VSR. 2022**. Brasília: Ministério da Saúde, 2022a. Disponível em: [https://drive.google.com/file/d/1xgeqwlU7G6Hd4vjBANUYAdcA\\_WifkOPi/view](https://drive.google.com/file/d/1xgeqwlU7G6Hd4vjBANUYAdcA_WifkOPi/view). Acesso em: 28 jul. 2025.

BRASIL. Universidade de São Paulo. Secretaria de Políticas de Saúde. Política Nacional de Medicamentos. **Revista de Saúde Pública**, v. 34, n. 2, p. 206-209, 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/tdRHkVdVnDN39rKFqWhgDqv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 jul. 2025.

BROCKWELL, P. J.; DAVIS, R. A. **Introduction to time series and forecasting**. 3. ed. Cham: Springer, 2016.

BUENO, M. M. *et al.* Risk factors for recurrent wheezing in preterm infants who received prophylaxis with palivizumab. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 47, p.

01-06, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20210157>. Acesso em: 28 jul. 2025.

BZOVSKY, S. *et al.* The clinician's guide to interpreting a regression analysis. **Eye**, v. 36, n. 9, p. 1715-1717, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1038/s41433-022-01949-z>. Acesso em: 28 jul. 2025.

CAETANO, R., SILVA, R. M., PEDRO, E. M. Incorporação de novos medicamentos pela Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias do SUS, 2012 a junho de 2016. **Ciênc. Saúde Colet.**, v. 22, n. 8, p. 2513-2525, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232017228.02002017>. Acesso em: 28 jul. 2025.

CAMBUÍ, C. M. C. *et al.* Aplicações de previsão de demanda por meio de séries temporais. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 2, p. 1477-1490, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.7769/gesec.v14i2.1627>. Acesso em: 28 jul. 2025.

CASTRO, H. M.; FERREIRA, J. C. Modelos de regressão linear e logística: quando utilizá-los e como interpretá-los? **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 48, n. 6, p. 439, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.36416/1806-3756/e20220439>. Acesso em: 28 jul. 2025.

CHECCIA, P. *et al.* Mortality and morbidity among infants at high risk for severe respiratory syncytial virus infection receiving prophylaxis with palivizumab: a systematic literature review and meta-analysis. **Pediatr Crit Care Med**, v. 12, n. 5, p. 580-588, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/pcc.0b013e3182070990>. Acesso em: 28 jul. 2025.

CORADI, A. E. P. A importância do farmacêutico no ciclo da assistência farmacêutica. **Ciências da Saúde**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 62-64, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.7322/abcs.v37i2.33>. Acesso em: 28 jul. 2025.

CRUZ-NÁJERA, M. A. *et al.* Short time series forecasting: recommended methods and techniques. **Symmetry**, v. 14, n. 6, p. 1231, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/sym14061231>. Acesso em: 28 jul. 2025.

DAVIDSON, L. M.; BERKELHAMER, S. K. Bronchopulmonary dysplasia: chronic lung disease of infancy and long-term pulmonary outcomes. **J. Clin. Med.**, v. 1, n. 4, p. 13-23, 2017. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28067830>. Acesso em: 28 jul. 2025.

FERREIRA, J. **Imunologia básica e clínica**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2018.

GAREGNANI, L. *et al.* Palivizumab for preventing severe respiratory syncytial virus (RSV) infection in children. **Cochrane Database Syst. Rev.**, v. 11, n. 11, p. 11-16, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/14651858.cd013757.pub2>. Acesso em: 28 jul. 2025.

GERLACK, L. F. *et al.* Gestão da assistência farmacêutica na atenção primária no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v. 15, n. 2, p. 45-5, 2017. Disponível em: Acesso

em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/XQ86JcQ6VcGLmCsxFmr3XSM/?format=pdf&lang=pt>. 02 jul. 2025.

GONÇALVES, I. R. *et al.* Avaliação do programa de uso da imunoglobulina palivizumabe no estado de São Paulo. **Caderno de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, p. 07-14, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00117816>. Acesso em: 28 jul. 2025.

GONZALES, T. *et al.* Effectiveness and safety of palivizumab for the prevention of serious lower respiratory tract infection caused by respiratory syncytial virus: a systematic review. **American Journal of Perinatology**, v. 41, n. Supl.01, p. 1-9, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1055/a-1990-2633>. Acesso em: 28 jul. 2025.

HUNTER, D. R.; HUNTER, J. S. **Statistics for business and economics**. 12. ed. McGraw-Hill Education, 2018.

HYNDMAN, R. J.; ATHANASOPOULOS, G. **Forecasting: principles and practice**. 3. ed. Melbourne: OTexts, 2021.

IZIDORO, J. B. *et al.* Impacto orçamentário da incorporação de medicamentos para tratamento em segunda linha do edema macular diabético no SUS sob a perspectiva da Secretaria de Estado de Saúde de Minas Gerais, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 35, n. 8, p. 1-13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00145518>. Acesso em: 28 jul. 2025.

LATORRE, M. R. D. O.; CARDOSO, M. R. A. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 4, n. 3, p. 1-8, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2001000300002>. Acesso em: 28 jul. 2025.

LEVINE, D. M.; SZABAT, K. A.; STEPHAN, D. F. **Estatística aplicada**. 8. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2020.

LI, Y. *et al.* Global, regional, and national disease burden estimates of acute lower respiratory infections due to respiratory syncytial virus in children younger than 5 years in 2019: a systematic analysis. **Revista Lancet**, v. 399, n. 10340, p. 2047-2064, 2022. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35598608/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

LIMA, M. B., ARCHONDO, M. D. L., SILVA, A. R. D. Imunoprofilaxia do vírus sincicial respiratório com Palivizumabe em crianças em hospital da zona sul de São Paulo. **Revista OFIL-ILAPHAR**, Madrid, ES, v. 30, n. 1, p. 33-36, 2020. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.4321/s1699-714x20200001000010>. Acesso em: 28 jul. 2025.

LIMA, M. V. M.; LAPORTA, G. Z. Avaliação de modelos de predição para ocorrência de malária no estado do Amapá, 1997-2016: um estudo ecológico. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 30, n. 1, p. 1-8, 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1679-49742021000100007>. Acesso em: 28 jul. 2025.

LOPES, M. C. B. L. *et al.* Prevenção de infecção pelo Vírus Sincicial Respiratório em

Crianças: Imunização ativa e passiva. **Journal of Implantology and Health Sciences**, v. 6, n. 3, p. 2036-2044, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.36557/2674-8169.2024v6n3p2036-2044>. Acesso em: 28 jul. 2025.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. **Forecasting: methods and applications**. 3. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

MENA, M. P. M. M.; OLIVEIRA, C. R. V.; REIS, B. C. C. A eficácia da profilaxia com Palivizumab para infecções agudas pelo vírus sincicial respiratório em populações de risco: uma revisão de literatura. **Revista eletrônica acervo médico**, v. 17, p. 2-8, 2022. Disponível em: <https://acervomais.com.br/index.php/medico/article/view/10854>. Acesso em: 04 jul. 2025.

MINAS GERAIS. Controladoria Geral do Estado. **Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao cidadão – E-sic**. Belo Horizonte: CGE, 2012a. Disponível em: [https://acessoainformacao.mg.gov.br/sistema/site/acesso\\_info.aspx](https://acessoainformacao.mg.gov.br/sistema/site/acesso_info.aspx). Acesso em: 28 jul. 2025.

