

## PROGRAMA COMPUTACIONAL SYHDA: CONCEITOS E APLICAÇÕES

MARCELLE MARTINS VARGAS<sup>1</sup>; TAMARA LEITZKE CALDEIRA<sup>1</sup>; LEONARDO DE LIMA CORRÊA<sup>2</sup>; ZANDRA ALMEIDA DA CUNHA<sup>1</sup>; SAMUEL BESKOW<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas– [marcellevarg@gmail.com](mailto:marcellevarg@gmail.com); [tamaraleitzkecaldeira@ufpel.edu.br](mailto:tamaraleitzkecaldeira@ufpel.edu.br); [zcunha.enghidrica@gmail.com](mailto:zcunha.enghidrica@gmail.com); [samuelbeskow@gmail.com](mailto:samuelbeskow@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul– [skllc@hotmail.com](mailto:skllc@hotmail.com)

### 1. INTRODUÇÃO

O tratamento de séries hidrológicas é fundamental para a gestão dos recursos hídricos. São estas que permitem estudar o comportamento de bacias hidrográficas e seus processos hidrológicos. Todavia, trabalhar com séries hidrológicas demanda tempo e se torna muito susceptível a erros quando elaboradas manualmente.

Com o intuito de facilitar o manuseio de séries hidrológicas, projetistas e profissionais da área usufruem de ferramentas computacionais disponíveis na literatura. No entanto, por muito, estas ferramentas são limitantes quanto aos algoritmos implementados e oferecem pouca ou nenhuma aplicação mais robusta, ou que apresentem aplicação de conceitos extremamente complexos da hidrologia.

O programa computacional SYHDA (System of Hydrological Data Acquisition and Analysis), desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas/CNPq, possui o objetivo de fornecer à comunidade técnico-científica um leque de ferramentas hidrológicas classificadas de simples a robustas, o tornando um software de alto nível.

À vista disto, este trabalho visa apresentar, resumidamente, as principais ferramentas e aplicações do SYHDA. O propósito é incorporar à literatura uma ferramenta fundamentada em diversas metodologias, auxiliando, desta forma, análises hidrológicas complexas em bacias hidrográficas.

### 2. METODOLOGIA

Inicialmente, o SYHDA foi desenvolvido para dar suporte à elaboração da base de dados temporais do modelo hidrológico Lavras Simulation of Hidrology (LASH), o qual se classifica como um modelo chuva-vazão determinístico e semi-conceitual. Porém, dada a sua vasta aplicabilidade técnico-científica, também foi projetado para ser utilizado de forma independente ao LASH.

O SYHDA foi desenvolvido por integrantes do Grupo de Pesquisa em Hidrologia e Modelagem Hidrológica em Bacias Hidrográficas/CNPq (<https://wp.ufpel.edu.br/hidrologiaemodelagemhidrologica/>), da Universidade Federal de Pelotas, e já se encontra registrado junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

Os algoritmos robustos implementados no SYHDA permitem a importação de dados de chuva e vazão no formato de bancos de dados do Hidroweb/ANA (Agência Nacional de Águas), dados de chuva no formato de banco de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e no formato \*.x/sx; constituir séries em distintos intervalos de tempo; empregar o ano civil ou hidrológico para constituir as séries históricas; análises estatísticas e testes de aderência complexos; testes não-paramétricos; testes de análise sazonal para vazões e de medidas voltadas à análise regional de frequências.

A interface inicial do SYHDA foi estabelecida para ser intuitiva, permitindo que usuários sem experiência computacional o utilizem sem dificuldades. Quanto às ferramentas disponíveis no SYHDA, a etapa de aquisição de dados foi projetada como sendo o primeiro contato usuário-interface (Figura 1), em que os dados hidrológicos (chuva ou vazão) são importados para o software.

