PUC Minas
A B A K Ó S
Instituto de Ciências Exatas e Informática

Licença Creative Commons Attribution 4.0 International

Um Aplicativo Shiny para Ajuste de Distribuições de Probabilidades aos Dados de Precipitação*

A Shiny App for Fitting Probability Distributions to Rainfall Data

Felipe Leviski Medeiros[1]
Elias Silva de Medeiros[2]
Vanderson Hafemann Fragal[3]
Alessandra Querino da Silva[4]
Carolina Cristina Bicalho[5]

Resumo

A modelagem da precipitação possui inúmeras funcionalidades e tem sido amplamente abordada na literatura. Nesse sentido, ferramentas computacionais estatísticas, como o R, têm permitido a análise de conjuntos complexos de dados, bem como a popularização de vários métodos estatísticos. Contudo, a falta de familiaridade com linguagens de programação pode ser limitante para a utilização desses recursos. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um aplicativo interativo via Web utilizando o Shiny (pacote do R) para ajuste de distribuições de probabilidade aos dados de precipitação. O aplicativo foi desenvolvido no sentido de propiciar uma interface amigável ao usuário, sem a necessidade de conhecimento prévio em programação computacional. Nesse sentido, o aplicativo desenvolvido mostrou grande relevância e potencial de utilização para pesquisadores da área climatológica, fornecendo um rico arcabouço de possibilidades de forma acessível e intuitiva. Ao permitir a importação de dados e a implementação de ferramentas estatísticas adequadas,

*Submetido em 26/07/2023 - Aceito em 12/03/2025

[1]Graduado em Sistemas de Informação, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Brasil- felipe_leviski@outlook.com.
[2]Docente de Estatística, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Brasil- eliasmedeiros@ufgd.edu.br.
[3]Docente de Sistemas de Informação, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Brasil- vandersonfragal@ufgd.edu.br.
[4]Docente de Estatística, Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Brasil- alessandrasilva@ufgd.edu.br.
[5]Docente de Matemática, Depto de Matemática, Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Brasil- carolinabicalho@gmail.com.

o aplicativo oferece uma visualização clara e concisa de informações, facilitando a interpretação e identificação de padrões. Além disso, foram incluídos diversos testes com o objetivo de proporcionar uma abordagem sistemática e completa para avaliação na modelagem, permitindo a identificação de possíveis desvios de pressupostos e de propriedades estatísticas esperadas. Ao fornecer informações para tomada de decisões em interface interativa e prática, o aplicativo se mostrou uma ferramenta dinâmica com grande potencial de utilização por pesquisadores e usuários interessados em modelagem da precipitação.
Palavras-chave: Chuvas. Software R. Shiny.

Abstract

Precipitation modeling has numerous features and has been widely discussed in the literature. In this sense, statistical software, such as R, has allowed the analysis of complex data sets, as well as the popularization of various statistical methods. However, lack of familiarity with programming languages can limit the use of these resources. The objective of this work was to develop an interactive web application using Shiny to fit probability distributions to precipitation data. The application was developed to provide a user-friendly interface, without the need for prior knowledge in computer programming. By allowing the import of data and the implementation of adequate statistical tools, the application offers a clear and concise visualization of information, facilitating the interpretation and identification of patterns. In addition, several tests were included with the objective of providing a systematic and complete approach for evaluation in the modeling, allowing the identification of possible deviations from assumptions and expected statistical properties. By providing information for decision-making in an interactive and practical interface, the application proved to be a dynamic tool with great potential for use by researchers and users interested in modeling precipitation.

Keywords: Rainfall. R Software. Shiny.

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais presente nas vidas das pessoas, os sistemas de informação desempenham um papel fundamental no mundo atual, fornecendo suporte para a coleta, armazenamento, processamento e distribuição de informações em diversos setores. No contexto da tecnologia da informação e comunicação (TIC), o sistema de informação se torna uma ferramenta indispensável para lidar com a enorme quantidade de dados gerados diariamente. A associação das TIC a ferramentas computacionais estatísticas adequados pode tornar o processo de ensino-aprendizagem de Estatística mais eficaz, rompendo obstáculos que dificultam parte do aprendizado (KONRATH *et al.*, 2019).

O grande avanço tecnológico e computacional viabilizou o surgimento de diversos ferramentas computacionais estatísticas que contribuíram para possibilitar a análise dos mais variados tipos de dados. A versatilidade do software aliado a interfaces amigáveis pode despertar o interesse de usuários. Mas questões financeiras ainda são obstáculos no sentido de permitir acessibilidade a estudantes e profissionais de forma geral. Nesse sentido, programas livres como o R (TEAM *et al.*, 2018) têm ganhado mais destaque nas instituições de ensino.

