



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Análise do Índice Padronizado de Precipitação para o Estado de São Paulo

Beatriz Siqueira¹ Jonas Teixeira Nery²

¹Doutoranda no programa de pós-graduação em Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP/SP biasiqueira@ige.unicamp.br; Grupo CLIMA/CNPq. ²Docente do curso de Geografia na UNESP, campus de Ourinhos/SP, jonas@ourinhos.unesp.br; Grupo CLIMA/CNPq.

Artigo submetido em 05/04/2017 e aceite em 11/10/2017

RESUMO

O Índice Padronizado de Precipitação (IPP), em inglês, *Standardized Precipitation Index (SPI)* vem sendo muito utilizado para estudos sobre implicações agrícolas, meteorológicas, hidrológicas e socioeconômicas do fenômeno seca com o objetivo de quantificar déficits de precipitação e como eles atuam sobre determinados segmentos, em diversas escalas de tempo. Essas diferentes escalas de tempo, associadas aos déficits de precipitação, ganham um caráter de extrema importância para a caracterização dos diferentes tipos de seca. Desse modo, a finalidade deste trabalho é calcular e analisar os valores do IPP para todo o estado de São Paulo, em um período de 6, 9 e 12 meses, de modo a quantificar os maiores e menores índices de seca registrados em anos específicos, compreendidos em um período de 40 anos (1970 – 2010). Os valores encontrados sofrem alterações de acordo com as escalas de tempo utilizadas para a análise e ficam entre 1,9 quando muito úmido e -0,5 quando muito seco, entre esses extremos temos ainda valores de IPP considerados “normais”, que não ultrapassam 0,9.

Palavras-chave: variabilidade, déficit de precipitação, riscos, índice.

Analysis of the Standardized Precipitation Index for the State of São Paulo

ABSTRACT

The Standardized Precipitation Index (SPI) comes very being used for studies on agricultural, meteorological, hydrological and socioeconomic implications of the dry phenomenon with the aim to quantify deficits of precipitation and as they act on certain segments, in diverse scales of time. These different scales of time, associates to deficits of precipitation, gain a character of extreme importance for the characterization of the different types of drought. In this manner, the purpose of this work is all to calculate and to analyse the values of the SPI for the state of São Paulo, in a period of 6, 9 and 12 months, in order to quantify the greater and minor indices of drought registered in specific years, understood in a period of 40 years (1970 – 2010). The found values suffer modifications in accordance with the scales from used time for the analysis and stay between 1,9 when very humid and -0,5 when very dry one, between these extremities have values of SPI still considered “normal”, that they do not exceed 0,9.

Keywords: variability, precipitation deficit, risks, index.

Introdução

Levando em conta o ponto climático, a posição geográfica da região Sudeste do país pode ser traduzida por um fluxo considerável de energia ao longo do ano com precipitações distribuídas de forma extremamente irregular, evaporação elevada mais ao norte e em regiões continentais e uma participação importante de eventos anticiclônicos. Essas características permitem que tal região apresente uma variada

cadeia de regimes climáticos que vão do tropical ao subtropical.

De acordo com Nunes et al. (2009) trata-se de uma vantagem natural da região, que assim, apresenta grandes potencialidades pelas inter-relações que se estabelecem entre seus variados domínios geomorfológicos, tipos climáticos e biodiversidade.

Na região Sudeste a estação denominada chuvosa, começa em meados do mês de outubro e termina ao final do mês de março, enquanto nos meses de abril a setembro ocorre uma marcada

queda nos totais mensais, sendo o mês de julho o que apresenta, normalmente, um menor acúmulo mensal de precipitação, caracterizando o período de estiagem, que favorece as queimadas e compromete a saúde da população com o aumento de doenças respiratórias (Satyamurty et al., 2008; Donalisio et al., 2008).

Segundo o Departamento de Água e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE) e o Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE), Brasília, o estado de São Paulo é responsável por aproximadamente 65% de toda a produção nacional, contando com um parque industrial de 115 mil indústrias e consome mais da metade da energia gerada no país devido ao fato de também ser o principal produtor agrícola brasileiro. Trata-se de uma região que sofre muito com as oscilações do clima, e em períodos de estiagem necessita lidar com graves problemas sociais e energéticos, além de significativas perdas agrícolas.

Dentre tantas variáveis climáticas, a precipitação pluvial é aquela que apresenta um impacto mais benéfico ou maléfico à sociedade, já que a grande maioria das atividades econômicas, sobretudo a agrícola, são afetadas a longo prazo por tal variação.

