

## ÍNDICE DE SEVERIDADE DE SECA DE PALMER MODIFICADO-RS PARA A MESOREGIÃO SUDOESTE DO ESTADO DO RS

SILVEIRA, S. C. R.<sup>1</sup>; GUIDOTTI, E. L.<sup>1</sup>; TEIXEIRA-GANDRA, C. F. A.<sup>2</sup>; DAMÉ, R. C. F.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Acadêmico do Curso de Eng. Agrícola, Centro de Engenharias/CEng, UFPel – RS, silveira.suelen@gmail.com, eduardoguidotti@hotmail.com; <sup>2</sup>Eng. Agrícola, Profa. Associada, Centro de Engenharias/CEng, UFPel, cfteixe@gmail.com; <sup>3</sup> Eng. Agrícola, Profa. Titular, Centro de Engenharias/CEng, UFPel, ritah2o@hotmail.com.

### RESUMO

O estado do Rio Grande do Sul tem sido afetado pela queda da produtividade de suas principais culturas, em decorrência de eventos de seca. Os impactos da seca têm influência direta nas atividades agrícolas e econômicas do Estado, refletindo-se na baixa disponibilidade de umidade no solo, o que torna o suprimento de água às culturas insuficiente para repor as perdas. Alguns índices de seca possibilitam quantificar e classificar este fenômeno quanto sua intensidade e severidade. Nesse sentido, o Índice de Severidade de Seca de Palmer modificado para as condições climáticas do Rio Grande do Sul (PDSI-RS), possibilita a identificação e classificação da seca em escala mensal, estabelecendo um panorama com relação ao comportamento de eventos extremos na região de estudo. Objetivou-se calcular o índice PDSI-RS e classificá-lo de acordo com as classes de seca severa e extrema. Foram utilizados os dados das variáveis climáticas como precipitação, temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, para a mesoregião sudoeste, para o período de 1980 a 2013. Para o cálculo do índice PDSI-RS foram utilizadas equações do balanço hídrico climatológico, evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith (FAO) e valores de Capacidade de Água Disponível de 50, 75 e 100 mm. O PDSI-RS apresentou períodos de seca classificados como severa e extrema, com ocorrência nos meses de novembro a janeiro. O referido índice possibilitou obter os períodos de seca de forma mais realista para a região, possibilitando o monitoramento desses eventos, com consequente diminuição de seus impactos na agricultura.

**Palavras-chave:** PDSI modificado, Evapotranspiração de referência, Capacidade de Água Disponível

## INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Sul é um dos maiores produtores agrícolas do Brasil, sendo que nos últimos anos suas principais culturas sofreram uma redução na produtividade, em decorrência de longos dias sem precipitação (IBGE, 2020).

A seca é um fenômeno natural, que se caracteriza pela redução da quantidade de precipitação associada aos elementos climáticos, resultando em valores de precipitação abaixo da média. A definição de seca depende de sua duração e dos impactos causados, sendo geralmente classificadas em meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica. A seca agrícola é decorrente da deficiência hídrica no solo e consequente estresse hídrico às plantas (VROCHIDOU et al., 2013).

Comparativamente a outros fenômenos climáticos, a seca apresenta certa complexidade, devido à instabilidade de sua duração e a frequência de ocorrência de seus períodos. Sendo assim, vários indicadores têm sido utilizados para quantificar, padronizar e comparar a seca em base temporal e espacial. Os índices de seca se fundamentam nas variáveis climatológicas e métodos estatísticos, visando determinar a intensidade, a duração e a frequência das suas ocorrências (BLAIN e BRUNINI, 2007).

O Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI), índice agrícola, considera que o total de precipitação exigida, para manter uma área sob condições econômicas estáveis, depende da média histórica dos elementos meteorológicos e das condições hídricas dos meses precedentes e do mês considerado (PALMER, 1965).

