



ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS CHUVAS POR DIFERENTES ÍNDICES CLIMÁTICOS, NO MUNICÍPIO DE ITIRAPINA/SP

Analysis of rain behavior by different climate indices, in the city of Itirapina/SP

Análisis del comportamiento lluvioso por diferentes índices climáticos, en la ciudad de Itirapina/SP

Bruno César dos Santos  

Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais, Universidade de São Paulo - CRHEA/EESC/USP
bruno-unifal@hotmail.com

Camila Bermond Ruezzen  

Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais, Universidade de São Paulo - CRHEA/EESC/USP
camila.ruezzen@gmail.com

Paulo Henrique de Souza  

Instituto de Ciências da Natureza, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG
phsouza31@hotmail.com

Renato Billia de Miranda  

Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais, Universidade de São Paulo - CRHEA/EESC/USP
eng.renato.miranda@gmail.com

Frederico Fabio Mauad  

Centro de Recursos Hídricos e Estudos Ambientais, Universidade de São Paulo - CRHEA/EESC/USP
maudffm@sc.usp.br

Resumo: Estudos climáticos envolvendo séries históricas com dados notoriamente trabalhados acabam por contribuir com o conhecimento dos processos dinâmicos e das variações temporais e espaciais atmosféricas. Sob essa perspectiva o objetivo desse trabalho focou a análise do comportamento das chuvas na região de Itirapina/SP, aplicando três métodos de classificação climática. Através da metodologia utilizada, verificou-se que a variabilidade pluviométrica ao longo dos 38 anos ainda se encontra nos parâmetros admitidos de normalidade, pois as porcentagens das classes normais estiveram situadas entre

63,5% e 70,7%. As classes chuvosas apresentaram uma porcentagem entre 14,9% a 17,5% e as classes secas de aproximadamente 14,3% a 19,2%. Entre as metodologias utilizadas, os métodos Índice de Anomalia de Chuva e Anos Padrão apresentaram maior similaridade na distribuição do número de ocorrência entre classes. Além disso, a espacialização da frequência entre as setes categorias, revelou que algumas regiões sofrem influência do relevo, manifestando maior ou menor periodicidade de algumas classes.

Palavras-chave: Índices Climáticos. Variabilidade Pluviométrica. Precipitação. Efeito Orográfico. SIG.

Abstract: Climatic studies involving historical series with notoriously worked data end up contributing to the knowledge of dynamic processes and atmospheric temporal and spatial variations. From this perspective, the objective of this work focused on the analysis of rainfall behavior in the Itirapina/SP region, applying three methods of climatic classification. Through the methodology used, it was found that the rainfall variability over the 38 years is still within the admitted parameters of normality, since the percentages of the normal classes were situated between 63.5% and 70.7%. The rainy classes presented a percentage between 14.9% to 17.5% and the dry classes from approximately 14.3% to 19.2%. Among the methodologies used, the Rain Anomaly Index and Standard Years methods showed greater similarity in the distribution of the number of occurrences between classes. In addition, the spatialization of the frequency between the seven categories revealed that some regions are influenced by the relief, showing greater or lesser periodicity of some classes.

Keywords: Climatic Indices. Rainfall Variability. Precipitation. Orographic Effect. GIS.

Resumen: Los estudios climáticos que involucran series históricas con datos notoriamente trabajados terminan contribuyendo al conocimiento de procesos dinámicos y variaciones atmosféricas temporales y espaciales. Desde esta perspectiva, el objetivo de este trabajo se centró en el análisis del comportamiento de las lluvias en la región Itirapina / SP, aplicando tres métodos de clasificación climática. A través de la metodología utilizada, se encontró que la variabilidad de la precipitación a lo largo de los 38 años aún se encuentra dentro de los parámetros admitidos de normalidad, ya que los porcentajes de las clases normales se ubicaron entre 63,5% y 70,7%. Las clases lluviosas presentaron un porcentaje entre 14,9% a 17,5% y las clases secas de aproximadamente 14,3% a 19,2%. Entre las metodologías utilizadas, los métodos Índice de Anomalia de Lluvia y Años Estándar mostraron mayor similitud en la distribución del número de ocurrencias entre clases. Además, la espacialización de la frecuencia entre las siete categorías reveló que algunas regiones están influenciadas por el relieve, mostrando mayor o menor periodicidad de algunas clases.

Palabras clave: Índices Climáticos. Variabilidad de las Precipitaciones. Precipitación. Efecto Orográfico; SIG.

Submetido em: 28/04/2021

Aceito para publicação em: 20/01/2022

Publicado em: 16/02/2022

1. INTRODUÇÃO

As pesquisas climatológicas que lidam com séries históricas de dados notoriamente trabalhados em detalhes, atendem às exigências do presente que reclamam pelo conhecimento dos processos atmosféricos dinâmicos e suas variações temporais e espaciais, assumindo relevância em razão dos danos que os eventos e oscilações climáticas têm ocasionado nas diversas porções do planeta. Em face disto, o estudo da atmosfera torna-se fundamental para a compreensão das funções do clima e da influência que exerce sobre as atividades humanas, contribuindo ainda com o gerenciamento dos recursos hídricos, planejamento agrícola e diversas aplicações (SANTOS *et al.*, 2018).

Em domínios tropicais onde o degelo não constitui variável de oferta hídrica, como é o caso do território brasileiro, as chuvas assumem importância em razão de garantirem o suprimento e recarga dos recursos hídricos; em razão disto, torna-se preocupante toda e qualquer mudança atmosférica que repercute na periodicidade ou na redução do volume da precipitação (RIBEIRO *et al.*, 2014).

Uma vez que as precipitações são derivadas de fenômenos atmosféricos que interagem com a superfície terrestre por meio de trocas de calor e umidade (GOUVEA *et al.*, 2018), qualquer alteração ou perturbação inesperada nesse ciclo pode ocasionar uma reconfiguração desse evento climático numa determinada área, diferindo do processo habitual para o qual a natureza encontra-se adaptada onde a variabilidade de precipitações ocorre no tempo e espaço e a distribuição da quantidade de chuva varia em escalas local e global (ALVES *et al.*, 2010).

No estado de São Paulo, por exemplo, a orografia do relevo e as condições climáticas variam nas diferentes regiões moldando um padrão pluviométrico a partir da interação de variáveis significativas que repercutem na periodicidade e intensidade das chuvas (BARRETO, 2013). A influência desses fatores, age também na sazonalidade, como se observa na região central do estado, estabelecendo o período úmido entre os meses de outubro a março, com intensidade concentrada principalmente nos meses de dezembro a fevereiro e período seco correspondente aos meses de abril a setembro, apresentando uma precipitação média anual de 1.493 mm (MACHADO; MATTOS, 2001).

Uma vez que o território paulista possui um contingente populacional significativo e um dinamismo econômico que se apresenta desde o setor agropecuário, qualquer alteração

no ritmo e periodicidade da precipitação, ou ainda, na diminuição prolongada dos índices pluviométricos certamente acarreta uma série de impactos e dificuldades que podem consumir recursos financeiros e materiais, causando diversos prejuízos à sociedade e meio ambiente, recobrando, por conseguinte, o monitoramento que utiliza entre outros, ferramentas estatísticas, onde os dados de uma série histórica de precipitação constituem recurso que permite o acompanhamento dos períodos úmidos e secos (sazonalidade habitual) e volume precipitado (ALVES *et al.*, 2010; ARAÚJO *et al.*, 2009).