Embora o R seja uma ferramenta poderosa e ofereça recursos avançados, ele apresenta uma curva de aprendizado íngreme para aqueles sem experiência prévia em programação (BIVAND *et al.*, 2013). A necessidade de escrever códigos para executar tarefas estatísticas pode intimidar usuários e dificultar o acesso a essas ferramentas. Além disso, erros de sintaxe e problemas na depuração do código representam desafios adicionais. Por outro lado, Galas (2013) destaca que o R pode ser mais eficiente que softwares com interfaces gráficas elaboradas, pois elimina a necessidade de sequências extensas de cliques ao permitir alterações rápidas na linha de comando.

Para superar essas barreiras, ferramentas como o Shiny têm ganhado relevância. O Shiny é um pacote do R que permite o desenvolvimento de aplicativos web interativos de forma simplificada, eliminando a necessidade de conhecimentos prévios em linguagens como HTML, CSS ou JavaScript. Essa característica torna o Shiny uma solução acessível para transformar análises estatísticas em aplicativos com interfaces mais intuitivas, facilitando o uso por usuários menos familiarizados com programação (KONRATH *et al.*, 2019).

Nos últimos anos, o Shiny tem sido amplamente utilizado para criar ferramentas de visualização interativa em diversos contextos. Por exemplo, aplicativos desenvolvidos com o Shiny têm sido aplicados em análises de dados de saúde, agricultura, economia e ensino (CHANG *et al.*, 2022). No campo das distribuições de probabilidade, há um grande potencial de uso do Shiny para ajudar usuários a interpretar e ajustar modelos estatísticos de forma visual e dinâmica. Apesar disso, poucos trabalhos exploram o uso do Shiny como uma ferramenta acessível para facilitar a compreensão de distribuições de probabilidade, especialmente para públicos leigos em programação.

Dessa forma, este trabalho busca preencher essa lacuna, propondo o desenvolvimento

de um aplicativo Shiny para ajuste de distribuições de probabilidade aos dados de precipitação. O aplicativo foi pensado para atender a necessidade de usuários sem conhecimentos em programação computacional, oferecendo uma interface amigável que facilita a análise e a interpretação de dados de precipitação. Acredita-se que essa abordagem não apenas democratiza o acesso às análises estatísticas, mas também contribui para tornar cálculos complexos mais acessíveis e compreensíveis.

2 AMBIENTE DE DESENVOLVIMENTO

Para o desenvolvimento do aplicativo, para ajuste de distribuições de probabilidades aos dados de precipitação, foram utilizados oito pacotes do software R, em especial, o Shiny. Segundo Chang *et al.* (2022), o pacote Shiny é um ambiente para o desenvolvimento de aplicações em web. A principal função desse pacote é permitir a comunicação entre um servidor que executa as funções do R e uma interface gráfica em HTML.

Um aplicativo Shiny é composto por dois elementos principais: a interface gráfica (UI), que contém os parâmetros fornecidos pelos usuários, e as saídas, que apresentam os resultados na forma de gráficos e tabelas. Para seu funcionamento, é essencial a presença de um servidor, responsável por processar as entradas da UI utilizando o R e retornar os resultados para serem exibidos na própria interface (KONRATH *et al.*, 2019).

Na Figura 1, apresenta-se um exemplo de aplicação desenvolvida com Shiny, demonstrando como é possível criar interfaces interativas e intuitivas. O aplicativo é composto por dois elementos principais:

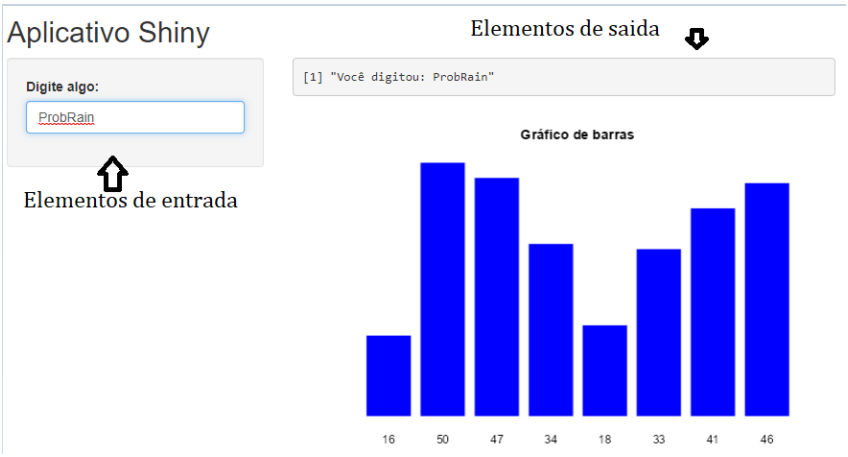
1. Elementos de entrada (input): onde o usuário pode fornecer informações, como textos ou números. No exemplo, o campo de entrada permite que o usuário digite um texto (nesse caso, a palavra “ProbRain”).