O Estado de São Paulo apresenta significativa variabilidade da precipitação pluvial devido a diferentes fatores, tanto estáticos quanto dinâmicos. É cortado pelo Trópico de Capricórnio ao sul e apresentando uma orografia variando do nível do mar, na costa, a altitudes de 1000 metros, aproximadamente na direção Leste-Norte. O relevo constitui, portanto, um dos fatores importantes para explicar a precipitação no referido estado.

A ocupação intensa e desordenada do solo aparece como um fator significativo, especialmente nas grandes cidades como a metrópole paulista, que tem gerado sérios problemas na qualidade de vida da população devido à eventos de enchentes e inundações associados a esse tipo de ocupação e produção e despejo inadequado de lixo.

No Litoral Sul do estado de São Paulo, como em trechos limitados do Litoral Norte e do extremo noroeste, as precipitações estão entre 1500 e 1900 mm anuais. A região noroeste, oeste e sudoeste do Estado se constitui como a área homogênea de menor precipitação pluvial comparada as demais áreas do território paulista. A região centro-sul do Estado apresenta valores médios de precipitação entre 1226 mm a 1570 mm influenciada pelo efeito da continentalidade, das

massas polares e da orografia, em uma área de transição de sistemas convectivos e frentes frias, principalmente na primavera e verão.

A região sul e costeira do estado apresenta valores médios de precipitação entre 1308 mm e 3105 mm. Essa região também é dominada pela dinâmica das massas polares e advecção de ar úmido do Oceano Atlântico, além disso, é cortada pelo Trópico de Capricórnio, influenciando diretamente na variabilidade da precipitação.

A distribuição da precipitação em determinado local é muito variável, com ou sem a influência de diversos fatores relacionados à posição geográfica, grau de urbanização e desenvolvimento, bem como das variáveis climáticas que influenciam nas condições de excesso ou déficit de precipitação do território que se quer estudar e analisar.

A seca é um fenômeno natural e complexo que quando afeta determinado local, causa impactos sociais e ambientais, muitas vezes, de grandes proporções, especialmente quando ocorre em um estado com a devida importância econômica, social e cultural, como o de São Paulo.

De acordo com Macedo et al. (2010), esse fenômeno corresponde a uma característica temporária do clima de uma região decorrente de precipitações abaixo da normal climatológica em certo período e depende de acontecimentos meteorológicos que atuam na região e de fenômenos climáticos de grande escala que exercem influência nas variáveis que definem o comportamento da circulação da atmosfera.

Para Sönmez et al. (2005) a seca é um dos perigos mais prejudiciais para o clima e está entre as mais multifacetadas e menos compreendidas de todos os perigos naturais, afetando mais pessoas do que qualquer outro fenômeno. Embora a seca apareça pela primeira vez como uma precipitação abaixo da média dentro de uma parte normal do clima, ela pode se desenvolver como um evento climático extremo e se transformar em um fenômeno perigoso que pode ter um impacto severo nas comunidades e nos setores dependentes da água.

A seca difere da maioria dos outros riscos naturais de muitas maneiras, especialmente no sentido de que seu início e término é difícil de prever (McKee et al., 1993). As respostas à atenuação da seca implicam um planejamento cuidadoso dos recursos hídricos, a concepção de um plano de contingência para reduzir os impactos e a criação de sistemas de alerta precoce

para prever o início da ocorrência da seca (Sönmez et al., 2005).

O Índice de Precipitação Padronizado foi utilizado para detalhar variações geográficas na vulnerabilidade à seca, com base na frequência e gravidade dos eventos de seca em múltiplos momentos. Os valores críticos de precipitação foram determinados para cada estação em intervalos de tempo múltiplo em diferentes categorias de seca para determinar a menor quantidade de precipitação necessária para evitar o início da seca. O estudo descobriu que a vulnerabilidade à seca retrata um quadro muito diverso, mas consistente, com escalas de tempo variáveis (Sönmez et al., 2005).

Blain et al. (2007) explica que o Índice Padronizado de Precipitação foi desenvolvido por Mckee et al. (1993) e é uma “ferramenta” capaz de quantificar ou monitorar a seca em diferentes escalas de tempo e que o evento seca começa quando o IPP se torna negativo e atinge o valor de -1 e termina quando volta a apresentar valores positivos.

Autores como Mckee et al. (1993, 1995), Gutman (1998,1999), Hayes et al. (1999) e Keyantash e Dracup (2004) indicam que o IPP é uma ferramenta que otimiza o “tempo de identificação” de condições emergentes de uma seca naturalmente.