Atentando então para a crise hídrica na porção Centro Sul do país nos últimos anos (DESANTIS, 2021) e eventos extremos como as nuvens de poeira e aguaceiros que visitaram o Noroeste paulista e o Sul mineiro associados a ventania nos meses de setembro e outubro de 2021 (KAORU, 2021; STARNECK, 2021), sinalizando mudanças climáticas em curso, o presente estudo, antevendo, a contribuição que pode ser prestada pelas pesquisas climatológicas, foi desenvolvido com o objetivo de analisar o comportamento das chuvas no município de Itirapina/SP, utilizando três métodos de classificação de precipitação, entre os anos de 1979 a 2017, pois, nessa localidade situada na região central do Estado de São Paulo a orografia encontra-se inserida no rol de variáveis que influenciam os fenômenos climáticos.

2. METODOLOGIA

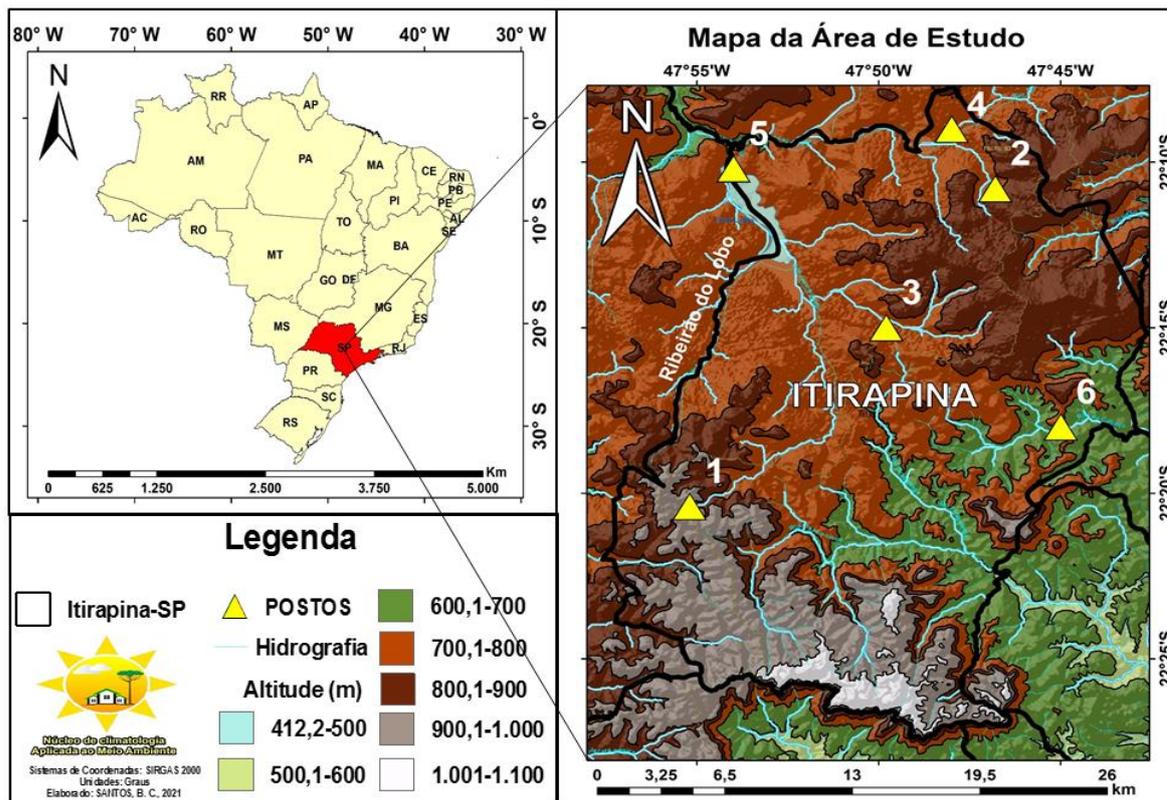
2.1. Caracterização da área de estudo

A região escolhida para o estudo é o município de Itirapina/SP que se localiza no centro-leste do estado de São Paulo (Figura 01), situando-se no contexto de duas morfoestruturas, a Depressão Periférica e o Planalto Ocidental Paulistas. Na transição dessas unidades geomorfológicas encontra-se o relevo denominado como “*Cuestas Basálticas*” que é caracterizado como uma vertente íngreme que em alguns pontos alcança altitudes de aproximadamente 1.000 metros (PINHEIRO; QUEIROZ NETO, 2014).

O regime pluviométrico da área de estudo (Figura 02) apresenta a sazonalidade típica dos domínios tropicais com a definição clara de um período seco (abril a setembro) e outro chuvoso (outubro a março). Os maiores volumes pluviométricos acumulados acontecem no período de primavera-verão (outubro a março), denominado período hidrológico.

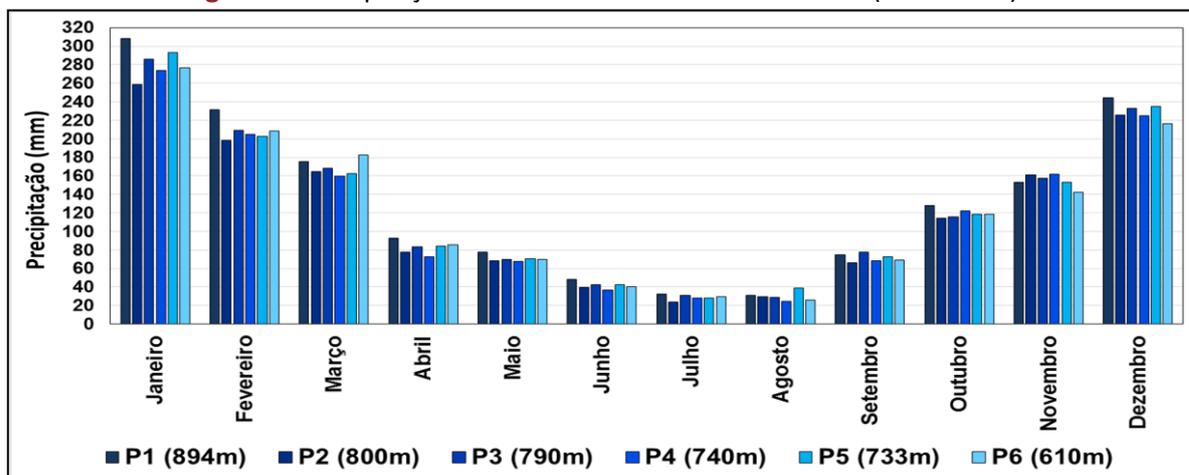
Esse período concentra, graças a circulação atmosférica que prevalece no Sudeste brasileiro, os episódios mais expressivos de chuvas que somadas àquelas causadas pela orografia da zona planáltica proporciona índices anuais médios situados entre 1.400 a 1.600 mm (SANTOS et al, 2018; SANTOS; SANCHES; SOUZA, 2018).

Figura 1 - Área de estudo e localização dos postos pluviométricos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Figura 2 - Precipitação Média Mensal de 35 anos em mm (1979-2014).



Fonte: Santos et. al. (2018).

2.2. Banco de dados

Os dados de precipitação foram obtidos na plataforma *online Hidroweb*, pertencente a Agência Nacional de Águas (ANA). Os seis postos escolhidos que ficam na área de estudo apresentam poucas falhas e fornecem dados de 1979 a 2017 (Tabela 01).