MINAS GERAIS. Governo do Estado de Minas Gerais. **Decreto nº 45.969, de 24 de maio de 2012**. Regulamenta o acesso à informação no âmbito do poder executivo. 2012b. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=33215>. Acesso em: 28 jul. 2025.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Saúde. **Deliberação CIB-SUS/ MG nº 3.659, de 09 de dezembro de 2021**. Aprova a alteração do Anexo Único da Deliberação CIB-SUS/MG nº 3.168, de 4 de junho de 2020, que aprova o Plano de Contingência da Grade Hospitalar para enfrentamento da pandemia de COVID- 19, causada pelo agente novo Coronavírus, no Estado de Minas Gerais. 2021b. Disponível em: [https://www.emendas.mg.gov.br/wp-content/legislacao/deliberacao/2021/deliberacao\\_CIB\\_SUS\\_3461\\_09\\_07\\_2021.pdf](https://www.emendas.mg.gov.br/wp-content/legislacao/deliberacao/2021/deliberacao_CIB_SUS_3461_09_07_2021.pdf). Acesso em: 28 jul. 2025.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Saúde. **Orientações para aplicação de Palivizumabe frente ao cenário do Coronavírus**. 2020. Disponível em: [https://www.saude.mg.gov.br/images/noticias\\_e\\_eventos/000\\_2020/Coronav%C3%A9rus/26.03-Nota\\_T%C3%A9cnica\\_n%C2%BA\\_5\\_SES\\_SUBPAS-SRAS-DATE-CMI\\_2020\\_PROCESSO\\_N%C2%BA\\_1320.01.00338842020-37.pdf](https://www.saude.mg.gov.br/images/noticias_e_eventos/000_2020/Coronav%C3%A9rus/26.03-Nota_T%C3%A9cnica_n%C2%BA_5_SES_SUBPAS-SRAS-DATE-CMI_2020_PROCESSO_N%C2%BA_1320.01.00338842020-37.pdf). Acesso em: 28 jul. 2025.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Saúde. **Resolução SES/MG nº 7.914, de 09 de dezembro de 2021**. Atualiza os fluxos de solicitação, avaliação, distribuição, dispensação, aplicação e prestação de contas do medicamento Palivizumabe, para a prevenção do Vírus Sincicial Respiratório (VSR), no âmbito do Sistema Único de Saúde de Minas Gerais (SUS/MG), 2021a. Disponível em: [https://www.saude.mg.gov.br/wp-content/uploads/2019/07/Resolucao\\_SES-MG-N.-7.914\\_-de-09-de-dezembro-de-2021-295.pdf](https://www.saude.mg.gov.br/wp-content/uploads/2019/07/Resolucao_SES-MG-N.-7.914_-de-09-de-dezembro-de-2021-295.pdf). Acesso em: 28 jul. 2025.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Saúde. **Sistema Integrado de Gerenciamento da Assistência Farmacêutica - SIGAF, SIGAF**. Belo Horizonte: Superintendência de Assistência Farmacêutica, 2009. Disponível em: <https://sigaf.saude.mg.gov.br/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Saúde. **Superintendências Regionais de Saúde e Gerências Regionais de Saúde**. 2021d. Disponível em: <https://www.saude.mg.gov.br/sobre/institucional/superintendencias-regionais-de-saude/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Saúde. **Componente Estratégico da Assistência Farmacêutica**. 2021. Belo Horizonte, MG, 2021c. Disponível em: <https://www.saude.mg.gov.br/obtermedicamentos/cesaf/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

MONTGOMERY, D. C.; JENNINGS, C. L.; KULAHCI, M. **Introduction to time series analysis and forecasting**. 1. ed. Wiley, 2008.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. **Introdução à análise de regressão linear**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2021.

MORAES, F. S.; SOUZA, B. G. de; ENAMI, L. M. Aplicação da suavização exponencial para previsão de demanda de uma estamperia de canecas de pequeno porte. **Journal of Production Engineering**, v. 9, n. 5, p. 09–18, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.47456/bjpe.v9i5.42590>. Acesso em: 28 jul. 2025.

MORAES, R. M. *et al.* Cobertura de políticas públicas e acesso a medicamentos no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, n. 56, p. 1-13, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11606/s1518-8787.2022056003898>. Acesso em: 28 jul. 2025.

MOURA, A. A. *et al.* **Diretrizes para o Manejo da Infecção Causada pelo Vírus Sincicial Respiratório (VSR)**. Sociedade Brasileira de Pediatria, 2017. Disponível em: [https://www.sbp.com.br/fileadmin/user\\_upload/Diretrizes\\_manejo\\_infeccao\\_causada\\_VSR2017.pdf](https://www.sbp.com.br/fileadmin/user_upload/Diretrizes_manejo_infeccao_causada_VSR2017.pdf). Acesso em: 28 jul. 2025.

OLIVEIRA, M. *et al.* Atividade atípica do Vírus Sincicial Respiratório durante a pandemia de COVID-19 num hospital português. **RevSALUS**, v. 6, n. 1, p. 1-4, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.51126/revsalus.v6i1.660>. Acesso em: 28 jul. 2025.

PESCARINI, J. *et al.* Medidas de distanciamento social no control da pandemia de COVID-19: ponteciais impactos e desafios no Brasil. **Ciênc. Saúde Coletiva**, v. 25, n. 1, p. 116-128, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/4BHTCFF4bDqq4qT7WtPhvYr/?lang=pt>. Acesso em: 24 abr. 2025.

PRADO, C. R. **Avaliação da conformidade da realização do Anticorpo Monoclonal Palivizumabe de acordo com o protocolo federal brasileiro**. Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, p. 01-35, 2024.

RIBEIRO, M. A. S. *et al.* Rapid diagnosis of respiratory distress syndrome by oral aspirate in premature newborns. **Jornal de Pediatria**, v. 95, n. 4, p. 489-494, 2019. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/jped/a/sLM7NfNSz6svdDqCfS9ZMDM/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: 28 jul. 2025.

SANTOS, M. Análise do modelo de Holt-Winters aplicado a uma série histórica de dados. **Revista de Estatística Aplicada**, v. 5, n. 1, p. 56-70, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5151/phypro-viii-efa-48>. Acesso em: 28 jul. 2025.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2017.

SHIMIZU, I., FERREIRA, J. C. Perdendo seu medo de utilizar o programa R para análise estatística. **J Bras Pneumol.**, v. 3, n. 49, p. 2-5, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jbpneu/a/CKMkppW4zHZymv7YZHLT39H/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 02 jul. 2025.

SILVA, I. D. A., ALVIM, H. G. D. O. A história dos medicamentos e o uso das fórmulas: a conscientização do uso adequado. **Revista JRG**, Brasília, v. 3, n. 7, p. 475-488, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4276239>. Acesso em: 28 jul. 2025.

SILVA, J. C.; SANTOS, M. A. Aplicação do modelo ARIMA para previsão de séries temporais de vazão de rios. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, n. 2, p. 123-140, 2021. Disponível em: Acesso em: 28 jul. 2025

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PEDIATRIA. **Prevenção ao VSR, muito além de um detalhe**. São Paulo: SBP, 2023. Disponível em: <https://www.sbp.com.br/especiais/vsr/>. Acesso em: 28 jul. 2025.

SOCIEDADE DE PEDIATRIA DO DISTRITO FEDERAL. **Prevenção do Vírus Sincicial Respiratório**. Brasília: SPDF, 2022. Disponível em: <https://spdf.com.br/wp-content/uploads/2022/02/Prevencao-do-Virus-Sincicial-Respiratorio-fevereiro-2022-SPDF.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2025.

TIBÚRCIO, B. C. D. S., CARVALHEIRA, A. P. P., GONÇALVES, I. R. Medidas de controle em casos de infecção pelo vírus sincicial respiratório em recém-nascidos prematuros: revisão sistemática. **Research, Society and Development**, São Paulo, v. 12, p. 01-09, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i11.43755>. Acesso em: 28 jul. 2025.