Episódios de seca extrema já acarretaram em prejuízos significativos para a agricultura paulista, que apesar de tecnologicamente desenvolvida, é castigada com frequência pelas adversidades climáticas, sendo a seca, o fenômeno de maior durabilidade e intensidade.

A implementação de sistemas de monitoramento em “tempo real” e “estações de aviso” são, segundo Wilhite (1987), uma forma dos “estudiosos da atmosfera” contribuírem com as ações de combate à seca nos Estados Unidos da América do Norte. Tais contribuições poderiam ser realizadas por meio de estudos sobre índices utilizados para quantificar as condições hídricas das áreas em questão. No caso de tais ferramentas proverem informações inadequadas ou imprecisas, devem ser reavaliados ou até mesmo substituídas por novos índices (Wilhite, 1987).

O IPP também é utilizado como uma ferramenta de monitoramento de áreas de risco e inundação, eventos difíceis de se monitorar e detectar. (Seiler et al., 2002).

O Índice Padronizado de Precipitação permite não só o monitoramento contínuo de condições hidrológicas de áreas propensas a inundações, mas também a possibilidade de

eventos de inundação com a finalidade de promover ações preventivas para mitigar seus impactos (Seiler et al., 2002).

Por exemplo, as inundações de 2010 no município de São Luís do Paraitinga, no Vale do Paraíba/SP resultaram de fatores diversos. Os primeiros sinais começaram ainda no último inverno que, ao contrário de anos anteriores, foi muito chuvoso, tanto que à época foram registradas poucas queimadas. E, um fato muito raro, o Rio Paraitinga começou a transbordar ainda no mês de outubro. Com isso, a terra foi ficando saturada, muito encharcada, não permitindo a absorção de mais água. No final do ano passado toda a chuva que caía desaguava no Paraitinga em vez de infiltrar no solo.

Em dezembro de 2009, o volume de precipitação de chuvas na região foi de 605 milímetros, quando o normal para o mês varia entre 150 e 200 milímetros (Jornal da Reconstrução, 2002).

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho são aplicar o Índice Padronizado de Precipitação em todo o Estado de São Paulo de modo a quantificar a seca nas escalas de tempo de 6, 9 e 12 meses, no período de 1970 a 2010, especificando, neste trabalho, os anos de 1983, 1985 e 2010, por apresentarem marcada variabilidade da precipitação pluvial. Também serão detectados, através do índice, a ocorrência de áreas de risco de enchentes e inundações.

Área de estudo

O estado de São Paulo (Figura 1) se encontra entre o sul e o sudeste da região Sudeste do Brasil, que também conta com o estado de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraná, Mato Grosso do Sul e oceano Atlântico como limites. Aproximadamente 85% da superfície do território paulista está localizada entre 300 e 900 metros de altitude, constituindo, dessa forma, um relevo relativamente elevado em relação ao restante do país, cuja média é de, aproximadamente, 600 metros de altitude (IBGE, 2010).



Figura 1. Localização do estado de São Paulo.
Fonte: Dufek et al. (2008).

Ainda segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), a população do Estado de São Paulo é de, aproximadamente, 41.262.199 habitantes que residem em 645 municípios, sendo São Paulo, Guarulhos, Osasco e as cidades que constituem o ABC Paulista (Santo André, São Bernardo do Campo e São Caetano do Sul) as mais importantes no que diz respeito à economia e contingente populacional. No interior do estado, as cidades mais expressivas são Campinas, São José dos Campos, Ribeirão Preto, Santos, Cubatão.

São Paulo é considerado o maior centro industrial da América do Sul, caracterizando-se pela alta concentração das mais diversificadas indústrias, com destaque para as metalúrgicas, mecânicas, de transporte, de alimentos, materiais elétricos, têxtil, química e de minerais não metálicos. O território paulista ainda abriga um grande centro agropecuário, com base nas agriculturas de cana de açúcar, laranja, milho, soja, banana, tomate, mandioca, batata, feijão, algodão herbáceo e café.

As variabilidades nas médias térmicas e pluviométricas do estado de São Paulo devem-se à variação altimétrica do relevo paulista (mais elevado a leste e menos a oeste) e também à influência das massas Tropical continental (mTc), Tropical marítima (mTa), polares e aos sistemas frontogenéticos.