Tabela 1 - Informações sobre os postos pluviométricos selecionados

CÓDIGO DO POSTO	NOME DO POSTO	ÓRGÃO RESPONSÁVEL	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	FALHAS (%)
2247184	Itaqueri da Serra (P1)	ANA	-22,34	-47,92	896m	2,85%
2247198	Faz. Pequena Holanda (P2)	ANA	-22,18	-47,78	800m	2,85%
2247180	Itirapina (P3)	ANA	-22,25	-47,83	754m	9,21%
2247006	Visconde do Rio Claro (P4)	DAEE	-22,15	-47,80	749m	11,84%
2247196	CRHEA-USP (P5)	USP	-22,17	-47,90	733m	0,00%
2247015	Graúna (P6)	DAEE	-22,30	-47,75	620m	3,50%

Fonte: Adaptado de ANA (2019), CRHEA-USP (2019) e DAEE (2019)

2.3. Tratamento Dos Dados Pluviométricos

Para a análise e tratamento dos dados, o preenchimento dos meses que apresentaram falhas ao longo das séries histórica foi feito através do método da ponderação regional empregado por Tucci (2001). Esta metodologia estima por meio dos valores de precipitações dos postos vizinhos o valor da precipitação de postos que não possuem informações em determinado meses ou anos. Para tanto é necessário a presença de pelo menos três postos próximos daqueles com falhas que estejam localizados na mesma região climatológica. O método de ponderação regional é expresso pela fórmula (Equação 1):

$$P_X = \frac{1}{3} \left(\frac{P_Z}{P_{Zm}} + \frac{P_Y}{P_{Ym}} + \frac{P_W}{P_{Wm}} \right) \cdot P_{Xm},$$

Onde P_x é o posto com falhas a preencher e P_z , P_y e P_w são os postos com dados disponíveis no mesmo intervalo de tempo. Já as variáveis P_{xm} , P_{zm} , P_{ym} e P_{wm} são os valores médios da precipitação para cada posto.

A fim de verificar a variabilidade pluviométrica e sua classificação dos anos ao longo dos 38 anos, foram aplicadas e comparadas as metodologias descritas a seguir (Índice de anomalia de chuva, Anos-padrão e o Índice de precipitação padronizada).

2.4. METODOLOGIAS DE CLASSIFICAÇÃO (HABITUAL, CHUVOSO E SECO)

2.4.1. Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

Esse índice (IAC) identifica eventos de precipitação irregular (secos e chuvoso) em uma localidade. Os dados foram trabalhados conforme a metodologia proposta por Rooy (1965) e adaptada por Freitas (2005). Esse método é expresso na fórmula (Equação 2):

$$IAC = 3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \quad \text{para anomalias positivas}$$

$$IAC = -3 \left[\frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad \text{para anomalias negativas}$$

N é a precipitação média anual, correspondente ao ano gerado do IAC (mm), \bar{N} a precipitação média da série histórica (mm), \bar{M} representa as dez maiores precipitações da série histórica (mm) e \bar{X} a média das dez menores precipitações da série histórica (mm). As anomalias com valores positivos são consideradas acima da média e negativos abaixo da média. A partir dos valores encontrados, classificou-se o regime pluviométrico, conforme a metodologia do IAC (Tabela 02). Esse índice tem sido utilizado em diversos estudos (ALATISE; IKUMAWOYI, 2007; ALVES *et al.*, 2010; NORONHA *et al.*, 2016), requerendo apenas dados pluviométricos para identificar a severidade das chuvas e os impactos que ocasiona.

Tabela 2 - Índice de Anomalia de Chuva – IAC de classificação pluviométrica.

Metodologia Índice de Anomalia de Chuva (IAC)		
Classificação	Padrões Pluviométricos (SIGLAS)	Desvio (+) ou (-)
Anos Chuvosos	Extremamente chuvoso (C)	> +4
	Tendente a chuvoso (TC)	+2 a +4
Anos Normais	Normal levemente tendente a chuvoso (NTC)	0 a +2
	Normal (N)	0
	Normal levemente tendente a seco (NTS)	0 a -2
Anos Secos	Tendente a seco (TS)	-2 a -4
	Extremamente Seco (S)	< -4

Fonte: Adaptado de Freitas (2005)

2.4.2. Classificação dos Anos-Padrão (AP)

Foi empregada (AP) para classificar e caracterizar o comportamento pluviométrico ao longo da série (1979-2017) com base na identificação dos “diferentes graus de proximidade do ritmo “habitual” ao lado daqueles afetados por irregularidades na circulação atmosférica (MONTEIRO, 1991, p. 38)”. De acordo com Tavares (1976), os valores de precipitação que apresentam desvios até 15% da média, são considerados anos habituais (Normais) e aqueles que com desvios positivos entre 15-30% ou >30% em relação às médias, são considerados, respectivamente, Tendente a Chuvoso e Chuvoso; enquanto anos com desvios negativos de 15-30% são definidos como Tendentos a Seco e com índices <30% como secos (Tabela 03).

Tabela 3 - Classificação da pluviosidade conforme a metodologia dos Anos Padrão.

Metodologia Anos Padrões (AP)		
Classificação	Padrões Pluviométricos (SIGLAS)	Desvio (+) ou (-)
Anos Chuvosos	Extremamente chuvoso (C)	>+30%
	Tendente a chuvoso (TC)	+15 a +30%
Anos Normais	Normal levemente tendente a chuvoso (NTC)	+5 a +15%
	Normal (N)	-5 a +5%
	Normal levemente tendente a seco (NTS)	-5 a -15%
Anos Secos	Tendente a seco (TS)	-15 a -30%
	Extremamente Seco (S)	<-30%

Fonte: Adaptado de Sant’anna Neto (1995)

A utilização de anos-padrão foi realizada em inúmeras pesquisas (SANTOS; SANCHES; SOUZA, 2018; SANTOS; SOUZA; VECCHIA, 2017; SOUZA; SANTOS; SANCHES, 2019; SANCHES; *et al.*, 2019; SILVA; SILVA, 2012) ao longo das últimas décadas no campo da Climatologia Geográfica (MONTEIRO, 2015), permitindo variações nas técnicas e critérios utilizados para estabelecer classes representativas (SILVESTRE *et al.*, 2013; FONTÃO; ZAVATTINI, 2019).

2.4.3. Standardized Precipitation Index (SPI)

Essa metodologia (SPI) foi elaborada por Mckee *et al.* (1993) para quantificar o déficit de precipitação para múltiplas escalas de tempo com mais de 30 anos. Considera as distribuições estatísticas (normal e gama), para que seja estabelecida uma dada distribuição de frequência ao total precipitado em uma série pluviométrica.

O cálculo do SPI inicia-se com o ajuste da função densidade de probabilidade Gama às séries de totais mensais precipitados. Em seguida, a probabilidade acumulada de ocorrência de cada total mensal é estimada. A função Normal e inversa Gaussiana é aplicada a essa probabilidade resultando no valor de SPI. O evento seca inicia-se quando SPI torna-se negativo e atinge o valor -1 e finda quando esta volta a apresentar valores positivos. Dentro de sua escala, os valores menores ou iguais a -2 indicam “seca extrema” e os maiores ou iguais a +2 indicam “chuva extrema” (Tabela 04). Esse método foi utilizado em diversos trabalhos (SOUSA *et al.*, 2016; ULIANA *et al.*, 2017; MORADI *et al.*, 2011; SIQUEIRA; NERY, 2015) com o propósito de auxiliar na compreensão da variabilidade pluviométrica em relação à bacia hidrográfica, produção agrícola e, sobretudo, nos impactos ocasionados.

Tabela 4 - Classificação do Índice de precipitação padronizada.

Metodologia Índice de precipitação padronizada (SPI)		
Classificação	Padrões Pluviométricos (SIGLAS)	Desvio (+) ou (-)
Anos Chuvosos	Extremamente chuvoso (C)	$\geq +2,00$
	Tendente a chuvoso (TC)	+1,00 a +1,99
Anos Normais	Normal levemente tendente a chuvoso (NTC)	+0,50 a +0,99
	Normal (N)	+0,49 a -0,49
	Normal levemente tendente a seco (NTS)	-0,50 a -0,99
Anos Secos	Tendente a seco (TS)	-1,00 a 1,99
	Extremamente Seco (S)	$\leq -2,00$

Fonte: Adaptado de Embrapa Arroz e Feijão (2009).