Silveira (2019) adaptou a metodologia do PDSI às condições climáticas do estado do Rio Grande do Sul (PDSI-RS), tendo como principal ajuste o fator de caracterização climática, obtendo novos valores de ponderação, sob diferentes capacidades de água disponível no solo (CAD). O autor concluiu que o referido índice é uma ferramenta consistente para o monitoramento e identificação da seca em escala mensal, pois possibilita estabelecer um panorama com relação ao comportamento de eventos extremos nas diversas regiões, caracterizando-as quanto ao comportamento hídrico das mesmas.

Sendo assim, objetivou-se calcular o Índice de Severidade de Seca de Palmer modificado para o estado do Rio Grande do Sul e classificá-lo de acordo com a sua intensidade e as classes de seca severa e extrema, considerando a mesorregião sudoeste.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados obtidos por Xavier et al., (2016), para o período de 1980 a 2013, para as variáveis climáticas como precipitação, temperatura, radiação solar, umidade relativa do ar e velocidade do vento, para as localidades de Bagé e São Gabriel que compreendem a mesorregião sudoeste do Rio Grande do Sul (Tabela 1), sendo que esta mesorregião analisada apresenta grandes períodos de estiagem, ocasionando prejuízos na produção agrícola e no setor econômico.

Tabela 1- Coordenadas geográficas e altitude das localidades pertencentes à mesorregião Sudoeste do estado do Rio Grande do Sul.

Localidade	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Bagé	31°18'17''	54°07'11''	230
São Gabriel	30°20'27''	54°19'01''	109

O cálculo do balanço hídrico climatológico foi realizado de acordo com Thornthwaite e Mather (1955), com valores de CAD de 50, 75 e 100 mm. Para a estimativa evapotranspiração de referência foi utilizado o método de Penman-Monteith (FAO) pela Eq.1

$$ET_0 = \frac{0,408s (Rn - G) + \frac{\gamma * 900}{T + 273} U_2 (es - ea)}{s + \gamma(1 + 0,34U_2)} \quad (1)$$

Sendo:  $ET_0$  - evapotranspiração de referência ( $\text{mm d}^{-1}$ );  $Rn$  - saldo de radiação à superfície ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ );  $G$  - fluxo de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$ );  $T$  - Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ );  $U_2$ - velocidade do vento a 2 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ );  $es-ea$  - déficit de pressão de saturação (kPa);  $s$  - declividade de pressão de saturação ( $\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$ );  $\gamma$  - constante psicrométrica =  $0,063 \text{ kPa}^{\circ}\text{C}^{-1}$ .

O PDSI foi calculado considerando que o total de precipitação exigida depende da média histórica dos elementos meteorológicos e das condições hídricas dos meses precedentes e do mês considerado, deste modo baseia-se nos princípios do balanço entre o suprimento e a demanda de água no solo (PALMER, 1965).

Para calcular os parâmetros Climaticamente Apropriados às Condições Existentes (CAFEC) foram considerados os seguintes coeficientes e seus valores médios (Eqs. 2, 3, 4, 5).

$$\alpha = \frac{\overline{ETR}}{ET_0} \quad (2)$$

$$\beta = \frac{\bar{R}}{PR} \quad (3)$$

$$\gamma = \frac{\overline{RO}}{PRO} \quad (4)$$

$$\delta = \frac{\bar{L}}{PL} \quad (5)$$

Sendo:  $\alpha$  - Coeficiente de evapotranspiração;  $\beta$ - Coeficiente de recarga;  $\gamma$ - Coeficiente de escoamento;  $\delta$ - Coeficiente de perda.

Os cálculos do índice PDSI-RS foram realizados de acordo com a metodologia proposta por Silveira (2019), cujos valores usados para o fator de caracterização climática (K), sob diferentes CAD's foram 50, 75, 100 mm (Eqs. 6, 7, 8).

$$K = \frac{24,20 * K'}{\sum_1^{12} D'K'} \quad (6)$$

$$K = \frac{24,26 * K'}{\sum_1^{12} D'K'} \quad (7)$$

$$K = \frac{24,29 * K'}{\sum_1^{12} D'K'} \quad (8)$$

Sendo:  $K$  - fator de caracterização climática;  $K'$  - fator de padronização;  $D'$  - média mensal dos valores absolutos.