2. Elementos de saída (output): que exibem os resultados processados com base nos dados inseridos. No exemplo, apresentamos duas saídas independentes:

    - Um texto exibido na interface que reflete exatamente o que o usuário digitou: “Você digitou: ProbRain”
    - Um gráfico de barras, criado como uma exemplificação de visualização de dados no Shiny.

O gráfico de barras apresentado não possui relação direta com o texto digitado pelo usuário. Ele é gerado a partir de valores numéricos predefinidos (16, 50, 47, 34, 18, 33, 41, 46), apenas para ilustrar como o Shiny pode ser utilizado para exibir gráficos interativos. Da mesma forma, a exibição do texto digitado (“Você digitou: ProbRain”) é uma demonstração da capacidade do Shiny de capturar e apresentar informações inseridas pelo usuário.

Figura 1 – Estrutura de aplicativo Shiny



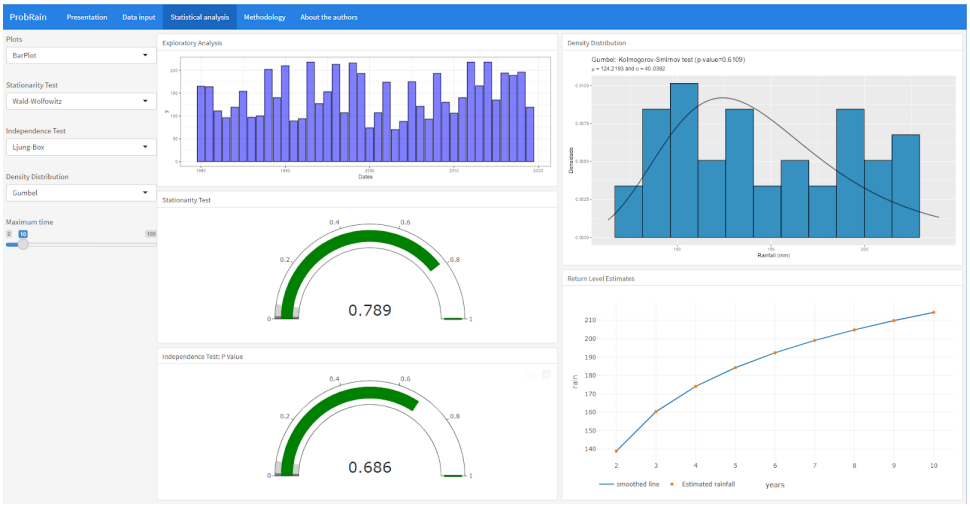
Fonte: Elaborado pelos autores.

Associado ao Shiny é possível executar uma grande quantidade de pacotes que, por sua vez, permite fazer modificações no design padrão da interface gráfica, para aplicações complexas (PALHANO, 2022). Isso possibilita ao usuário do aplicativo uma maior comodidade quando estiver executando seu trabalho a partir de comandos simples feitos na interface como, por exemplo, selecionar um arquivo para realizar a análise dos dados.

3 APLICAÇÃO DOS MÉTODOS DE NÍVEIS ESTIMADOS COM USO DO SHINY

O aplicativo para ajuste de distribuições de probabilidades aos dados de precipitação, o ProbRain, disponível em <https://38axp2-oleviski.shinyapps.io/ProbRain/>, é uma ferramenta importante para análise de séries temporais de dados de precipitação. Na Figura 2 é apresentada a interface do aplicativo na primeira versão de desenvolvimento.

Figura 2 – Estrutura do aplicativo



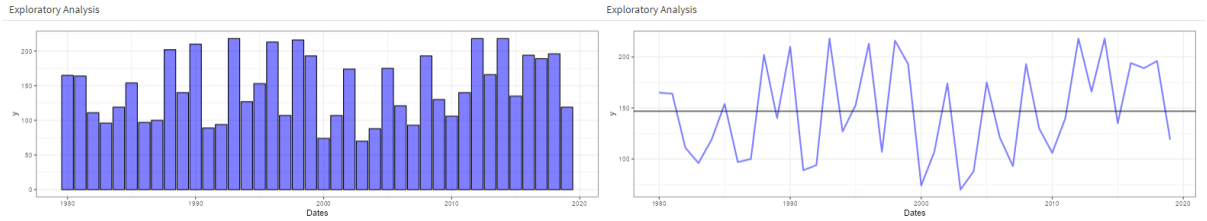
Fonte: Elaborado pelos autores.