2.4.4. Espacialização dos Dados e Geração dos Mapas

Recobra o uso do SIG após a identificação das classes representativas dos padrões pluviométricos, aplicando o método de interpolação dos dados por meio do inverso da distância para espacializar o número de ocorrências das classes, por meio do cálculo da média ponderada das amostras vizinhas pelo inverso da distância entre o ponto a ser interpolado dentro de uma vizinhança, apresentando (FARIAS *et al.*, 2017). Na análise dos mapas, levou-se em conta também a influência da orografia da superfície regional nos padrões de precipitação (ROE, 2005; HOUZE, 2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

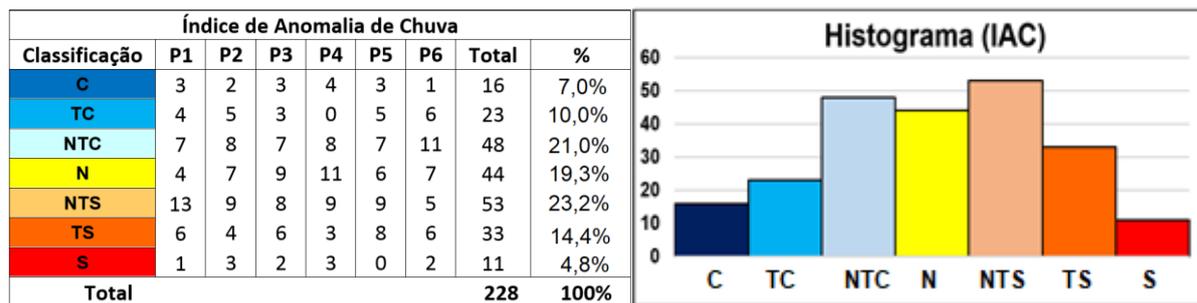
3.1. Análise das classificação entre os índices

Com a aplicação dos métodos de classificações (IAC, SPI e AP) da precipitação, foi possível verificar os valores dos anos distribuídos entre as sete classes adotadas entre as seis séries históricas (228 classificações). As Figuras 03, 04 e 05 sintetizam, respectivamente, os totais de frequências da precipitação anual para o índice de anomalia de chuva (IAC), índice de precipitação padronizada (SPI) e anos padrão (AP), no período de 1979-2017.

3.2. Índice de Anomalia de Chuva – IAC

O IAC obteve dentre as 228 classificações (Figura 3) uma incidência maior nas classes tidas como normais (N, NTC e NTS), representando aproximadamente 63,5% das chuvas anuais ao longo dos 38 anos. Entre as classes excepcionais, foram 17,0% para chuvosos (TC e C) e 19,2% para os secos (TS e S), em relação às médias anuais das chuvas. A classe NTS apresentou maior periodicidade com 53 ocorrências. Em seguida vem a classe NTC com 48 manifestações, ficando em terceiro a classe N com 44 participações.

Figura 3 – Frequência e Histograma das sete classes adotadas segundo o método Índice de Anomalia de Chuva (IAC) no período 1979-2017.



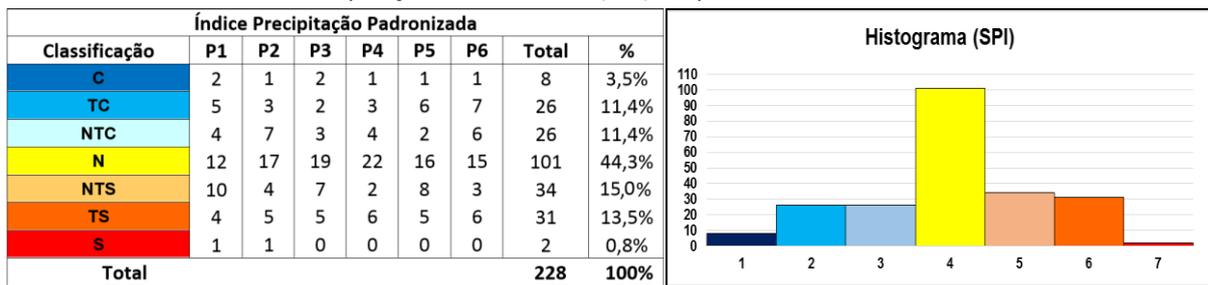
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

As classes TS e TC ocuparam a quarta e quinta posição - respectivamente 33 e 23 ocorrências. As menores manifestações ficaram entre as classes “extremas”, totalizando 16 vezes para classe C e 11 para a classe S. Vale ressaltar, que a habitualidade das chuvas na região começa a se reposicionar, pois a classe NTS apresentou maior porcentagem (23,2%), sinalizando através disto que as chuvas apresentam ligeira diminuição em relação à média da série histórica analisada. Reforçando isso, nas classes tidas com “tendentes”, a TS (14,4%) obteve uma porcentagem ligeiramente superior a classe TC (10,0%), demonstrando também índices anuais mais acentuados. Entre as classes “extremas” a classe C alcançou cerca de 7,0% e a S 4,8%, evidenciando que os anos extremos manifestam um comportamento contrário e atípico ao apresentado pelas demais classes.

3.3. Índice de Precipitação Padronizada – SPI

Nessa avaliação as classes tidas como normais (N, NTC e NTS), apresentaram ocorrências da ordem de 70,7% ao longo dos 38 anos. Entre as classes excepcionais, foram 14,9% para os eventos chuvosos (TC e C) e 14,3% para os eventos secos (TS e S). Conforme é possível observar, a classe N foi a que apresentou maior frequência com 101 ocorrências. Em seguida vem a classe NTS com 34 manifestações, e, a classe TS com 31 registros ficou em terceiro lugar entre as categorias.

Figura 4 – Frequência e Histograma das sete classes adotadas segundo o método Índice de Precipitação Padronizada (SPI) no período 1979-2017.



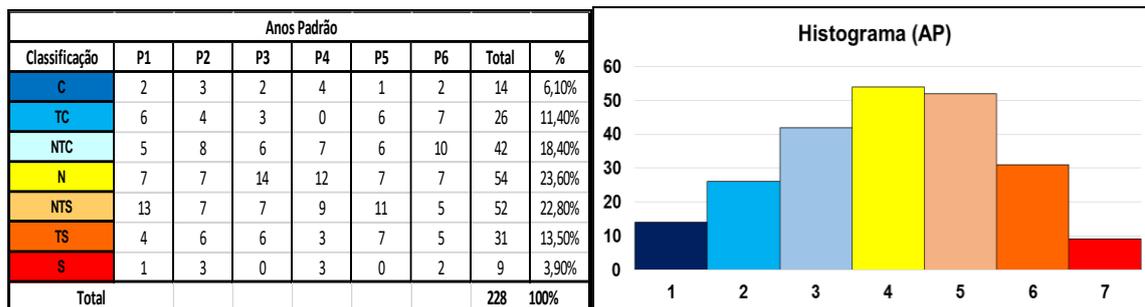
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

As classes NTC e a TC estão na quarta posição com 26 ocorrências. Por último, as menores frequências foram para as classes “extremas” com 8 registros para a classe C e 2 para a classe S. Nesse índice merece destaque a quantidade de anos com chuvas dentro da normalidade com aproximadamente 44,3% da série histórica. Por outro lado, também é preocupante a participação das classes NTS e TS com 13,5% cada, pois indicam que cerca de 1/4 dos anos da série apresentaram índices pluviométricos abaixo da normalidade. A classe “extrema” C registrou aproximadamente 3,5% e a S apenas 0,8% dos anos. Mais uma vez os anos extremos assumem tendência contrária das demais classes.