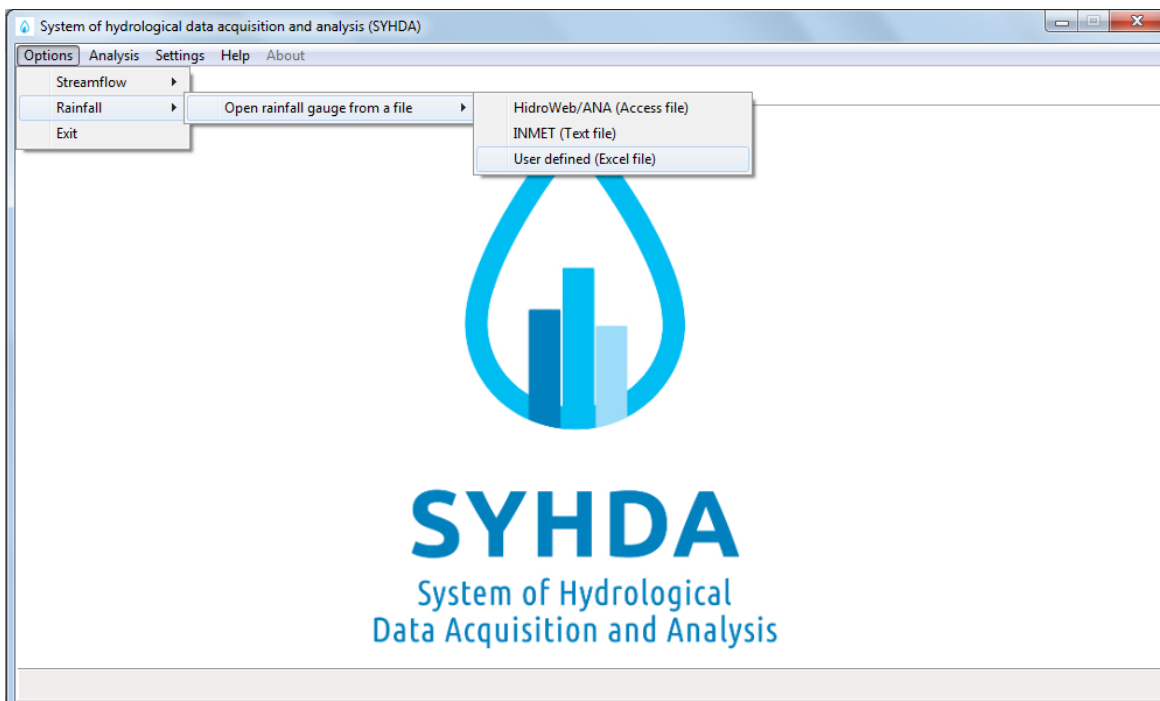


Figura 1: Interface inicial do SYHDA e ilustração de possibilidades de importação de dados hidrológicos.

O SYHDA foi programado para constituir séries hidrológicas tomando como base tanto o ano civil quanto o ano hidrológico, ambos usualmente utilizados no dia-a-dia da engenharia hidrológica. Ademais, permite a escolha de modos de visualização para exportação e análise da série hidrológica, sendo que para cada intervalo temporal (diário, semanal, quinzenal, mensal e anual), o SYHDA foi idealizado para disponibilizar uma interface com opções específicas para trabalhar com as séries constituídas. O limiar de falhas, foi implementado de modo a apresentar opções no tratamento temporal de séries hidrológicas, sendo extremamente relevante para dar ao usuário uma maior segurança ao trabalhar com séries curtas, por exemplo.

No tocante a análises estatísticas, o SYHDA foi estruturado em módulos de funcionalidades que permitem análises hidrológicas básicas e também testes robustos de distribuições de probabilidades, a saber: distribuição Normal, Log-Normal 2 e 3 parâmetros, Gumbel para máximos e mínimos, Exponencial, Gama, Generalizada de Pareto, Generalizada de Valores Extremos (GEV), Kappa, Pearson Tipo III, Weibull e Wakeby. Para a estimativa dos parâmetros das distribuições de probabilidades supracitadas, foram implementados, no SYHDA, o método dos Momentos, Momentos-L e Máxima Verossimilhança. E a fim de verificar a aderência de séries hidrológicas às distribuições de probabilidade, os testes tradicionais de Kolmogorov-Smirnov e Qui-Quadrado, bem como os testes mais robustos de Filliben e Anderson-Darling, foram incorporados ao SYHDA.

De forma complementar, a metodologia para análise regional de frequências de variáveis hidrológicas, proposta por HOSKING; WALLIS (1997), foi inteiramente programada no ambiente do SYHDA. Referente às análises

estatísticas complexas de abordagem local e regional, foram implementadas as etapas de medida de heterogeneidade regional, medida de discordância, estimativa da distribuição regional de frequência e a medida de aderência.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante seu desenvolvimento, integrantes do Grupo de Pesquisa testaram os algoritmos de aquisição de banco de dados, constituição de séries e análises hidrológicas, bem como avaliaram o desempenho do SYHDA frente a todas as metodologias implementadas.

BESKOW et al., (2014) estudaram a variabilidade dos índices de sazonalidade de vazões de estiagem no estado do Rio Grande do Sul e para tal, utilizaram o SYHDA para constituir e manusear 108 séries hidrológicas de vazões médias diárias, obter as vazões de referência  $Q_{90}$  e calcular três índices de sazonalidade (Seasonality Ratio, Seasonality Index e Seasonality Histogram). Este trabalho proporcionou avaliar o comportamento do SYHDA frente ao número de séries hidrológicas e complexidade de metodologias consideradas, resultando em confiabilidade ao software para outros estudos.