UNIVERSA, A. B. **COVID em grávidas e a prematuridade**. 2022. Disponível em: <https://www.uol.com.br/universa/noticias/redacao/2022/01/28/covid-causa-riscos-a-saude-das-gestantes-quais-os-direitos-das-gravidas.htm>. Acesso em: 28 jul. 2025.

VOUSDEN, N. *et al.* The incidence and outcomes of pregnancy in women with SARS-CoV-2 infection in the UK: a prospective national cohort study. **The Lancet**, v. 396, n.56, p.659-665, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0251123>. Acesso em: 28 jul. 2025.

WANG, D. *et al.* Immunoprophylaxis against respiratory syncytial virus (RSV) with palivizumab in children: a systematic review and economic evaluation. **NIHR Journals**, v. 12, n. 36, p. 1-86, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.3310/hta12360>. Acesso em: 28 jul. 2025.

WANG, X.; CHEN, H. A review of time series forecasting methods. **Journal of Systems Science and Systems Engineering**, v. 22, n. 3, p. 257-276, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.3310/hta12360>. Acesso em: 28 jul. 2025.

**APÊNDICE A – Produto Técnico I**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENFERMAGEM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE**

Joseli Azevedo Mendes Martins

**PRODUTO TÉCNICO RESULTANTE DO TRABALHO “PREVISÃO DE  
DEMANDA DE PALIVIZUMABE PARA PROFILAXIA EM CRIANÇAS CONTRA  
O VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO EM FARMÁCIA REGIONAL DO ESTADO  
DE MINAS GERAIS”**

Belo Horizonte  
2025

Joseli Azevedo Mendes Martins

**PRODUTO TÉCNICO RESULTANTE DO TRABALHO “PREVISÃO DE  
DEMANDA DE PALIVIZUMABE PARA PROFILAXIA EM CRIANÇAS CONTRA  
O VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO EM FARMÁCIA REGIONAL DO ESTADO  
DE MINAS GERAIS”**

Produto Técnico resultante do Trabalho de Conclusão de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Serviços de Saúde, da Escola de Enfermagem da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Serviços de Saúde.

Área de concentração: Gestão de Serviços de Saúde.

Linha de pesquisa: Política, Planejamento e Avaliação em Saúde.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Keli Bahia Felicíssimo Zocratto.

Coorientador: Prof. Dr. Renzo Joel Flores Ortiz.

Belo Horizonte  
2025

## PRODUTO TÉCNICO I

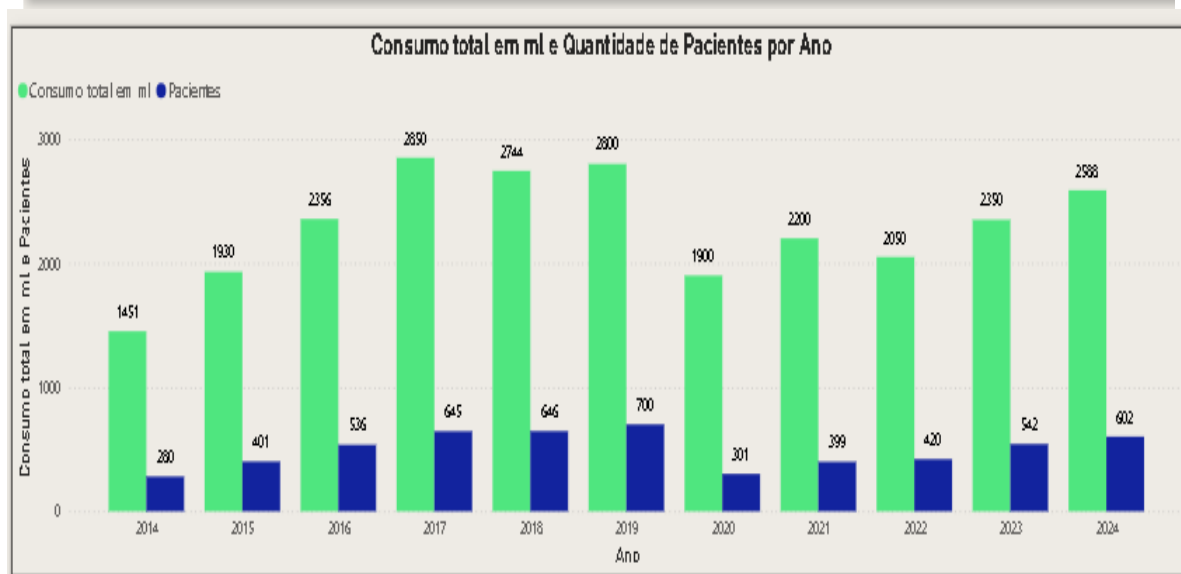
### PAINEL DE CONTROLE: Paine de dados BI

Histórico do consumo total e por dose de aplicação de Palivizumabe em mL, número de pacientes total e por critério de uso na CAF/URS-BH de 2014 a 2024

- Link eletrônico para acesso a base de dados Power BI:

<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNDRIZmRiMTYtNDQ3Yi00YmY3LTIIYzUtZWl4MTgwNzM1OTUwliwidCI6IjlmZDc2YzlyLWZhMjktNGFINS04OWE0LWQ2MGUxYzYzNDEzMSJ9>

