

## ANÁLISE DO COMPORTAMENTO CLIMÁTICO DE BRASÍLIA POR MEIO DO ÍNDICE DE SECA LOCAL

MARIA FERNANDA DE OLIVEIRA BORGES DE CASTRO<sup>1</sup>, GIOVANNA SILVA MOREIRA XAVIER<sup>2</sup>, LUIZ SOARES CORREA<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Estudante de Engenharia Civil UNIP, Brasília-DF, mariafernanda.borges15@gmail.com;

<sup>2</sup>Estudante de Engenharia Civil UNIP, Brasília-DF, silva.mgiovana@gmail.com;

<sup>3</sup>MsC. Em Transportes, PPGT/UNB, Luiz Soares Correia, luiz.correia@docente.unip.br

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
4 a 6 de outubro de 2022

**RESUMO:** As mudanças climáticas, em decorrência do aquecimento global, resultaram na necessidade de estudos do comportamento de fatores climáticos locais, visto que estes impactam diretamente as atividades humanas. A quantificação da seca, por meio da mensuração da precipitação, possibilita concluir o clima característico do local ou da região. O entendimento de que os déficits de precipitação tinham diferentes impactos nas águas subterrâneas, no armazenamento de água do reservatório, na umidade do ar e nos fluxos de rios, levou os cientistas americanos McKee, Doesken e Kleist a elaborarem em 1993 o Índice de Precipitação Normalizada, em inglês Standardized Precipitation Index (SPI). Sendo assim, com o auxílio do software SPI, foi feita uma análise estatística dos dados pluviométricos de modo a quantificar a seca nas escalas de tempo de 3 meses, no período de 1978 a 2021 do Distrito Federal para identificar uma possível mudança do clima característico da região. Então, a partir da interpretação dos índices de secura, determina-se uma possível mudança climática local, por motivo sazonal ou de aquecimento global

**PALAVRAS-CHAVE:** Mudança climática, seca, SPI, Aquecimento Global.

## ANALYSIS OF THE CLIMATE BEHAVIOR OF BRASILIA BY QUANTIFICATION OF THE LOCAL DROUGHT

**ABSTRACT:** Climate change, because of global warming, resulted in the need to study the behavior of local climatic factors, as they directly impact human activities. The quantification of drought through the measurement of precipitation makes it possible to conclude the characteristic climate of the place or region. The understanding that rainfall deficits had different impacts on groundwater, reservoir water storage, air humidity and river flows, led American scientists McKee, Doesken and Kleist to develop the Normalized Precipitation Index in 1993, in English Standardized Precipitation Index (SPI). Therefore, with the help of the SPI software, a statistical analysis of the rainfall data was carried out to quantify the drought in the time scales of 3 months, in the period from 1978 to 2021, a period greater than 30 years, of the Federal District to identify a possible change in the climate characteristic of the region. Then, from the interpretation of dryness indices, determine whether climate change is due to seasonal or global warming.

**KEYWORDS:** Climate change, drought, SPI, Global Warming.

## INTRODUÇÃO

O aumento anormal da temperatura do planeta Terra vem gerando grande instabilidade climática (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2022). As mudanças climáticas provenientes do aquecimento global podem resultar em eventos climáticos extremos e escassez hídrica. O Distrito Federal, por exemplo, enfrentou uma grande seca em 2016 e 2017, resultando em crise hídrica e afetando fortemente as atividades humanas. (SUERTEGARAY, 2017). Apesar dessa seca ter sido um

evento já previsto para o tempo de retorno de 50 anos, especialistas de recursos hídricos reconhecem as mudanças do clima local do Distrito Federal. (MENEZES, et al., 2016).

Nesse sentido fica evidente a busca por dados, métodos e informações mais assertivas quanto ao monitoramento do comportamento do clima por localidades. Assim, visando trazer mais transparência para auxiliar em propostas futuras, esse trabalho traz um estudo do comportamento do clima de Brasília a partir de 43 anos de dados diários de pluviometria, disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, de 12 estações pluviométricas sob monitoramento da CAESB (Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal). Com esses dados, é calculado o índice de Precipitação Padronizado com o auxílio do Software DrinC, de maneira a concluir se tais eventos climáticos são por motivo sazonal ou pelo aumento da temperatura da Terra.