Na demonstração do aplicativo, é utilizada uma tabela de precipitação máxima diária da cidade de Recife, estado de Pernambuco. Os dados estão disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET <https://portal.inmet.gov.br/> no formato .csv, podendo ser baixados de forma gratuita por qualquer usuário mediante o fornecimento de um e-mail válido. Para utilização no aplicativo, é necessário que o arquivo seja convertido previamente para o formato .xls.

O objetivo do aplicativo é permitir que os usuários visualizem e analisem as características da distribuição de probabilidades dos dados de precipitação, utilizando várias técnicas de análise estatística.

As funcionalidades do ProbRain incluem a plotagem do gráfico de barras e linhas utilizando o pacote ggplot2, que permite aos usuários visualizarem as tendências e variações na precipitação ao longo do tempo, como pode ser visto na Figura 3.

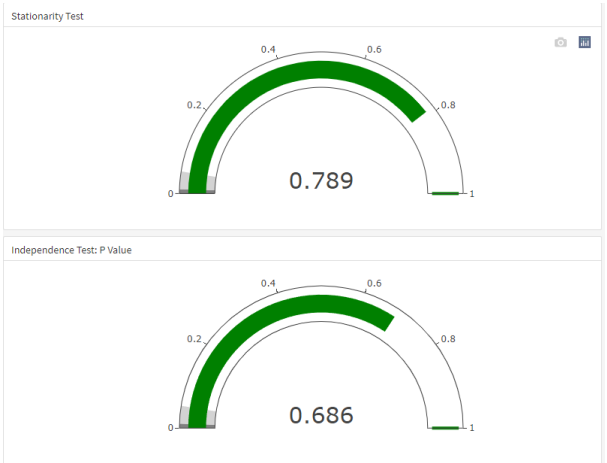
Figura 3 – Gráfico de barras e linha



Fonte: Elaborado pelos autores.

Outra funcionalidade importante do ProbRain é a plotagem dos testes de estacionariedade, como Pettitt, Wald-Wolfowitz, Lanzante e Mann-Kendall, utilizando o pacote trend e plotagem do teste de independência, utilizando o teste de Ljung-Box. Isso permite aos usuários avaliarem a presença de autocorrelação nos dados de precipitação, o que pode afetar a escolha da distribuição de probabilidade apropriada, sendo apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Teste de estacionariedade e independência



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os testes de estacionariedade, como o teste de Pettitt (PETTITT, 1979), Wald-Wolfowitz (WALD; WOLFOWITZ, 1940), Lanzante (LANZANTE, 1996) e Mann-Kendall (MANN, 1945) são ferramentas estatísticas utilizadas para verificar se uma série temporal exibe comportamento estacionário ao longo do tempo. A estacionariedade é uma propriedade desejável em muitos contextos de análise, pois implica que a média, a variância e a estrutura de dependência da série não mudam com o tempo. Esses testes avaliam diferentes aspectos da estacionariedade, como a presença de mudanças estruturais abruptas ou tendências significativas na série. Na Figura 4 (parte superior), o valor-p do teste de estacionariedade foi 0,789, indicando que, ao nível de significância de 5%, a série histórica pode ser considerada estacionária.

O teste de independência Ljung-Box (LJUNG; BOX, 1978), por outro lado, é amplamente utilizado para avaliar a independência dos resíduos ou erros de um modelo de séries temporais. Na Figura 4 (parte inferior), o valor-p do teste de independência foi 0,686, indicando que, ao nível de significância de 5%, as observações da série histórica apresentam independência.

Outra contribuição fundamental do aplicativo é a capacidade de ajustar diferentes distribuições de probabilidade aos dados de precipitação. Essa funcionalidade permite que os pesquisadores explorem várias distribuições teóricas amplamente utilizadas na modelagem hidrológica, auxiliando na escolha da distribuição mais adequada para descrever os eventos de precipitação observados. Ao disponibilizar essa opção, o aplicativo oferece uma ferramenta versátil e abrangente para o estudo da precipitação, atendendo às necessidades de usuários com diferentes níveis de conhecimento em estatística. Assim, o ProbRain permite aos usuários ajustar as distribuições de probabilidade aos dados de precipitação, incluindo a Log Normal, Gumbel, Gaussiana Inversa e Normal.