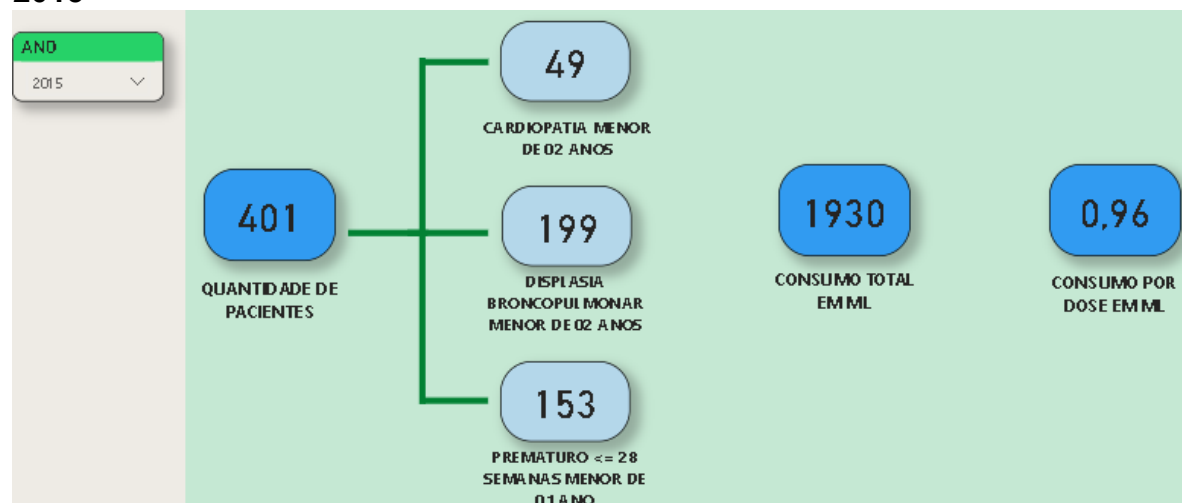
#### CONSUMO DE PALIVIZUMABE EM ML NA REGIONAL DE BH DE 2014 A 2024



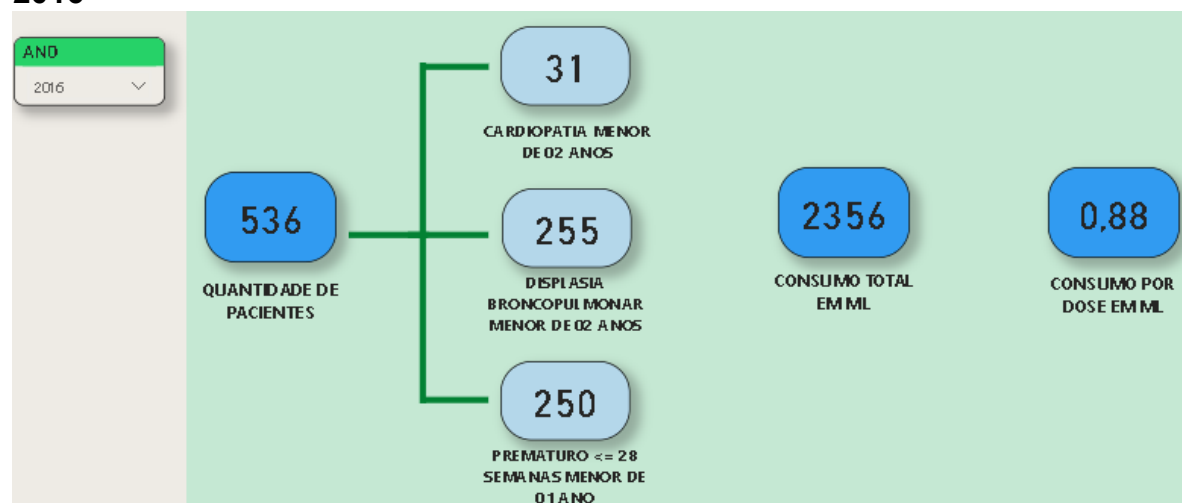
2014



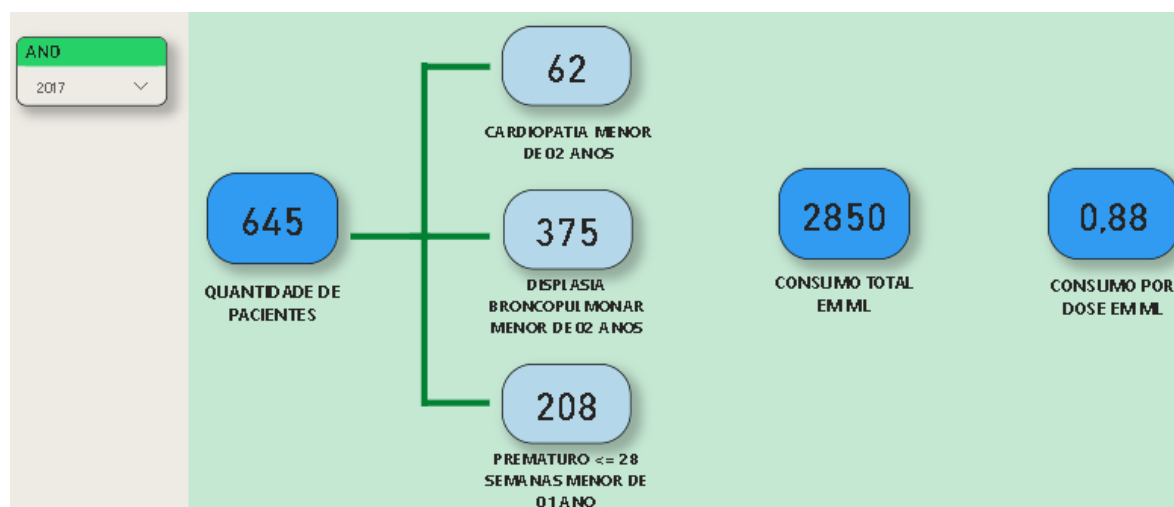
2015



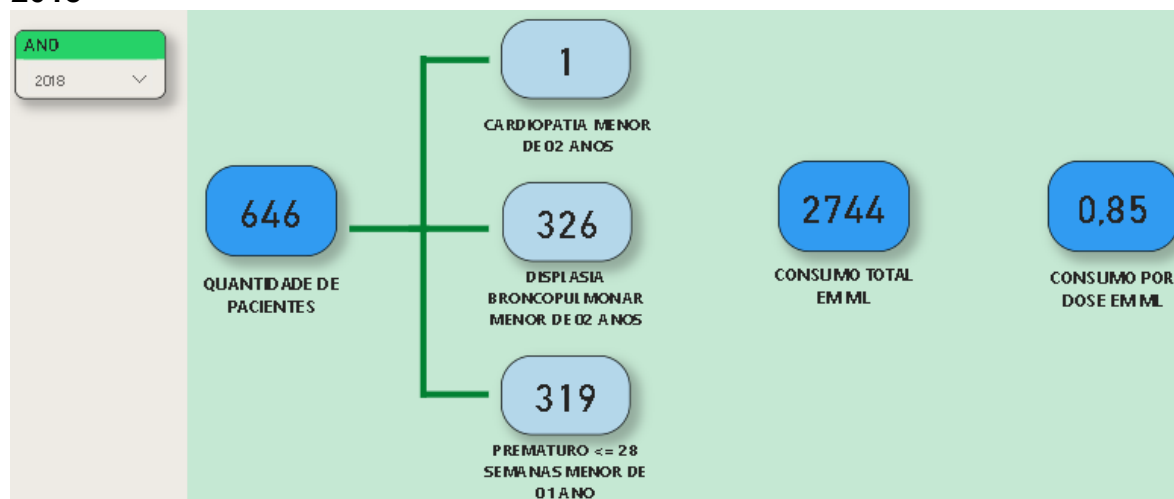
2016



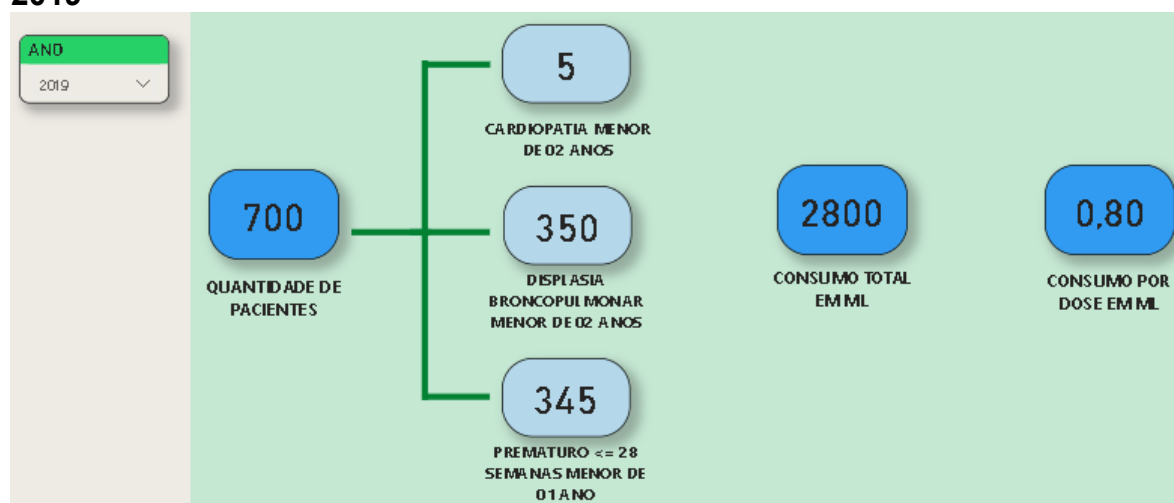
2017



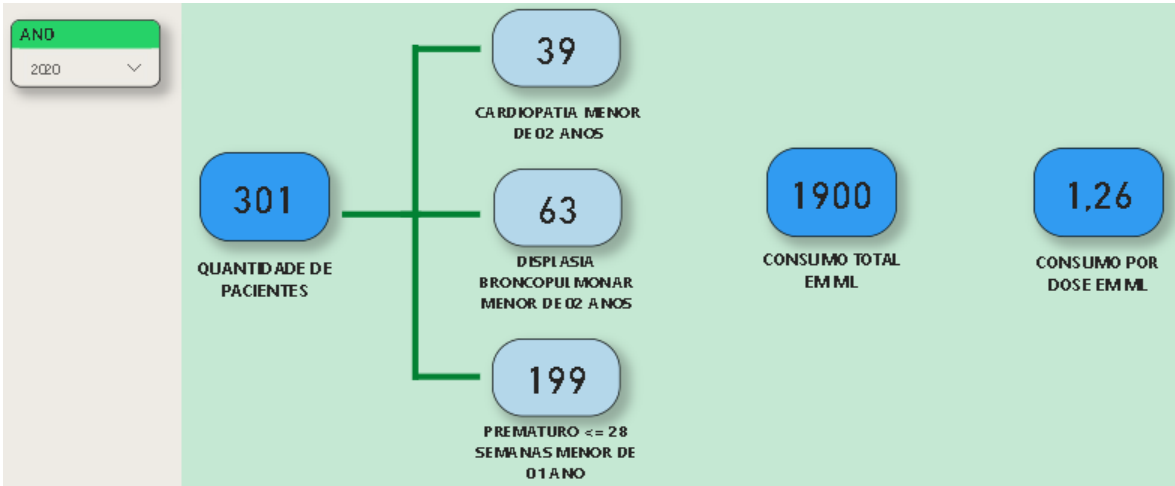
2018



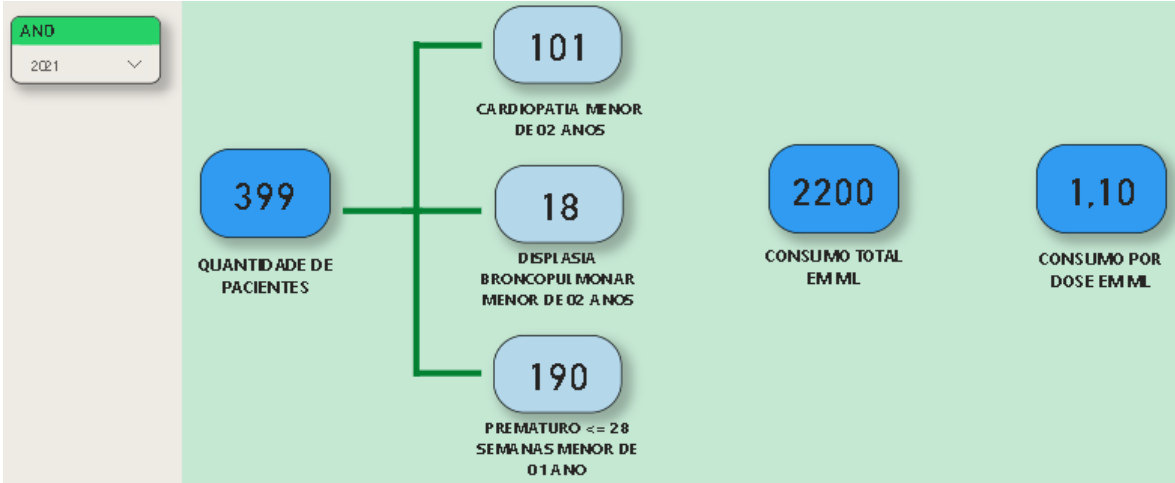
2019



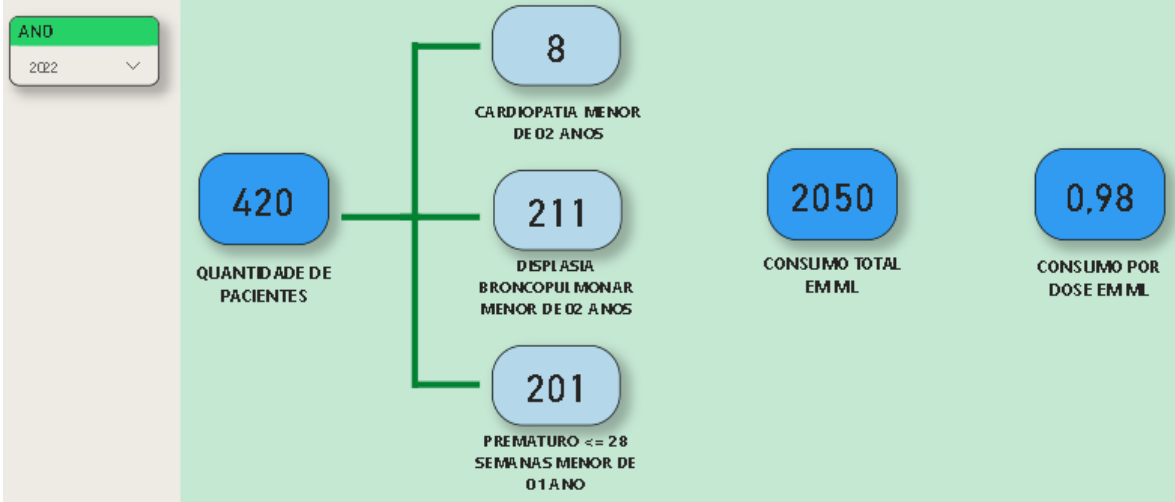
2020



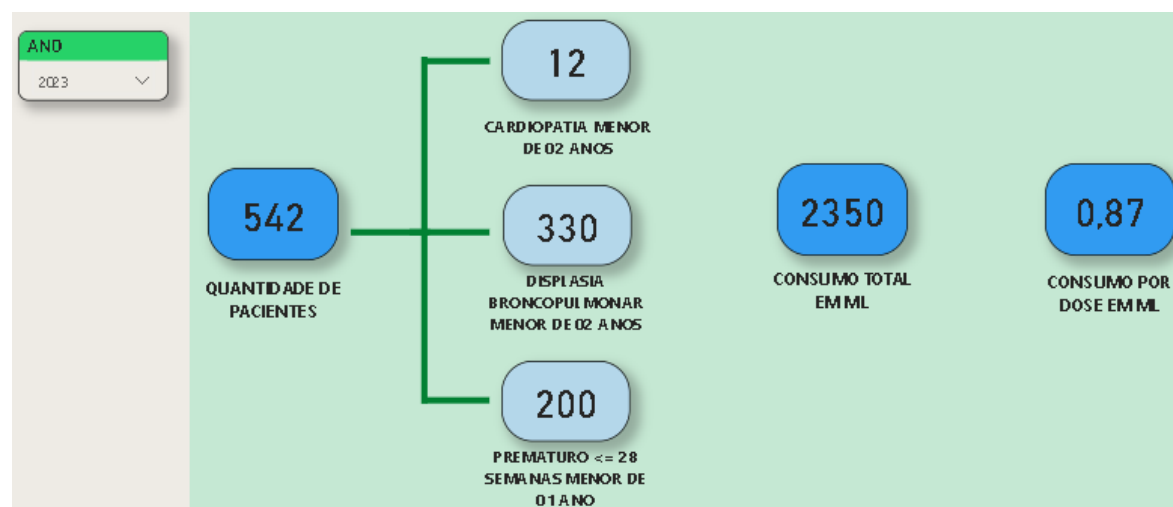
2021



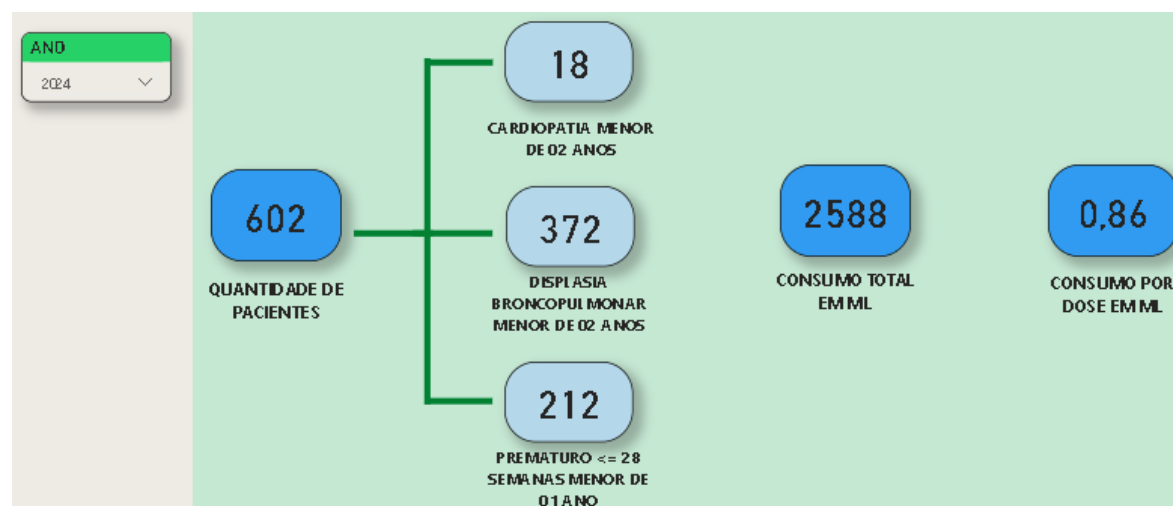
2022



2023



2024



**Fonte:** Dados SES/MG, via portal e-SIC.

**APÊNDICE B – Produto Técnico II**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENFERMAGEM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE**

Joseli Azevedo Mendes Martins

**PRODUTO TÉCNICO RESULTANTE DO TRABALHO “PREVISÃO DE  
DEMANDA DE PALIVIZUMABE PARA PROFILAXIA EM CRIANÇAS CONTRA  
O VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO EM FARMÁCIA REGIONAL DO ESTADO  
DE MINAS GERAIS”**

Belo Horizonte  
2025

Joseli Azevedo Mendes Martins

**PRODUTO TÉCNICO RESULTANTE DO TRABALHO “PREVISÃO DE  
DEMANDA DE PALIVIZUMABE PARA PROFILAXIA EM CRIANÇAS CONTRA  
O VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO EM FARMÁCIA REGIONAL DO ESTADO  
DE MINAS GERAIS”**

Produto Técnico resultante do Trabalho de Conclusão de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Serviços de Saúde, da Escola de Enfermagem da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Serviços de Saúde.

Área de concentração: Gestão de Serviços de Saúde.

Linha de pesquisa: Política, Planejamento e Avaliação em Saúde.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Keli Bahia Felicíssimo Zocratto.

Coorientador: Prof. Dr. Renzo Joel Flores Ortiz.