## MATERIAL E MÉTODOS

Atualmente, o Distrito Federal está enquadrado em três regiões hidrográficas, sendo elas: Bacia do Paraná, Bacia do São Francisco e Bacia Tocantins – Araguaia. O Distrito Federal possui uma área de 5.800 km<sup>2</sup>, que compreende sete bacias hidrográficas. Os rios Maranhão e Preto fazem parte, respectivamente, das regiões hidrográficas do Tocantins-Araguaia e São Francisco. Os rios Corumbá, Descoberto, Paranoá, São Bartolomeu e São Marcos fazem parte da região hidrográfica do rio Paraná. Como área de estudo foram escolhidas as sub-bacias Rio Paranaíba, Rio Tocantins e Rios São Francisco.

Para a realização do trabalho, foram escolhidas 12 estações pluviométricas. Para isso, levou-se em consideração as estações com constância na coleta de dados, para não haver falhas entre os meses do Ano Hidrológico, e que se disponha de séries de dados suficientemente longas (30 ou mais anos).

Segue as estações selecionadas para esse trabalho (Tabela 1):

Tabela 1: Estações com a suas respectivas Bacias e Sub-bacias hidrográficas

| Bacia         | Sub-Bacia          | Estações Pluviométricas |                   |
|---------------|--------------------|-------------------------|-------------------|
|               |                    | Código ANA              | Nome              |
| Paraná        | Rio Paranaíba      | 01548006                | Taguatinga ETA RD |
|               |                    | 01548007                | ETA Brazlândia    |
|               |                    | 01548008                | Descoberto        |
|               |                    | 01548010                | ETE Riacho Fundo  |
|               |                    | 01547008                | ETE Sul           |
|               |                    | 01547013                | Taquara           |
|               |                    | 01547018                | ETE jockey Clube  |
|               |                    | 01547019                | Cabeça de Veado   |
|               |                    | 01547019                | ETE Paranoá       |
| São Francisco | Rios São Francisco | 01547021                | Barreiro DF-130   |
|               |                    | 01547022                | Rio Preto         |
| Tocantins     | Rio Tocantins      | 01547010                | Contagem          |

Para a obtenção de dados, foi utilizado o Portal HidroWeb, que é uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e oferece o acesso ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), reunindo dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos. Os dados disponíveis no Portal HidroWeb se referem à coleta convencional de dados hidrometeorológicos, ou seja, registros diários feitos pelos observadores e medições feitas em campo pelos técnicos em hidrologia e engenheiros hidrólogos. O Portal ainda publica dados coletados pelos Estados que aderiram ao Programa coordenado pela ANA.

Os dados foram baixados e organizados segundo o modelo de arquivo, conforme demonstrado na figura 1, para preparar os dados mensais de entrada do *software DrinC*. O software DrinC (Drought Indices Calculator) visa fornecer uma interface didática para avaliação de índices de seca, adequada para análise meteorológica, hidrológica e agrícola.