Posteriormente, CALDEIRA et al., (2015) analisaram o ajuste de distribuições de probabilidade a 342 séries hidrológicas de precipitação máxima diária anual no estado do Rio Grande do Sul, por meio de testes de aderência. BESKOW et al., (2015) utilizaram as mesmas séries para avaliar modelos probabilísticos multiparâmetros empregando testes de aderência robustos. Ambos os estudos foram fundamentais para avaliar o desempenho do SYHDA frente a tais metodologias complexas.

Dando continuidade aos estudos de BESKOW et al., (2014), BESKOW et al., (2016) aplicaram distintas técnicas de Inteligência Artificial para determinação de regiões hidrologicamente homogêneas frente à regionalização hidrológica da vazão  $Q_{90}$  no estado do Rio Grande do Sul. Os autores computaram, no SYHDA, o teste de heterogeneidade regional e medida de discordância, para confirmar a homogeneidade das regiões. Os referidos testes não são aplicados de forma manual, dada sua dificuldade, e se desconhece adaptações a softwares específicos que contemplam o teste de heterogeneidade regional e medida de discordância conjuntamente com a aquisição e análise de dados hidrológicos.

Por último, nos estudos de CASSALHO et al., (2017), CASSALHO et al., (2018a) e CASSALHO et al., (2018b), o SYHDA foi utilizado e avaliado para modelagem at-site e regional de vazões máximas anuais em bacias hidrográficas do Rio Grande do Sul, empregando metodologias baseadas no método dos Momentos-L. No primeiro estudo, os autores desenvolveram uma ferramenta via função regional a partir de técnicas tradicionais adotadas no Brasil, porém usando distribuições multiparâmetros de forma complementar àquelas tradicionalmente usadas, para estimar vazões máximas anuais e seus tempos de retorno em bacias hidrográficas do sul do Rio Grande do Sul. No segundo estudo, os autores propuseram uma metodologia para análise de frequência de cheias at-site contemplando bacias hidrográficas de diferentes regiões do estado. E por fim, Cassalho et al., (2018b) deram continuidade ao estudo anterior, aplicando todas as etapas da análise regional de frequência de cheias, presentes no SYHDA, nas regiões hidrográficas propostas pela ANA no estado do Rio Grande do Sul.

## 4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que frente aos diversos estudos apresentados, destaca-se a aplicabilidade em larga escala do SYHDA, isto é, a possibilidade de executar análises laboriosas e complexas de modo repetitivo para um grande conjunto de séries hidrológicas. E ainda, sua aplicabilidade na hidrologia, haja vista que permite a abordagem de metodologias complexas, sendo algumas destas pouco empregadas em estudos desenvolvidos no Brasil.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BESKOW, S.; CALDEIRA, T.L.; MELLO, C.R.; FARIA, L.C.; GUEDES, H.A.S. Multiparameter probability distributions for heavy rainfall modeling in extreme southern Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 4, p. 123-133, 2015

BESKOW, S.; MELLO, C. R.; VARGAS, M. M.; CALDEIRA, T. L.; DURÃES, M. F.; AGUIAR, M. S. Artificial intelligence techniques coupled with seasonality measures for hydrological regionalization of  $Q_{90}$  under Brazilian conditions. **Journal of Hydrology**, v. 541, p. 1406-1419, 2016.

BESKOW, S.; MELLO, C.R.; FARIA, L.C.; SIMÕES, M.C.; CALDEIRA, T.L.; NUNES, G.S. Índices de sazonalidade para regionalização hidrológica de vazões de estiagem no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 748-754, 2014.

CALDEIRA, T. L.; BESKOW, S.; MELLO, C.R.; FARIA, L.C.; SOUZA, M.R.; GUEDES, H.A.S. Modelagem probabilística de eventos de precipitação extrema no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 197-203, 2015.

CASSALHO, F.; BESKOW, S.; MELLO, C.R.; MOURA, M.M. Regional Flood Frequency Analysis using L-moments for geographically defined regions: an assessment Brazil. **Journal of Flood Risk Management**, 2018b.

CASSALHO, F.; BESKOW, S.; MELLO, C.R.; MOURA, M.M.; KERSTNER, L.; ÁVILA, L.F. At-site flood frequency analysis coupled with multiparameter probability distributions. **Water Resources Management**, v. 32, n.1, 2018a.

CASSALHO, F.; BESKOW, S.; VARGAS, M.M.; MOURA, M.M.; ÁVILA, L.F.; MELLO, C.R. Hydrological regionalization of maximum stream flows using an approach based on L-moments. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.22, 2017.

HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R. **Regional frequency analysis: an approach based on L-moments**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 224 p.