Belo Horizonte  
2025

**PRODUTO TÉCNICO II**  
**PAINEL DE CONTROLE: MODELO PARA PREVISÃO DE DEMANDA DE**  
**PALIVIZUMABE**

Planilha para cálculo de Consumo de Palivizumabe de acordo com o modelo de previsão de demanda ARIMA (*AutoRegressive Integrated Moving Average*)\*

- Link eletrônico para acesso a planilha:

[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1QraKQ\\_RwaVUFHlzRdByT0ga\\_iOr\\_Lsvd/edit?usp=sharing&ouid=111747327755219327680&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1QraKQ_RwaVUFHlzRdByT0ga_iOr_Lsvd/edit?usp=sharing&ouid=111747327755219327680&rtpof=true&sd=true)

| Número de pacientes atual | Consumo em mL de acordo com o modelo arima por dose | Quantidade em mL para pedido por dose de aplicação | Quantidade total em mL considerando 5 doses para pedido (anual) |
|---------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 500                       | 0,77                                                | 385                                                | 1925                                                            |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |
|                           |                                                     | 0                                                  | 0                                                               |

\* Preenche o número de pacientes atual e o consumo de acordo com o modelo ARIMA por dose (0,77mL): a quantidade em mL por dose de aplicação e a quantidade total considerando 5 doses são preenchidas automaticamente para cálculo do pedido.

\* Exemplo de programação para 500 pacientes aplicado à planilha acima.

\* Com o abastecimento de dados à série, ao passar dos anos pode-se ajustar o modelo e consumo previsto.