As distribuições supracitadas foram ajustadas utilizando a biblioteca gamlss. O pacote gamlss permite modelar a relação entre variáveis de resposta e preditoras, considerando a média, variabilidade e forma da distribuição. Com implementações de dezenas de distribuições de probabilidade, o gamlss oferece flexibilidade na escolha da distribuição mais adequada aos dados. Cada distribuição do pacote gamlss possui cinco funções principais: a função "fitting", que é usada no argumento "family"da função gamlss() e nas quatro funções R usuais (d, p, q e r) para calcular a função de densidade (PDF), função de distribuição acumulada (CDF, em inglês “Cumulative Distribution Function”), função inversa acumulada (quantis - I.CDF) e geração de valores aleatórios (random) (RIGBY *et al.*, 2019). O Quadro 1 apresenta as fórmulas de cada distribuição.

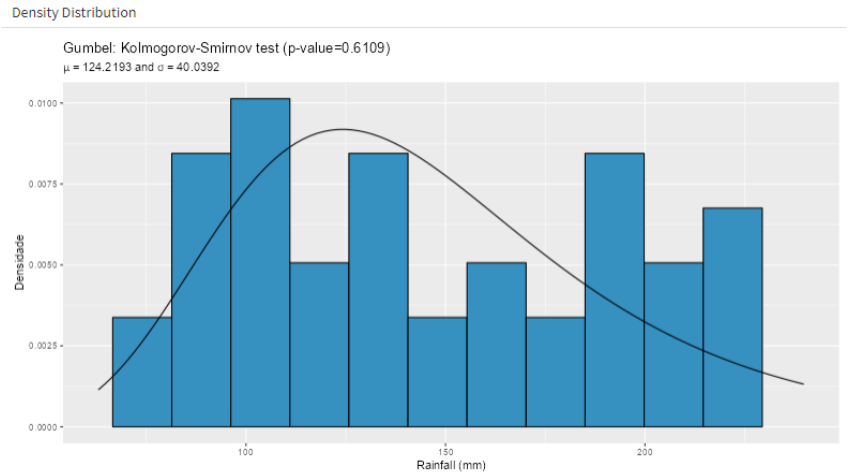
Quadro 1 - Fórmula das distribuições

Distribuição	Função de densidade	Função acumulada	Inversa acumulada
Log Normal	$\frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}}\frac{1}{y}exp[-\frac{(\log y-\mu)^2}{2\sigma^2}]$	$\phi(\frac{\log y-\mu}{\sigma})$	$e^{\mu+\sigma z}p\ onde\ z_p\ =\ \phi^{-1}(p)$
Gumbel	$\frac{1}{\sigma}exp[(\frac{y-u}{\sigma})-exp(\frac{y-u}{\sigma})]$	$1-exp[-exp(\frac{y-u}{\sigma})]$	$\mu+\sigma\log[-\log(1-p)]$
Inverse Gaussian	$(2\pi\sigma^2y^3)^{-1/2}exp[\frac{1}{2\mu^2\sigma^2y}(y-\mu^2)]$	$\phi[(\sigma^2y)^{-1/2}(\frac{y}{\mu}-1)]+e^{2(\mu\sigma^2)^{-1}}\phi[-(\sigma^2y)^{-1/2}(\frac{y}{\mu}+1)]$	
Normal	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp\left[-\frac{(y-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]$	$\phi[(y-\mu)/\sigma]$	$\phi+\sigma z_p\ onde\ z_p=\phi^{-1}(p)$

Fonte: Rigby et al. (2019).

Para cada distribuição, o aplicativo oferece a plotagem do teste de Kolmogorov-Smirnov, que avalia a aderência da distribuição aos dados, o que pode ser observado na Figura 5, onde temos na parte superior o teste de Kolmogorov-Smirnov seguido do gráfico de distribuição.