A umidade que se acumula na parte inferior da mTa dá origem à formação de nuvens do tipo *cumulus* de pequena extensão vertical, por isso provocam poucas chuvas, geralmente no litoral associadas à orografia, quando a massa se desloca sobre o continente (Vianello e Alves, 2000)

Sobre os eventos de enchentes e inundações, são mais corriqueiros na Grande São Paulo, devido ao processo de urbanização desorganizada no espaço geográfico, entretanto, eventualmente os municípios interioranos sofrem com o fenômeno. Em março de 2017, de acordo com o *site* de notícias G1, o município de Sorocaba registrou 61,6 mm de precipitação, segundo estimativas do Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia). Outras cidades interioranas que registraram valores elevados em milímetros foram Itapira (43,6 mm), Barueri (46,4 mm), Piracicaba (31,8 mm) e Taubaté (35,4 mm).

Material e métodos

Para esse estudo, compreendido entre os anos de 1970 a 2010, utilizou-se as séries de dados pluviométricos de estações meteorológicas distribuídas por todo o estado de São Paulo. Ao todo, somam-se 129 estações (Figura 2), obtidas pela Agência Nacional de Águas (ANA), através de seu *site* *HIDROWEB*. Para esse estudo foram utilizadas 60 estações, das 129 selecionadas. Os dados foram organizados em formato “diário” para o posterior desenvolvimento e análise das isolinhas de precipitação, elaboradas no *software Golden Surfer 10*.

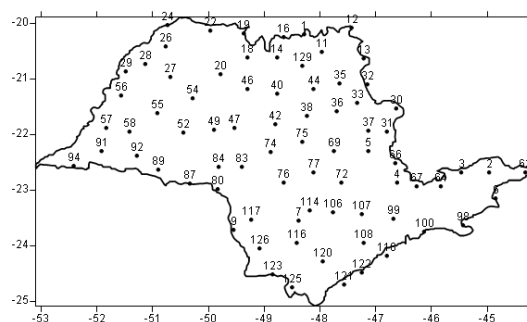


Figura 2. Localização e distribuição das estações

Os valores do Índice Padronizado de Precipitação (IPP) foram calculados no *software R*, através da função *precintcon.spi.analysis*, elaborada por Povoá (2014), onde existem diversos parâmetros de entrada como o objeto a ser analisado, o período que se quer trabalhar e onde deve constar o número de meses a serem agrupados durante o cálculo do IPP

Após o cálculo e análise dos valores de IPP, obtidos através do *software R*, estes foram organizados em planilhas no *Microsoft Excel*, para a elaboração dos mapas de isolinhas no *software Golden Surfer 10*, para os anos de 1983, 1985 e 2010.

As isolinhas foram elaboradas através do método de Krige, um método de estimativa para a interpolação de dados. Trata-se de um processo de estimativa por médias móveis, de valores de variáveis distribuídas no espaço a partir de valores adjacentes, enquanto considerados como interdependentes por uma função denominada variograma. Nesse método leva-se em consideração características espaciais de autocorrelação de variáveis regionalizadas, o que permite que os dados amostrados possam ser utilizados para estimar valores em lugares onde a própria variável não é conhecida.

A dependência espacial pode ser visualizada a partir de um semivariograma, ou simplesmente variograma. Esta é uma ferramenta fundamental para descrever quantitativamente a variação no espaço de um fenômeno regionalizado (Santos et al., 2011). Durante a interpolação, no *software Golden Surfer 10* o perfil de dispersão utilizada foi o Gaussiano.

De acordo com Sansigolo (2004), o IPP é calculado e determinado a partir das funções de densidade de probabilidade que descrevem as séries históricas de precipitação em diferentes escalas de tempo (3, 6, 9, 12 e 24 meses). Quando a função de distribuição da probabilidade já foi ajustada, a chance de certa quantidade de precipitação observada é obtida e o IPP é então computado através da distribuição inversa (McKee et al., 1995).

Esse índice é vantajoso em relação aos demais porque utiliza apenas dados mensais de precipitação, variável monitorada em todas as estações meteorológicas. Desde que foi proposto, o IPP vem sendo usado em vários estudos, devido a sua capacidade de quantificar o déficit ou excesso de precipitação em diversas escalas temporais e permitir comparações entre regiões com diferentes características climáticas. Assim, diversos trabalhos científicos têm demonstrado o seu potencial no monitoramento do fenômeno das secas.

Entretanto, é importante salientar também algumas limitações que o índice apresenta, pois, apesar de sua simplicidade e versatilidade, capacitado para monitorar importantes condições agrícolas e hidrológicas, baseia-se apenas na precipitação e não na umidade do solo e topografia, como faz o Índice de Severidade de Seca de Palmer (PDSI). Dessa forma, acaba sendo mais eficaz nos meses de inverno. Essas limitações e características únicas são importantes

e precisam ser consideradas quando se usa o Índice Padronizado de Precipitação (Hayes et al., 1999).