**APÊNDICE C – Produto Técnico III**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ENFERMAGEM  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE  
MESTRADO PROFISSIONAL EM GESTÃO DE SERVIÇOS DE SAÚDE**

Joseli Azevedo Mendes Martins

**PRODUTO TÉCNICO RESULTANTE DO TRABALHO “PREVISÃO DE  
DEMANDA DE PALIVIZUMABE PARA PROFILAXIA EM CRIANÇAS CONTRA  
O VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO EM FARMÁCIA REGIONAL DO ESTADO  
DE MINAS GERAIS”**

Belo Horizonte  
2025

Joseli Azevedo Mendes Martins

**PRODUTO TÉCNICO RESULTANTE DO TRABALHO “PREVISÃO DE  
DEMANDA DE PALIVIZUMABE PARA PROFILAXIA EM CRIANÇAS CONTRA  
O VÍRUS SINCICIAL RESPIRATÓRIO EM FARMÁCIA REGIONAL DO ESTADO  
DE MINAS GERAIS”**

Produto Técnico resultante do Trabalho de Conclusão de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Gestão de Serviços de Saúde, da Escola de Enfermagem da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Gestão de Serviços de Saúde.

Área de concentração: Gestão de Serviços de Saúde.

Linha de pesquisa: Política, Planejamento e Avaliação em Saúde.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Keli Bahia Felicíssimo Zocratto.

Coorientador: Prof. Dr. Renzo Joel Flores Ortiz.

Belo Horizonte  
2025

## PRODUTO TÉCNICO III

### PAINEL DE CONTROLE: *Script* para aplicação no *software* RStudio®

#### *Script* para aplicação no *software* RStudio® para análise de dados

Um *script* é um conjunto de instruções ou comandos escritos em uma linguagem de programação que automatizam tarefas específicas.

O *script* abaixo contém comandos dos modelos de previsão para aplicação nos próximos anos, com abastecimento de novos dados à série e novas previsões.

O modelo de previsão de demanda ARIMA (*AutoRegressive Integrated Moving Average*) apresentou o melhor resultado.