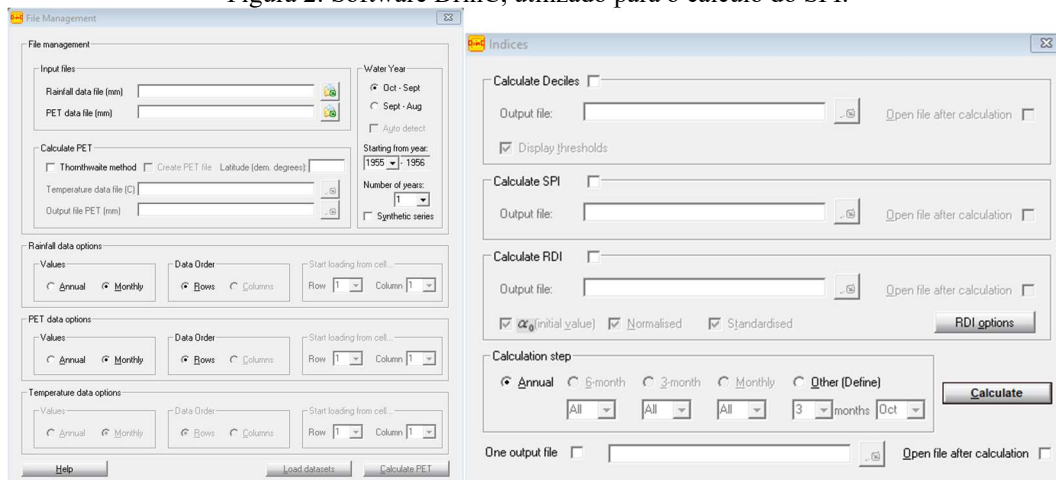
Os dados de entrada das 12 estações compreendem um período de 43 anos, 1978 a 2021, com o ano hidrológico Outubro-Setembro.

Figura 1: Modelo de dados de entrada para o cálculo do SPI.