Figura 5 – Teste de Kolmogorov-Smirnov e gráfico de distribuição



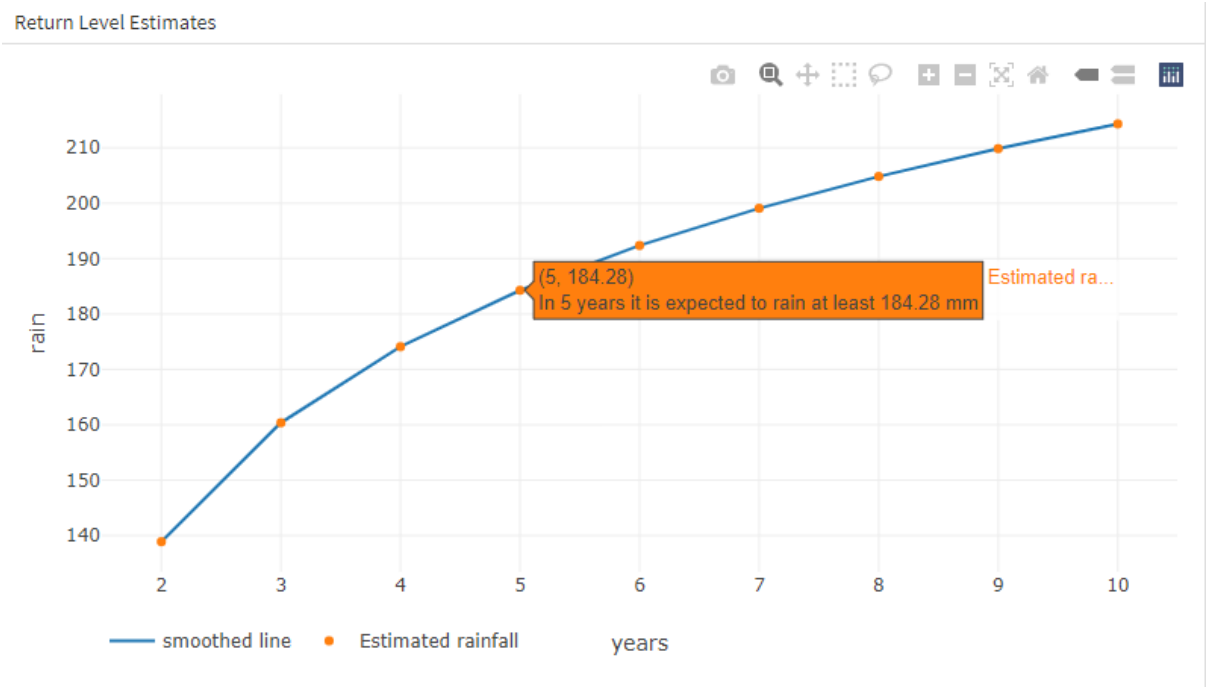
Fonte: Elaborado pelos autores.

O teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov é utilizado para verificar estatisticamente, em conjuntos com as análises gráficas anteriores, a distribuição de probabilidade que melhor se adequa aos dados de precipitação (SANTOS *et al.*, 2018). Esse teste não paramétrico permite verificar se há diferenças significativas entre a função de distribuição acumulada empírica dos dados e a função de distribuição acumulada teórica, sem fazer suposições específicas sobre a forma ou os parâmetros da distribuição. A estatística de teste, conhecida como estatística D, é calculada e comparada com os valores críticos de Kolmogorov-Smirnov para determinar a rejeição ou não da hipótese nula de adequação da distribuição. Nesta análise, *o valor p do teste* foi de 0,6109, indicando que a distribuição ajustou adequadamente aos dados ($p > 0,05$).

Por fim, o ProbRain permite aos usuários plotar os gráficos de níveis de retorno estimados com cada uma das distribuições mencionadas acima, utilizando o pacote gamlss. Esses

gráficos permitem que os usuários visualizem os valores de precipitação que podem ser esperados em um determinado período de retorno, a função de distribuição acumulada (CDF) é uma função matemática que fornece a probabilidade de uma variável aleatória ser menor ou igual a um determinado valor "x". Ao isolar o termo "x"na equação da CDF, podemos obter uma expressão que nos permite estimar o valor de "x"que corresponde a um nível específico de probabilidade, com base na distribuição escolhida, esse pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 – Gráfico de níveis estimados



Fonte: Elaborado pelos autores.

4 IMPLEMENTAÇÃO DO SOFTWARE

A implementação do aplicativo "ProbRain" foi realizada em R, utilizando a biblioteca Shiny para a criação da interface interativa. Nesta seção, descreveremos as principais etapas da implementação, destacando as funcionalidades-chave do aplicativo.

4.1 Etapa 1 – Configuração e Biblioteca

O código inicia com a importação das bibliotecas necessárias para o funcionamento do aplicativo. Foram utilizadas diversas bibliotecas estatísticas, como *ggplot2*, *gamlss*, e *plotly*, para realizar as análises e gráficos. Além disso, as bibliotecas *shiny* e *flexdashboard* foram essenciais para a criação da interface interativa e layout da página.

4.2 Etapa 2 – Carregamento dos Dados

A primeira etapa do aplicativo permite aos usuários carregar seus próprios dados de chuva em formato Excel (.xlsx). Por meio do comando fileInput, os usuários podem selecionar o arquivo a ser carregado, e a biblioteca readxl é utilizada para fazer a leitura do arquivo e armazenar os dados em um *dataframe*.