- *Script* aplicado ao RStudio® :

```
> ###AJUSTE DE MODELOS PARA PREVISÃO DE 2024###
```

```
# Carregar bibliotecas
library(openxlsx)
library(forecast)
library(lmtest)
library(fGarch)
```

```
# Carregar os dados
setwd("C:\\Users\\Jose1\\Desktop\\Mestrado UFMG\\Dados")
dt <- read.xlsx("dados_2.xlsx")
```

```
# Estruturar os dados
str(dt)
view(dt)
```

```
# Criar nova coluna
dt$consumo_p <- (dt$consumo / dt$pacientes) / 5
```

```
# Transformar em série temporal
dt_t <- ts(dt$consumo_p, start = 2014, frequency = 1)
```

```
# Dividir em conjunto de treino e teste
train_t <- window(dt_t, end = 2023)
test_t <- window(dt_t, start = 2024)
```

```
train <- dt[dt$ano >= 2014 & dt$ano <= 2023, ]
test <- dt[dt$ano == 2024, ]
```

```
plot(train_t, type = "o", main="Série de Treinamento (2014 a 2023)", col = "black", xlab = "Ano", ylab="Proporção de consumo")
```

```

# Regressão linear
reg <- lm(consumo_p ~ ano, data = train)

# Exibir resumo do modelo
summary(reg)

# Previsão com modelo de regressão linear simples
pred_reg <- predict(reg, newdata = test)
pred_reg

# Métricas de avaliação da precisão do modelo
# 1. Erro absoluto médio (MAE)
mae <- mean(abs(test$consumo_p - pred_reg))
# 2. Raiz do erro quadrático médio (RMSE)
rmse <- sqrt(mean((test$consumo_p - pred_reg)^2))
# 3. Erro percentual absoluto médio (MAPE)
mape <- mean(abs((test$consumo_p - pred_reg) / test$consumo_p)) * 100
# 4. Desvio absoluto médio (MAD)
mad <- mean(abs(test$consumo_p - pred_reg))

# Exibir todas as métricas
cat("MAE: Erro absoluto médio", mae, "\n")
cat("RMSE: Raiz do erro quadrático médio", rmse, "\n")
cat("MAPE: Erro percentual absoluto médio", mape, "%\n")
cat("MAD: Desvio absoluto médio", mad, "\n")

# Plot das previsões
plot(train$ano, train$consumo_p, type = "o", main="Regressão Linear", col = "black", xlim =
range(dt$ano), ylim = range(dt$consumo_p), xlab = "Ano", ylab="Proporção de consumo")
points(test$ano, test$consumo_p, col = "red", pch = 16)
points(test$ano, pred_reg, col = "green", pch = 16)
legend("topleft", legend = c("Reta de regressão ajustada", "Treino", "Real", "Previsto"),
col = c("blue", "black", "red", "green"), lty = c(1, 1, NA, NA), pch = c(NA, NA, 16, 16))
abline(reg = lm(train_t ~ time(train_t)), col="blue")

#### Simple Exponential Smoothing (Suavização Exponencial simples) A suavização exponencial
simples é uma técnica usada para suavizar uma série temporal e dar mais peso aos valores
mais recentes. No R, você pode usar a função Holtwinters() para aplicar suavização
exponencial simples (SES)####

# Carregar bibliotecas necessárias
library(forecast)
library(tseries)

#Ajustar o modelo SES
ses_1 <- Holtwinters(train_t, beta = FALSE, gamma = FALSE)

#Exibindo resumo do modelo
summary(ses_1)

# Fazer previsões (por exemplo, 1 período à frente)
previsao <- forecast(ses_1, h = 1)
previsao

# Avaliar a precisão do modelo
metricas_acuracia <- accuracy(previsao, x = test_t)
print(metricas_acuracia)

# Plotando a série original de treino e a suavização exponencial simples
plot(train_t, type = "l", col = "black",
      main = "Ajuste de Suavização Exponencial simples",
      xlab = "Ano", ylab = "Proporção de Consumo",
      pch = 16, xlim = c(2014, 2024), ylim = c(min(train_t)-0.1, max(train_t)+0.1))

# Adicionando a suavização exponencial simples ajustada
lines(ses_1$fitted[, 1], col = "blue")

```

```

# Previsões para os próximos períodos (2024)
previsao_ses <- predict(ses_1, n.ahead = length(test_t))

# Ajustando o eixo X para as previsões, começando do ano após o último valor de treino
anos_previsao <- seq(2024, 2024 + length(previsao_ses) - 1, by = 1)

# Verificando os valores de previsao_ses e anos_previsao para garantir que estão corretos
print(anos_previsao)
print(previsao_ses)

# Adicionando o ponto do valor real para 2024 no gráfico
points(test_t, col = "red", pch = 16) # Pontos reais em vermelho

# Adicionando pontos das previsões no gráfico
points(anos_previsao, previsao_ses, col = "green", pch = 16)

# Adicionando uma legenda ao gráfico
legend("topleft",
      legend = c("Série de Treinamento", "Suavização Exponencial Simples", "Real",
"Previsão"),
      col = c("black", "blue", "red", "green"),
      lty = c(1, 1, NA, NA), pch = c(NA, NA, 16, 16))

#### Holt's Exponential Smoothing (Suavização Exponencial de Holt) Suavização Exponencial
de Holt para prever séries temporais sem sazonalidade, considerando apenas o nível e a
tendência. Este modelo de suavização exponencial é uma extensão do modelo simples de
suavização exponencial, mas incorpora uma tendência linear na previsão.

# Carregar a biblioteca necessária
library(forecast)

# Ajuste do modelo Holt
modelo_holt <- holt(train_t, h = 1) # 'h' indica o número de passos à frente para prever

# Previsões futuras (por exemplo, 1 período à frente)
previsao <- forecast(modelo_holt, h = 1)
previsao

# Avaliação da precisão do modelo
metricas_acuracia <- accuracy(previsao, x = test_t)
print(metricas_acuracia)

# Plotando a série original de treino e a suavização exponencial de Holt
plot(train_t, type = "l", col = "black",
      main = "Ajuste de Suavização Exponencial de Holt",
      xlab = "Ano", ylab = "Proporção de Consumo",
      pch = 16, xlim = c(2014, 2024), ylim = c(min(train_t)-0.1, max(train_t)+0.1))

# Adicionar o ajuste do modelo de Holt aos dados de treinamento
lines(modelo_holt$fitted, col = "blue")

# Adicionar as previsões do modelo de Holt
anos_previsao <- seq(2024, 2024 + length(test_t) - 1, by = 1)
lines(anos_previsao, modelo_holt$mean, col = "red", lwd = 2, lty = 2)

# Adicionar os pontos das previsões
points(anos_previsao, modelo_holt$mean, col = "green", pch = 16)

```

```

# Adicionando o ponto do valor real para 2024 no gráfico
points(test_t, col = "red", pch = 16) # Pontos reais em vermelho

# Adicionar uma legenda
legend("topleft",
      legend = c("Série de Treinamento", "Suavização Exponencial de Holt", "Real",
"Previsão"),
      col = c("black", "blue", "red", "green"),
      lty = c(1, 1, NA, NA), pch = c(NA, NA, 16, 16))

#### ARIMA ####
# Carregar bibliotecas necessárias
library(tseries)
library(forecast)

# Verificar a autocorrelação/dependência (ACF e PACF) (Relação entre a variável resposta e
a variável explicativa)
par(mfrow = c(1, 2))
acf(train_t, main = "ACF da Série Original")
pacf(train_t, main = "PACF da Série Original")

# Teste de Dickey-Fuller para verificar estacionariedade da série temporal. Se o valor-p (p
.value) for maior que 0.05, a série não é estacionária.
adf_original <- adf.test(train_t)
print(adf_original)

# Se a série não for estacionária, aplicar diferenciação
#Diferenciação de ordem 1
if (adf_original$p.value > 0.05) {

  # Diferenciação de ordem 1
  diff_train_t <- diff(train_t, differences = 1)

  # Teste de Dickey-Fuller após diferenciação
  adf_differenced <- adf.test(diff_train_t)

  #Exibir resultado do teste
  print(adf_differenced)
}

#Diferenciação de ordem 2
# Aplicando diferenciação de ordem 2
diff_train_t <- diff(train_t, differences = 2)

# Teste ADF após segunda diferenciação
adf_differenced2 <- adf.test(diff_train_t)

# Exibir resultado do teste
print(adf_differenced2)

#Diferenciação de ordem 3
# Aplicando diferenciação de ordem 3
diff_train_t <- diff(train_t, differences = 3)

# Teste ADF após terceira diferenciação
adf_differenced3 <- adf.test(diff_train_t)

# Exibir resultado do teste
print(adf_differenced3)

par(mfrow = c(1, 1))
# Plot da série diferenciada
plot(diff_train_t, main = "Série Diferenciada (d=3)", ylab = "valores", xlab = "Tempo")