| Monthly Precipitation (mm) |       |       |       |       |       |       |       |      |      |      |     |      |        |
|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-----|------|--------|
| Hydrological year          | Oct   | Nov   | Dec   | Jan   | Feb   | Mar   | Apr   | May  | Jun  | Jul  | Aug | Sep  | Annual |
| 1980-81                    | 1,0   | 25,7  | 89,9  | 80,1  | 108,9 | 19,3  | 85,3  | 10,5 | 19,8 | 2,3  | 0,0 | 0,0  | 445,8  |
| 1981-82                    | 3,3   | 20,6  | 70,1  | 126,4 | 80,7  | 78,7  | 94,8  | 44,7 | 1,0  | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 520,3  |
| 1982-83                    | 0,0   | 168,8 | 181,9 | 147,8 | 138,9 | 8,6   | 25,8  | 14,5 | 0,0  | 0,0  | 0,0 | 4,5  | 690,8  |
| 1983-84                    | 4,5   | 48,0  | 53,5  | 104,5 | 91,5  | 92,8  | 38,2  | 0,0  | 5,4  | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 438,4  |
| 1984-85                    | 0,0   | 12,8  | 34,0  | 73,1  | 157,6 | 7,2   | 74,4  | 9,6  | 59,7 | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 428,4  |
| 1985-86                    | 8,7   | 167,6 | 82,2  | 29,8  | 91,3  | 0,0   | 39,0  | 13,8 | 0,0  | 8,4  | 0,0 | 0,0  | 440,8  |
| 1986-87                    | 14,2  | 3,2   | 46,6  | 177,5 | 75,9  | 29,2  | 33,6  | 2,2  | 2,7  | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 385,1  |
| 1987-88                    | 0,0   | 127,7 | 17,7  | 101,0 | 96,3  | 34,0  | 59,7  | 56,8 | 35,5 | 3,0  | 0,0 | 0,0  | 531,7  |
| 1988-89                    | 4,2   | 2,4   | 189,4 | 181,1 | 67,8  | 136,5 | 58,5  | 13,2 | 2,2  | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 655,3  |
| 1989-90                    | 0,0   | 84,0  | 17,4  | 189,1 | 176,0 | 123,3 | 3,7   | 13,5 | 20,1 | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 627,1  |
| 1990-91                    | 109,5 | 81,7  | 20,1  | 122,0 | 131,1 | 68,9  | 77,9  | 33,0 | 27,3 | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 671,5  |
| 1991-92                    | 0,0   | 177,1 | 12,1  | 76,5  | 63,6  | 70,6  | 69,3  | 6,3  | 3,5  | 1,3  | 0,0 | 0,0  | 480,3  |
| 1992-93                    | 4,2   | 0,0   | 44,3  | 131,9 | 159,8 | 84,7  | 50,9  | 53,5 | 38,5 | 4,8  | 0,0 | 0,5  | 573,1  |
| 1993-94                    | 0,0   | 29,3  | 5,8   | 95,6  | 69,6  | 6,2   | 52,4  | 1,2  | 11,2 | 14,6 | 0,0 | 0,0  | 285,9  |
| 1994-95                    | 14,2  | 8,1   | 28,3  | 116,6 | 46,0  | 67,6  | 97,4  | 29,3 | 5,2  | 1,8  | 0,0 | 0,0  | 414,5  |
| 1995-96                    | 0,5   | 149,1 | 68,4  | 75,8  | 172,3 | 50,4  | 29,3  | 19,2 | 2,3  | 2,0  | 0,0 | 0,0  | 569,3  |
| 1996-97                    | 20,6  | 139,9 | 97,2  | 72,0  | 121,0 | 3,3   | 42,5  | 39,5 | 11,5 | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 547,5  |
| 1997-98                    | 0,0   | 10,0  | 31,4  | 120,0 | 54,7  | 26,7  | 41,2  | 24,0 | 1,4  | 0,5  | 0,0 | 0,0  | 309,9  |
| 1998-99                    | 8,6   | 52,8  | 33,5  | 81,4  | 116,7 | 115,1 | 54,1  | 24,0 | 1,0  | 11,1 | 0,0 | 0,0  | 498,3  |
| 1999-00                    | 0,0   | 20,8  | 32,6  | 54,1  | 66,9  | 40,5  | 62,3  | 37,5 | 23,6 | 0,0  | 0,4 | 0,0  | 338,7  |
| 2000-01                    | 2,1   | 92,5  | 33,5  | 131,5 | 261,7 | 30,4  | 21,1  | 29,4 | 1,5  | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 603,7  |
| 2001-02                    | 0,8   | 72,7  | 118,2 | 16,0  | 93,3  | 81,1  | 28,5  | 17,5 | 2,2  | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 430,3  |
| 2002-03                    | 29,3  | 16,5  | 66,3  | 78,9  | 135,3 | 81,4  | 11,4  | 10,3 | 27,6 | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 457,0  |
| 2003-04                    | 0,0   | 32,6  | 39,2  | 131,6 | 170,6 | 95,0  | 116,5 | 60,7 | 4,5  | 2,0  | 0,3 | 0,0  | 653,0  |
| 2004-05                    | 2,3   | 129,2 | 57,2  | 44,9  | 30,5  | 18,1  | 58,8  | 32,9 | 11,3 | 0,3  | 0,0 | 0,0  | 385,5  |
| 2005-06                    | 102,0 | 14,3  | 25,3  | 157,1 | 114,3 | 71,3  | 92,0  | 3,9  | 0,0  | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 580,2  |
| 2006-07                    | 26,0  | 21,2  | 30,0  | 140,1 | 87,7  | 64,9  | 50,1  | 24,2 | 36,2 | 1,8  | 0,0 | 0,0  | 482,2  |
| 2007-08                    | 0,0   | 16,1  | 104,2 | 178,3 | 76,5  | 115,0 | 71,3  | 59,5 | 10,3 | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 631,2  |
| 2008-09                    | 0,0   | 31,3  | 13,7  | 112,7 | 307,4 | 75,7  | 6,2   | 21,6 | 2,9  | 0,0  | 0,0 | 0,0  | 571,5  |
| 2009-10                    | 0,0   | 0,0   | 85,2  | 39,1  | 55,6  | 160,2 | 123,1 | 29,6 | 11,1 | 16,5 | 0,0 | 10,0 | 530,4  |

Os dados pluviométricos mensais de cada estação foram inseridos e calculados separadamente. Depois de inserir o arquivo de dados de chuva, carregar o conjunto de dados, selecionar o arquivo de saída e selecionar a escala de tempo 3 meses, é calculado o SPI.

Figura 2: Software DrinC, utilizado para o cálculo do SPI.