3.4. Índice de Anos Padrão – AP

As classes consideradas normais (N, NTC e NTS) destacaram-se representando aproximadamente 64,8% das ocorrências. Entre as classes excepcionais, registrou-se 17,5% para os anos chuvosos (TC e C) e 17,4% para os secos (TS e S). A classe N foi a que apresentou maior frequência com 54 ocorrências. Em seguida veio a classe NTS com 52 manifestações, e, a classe NTC em terceira posição com 42 registros. Entre as demais classes, a classe TS ocorreu 31 vezes e a TC 26 vezes, figurando, respectivamente, na quarta e quinta frequência entre as classes. As menores frequências ficaram respectivamente para as classes C e S com 14 e 9 ocorrências, evidenciando que as variáveis que ocasionam os anos chuvosos possuem maior participação no padrão climático da área que os que forçam os anos secos.

Figura 5 – Frequência e Histograma das sete classes adotadas segundo o método Anos Padrão (AP) no período 1979-2017.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

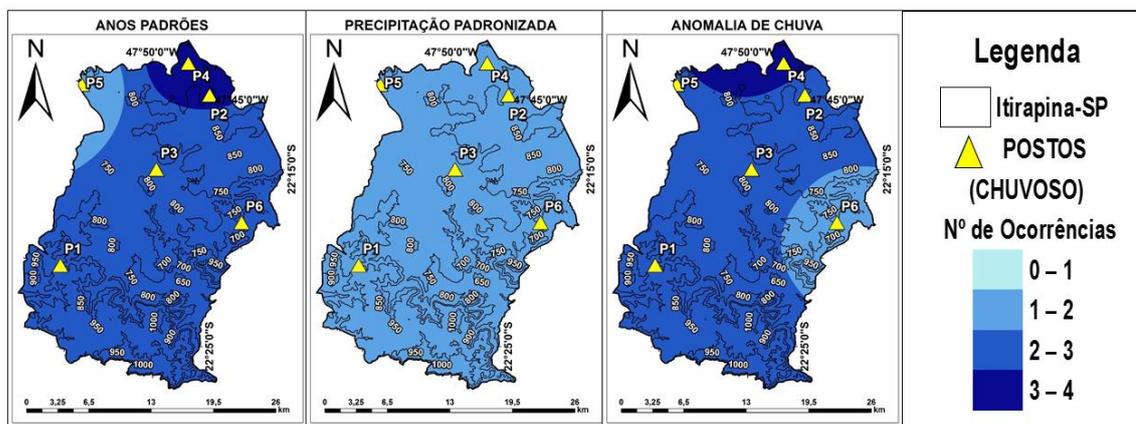
4. ANÁLISE ESPACIAL DAS CLASSIFICAÇÕES ENTRE OS ÍNDICES

Após o emprego dos três métodos para estabelecer a ocorrência das sete classes ao longo da série histórica adotada, foi executado por meio da interpolação das classes o método de Ponderação do Inverso da Distância (PID) dos valores totais resultantes de cada classe, a fim de comparar espacialmente o número de ocorrências.

4.1. Classificação dos Anos considerados Chuvoso

A Figura 06 apresenta a ocorrência espacial da classe C (chuvoso) que apresentaram índices excepcionalmente acima da média. Entre os três métodos, o SPI apresentou homogeneidade no número de ocorrência para a classe C, enquanto os métodos IAC e AP apresentaram semelhanças no número de ocorrências em alguns pontos, principalmente ao norte da área de estudo. Na região norte, o posto P4 destacou-se com 4 registros.

Figura 6 – Ocorrência espacial de anos chuvosos na área de estudo no período 1979-2017 segundo o método de Ponderação do Inverso da Distância (PID).

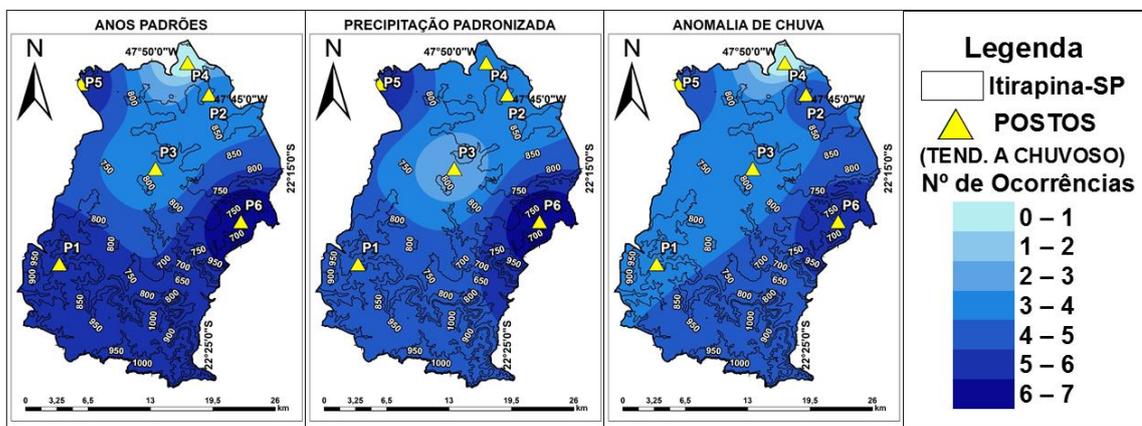


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

4.2. Classificação dos Anos considerados Tendente a Chuvoso

A Figura 07 apresenta a espacialização do número de ocorrências da classe tendente a chuvoso (TC) que responde pelos anos que registraram valores acima da média. Entre os três métodos de classificação foi possível identificar algumas semelhanças no padrão espacial do número de ocorrências em algumas regiões da área de estudo. De forma geral, as regiões leste e sul apresentam maior possibilidade de ocorrência dos anos TC enquanto a região centro-norte responde pela menor ocorrência.

Figura 07 – Ocorrência espacial de anos tendentes a chuvosos na área de estudo no período 1979-2017 - método de Ponderação do Inverso da Distância (PID).

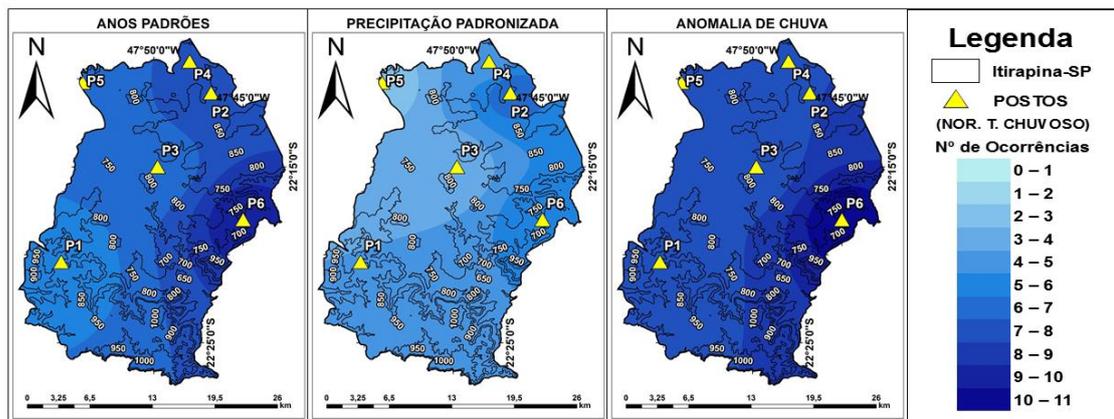


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

4.3. Classificação dos Anos considerados Normal Tendente a Chuvoso

A Figura 08 apresenta a espacialização do número de ocorrências para a classe normal tendente a chuvoso que registra valores ligeiramente acima dos índices médios.