```

```

# Ajustar modelo ARIMA automaticamente
arima_model <- auto.arima(train_t, d = 3) # Força a ordem de diferenciação (d=3)

# Exibir resumo do modelo
summary(arima_model)

# Verificando os resíduos do modelo
checkresiduals(arima_model)
adf_residuos <- adf.test(residuals(arima_model))
print(adf_residuos)

# Previsão com ARIMA (1 passo à frente)
previsao <- forecast(arima_model, h = 1)
print(previsao)

# Calcular métricas de acurácia com dados de teste
metricas_acuracia <- accuracy(previsao, x = test_t)
print(metricas_acuracia)

# Plot da série original (treinamento)
plot(train_t, type = "l", col = "black",
      main = "Previsão com ARIMA",
      xlab = "Ano", ylab = "Proporção de Consumo",
      pch = 16, xlim = c(2014, 2024),
      ylim = c(min(c(train_t, arima_model$fitted, previsao$mean)) - 0.1,
               max(c(train_t, arima_model$fitted, previsao$mean)) + 0.1))
lines(arima_model$fitted, col = "blue") # Linha do modelo ARIMA

# Adicionando as previsões do modelo ARIMA para os próximos anos (2024)
anos_previsao <- seq(2024, 2024 + length(previsao$mean) - 1, by = 1)
lines(anos_previsao, previsao$mean, col = "red", lwd = 2, lty = 2)

# Adicionando pontos das previsões no gráfico
points(anos_previsao, previsao$mean, col = "green", pch = 16)

# Adicionando o ponto do valor real para 2024 no gráfico
points(test_t, col = "red", pch = 16) # Pontos reais em vermelho

legend("topleft", legend = c("Modelo ARIMA", "Série de Treinamento", "Previsão", "Real"),
      col = c("blue", "black", "green", "red"),
      lty = c(1, 1, NA, NA), pch = c(NA, NA, 16, 16))

```

## ANEXO A – *Prints* de telas das análises estatísticas realizadas no software *RStudio*®

*Output* é um termo em inglês que significa "saída" ou "resultado". Na estatística ou programação, refere-se às informações geradas como resposta à execução de um comando ou função em um software.

*Print*, abreviação de *print screen*, é o termo usado para designar a captura de imagem da tela. É frequentemente utilizado para registrar e ilustrar resultados, comandos ou procedimentos realizados em *softwares*, como forma de documentação visual.

Figura A.1 – *Output* da regressão linear simples no *RStudio*®

```
> summary(reg)

Call:
lm(formula = consumo_p ~ ano, data = train)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.16435 -0.10038 -0.03670  0.07598  0.29340

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -8.539497   32.857660  -0.260    0.802
ano          0.004707    0.016278   0.289    0.780

Residual standard error: 0.1479 on 8 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.01034,    Adjusted R-squared:  -0.1134
F-statistic: 0.08362 on 1 and 8 DF,  p-value: 0.7798
```

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura A.2 – *Output* da previsão para 2024 utilizando modelo de regressão linear simples no *RStudio*®

```
> pred_reg
      11
0.9878844
```

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura A.3 – *Output* das métricas do modelo de regressão linear simples no *RStudio*®

```
> # Exibir todas as métricas
> cat("MAE: Erro absoluto médio", mae, "\n")
MAE: Erro absoluto médio 0.1280837
> cat("RMSE: Raiz do erro quadrático médio", rmse, "\n")
RMSE: Raiz do erro quadrático médio 0.1280837
> cat("MAPE: Erro percentual absoluto médio", mape, "%\n")
MAPE: Erro percentual absoluto médio 14.89691 %
> cat("MAD: Desvio absoluto médio", mad, "\n")
MAD: Desvio absoluto médio 0.1280837
```

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura A.4 – *Output* das métricas do modelo de SES e previsão 2024 no RStudio®

```
> previsao
      Point Forecast      Lo 80      Hi 80      Lo 95      Hi 95
2024      0.9926456 0.7923931 1.192898 0.6863859 1.298905
>
> # Avaliar a precisão do modelo
> metricas_acuracia <- accuracy(previsao, x = test_t)
> print(metricas_acuracia)
```

|              | ME          | RMSE      | MAE       | MPE        | MAPE     | MASE     | ACF1      |
|--------------|-------------|-----------|-----------|------------|----------|----------|-----------|
| Training set | -0.05287486 | 0.1565226 | 0.1405286 | -7.594496  | 14.80274 | 1.146216 | 0.2051701 |
| Test set     | -0.13284496 | 0.1328450 | 0.1328450 | -15.450669 | 15.45067 | 1.083545 | NA        |

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura A.5 – *Output* das métricas do modelo de SEH e previsão 2024 no RStudio®

```
> previsao
      Point Forecast      Lo 80      Hi 80      Lo 95      Hi 95
2024      0.9879106 0.7690787 1.206742 0.6532361 1.322585
>
> # Avaliação da precisão do modelo
> metricas_acuracia <- accuracy(previsao, x = test_t)
> print(metricas_acuracia)
```

|              | ME            | RMSE      | MAE       | MPE        | MAPE     | MASE      | ACF1      |
|--------------|---------------|-----------|-----------|------------|----------|-----------|-----------|
| Training set | -7.644108e-06 | 0.1322666 | 0.1070376 | -1.733888  | 10.92234 | 0.8730483 | 0.1202141 |
| Test set     | -1.281099e-01 | 0.1281099 | 0.1281099 | -14.899956 | 14.89996 | 1.0449236 | NA        |

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura A.6 – *Output* do teste Dickey- Fuller para estacionariedade do ARIMA no RStudio®

```
Augmented Dickey-Fuller Test

data: train_t
Dickey-Fuller = -1.7827, Lag order = 2, p-value = 0.6552
alternative hypothesis: stationary
```

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura A.7 – *Output* do teste Dickey- Fuller para estacionariedade de primeira diferenciação do ARIMA no RStudio®

```
Augmented Dickey-Fuller Test

data: diff_train_t
Dickey-Fuller = -1.7321, Lag order = 2, p-value = 0.6744
alternative hypothesis: stationary
```

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura A.8 – *Output* do teste Dickey- Fuller para estacionariedade de segunda diferenciação do ARIMA no RStudio®

```
Augmented Dickey-Fuller Test

data: diff_train_t
Dickey-Fuller = -2.5199, Lag order = 1, p-value = 0.3743
alternative hypothesis: stationary
```

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura A.9 – *Output* do teste Dickey- Fuller para estacionariedade de terceira diferenciação do ARIMA no RStudio®

```
Augmented Dickey-Fuller Test

data: diff_train_t
Dickey-Fuller = -3.3864 Lag order = 1, p-value = 0.07967
alternative hypothesis: stationary
```

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura A.10 – *Output* da análise dos resíduos com teste Ljung-Box do ARIMA no RStudio®

```
> checkresiduals(arima_model)

Ljung-Box test

data: Residuals from ARIMA(0,3,0)
Q* = 6.4389, df = 3, p-value = 0.0921

Model df: 0. Total lags used: 3
```

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura A.11 – *Output* da análise de distribuição com teste Shapiro-Wilk do ARIMA no RStudio®

```
> shapiro.test(residuals(arima_model))

Shapiro-wilk normality test

data: residuals(arima_model)
W = 0.79741, p-value = 0.01348
```

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura A.12 – *Output* das métricas do modelo ARIMA e previsão 2024 no RStudio®

```
> print(previsao)
Point Forecast      Lo 80      Hi 80      Lo 95      Hi 95
2024      0.7756615 0.08718092 1.464142 -0.2772787 1.828602

> # Calcular métricas de acurácia com dados de teste
> metricas_acuracia <- accuracy(previsao, x = test_t)
> print(metricas_acuracia)
```

|              | ME          | RMSE       | MAE        | MPE       | MAPE      | MASE     | ACF1       |
|--------------|-------------|------------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| Training set | 0.002820218 | 0.44947405 | 0.25834440 | 0.3428744 | 24.279725 | 2.107176 | -0.6704802 |
| Test set     | 0.084139186 | 0.08413919 | 0.08413919 | 9.7858945 | 9.785895  | 0.686278 | NA         |

Fonte: Elaborado pela autora (2025).