Para o cálculo do SPI, o registro de precipitação de longo prazo para um período desejado é ajustado a uma distribuição de probabilidade, que é então transformada em uma distribuição normal de modo que o SPI médio para o local e período desejado seja zero. Thom (1958) descobriu que a distribuição gama se ajusta bem à série temporal de precipitação climatológica. A distribuição gama é definida por sua frequência ou função de densidade de probabilidade:

$$g(x) = \frac{1}{\beta \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}, \text{ para } x > 0$$

Em que  $\alpha$  e  $\beta$  são os parâmetros de forma e escala respectivamente,  $x$  é a quantidade de precipitação e  $\Gamma(\alpha)$  é a função gama. Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da gama são estimados para cada estação e

para cada escala de tempo de interesse (1, 3, 6, 9, 12 meses, etc.). As estimativas de máxima verossimilhança de  $\alpha$  e  $\beta$  são:

$$\alpha = \frac{1}{4A} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right), \quad \beta = \frac{\bar{x}}{\alpha}, \quad \text{onde } A = \ln \bar{x} - \frac{\sum \ln}{n} \text{ e } n \text{ é o número de observações.}$$

Os parâmetros resultantes são então usados para encontrar a probabilidade cumulativa de um evento de precipitação observado para um determinado mês e escala de tempo para o local em questão. Como a função gama é indefinida para  $x=0$  e uma distribuição de precipitação pode conter zeros, a probabilidade cumulativa se torna:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x)$$

Em que  $q$  é a probabilidade de precipitação zero e  $G(x)$  é a probabilidade cumulativa da função gama incompleta. Se “ $m$ ” é o número de zeros em uma série temporal de precipitação, então  $q$  pode ser estimado por  $m/n$ . A probabilidade cumulativa  $H(x)$  é então transformada na variável aleatória normal padrão “ $z$ ” com média zero e variância de um (ABRAMOVITZ e STEGUN 1965), que é o valor do SPI.

Tabela 2: Valores do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) e Categorias de Seca ou Umidade.

| SPI           | Categoria           |
|---------------|---------------------|
| $\geq 2,00$   | Extremamente Úmido  |
| 1,50 a 1,99   | Severamente Úmido   |
| 1,00 a 1,49   | Moderadamente Úmido |
| 0,10 a 0,99   | Umidade Incipiente  |
| 0,00 a -0,99  | Seca Incipiente     |
| -1,00 a -1,49 | Moderadamente Seco  |
| -1,50 a -1,99 | Severamente Seco    |
| $\leq -2,00$  | Extremamente Seco   |

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores do índice Padronizado de Precipitação foram organizados em planilhas do Excel. Gerou-se um gráfico de linhas com esses dados para fins de interpretação gráfica (Gráfico 1 e 2), devido a aleatoriedade dos valores e visualização do comportamento climático dos últimos 43 anos. Adicionou-se uma linha de tendência linear para cada conjunto de dados. Normalmente, a linha de tendência linear é usada com conjuntos de dados lineares simples. Seus dados serão lineares se o padrão em seus pontos de dados se parecer com uma linha. Embora os valores do SPI sejam dados flutuantes, desta vez o objetivo foi a tendência linear de crescimento ou declinação no **cenário geral** (não só os períodos em si, mas o conjunto de períodos) dos últimos 43 anos e não o sazonal.

Das doze estações, quatro apresentaram uma tendência positiva (ETE Jockey Clube, Cabeça de Veado, ETE Paranoá e Rio Preto) (Gráfico 1) e oito apresentaram uma tendência negativa (ETE Sul, Contagem, Taquara, Barreiro DF, Taguatinga ETA RD, ETA Brazlândia e ETE Riacho Fundo, Descoberto) (Gráfico 2).