4.3 Etapa 3 – Análises descritivas e visualização

Após o carregamento dos dados, o "ProbRain" apresenta uma tabela com os anos e valores de chuva disponíveis. Essa tabela é gerada por meio da função renderTable, e os usuários podem selecionar a variável de interesse através de selectInput. As análises descritivas são realizadas com base na variável selecionada, exibindo medidas estatísticas como média, mediana, mínimo e máximo, entre outras. Os gráficos de distribuição temporal podem ser visualizados em formato de linha ou barra, dependendo da opção selecionada pelo usuário.

Algoritmo 1: Gerar tabela (renderTable)

Entrada: Tipo de entrada
Saída: Tipo de saída

```
renderTable({
    Year ⇐ data()$dados[[input$year]]
    Rainfall ⇐ data()$dados[[input$rain]]
    data.frame(Year, Rainfall)
})
```

Fonte: Dados da Pesquisa.

4.4 Etapa 4 – Testes de Estacionariedade e Autocorrelação

O "ProbRain" oferece a possibilidade de realizar testes de estacionariedade e autocorrelação para a série temporal de chuva selecionada. O usuário pode escolher entre diferentes testes, como Pettitt, Wald-Wolfowitz, Lanzante e Mann-Kendall, para avaliar a existência de mudanças estruturais e tendências na série. Os testes de estacionariedade são realizados por meio das funções pettitt.test, ww.test, lanzante.test, e mk.test, e os resultados são apresentados em forma de indicadores visuais, usando gráficos interativos implementados com a biblioteca *plotly*.

Algoritmo 2: titulo (Trecho de um programa)

Entrada: verificar
Saída: verificar

```
1: if $input$Stationarity == "Pettitt"$ then
2:     result ⇐ pettitt.test(dados$y)
3: else if input$Stationarity == "Wald − Wolfowitz" then
4:     result ⇐ ww.test(dados$y)
5: else if input$Stationarity == "Lanzante" then
6:     result ⇐ lanzante.test(dados$y)
7: else if input$Stationarity == "Mann − Kendall" then
8:     result ⇐ mk.test(dados$y)
9: end if
```

Fonte: Dados da Pesquisa.

4.5 Etapa 5 – Ajuste de Distribuições Probabilísticas

Uma das principais funcionalidades do "ProbRain" é permitir que o usuário ajuste os dados de chuva a diferentes distribuições probabilísticas, como Gumbel, Log Normal, Gamma, Weibull, Inverse Gaussian e Normal. Essa etapa é realizada por meio da biblioteca gamlss, que fornece funções para ajuste de modelos paramétricos. O ajuste é realizado com base na variável selecionada pelo usuário, e os gráficos de densidade são gerados para cada distribuição, possibilitando a comparação visual dos ajustes.

4.6 Etapa 6 – Estimativas de Probabilidade e Níveis de Retorno

Após o ajuste das distribuições, o "ProbRain" oferece a opção de calcular estimativas de probabilidade para diferentes valores de chuva, bem como estimativas de níveis de retorno para diferentes períodos de retorno (por exemplo, 2 anos, 10 anos, 50 anos). Essas estimativas são calculadas com base nos parâmetros das distribuições ajustadas, e os resultados são apresentados em gráficos interativos com a biblioteca plotly.

4.7 Etapa 7 – Layout e Interface Interativa

A interface do "ProbRain" foi projetada para ser intuitiva e amigável ao usuário. A biblioteca *flexdashboard* foi utilizada para criar uma disposição de colunas, dividindo as seções do aplicativo em painéis de controle. As seleções feitas pelos usuários, como escolha da variável de chuva, tipo de gráfico e testes estatísticos, são atualizadas em tempo real, permitindo a visualização imediata dos resultados.

4.8 Etapa 8 – Visualização dos Resultados

Os resultados das análises estatísticas e gráficos de distribuição são apresentados em formato de tabelas, gráficos de barra, linhas e indicadores visuais com cores representativas para destacar os resultados. A biblioteca plotly foi amplamente utilizada para gerar gráficos interativos, permitindo que os usuários explorem os dados de forma dinâmica.