Após encontrar os valores do fator de caracterização climática, foi calculado o índice final do PDSI-RS e calibrado (Eq. 9).

$$X_i = \frac{Z_i}{(a' + b')} + c * X_{i-1} \quad (9)$$

Sendo:  $X_i$  - valor do índice de Palmer no mês em questão;  $X_{i-1}$  - valor do índice de Palmer do mês precedente;  $Z$  - índice de umidade de Palmer;  $a'$   $b'$  - coeficientes angular e linear.

Portanto, ao encontrar o valor final do índice, obtém-se os valores para a classificação e o grau de intensidade e severidade da seca (Tabela 2).

Tabela 2. Classificação da intensidade da seca, de acordo com o Índice de Severidade de Palmer (PDSI) (PALMER, 1965)

PDSI	Categoria
-1,00 a -1,99	Seca Suave
-2,00 a -2,99	Seca Moderada
-3,00 a -3,99	Seca Severa
$\leq -4,00$	Seca Extrema

Após a classificação da intensidade da seca, foram avaliados os períodos de maiores ocorrências de seca severa e extrema, relacionados ao período mais seco, em função do objetivo do mesmo, por causarem maiores danos à produção agrícola.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1 e 2 são apresentadas as séries temporais do índice PDSI-RS, para as localidades de Bagé e São Gabriel, para os valores de CAD's de 50, 75 e 100 mm, respectivamente.

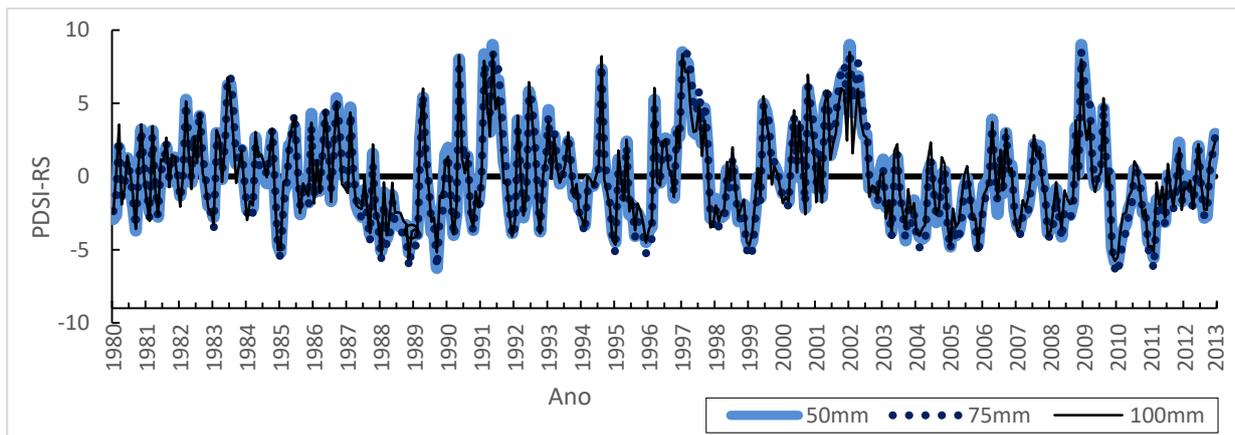


Figura 1. Índice PDSI-RS para a localidade de Bagé, para valores de Capacidade de Água Disponível no solo de 50, 75 e 100 mm.