Considerando as Categorias de Seca e Umidade do SPI dos dados de pluviometria mensal de 43 anos hidrológicos de oito estações, notou-se que o clima característico de Brasília tem se tornado levemente mais seco. Porém, as outras quatro estações mostram um resultado oposto, ou seja, que o clima característico de Brasília tem se tornado levemente mais úmido. Isto pode estar associado ao Sistema de Circulação Atmosférica. Segundo Nimer (1979), as características da altura e do regime de chuvas na Região Centro-Oeste devem-se, quase que exclusivamente, aos sistemas de circulação atmosférica, atribuindo pouca importância à influência da topografia sobre a distribuição da precipitação ao longo do espaço geográfico da Região. Tal evento faz com que o Distrito Federal seja caracterizado

por nuvens de convecção dinâmica (cúmulos e cúmulo-nimbos), ocorrendo chuvas (ainda que pouco intensas) e trovoadas em locais específicos.

Notou-se também que os valores determinantes para essa leve alteração do clima característicos foram os valores do SPI dos anos de 2010 à 2018. Estes valores de altos picos predominam no intervalo de Categoria de Seca, para as 8 estações; e predominam no intervalo de Categoria de Umidade, para as 4 estações.

Gráfico 1: Comportamento Climático da ETE Jockey Clube, como exemplificação das estações Cabeça de Veado, ETE Paranoá e Rio Preto.

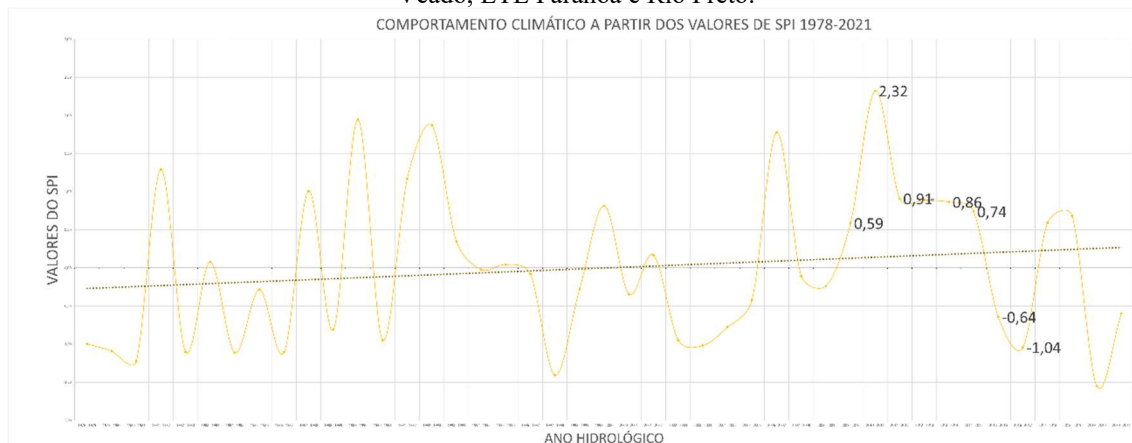
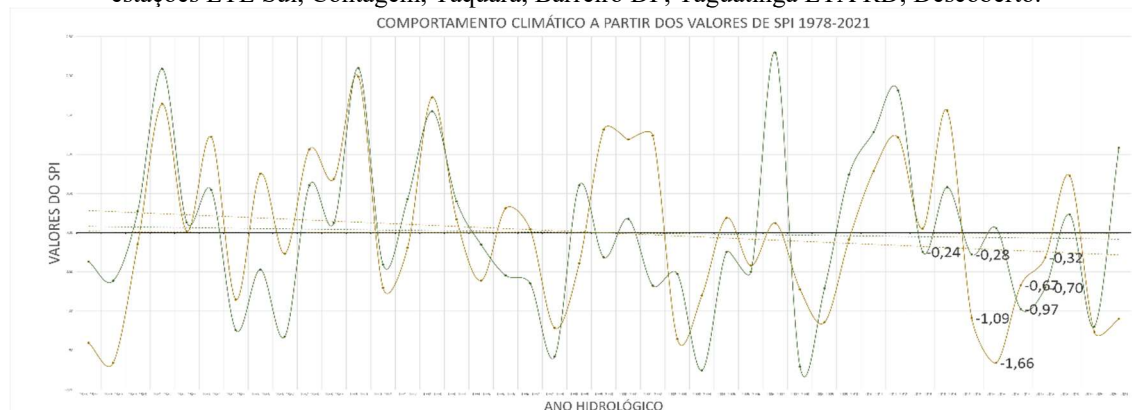


Gráfico 2: Comportamento Climático da ETA Brazlândia e da ETE Riacho Fundo como exemplificação das estações ETE Sul, Contagem, Taquara, Barreiro DF, Taguatinga ETA RD, Descoberto.