O cálculo do IPP requer dados pluviométricos, com no mínimo 30 anos. É determinado a partir da densidade de probabilidade que descrevem as séries históricas de precipitação nas diferentes escalas de tempo. Foram consideradas as distribuições estatísticas (Normal e Gama) para fins de ajustar uma dada distribuição de frequência ao total precipitado em uma dada série pluviométrica.

O cálculo do índice para qualquer local é baseado no registro da precipitação a longo prazo, ajustado a uma distribuição de probabilidade. Essa distribuição é transformada em uma distribuição normal, de maneira que o IPP médio para determinada localização e período desejados seja igual a zero (Edwards et al., 1997).

O IPP é baseado apenas na precipitação. Sua força fundamental é que ele pode ser calculado para uma variedade de escalas de tempo. Tal versatilidade permite que o índice monitore o abastecimento de água a curto prazo, como a umidade do solo, importante para a produção agrícola e recursos hídricos de longo prazo, como abastecimento de água subterrânea, fluxo de água e níveis de lago e reservatório. A capacidade de examinar diferentes escalas de tempo também permite que as secas sejam identificadas e monitoradas durante a duração da seca (Hayes et al., 1999).

McKee et al. (1993) sugere uma classificação da escala do IPP (Tabela 1). A situação de seca extrema, de acordo com a tabela, é de IPP = -2.0 (Hayes et al., 1999).

Tabela 1. Escala de classificação para o IPP.

IPP	Classificação
$\geq 2,00$	Extremamente úmido
1,00 a 1,99	Muito úmido
0,50 a 0,99	Moderadamente úmido
0,49 a - 0,49	Próximo ao normal
-0,50 a - 0,99	Moderadamente seco
-1,00 a -1,99	Muito seco
$\leq -2,00$	Extremamente seco

Fonte: Hayes et al. 1999.

Resultados e discussão

A Figura 3 mostra as médias climatológicas das precipitações em todo o território paulista, no período estudado, que vai de 1970 a 2010. Os valores das isoietas foram

superiores a 1.400 mm na maior parte da área de estudo.

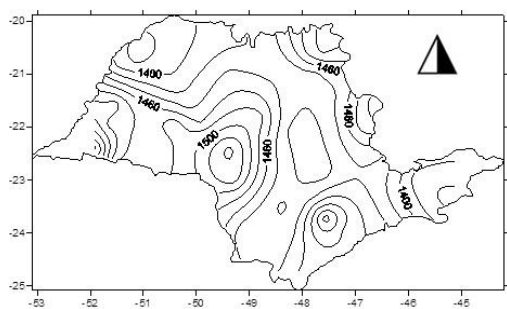


Figura 3. Médias das precipitações no estado de São Paulo, de 1970 a 2010.

Nas Figuras 4, 5 e 6 estão as isolinhas de precipitação, em um período de 6 meses, para os anos de 1983, 1985 e 2010, respectivamente.

Os anos 1983 (Figura 4) e 1985 (Figura 5) possuem marcadas diferenças pluviométricas e pode-se observar que reflete essa diferença nos índices padronizados calculados. O ano de 1983 contou com a atuação do fenômeno El Niño de forte intensidade. Choveu muito nesse ano em todo o território paulista. Os valores pluviométricos na cidade de São Paulo apresentaram, no mês de maio, deste ano, uma elevação de mais de 300 % sendo que essa precipitação excessiva foi causada por sistemas frontais, que estando bloqueadas, teriam permanecido muito tempo sobre essa região (Nery et al., 1998).

Tais informações são comprovadas através dos valores encontrados para IPP, entre 1,0 e 1,99, o que confere ao ano, de acordo com a Tabela 1 (Hayes et al., 1999) o caráter de muito úmido se contrapondo ao ano de 1985, que possui valores de -0,50, ou seja, moderadamente seco (Figura 5).

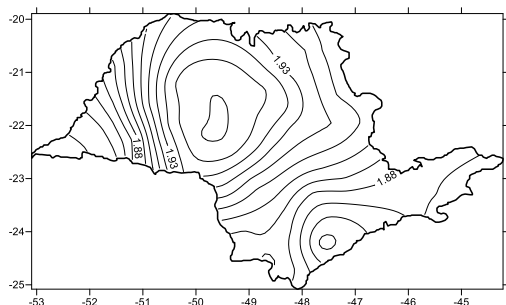


Figura 4. Distribuição dos valores de IPP para o Estado de São Paulo, em 1983.