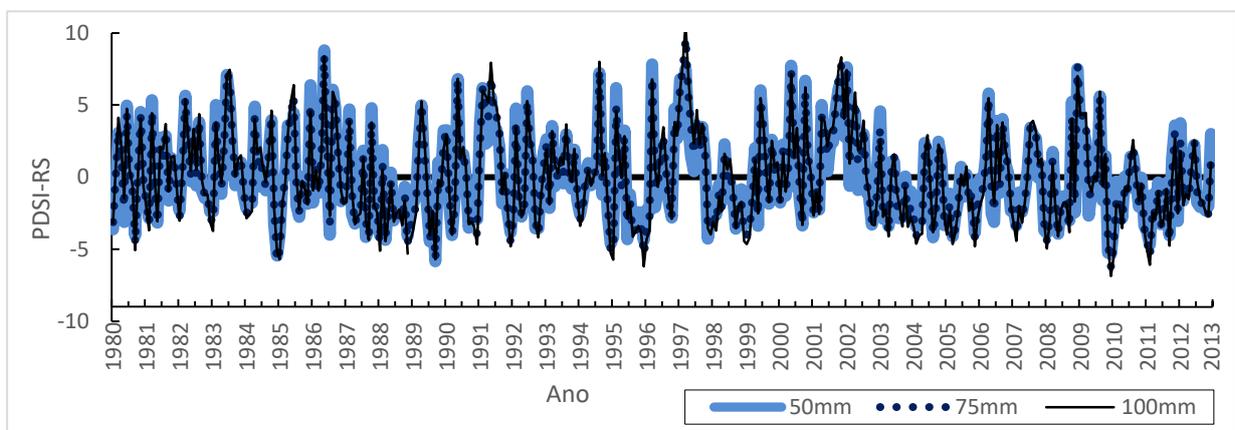


Figura 2. Índice PDSI-RS para a localidade de São Gabriel para valores de Capacidade de Água Disponível no solo de 50, 75 e 100 mm.

Na análise das séries temporais para o PDSI-RS (Figura 1), observa-se um aumento na intensidade dos eventos de seca para a CAD de 75 mm, onde foram detectados maiores eventos de seca severa e extrema. Considerando-se a Figura 2, os maiores eventos de seca ocorreram para valores de CAD de 50 mm, enquanto que para CAD de 100 mm, os eventos de seca extrema foram maiores.

Na Figura 3 são apresentadas as ocorrências de seca considerando o período de 1980 a 2013, para a mesorregião Sudoeste, de acordo com a sua intensidade da seca suave, moderada, severa e extrema (Tabela 2).

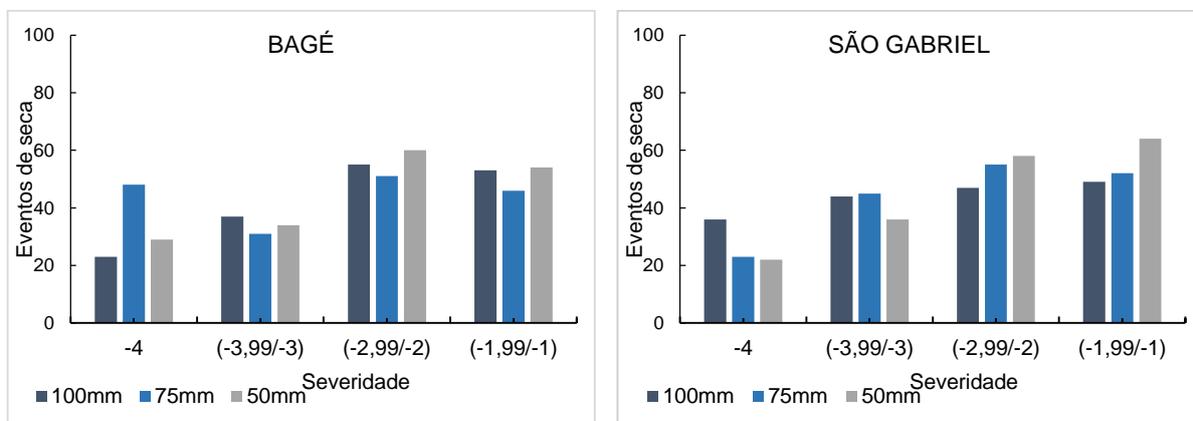


Figura 3. Ocorrências de seca de acordo com o grau de intensidade, para as localidades de Bagé e São Gabriel.

Observa-se na Figura 3 as ocorrências para seca moderada, totalizando em torno de 50 a 60 eventos de seca para diferentes CAD's, para as duas localidades analisadas. Para a localidade de Bagé, o total de ocorrência de seca extrema varia de acordo com os valores de CAD, sendo 29, 48 e 23 ocorrências para os valores de 50, 75 e 100 mm, respectivamente. Observou que nos meses de novembro, dezembro e janeiro, foram as maiores ocorrências de seca severa e extrema. Para a localidade de São Gabriel, os valores de seca severa variaram de 36 a 45 eventos, para as CAD's de 50 e 75 mm, respectivamente. Para a CAD de 100 mm, ocorreram 36 eventos de seca extrema.