## CONCLUSÃO

Tendo em vista as Categorias de Seca e Umidade do SPI dos dados de pluviometria mensal de 43 anos hidrológicos de oito estações pluviométricas, notou-se que o clima característico de Brasília tem se tornado levemente mais seco. Porém, as outras quatro estações mostram um resultado oposto, ou seja, que o clima característico de Brasília tem se tornado levemente mais úmido. É fato que para determinar o clima característico de uma região são necessários os dados entre 20 e 30 anos de valores mensais de precipitação, mas o ideal seria ter entre 50 e 60 anos (ou mais). Sendo assim, não se pode afirmar com precisão que essa leve alteração do clima característico de Brasília seja significativa a ponto de associá-la ao aumento da temperatura da Terra ocorrido nas últimas duas décadas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAESB, ANA, Universidade Paulista de Brasília (UNIP), ao CONTECC pelo auxílio no desenvolvimento deste projeto.

## REFERÊNCIAS

ABRAMOWITZ, M.; STEGUN., I.A. Handbook of mathematical function. New York: Dover, 1965. 1046 p.

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2016). Unidades de Planejamento Hídrico. Catálogo de Metadados da ANA. Fonte: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/df48de18-753b-4789-964d-7f0967c53d08>
- CAESB. (2020). Hidrometeorologia. Atlas Hidrometeorologia. Brasília: Esri. Fonte: <https://atlas.caesb.df.gov.br/hidrometeorologia/>
- CAESB. (2022). A Caesb. Fonte: Caesb: <https://www.caesb.df.gov.br/empresa/a-caesb/historico.html>
- MENEZES, L. S., CHAN, S. C., VITURINO, J. M., AIRES, S. S., ARAGÃO, W. B., & NEIVA, L. R. (2016). Mudanças Climáticas no DF e RIDE. Secretaria do Meio Ambiente, Brasília. Fonte: <https://www.sema.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2017/09/Nota-T%C3%A9cnica-Mudan%C3%A7as-Clim%C3%A1ticas-no-DF-e-RIDE.pdf>
- H.C.S., T. (01 de Abril de 1958). A NOTE ON THE GAMMA DISTRIBUTION. Monthly Weather Review, 86, 4, 117–122. doi:[https://doi.org/10.1175/1520-INTERGOVERNMENTAL\\_PANEL\\_ON\\_CLIMATE\\_CHANGE\\_\(2022\).](https://doi.org/10.1175/1520-INTERGOVERNMENTAL_PANEL_ON_CLIMATE_CHANGE_(2022).) Climate Change 2022-Impacts, Adaptation and Vulnerabilit. Sixth Assessment Report, Switzerland.
- MENEZES, L. S., CHAN, S. C., VITURINO, J. M., AIRES, S. S., ARAGÃO, W. B., & NEIVA, L. R. (2016). Mudanças Climáticas no DF e RIDE. Secretaria do Meio Ambiente, Brasília. Fonte: <https://www.sema.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2017/09/Nota-T%C3%A9cnica-Mudan%C3%A7as-Clim%C3%A1ticas-no-DF-e-RIDE.pdf>
- NAGHETTINI, M., & ANDRADE, É. J. (2007). Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CPRM Serviço Geológico do Brasil.
- SUERTEGARAY, P. (2017). Crise hídrica leva governo a decretar situação de emergência. Agência Brasília. Fonte: <https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2017/01/25/crise-hidrica-leva-governo-a-decretar-situacao-de-emergencia/>
- NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1979 (Série Recursos Naturais e Meio Ambiente).