Figura 8 – Ocorrência espacial de anos normais tendentes a chuvosos na área de estudo no período 1979-2017 segundo o método de Ponderação do Inverso da Distância (PID).



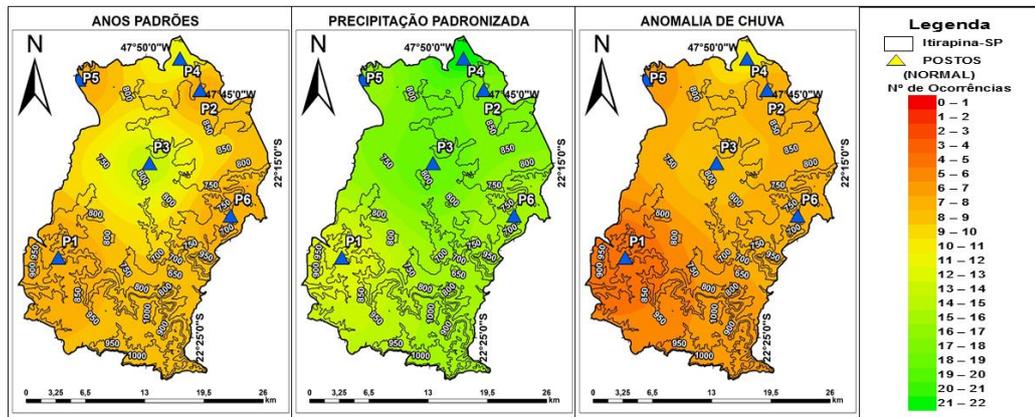
Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Entre os três métodos de classificação é possível notar algumas semelhanças no comportamento espacial do número de ocorrências em algumas regiões da área de estudo. Novamente a região leste do mapa apresenta um maior número de ocorrência da classe NTC, por outro lado, o número mínimo de ocorrência não apresentou um padrão homogêneo ou predominante. Dessa forma, as regiões nordeste e leste apresentam maior possibilidade de ocorrência dos anos NTC e as demais regiões não apresentam um padrão espacial devido as dissonâncias entre seus dados. Essa diferença pode estar relacionada com a orografia em razão das regiões NE e L possuírem altitude maior que seu entorno imediato.

4.4. Classificação dos Anos considerados Normal

A Figura 09 apresenta a espacialização do número de ocorrências para a classe Normal (N) que manifestou valores próximos da média. Entre os três métodos de classificação, é possível observar algumas semelhanças no comportamento espacial no número de ocorrências em algumas regiões da área de estudo. A região centro-norte do mapa apresenta uma similaridade no padrão espacial de ocorrência com o maior número de manifestações - postos P3 e P4. Por outro lado, a região sudoeste foi a que demonstrou menores ocorrências – posto P1.

Figura 9 – Ocorrência espacial de anos normais na área de estudo no período 1979-2017 segundo o método de Ponderação do Inverso da Distância (PID).

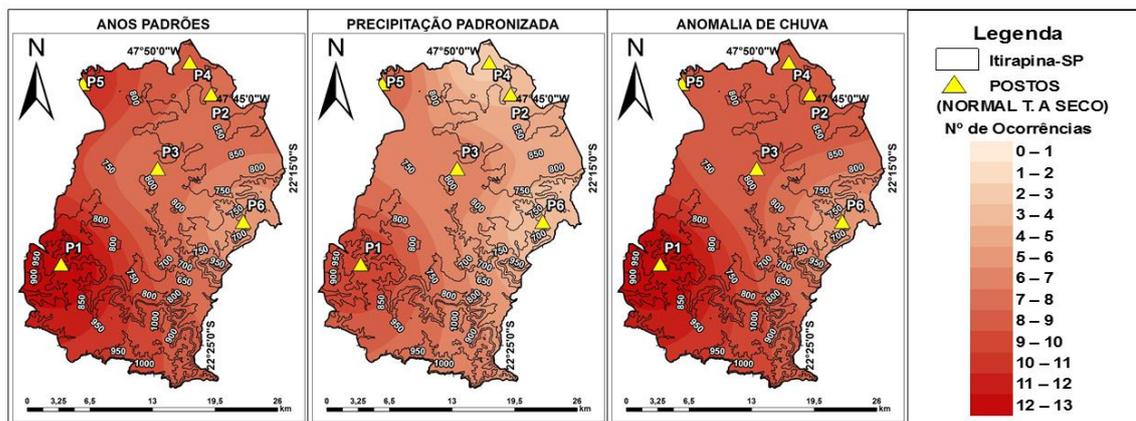


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

4.5. Classificação dos Anos considerados Normal Tendente a Seco

A Figura 10 apresenta a espacialização do número de ocorrências para a classe normal tendente a seco, ou seja, os anos que registraram índices ligeiramente abaixo da média. É possível observar algumas semelhanças no comportamento espacial do número de ocorrências em algumas regiões da área de estudo. A região sudoeste do mapa apresenta uma similaridade no comportamento espacial do número máximo de ocorrência de anos NTS - posto P1. Por outro lado, a região leste registrou as menores ocorrências - posto P6. Em geral, na região sudoeste as ocorrências distanciam-se da normalidade, em contrapartida, a região ao leste apresentou uma ocorrência menores demonstrando que nela prevalece a habitualidade.

Figura 10 – Ocorrência espacial de anos normais tendentes a seco na área de estudo no período 1979-2017 segundo o método de Ponderação do Inverso da Distância (PID).

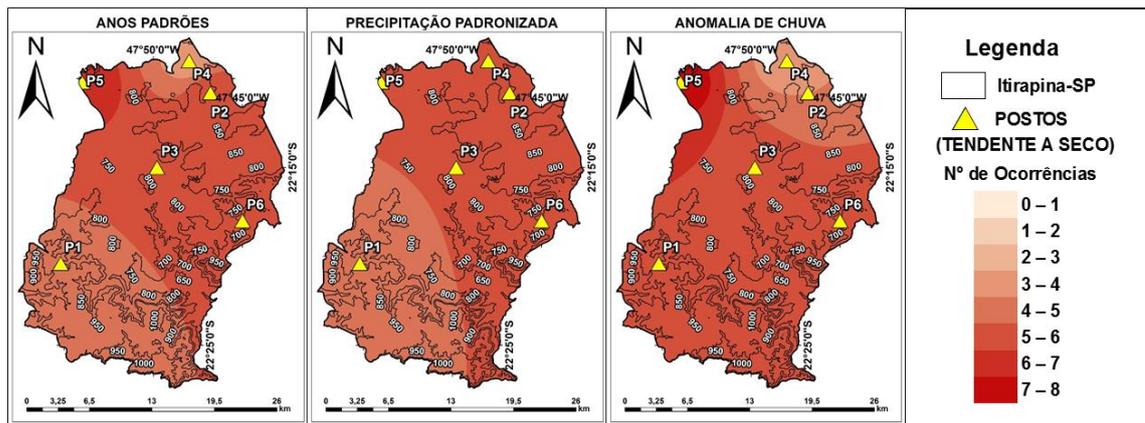


Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

4.6. Classificação dos Anos considerados Tendente a Seco

A Figura 11 apresenta a espacialização do número de ocorrências para a classe tendente a seco, ou seja, anos que registraram índices significativamente abaixo da média.

Figura 11 – Ocorrência espacial de anos tendente a seco na área de estudo no período 1979-2017 segundo o método de Ponderação do Inverso da Distância (PID).