Ao analisar o período mais problemático do calendário agrícola do Rio Grande do Sul, Boshi et al., (2011) observaram que o verão é o período mais crítico por coincidir com as principais culturas que estão na fase de floração e enchimento de grãos, com a maior necessidade de água e máxima sensibilidade ao déficit hídrico.

Silveira (2016) ao calcular o índice PDSI, pelo método de Palmer (1965) com valor de CAD de 100 mm, para algumas localidades do Rio Grande do Sul, encontrou 25 eventos de seca extrema e 29 de seca severa, para a localidade de Bagé. Segundo o autor, os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro foram os que apresentaram maiores ocorrências de seca.

Blain e Brunini (2007) avaliaram o PDSI\_adap proposto para as condições climáticas do estado de São Paulo, para a quantificação da seca agrícola, comparando valores dos parâmetros

do Balanço Hídrico. Os autores concluíram que o índice modificado é uma ferramenta consistente para o monitoramento de eventos de seca, próximo ao tempo real, em escala mensal.

Deste modo os resultados encontrados para os eventos de seca ocorridos no Estado pelo índice PDSI-RS modificado podem ser considerados mais próximos de secas ocorridas na região, pois leva em consideração as características climáticas da região, auxiliando assim no monitoramento e mitigação desses eventos.

## CONCLUSÕES

O Índice PSI-RS possibilitou obter os períodos de seca de forma mais realista para a região de estudo, mostrando uma quantidade de eventos de seca severa e seca extrema, cujos eventos ocorrem nos meses de novembro a janeiro. Deste modo o monitoramento desses eventos auxilia no planejamento e na diminuição de seus impactos na agricultura.

## REFERÊNCIAS

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Análise comparativa dos índices de seca de Palmer, Palmer adaptado e índice padronizado de precipitação no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v.22, n.1, p.105-111, 2007.

BOSCHI, R. S.; OLIVEIRA, S. R. M.; ASSAD, E. D. Técnicas de mineração de dados para análise da precipitação pluvial decenal no Rio Grande do Sul. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.6, p.1189-1201, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. 2020. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag\\_2020\\_jan.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2020_jan.pdf)

PALMER, W.C. **Meteorological drought**. US Weather Bureau, (Research Paper, nº45). Washington: 1965. v.1 58p

SILVEIRA, S. C. R. Índice de Seca agrícola e meteorológica para algumas localidades no Estado do Rio Grande do Sul. **Dissertação** apresentada à Universidade Federal de Pelotas para obtenção do título de Mestra em Ciências- Área de Concentração: Manejo e Conservação do Solo e da Água. Linha de pesquisa: Engenharia de Solo e Água. Orientadora: Claudia Fernanda Almeida Teixeira-Gandra. Pelotas-RS. 2016

SILVEIRA, S. C. R. Índice de Severidade de Seca de Palmer modificado para as condições climáticas do estado do Rio Grande do Sul. **Tese** apresentada à Universidade Federal de Pelotas para obtenção do título de Doutora em Ciências- Área de Concentração: Manejo e Conservação

do Solo e da Água. Linha de pesquisa: Engenharia de Solo e Água. Orientadora: Claudia Fernanda Almeida Teixeira-Gandra. Pelotas-RS. 2019.

THORTHWAITE, C. W.; MATTER, J. R. The water balance. **Climatology**, New Jersey, Drexel Institute of Thecnology, 104p. 1955.

VROCHIDOU, A. E.; TSANIS, I.K.; GRILLAKIS, M.G.; KOUTROULIS, A.G. The impact of climate change on hydrometeorological droughts at a basin scale. **Journal of Hydrology**. v. 476, p. 290-301. 2013

XAVIER, A. C.; KING, C. W.; SCANLON, B. R. Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980-2013). **International Journal of Climatology**, v. 36, n. 6, p. 2644–2659, 2016.