4.9 Etapa 9 – Exportação de Resultados

O aplicativo "ProbRain" oferece a opção de exportar os resultados em diferentes formatos, como imagem, PDF e CSV. Essa funcionalidade permite que os usuários salvem os resultados das análises para uso posterior em relatórios e apresentações.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento e a utilização de aplicativos voltados à análise de dados climáticos têm se mostrado cada vez mais relevantes na área científica. O presente estudo apresentou um aplicativo em Shiny de grande relevância para pesquisadores da área climatológica, fornecendo uma solução acessível e amigável para análise de dados de precipitação. Ao permitir a importação dos dados e a geração de gráficos de linhas e colunas, o aplicativo oferece uma visualização clara e concisa das informações, facilitando a interpretação e identificação de padrões sazonais ou tendências significativas. Além disso, a inclusão de testes de estacionariedade e independência proporciona uma abordagem sistemática para avaliação dos pressupostos na modelagem, permitindo que os usuários identifiquem possíveis desvios das propriedades estatísticas esperadas.

O uso do pacote Shiny para o desenvolvimento de aplicativos interativos na Web revela-se uma ferramenta importante para atingir o objetivo primordial desta pesquisa. Por meio do carregamento e apresentação dos dados em um Dashboard, os usuários têm acesso a uma visualização acessível e interativa, o que facilita a compreensão e a análise dos dados de forma eficaz. No âmbito desse aplicativo proposto, estão sendo implementadas melhorias adicionais, incluindo a elaboração de um tutorial para usuários iniciantes e a capacidade de carregar dados em outros formatos. Esses aprimoramentos visam aperfeiçoar ainda mais a experiência do usuário e expandir as possibilidades de utilização do aplicativo.

Por fim, o ProbRain se destaca pela sua funcionalidade de construção de gráficos que apresentam os níveis de retorno da precipitação. Essa característica é essencial para pesquisas relacionadas à análise de riscos e dimensionamento de infraestruturas hidrológicas, fornecendo informações cruciais para a tomada de decisões em relação à gestão de recursos hídricos e adaptação às mudanças climáticas. Ao fornecer uma interface intuitiva e prática para a construção desses gráficos, o aplicativo se torna uma ferramenta indispensável para pesquisadores

e profissionais da área, podendo contribuir significativamente para o avanço dos estudos climatológicos e fornecendo suporte valioso para a tomada de decisões informadas.

6 AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar seus sinceros agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de Iniciação Científica ao primeiro autor durante a realização desta pesquisa. O apoio financeiro fornecido pelo CNPq foi fundamental para viabilizar a pesquisa, permitindo o acesso a recursos, materiais e tecnologias necessárias para a condução deste trabalho.

REFERÊNCIAS

BIVAND, R. S. *et al.* **Applied spatial data analysis with R**. 2. ed. New York: Springer, 2013.

CHANG, W. *et al.* **Shiny: web application framework for R. R package version 1.7.4**. Posit Software, PBC, 2022. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=shiny>. Acesso em: 06 maio 2023.

GALAS, S. S. **Estatística espacial utilizando o software R aplicado em dados de precipitação pluviométrica do estado do Ceará**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Estatística). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/24732>. Acesso em: 23 jul. 2023.

KONRATH, A. C. *et al.* Aplicativo shiny como suporte de ensino de métodos de previsão. **Abakós**, v. 7, n. 3, p. 35–50, nov. 2019. Disponível em: <https://periodicos.pucminas.br/abakos/article/view/18679>.

LANZANTE, J. R. Resistant, robust and non-parametric techniques for the analysis of climate data: Theory and examples, including applications to historical radiosonde station data. **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, Wiley Online Library, v. 16, n. 11, p. 1197–1226, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0088(199611)16:11<1197::AID-JOC89>3.0.CO;2-L>.

LJUNG, G. M.; BOX, G. E. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, Oxford, v. 65, n. 2, p. 297–303, 1978. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.2307/2335207>.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, New York, v. 13, n. 3, p. 245–259, 1945. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/1907187>.

PALHANO, E. d. N. **Um Protótipo Shiny para o Monitoramento da Balneabilidade das Praias de Natal**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Estatística), Departamento de Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/48859>. Acesso em: 06 jan. 2025.

PETTITT, A. N. A non-parametric approach to the change-point problem. **Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)**, Londres, v. 28, n. 2, p. 126–135, 1979. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2346729>.

RIGBY, R. A. *et al.* **Distributions for modeling location, scale, and shape: Using GAMLSS in R**. 1. ed. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC, 2019.

SANTOS, R. S. dos *et al.* Caracterização de extremos mensais de precipitação em Cacoal (RO). **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 22, p. 267–280, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/abclima.v22i0.55285>.

TEAM, R. C. *et al.* **A language and environment for statistical computing**. Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

WALD, A.; WOLFOWITZ, J. On a test whether two samples are from the same population. **The Annals of Mathematical Statistics**, Piscataway, v. 11, n. 2, p. 147–162, 1940. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.1214/aoms/1177731909>.