É marcante a diferença entre as isolinhas da Figura 4 e 5, enquanto 1983 é marcadamente úmido, não ocorre o mesmo em relação ao ano

1985, que se apresenta com baixos valores de IPP, inclusive valores negativos.

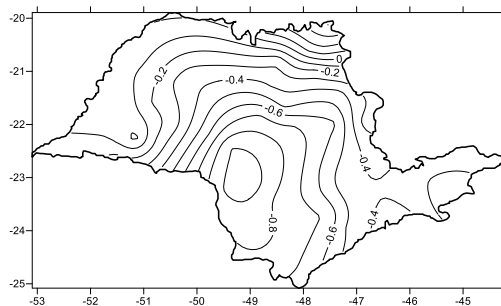


Figura 5. Distribuição dos valores de IPP para o estado de São Paulo, em 1985.

O ano de 2010, analisado em um período de 6 meses (Figura 6), apresentou valores de IPP mais próximos do “normal”. Os valores indicam a ocorrência de um ano relativamente úmido com valores de IPP entre 0,3 (próximo ao normal) e 1,3 (muito úmido) de acordo com a Tabela 1 (Hayes et al., 1999).

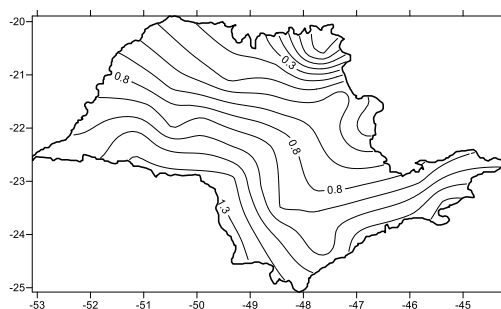


Figura 6. Distribuição dos valores de IPP para o estado de São Paulo, em 2010.

As Figuras 7, 8 e 9 respectivamente, também referem-se aos anos 1983, 1985 e 2010, e apresentam os valores encontrados para IPP em um período de 9 meses.

A análise realizada para o ano de 1983 (Figura 7) em um período de 9 meses, mostra de forma ainda mais acentuada seu caráter úmido, com valores para o IPP entre 1 e 1,9 (muito úmido), o que indica uma melhor padronização da concentração da precipitação no território estudado.

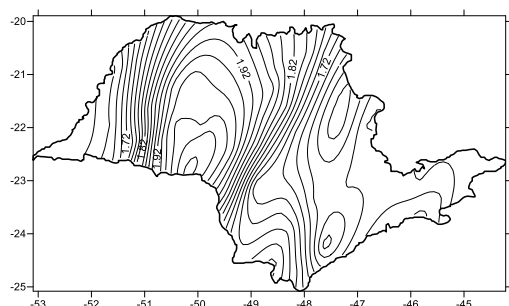


Figura 2. Distribuição dos valores de IPP para o estado de São Paulo, em 1983.

Para um período de análise de nove meses, os valores de IPP do ano de 1985 (Figura 8) ainda se mostra moderadamente seco, no entanto com valores um pouco mais altos em alguns pontos do estado, como na região do Alto Vale do Ribeira, próxima do sudoeste paulista, onde o índice apresentou valores próximos a -0,7.

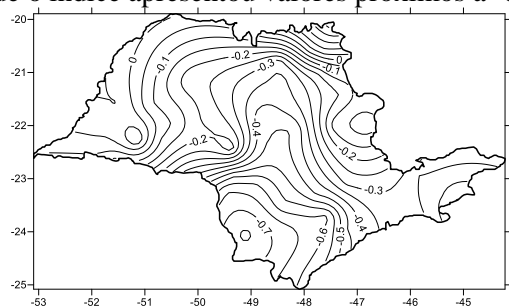


Figura 3. Distribuição dos valores de IPP para o estado de São Paulo, em 1985.

O ano de 2010, analisado em um período de nove meses (Figura 9), não apresentou significativas mudanças nos valores de IPP, apresentando-se próximo do “normal” entre 0,3 e 0,8 (moderadamente úmido) e não mais acima de 1,0 (muito úmido), como há 3 meses atrás, de acordo com a Tabela 1 (Hayes et al., 1999), o que indica uma possível diminuição da quantidade de precipitação ou dos dias em que esta ocorreu em algumas regiões do estado de São Paulo.