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

Nessa classe é possível observar algumas semelhanças no comportamento espacial do número de ocorrências em algumas regiões da área de estudo. A região noroeste do mapa apresenta uma similaridade no comportamento espacial de ocorrência de anos TS - posto P5 - apresentando a maior frequência. Por outro lado, as porções norte e sudoeste do mapa, foram as áreas que demonstraram as menores ocorrências - postos P4 e P1.

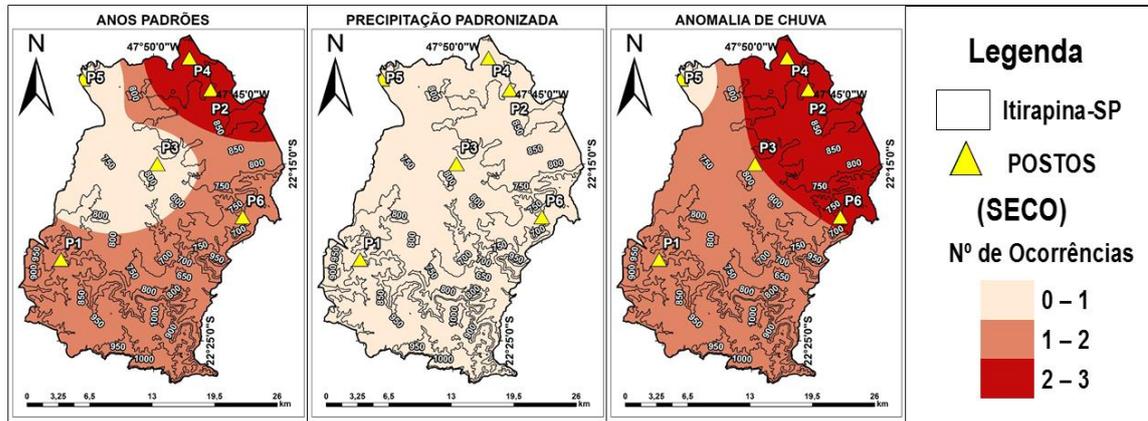
4.6. Classificação dos Anos considerados Seco

A Figura 12 apresenta a espacialização do número de ocorrências para a classe Seco (S), ou seja, os anos que registraram valores excepcionalmente abaixo da média. O método SPI apresentou maior homogeneidade no número de ocorrência para a classe S. Por outro lado, os métodos IAC e AP apresentaram algumas semelhanças no número de ocorrências em alguns pontos, principalmente ao norte da área de estudo.

Na região norte, os postos P2 e P4 registraram a maior ocorrência de anos extremos secos. O posto P5 localizado ao noroeste foi o que apresentou menor ocorrência de anos secos. A possibilidade da ocorrência de anos secos na área de estudo ao longo da série é

baixa, com exceção da região norte que registrou maior possibilidade de episódios abaixo da média.

Figura 12 – Ocorrência espacial de anos seco na área de estudo no período 1979-2017 segundo o método de Ponderação do Inverso da Distância (PID).



Fonte: Elaborado pelos autores (2021).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo aplicou um elenco de quatro metodologias (IAC, SPI, AP e PID) para avaliar o comportamento da precipitação no contexto das *Cuestas* Basálticas no interior do estado de São Paulo no município de Itirapina. Desta forma, verificou a contribuição desses métodos e ofereceu uma contribuição à compreensão do padrão de pluviosidade numa área em que a orografia auxilia a circulação atmosférica na formação das chuvas e input no sistema.

As análises desenvolvidas através do IAC, SPI e AP apontaram para um quadro onde a normalidade prevalece, pois a classe normal e as duas imediatas a ela – NTC e NTS, registraram uma frequência situada entre 63,5% e 70,7% da série histórica admitida, sinalizando que o padrão pluviométrico na área de estudo se encontra dentro do habitual (média), sobretudo quando se observa que a classe N (normal) prevaleceu em duas das metodologias, a saber SPI e AP.

Para as classes que evidenciam um ganho de umidade em relação à média, Tendente a Chuvoso e Chuvoso (TC e C), os métodos indicaram uma ocorrência variando entre 14,9% a 17,5% das categorias no período, enquanto que as classes Tendente a Seco e Seco (TS e S) registraram uma variação de 14,3% a 19,2%, destacando que as classes TC e TS mostraram

semelhanças no número de ocorrências para os três métodos. Por seu turno, as classes extremas Chuvoso e Seco (C e S) alcançaram menor frequência.

Dentre os resultados obtidos, ficou notória a maior similaridade dos métodos IAC e AP em relação ao SPI, pois neste verifica-se valores de intervalo maior nos desvios, em relação a aqueles que possuem intervalos menores dos desvios em relação à média, comprovando que os dados e sua categorização em classes e intervalos admitidos para as mesmas ou para os cálculos atuam na descrição e enquadramento dos fenômenos naturais, devendo ser comparados e analisados quanto ao conjunto de metodologias disponíveis.

Feita a ressalva, pode-se concluir que os três índices utilizados acusaram de forma análoga os valores com desvios positivos e negativos na variabilidade da precipitação ao longo da série, mesmo que os métodos IAC e AP tenham se demonstrado mais eficazes para identificação de anomalias de chuva em determinadas localidades.

Por fim, em relação ao quarto método (PID) que buscou identificar um padrão na espacialização das classes na área de estudo, permitiu identificar as regiões onde a presença do relevo pode influenciar na periodicidade da manifestação de anos extremos ou habituais, evidenciando, por conseguinte, seu emprego nos estudos dessa temática.

Em face disto, entende-se com base nos resultados obtidos que estudos ocupados com essa temática utilizando séries históricas possibilitam análises mais contundentes quanto a variabilidade das chuvas e seus possíveis impactos na disponibilidade hídrica para as diversas atividades, seja para fins agrícolas, ambientais ou sociais, viabilizando que sejam delimitados os possíveis problemas que uma região apresenta ao longo do tempo para que se possa minimizá-los ou solucioná-los.

REFERÊNCIAS

ALATISE, M. O.; IKUMAWOVI, O. B. - Evaluation of drought from rainfall data for Lokoja. A confluence of two major rivers. **Journal of Polish Agricultural Universities**. ISSN 1505-0297. Vol. 10, nº 1 (2007) p. 1-8.

ALVES, E. D. L.; PRADO, M. F.; SILVA, S. T.; VIEIRA, F. L.; SILVA, G. M. - Análise climática da precipitação em Israelândia – GO e Piranhas – GO utilizando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Enciclopédia Biosfera**. ISSN 1809-0583. Vol. 6, nº 11 (2010) p. 1-13.

ARAÚJO, L. E.; NETO, J. M. M.; SOUSA, F. A. - Análise climática da bacia do Rio Paraíba – Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Engenharia Ambiental Pesquisa e Tecnologia**. ISSN 1678-2178. Vol. 6, nº 3 (2009) p. 508-523.

BARRETO, J. R. - Impactos pluviais em Jacareí. **Revista Tamoios**. ISSN: 1980-4490. Vol. 9, nº 1 (2013) p. 63-75.

DESANTIS, D. - "Não temos água": Itaipu enfrenta crise energética com seca no rio Paraná. Caderno de Economia do UOL – disponível em <https://economia.uol.com.br/noticias/reuters/2021/10/20/nao-temos-agua-itaipu-enfrenta-crise-energetica-com-seca-no-rio-parana.htm>, acessado em 20 de outubro de 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, EMBRAPA. - **Índices para quantificação de seca**. 21ª Ed. Embrapa Arroz e Feijão: documentos 244, 2009. ISSN 1678-9644.

FARIAS, O. G.; FRANCISCO, C. N.; SENNA, M. C. A. - Avaliação de métodos de interpolação espacial aplicados à pluviosidade em região montanhosa no litoral sul do estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 13-vol. 21, p.172-185, jul/dez, 2017.

FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J.A.; SHERIDAN, S. C.; ARMOND, N. B. - Gênese das chuvas em São Paulo (SP): estudo comparativo entre a 'Spatial Synoptic Classification' e a 'Análise Rítmica em Climatologia'. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 23, p. 267-288, 2018.

FREITAS, M. A. S. - Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semiáridas. **Revista Tecnologia**. ISSN: 2318-0730. Vol. 19, nº 1 (2005) p.84-95.

GOUVEA, R. L.; CAMPOS, C. C.; MENEZES J. T.; MOREIRA, G. F. - Análise de frequência de precipitação e caracterização de anos secos e chuvosos para a bacia do Rio Itajaí. **Revista Brasileira de Climatologia**. ISSN 2237-8642. Vol. 22, nº 14 (2018) p. 309-323.

HOUZE, R. A. - Orographic effects on precipitating clouds. **Reviews Geophysics**, 50, RG1001, 2012.

KAORU, T. - Nova nuvem de poeira é registrada no interior de São Paulo neste domingo (3). disponível em <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/nova-nuvem-de-poeira-e-registrada-no-interior-de-sao-paulo-neste-domingo-3/>, acessado em 20 de outubro de 2021.

MACHADO, R.; MATTOS, A. - Construção e instalação de um lisímetro com sistema de drenagem. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. ISSN 0104-1347. Vol. 9, nº 1 (2001) p. 147-151.

MCKEE, T. B.; DOESKEN, N. J.; KLEIST, J. - The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: **8º CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY**, 1993, Anaheim. Anaheim: American Meteorological Society, 1993. p. 179 - 184.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalidade: conjunturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno climático**. 1ª ed. Florianópolis: UFSC, 1991.

MONTEIRO, C. A. F. (Org.). **A construção da Climatologia Geográfica no Brasil**. 1ª Edição. Campinas, SP: Editora Alínea, 2015.

MORADI, H. R.; RAJABI, M.; FARAGZADEH, M. - Investigation of meteorological drought characteristics in Fars province, Iran. **Catena**. doi:10.1016/j.catena.2010.08.016. Vol. 84 (2011) p.35-46.

NORONHA, G. C.; HORA, M. A. G. M.; SILVA, L. P. - Análise do Índice de Anomalia de Chuva para a Microbacia de Santa Maria/Cambiocó, RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778620140160>. Vol. 31, nº 1 (2016) p. 74-81.

PINHEIRO, M. R.; QUEIROZ NETO, J. P. - Reflexão sobre a gênese da Serra Geral e da Depressão Periférica Paulista: O exemplo da região da Serra de São Pedro e do Baixo Piracicaba-SP. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, nº35 (1), p. 47-59, 2014.

RIBEIRO, R. E. P.; ÁVILA, P. L. R.; BRITO, J. I. B.; SANTOS, E. G.; SOUSA, L. F. - Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí – Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**. ISSN:1984-2295. Vol. 7, nº 5 (2014) p. 798-807.

ROE, G. H. - Orographic precipitation. **Annual Review of Earth and Planetary Sciences**, v. 33, p. 645-671, 2005.

ROOY, M. P. V. - A rainfall anomaly index independent of time and space. Notes. **Weather Bureau of South Africa**. Vol.14 (1965), p.43-48.

SANCHES, R. G.; SANTOS, B. C.; NEVES, G. Z. F.; SILVA, M. S. D.; SOUZA, P. H.; TECH, A. R. B. - Influência da variabilidade climática na produção canavieira na microrregião de São Carlos/SP no período de 1994 a 2014. **Revista Brasileira de Climatologia**. ISSN 2237-8642. Vol. 25 (2019) p. 495-514.

SANT'ANNA NETO, J. L. - **História da climatologia no Brasil**. 7ª Ed. Cadernos Geográficos (UFSC): Florianópolis, 2004. ISSN 1519 4639.

SANTOS, B. C.; SOUZA, P. H.; VECCHIA, F. A. S. - A caracterização da precipitação do ano hidrológico de 2013-2014 na região de São Carlos/SP e sua repercussão no espaço geográfico. **Revista Brasileira de Climatologia**. ISSN 2237-8642. Vol. 21, nº. 13 (2017) p. 135-152.

SANTOS, B. C.; SANCHES, R. C.; SOUZA, P.H. - A dinâmica atmosférica no verão 2013-2014 no município de Itirapina/SP e sua caracterização pluviométrica utilizando anos padrões. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia - MG v. 19, n. 68 Dez/2018 p. 1–18.

SANTOS, B. C.; SILVA, M. S. D.; HORTA, I. T. G.; TECH, A. R. B. - Análise do efeito orográfico na distribuição espacial das chuvas no município de Itirapina-SP. In. **XIII Simpósio brasileiro de climatologia geográfica: A Climatologia Geográfica Brasileira: o ensino, os métodos, as técnicas e os desafios para o século XXI**, 2018, Juiz de Fora-RJ. Anais...Juiz de Fora, 2018. p. 1912-1921.

SANTOS, R. S.; VIEIRA, P. D.; EVANGELISTA, D. H. R.; OLIVEIRA, L. J. C.; NONATO D. - Caracterização de extremos mensais de precipitação em Cacoal (RO). **Revista Brasileira de Climatologia**. ISSN 2237-8642. Vol. 22, nº 14 (2018) p. 267-280.

SILVA, J. M. O.; SILVA, E. V. - Utilização dos anos padrões para a caracterização pluviométrica na bacia hidrográfica do rio Pirangi/Ceará. **Revista Geonorte**. ISSN 2237-1419. Vol. 3, nº 4 (2012) p. 1358–1369.

SOUSA, F. A. S.; MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SILVA, V. P. R. - O Índice de Precipitação Padronizada (IPP) na identificação de extremos de chuva e secas na bacia do rio Paraguaçu (BA). **Ambiência**. ISSN 2175 – 9405. Vol. 12, nº 2 (2016) p.707-719.

SOUZA, P. H.; SANTOS, B. C.; SANCHES, R. G. - A identificação de anos secos, chuvosos e normais em Machado/MG através do estudo de uma série histórica e análise do comportamento da Precipitação. **Revista Caderno de Geografia**. ISSN 2318-2962. Vol. 29 (2019) p. 181-212.

SIQUEIRA, B.; NERY, J. T. - Aplicação e análise do índice padronizado de precipitação no Circuito das Águas Paulista. **Revista Brasileira de Climatologia**. ISSN 1980-055x. Vol. 16, n. 11 (2015) p. 93-107.

SILVESTRE, M. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; FLORES, E. F. - Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à climatologia geográfica. **Revista Formação**, v. 2, n. 20, 2013.

STARNECK, G. - **Temporal derruba árvores sobre carros e motos, e mulher é hospitalizada**. **Jornal Estado de Minas Gerais** - disponível em https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2021/10/04/interna_gerais,1311288/temporal-derruba-arvores-sobre-carros-e-motos-e-mulher-e-hospitalizada.shtml, acessado em 20 de outubro de 2021

TAVARES, A. C. - Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica. **Geografia**, v. 1, n. 1, p. 79-87, 1976.

TUCCI, C. E. M. - Hidrologia – ciência e aplicação. **Editores da Universidade/UFRS**, ABRH, Porto Alegre, 2001.

ULIANA, E. M.; MENDES, M. A. S. A.; ALMEIDA, F. T.; REIS, E. F.; XAVIER, A. C.; SILVA, J. G. F. - Índice de precipitação padronizado: estudo de caso para a região noroeste do Estado do Espírito Santo, Brasil. **Nativa**. ISSN: 2318-7670. Vol. 5, nº 5 (2017) p.330-336.