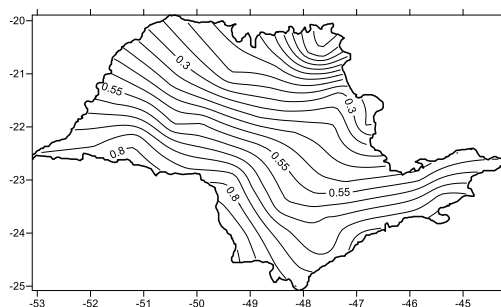


Figura 4. Distribuição dos valores de IPP para o estado de São Paulo, em 2010.

As Figuras 10, 11 e 12 referem-se aos anos 1983, 1985 e 2010, respectivamente, para um período de 12 meses de análises. O ano 1983 (Figura 1) seguiu úmido com valores de IPP entre 1,80 e 1,95 em praticamente todo o estado de São Paulo, indicando uma padronização dos valores de IPP para o ano em questão e caracterizando-o como muito úmido e extremamente úmido, de acordo com a Tabela 1 (Hayes et al., 1999).

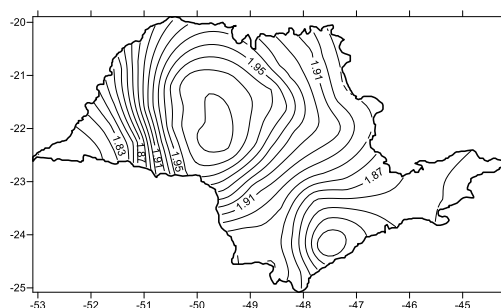


Figura 5. Distribuição dos valores de IPP para o estado de São Paulo, em 1983.

O ano 1985 (Figura 11) para um período de 12 meses volta a apresentar valores de SPI entre -0,25 e -0,50, como no período de nove meses, analisado inicialmente, ressaltando que, quando analisado para um período de seis meses, os valores de IPP chegaram a -0,7 conferindo ao ano de 1985 o caráter de moderadamente seco. Em nenhuma das análises realizadas neste estudo, os valores negativos de IPP alcançaram -2, ou seja, não se tratou de um ano extremamente seco, mas sim de um ano que passou por um período considerável de estiagem.

A análise realizada para período de 12 meses, para o ano de 2010 (Figura 12) apresentou valores de índices entre 0,4, 0,9 e 1,15, ou seja, próximo ao normal, moderadamente úmido e muito úmido, respectivamente. Mais a leste, sul e

sudeste os valores do IPP foram maiores, refletindo em um período muito úmido para essa área de estudo. Já mais para o norte e noroeste observou-se baixa umidade, possibilitando apresentar marcada variabilidade desse índice no estado de São Paulo.

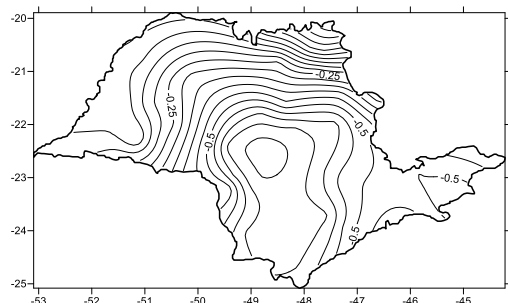


Figura 6. Distribuição dos valores de IPP para o estado de São Paulo, em 1985.

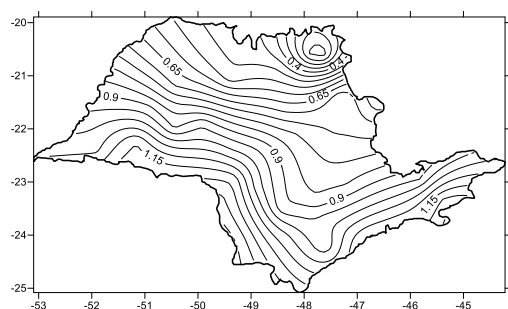


Figura 12. Distribuição dos valores de IPP para o estado de São Paulo, em 2010.

Em todas as análises com o IPP, as áreas sujeitas a ocorrências de enchentes e consequentes inundações são aquelas onde o índice se aproxima de 2,0, denotando umidade extrema, que, se associada a outros fatores, como a urbanização e ocupação desordenada do espaço geográfico podem acarretar grandes catástrofes materiais e humanas. Um dos problemas mais recorrentes desse efeito é o desabamento e/ou deslizamento de terra, causado pela retirada da cobertura vegetal associada a precipitação intensa. O solo, extremamente úmido em função da água da precipitação que percola em seu interior começa a desmoronar e com ele, leva as habitações da população carente que ocupa morro e encostas.

Conclusões

O Índice Padronizado de Precipitação se mostrou uma ferramenta consistente para o estudo de seca no Estado de São Paulo, respondendo bem a variabilidade da chuva na área de estudo. As respostas para evento ENOS foi consistente com a

variabilidade da chuva nessa área de estudo, ou seja, quando ocorre a fase quente no oceano Pacífico Equatorial (El Niño), chove mais no estado de São Paulo, portanto essa área se torna mais úmida e o inverso ocorre na fase fria do oceano Pacífico.

A estimativa dos eventos indicativos de seca no estado foram passíveis de observação através do índice, que mais uma vez, se mostra eficaz nesse tipo de análise. Por ser uma ferramenta de estimativa em escalas de tempo variadas, pode ser amplamente utilizado no setor agrícola e de planejamento urbano, quando indica situações extremas, tanto de excesso quanto de escassez da precipitação pluvial.

Agradecimentos

Agradeço ao meu orientador, o professor Jonas Teixeira Nery e ao Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas.

Referências

- ANA. Agência Nacional de Águas, 2016. Disponível: www.ana.gov.br. Acesso: 17 dez. 2016.
- Blain, G. C., Brunini, O., 2007. Análise comparativa dos índices de seca de Palmer, Palmer adaptado e índice padronizado de precipitação no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia* 22, 105-111.
- Dufek, A. S., Ambrizzi, T., 2008. Precipitation variability in São Paulo State, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology* 93, 167-178.
- Edwards, C. D. C., McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., 1997. Historical analysis of drought in the United States. 7th conference on climate variations, 77th AMS annual meeting 27.
- G1. O portal de notícias da Globo, 2016. Chuvas afetam mais de 20 cidades no interior e da grande São Paulo. São Paulo. 13 dez. 2016.
- Guttman, G. B., 1998. Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index. *Journal of the American Water Resources* 16, 113-121.
- Guttman, G. B., 1999. Accepting the Standardized Precipitation Index: A calculation algorithm. *Journal of the American Water Resources* 35, 311- 322.
- Hayes, M. J., Syoboda, M. D., Wilhite, D. A., Vanyarkho, O. V., 1999. Monitoring the 1996

- drought using the standardized precipitation index. *Bulletin of the American Meteorological Society* 80, 429-438.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2016. Disponível: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso: 03 dez. 2016.
- JORNAL DA RECONSTRUÇÃO, 2010. Como tudo aconteceu. São Luiz do Paraitinga, 1ª quinzena de março de 2010. Disponível: http://www.saoluizdoparaitinga.sp.gov.br/site/wp-content/uploads/2012/02/jr_n1.pdf. Acesso: 03 dez. 2016.
- Keyantash, J., Dracup, J.A., 2002. The quantification of drought: an evaluation of drought indices. *Bull. Am. Meteorology* 83, 1167-1180.
- Macedo, M. J. H., Guedes, R. V. S., Souza, F. A. S., Dantas, F. R. C., 2010. Análise do índice padronizado de precipitação para o estado da Paraíba. *Ambi-Agua* 5, 204-214 (doi: 104136/ambi-agua.130).
- Mckee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to the time scales. *American Meteorological Society*, 179-184.
- Mckee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., 1995. Drought monitoring with multiple times scales. Conference on applied climatology, Boston. *American Meteorological Society*, 233-236.
- Nery, J. T., Martins, M. L. O. F., 1998. Variabilidade Interanual: Oscilação Sul- EL NIÑO. *Apontamentos* 75, 62 p.
- Nunes, L. H., Vicente, A. K., Candido, D. H., 2009. Clima da Região Sudeste no Brasil, in: *Tempo e Clima no Brasil*. Oficina de Textos, São Paulo, 243-258.
- Sansigolo, C. A., 2004. Análise comparativa do desempenho dos Índices de Seca de Palmer (PDSI) e da Precipitação Normalizada (SPI) em Piracicaba, SP (1917-2001). *Revista Brasileira de Climatologia* 19, 237-242.
- Santos, G.R., de Oliveira, M. S., Louzada, J. M., Santos, A. M. R. T., 2011. Krigagem simples versus krigagem universal: qual o preditor mais preciso? *Energia na Agricultura* 26, 49-55.
- Seiler, R. A., Hayes, M., Bressan, L., 2002. Using the standardized precipitation index for flood risk monitoring. *International Journal of Climatology* 22, 1365-1376.
- Sönmez, F. K., Kömüscü, A. U., Erkan, A., Turgu, E., 2005. An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index. *Natural Hazards* 35, 243-264.
- Vianello, R. L., Alves, A. R., 2000. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa: UFV, 310-313.
- Wilhite, D. A., Glantz, M.H., 1987. *Understanding the drought phenomenon: the role definitions*. Westview, 11-14.