



APLICAÇÃO DO ÍNDICE PADRONIZADO DE ESTIAGEM PLUVIOMÉTRICA (IESP) NO MUNICÍPIO DE UBERABA – MG

LANZOERQUES GOMES DA SILVA JÚNIOR¹
LUIZ ANTÔNIO DE OLIVEIRA²
MARIANA MOREIRA SANTOS³

Resumo: A utilização de técnicas estatísticas em estudos relacionados ao clima é uma importante ferramenta de análise e de interpretação de suas variáveis. Este trabalho tem por objetivo analisar o comportamento climatológico de eventos de estiagens e/ou úmidos da série histórica de dados diários de precipitação para o município de Uberaba – MG (1961-2012), utilizando-se o Índice Padronizado de Estiagem Pluviométrica (IESP). A metodologia baseia-se em atribuir uma função aos valores de precipitação que, uma vez padronizada, são ajustadas para uma distribuição normal, sendo posteriormente analisados os desvios padrões em relação à mesma. Assim, a maioria dos anos estudados esteve dentro da normal climática, e o maior desvio em relação a essa normal esteve entre abril de 1969 e setembro de 1972, classificado como período extremamente seco.

Palavras-chave: Precipitação, índice padronizado pluviométrico, Uberaba.

Abstract: The application of statistical technics in studies related to climate is an important tool for analysis and interpretation of its variables. This paper aims to analyze the climatological behavior of droughts and/or wet of the historic series of precipitation daily data for Uberaba – MG town (1961-2012), by way of the Standardized Pluviometric Dry Weather (Índice Padronizado de Estiagem Pluviométrica – IESP). The methodology is based on provide a function the precipitation values that, once standardized, are adjusted to a normal distribution and then analyze the standard switch. Therefore, most of studied years were within the normal climatic, and the biggest switch towards this normal was between April 1969 and September 1972, classified as the extremely dry period.

Key-words: Precipitation, standard precipitation index, Uberaba.

1 – Introdução

A complexidade climática da região Sudeste do Brasil, ocorre devido a sua topografia, sua posição geográfica e, principalmente, aos aspectos dinâmicos da atmosfera, que incluem os sistemas meteorológicos de micro, meso e grande escalas, que atuam direta ou indiretamente no regime pluvial, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as Frentes Frias, principais responsáveis pela precipitação pluvial, o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e o Vórtice Ciclônico de Ar Superior.

¹ Acadêmico do curso de graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. E-mail de contato: lanzoerques@yahoo.com.br

² Professor Doutor pertencente à Universidade Federal de Uberlândia. E-mail de contato: luizantonio@ig.ufu.br

³ Acadêmica do curso de graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. E-mail de contato: marianamoreiras@yahoo.com



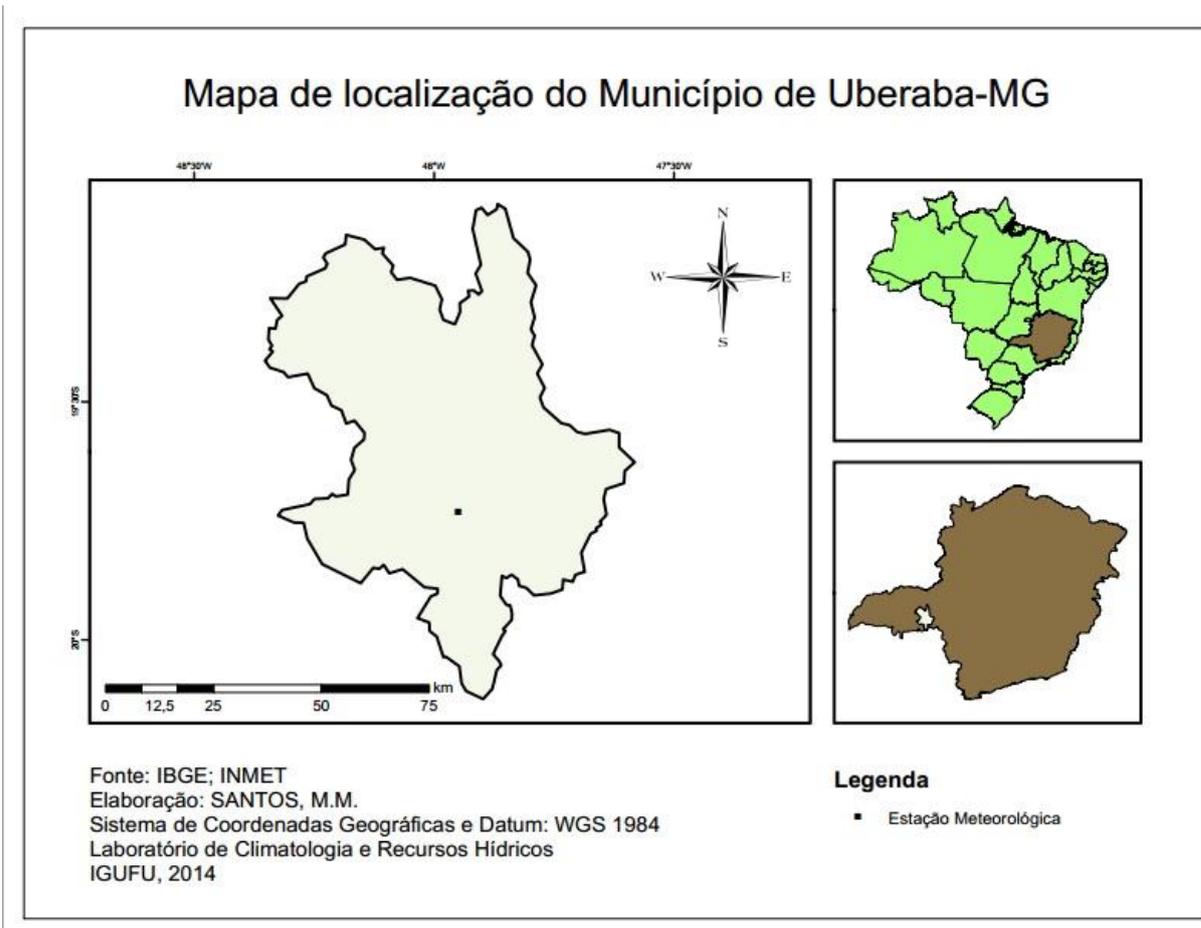
Segundo Ayoade (2002), precipitação é qualquer evento oriundo da deposição, seja ela líquida ou sólida, da atmosfera. As chuvas são fenômenos meteorológicos que resultam da precipitação das nuvens, e são classificadas em diversas categorias, de acordo com origem de sua formação, intensidade, entre outros fatores. Para Varejão-Silva (2005), é considerada chuva a precipitação que registre gotas d'água com diâmetro superior à 0,5 centímetros. Tucci (2000) enfatiza que a precipitação é um dos mais importantes eventos climatológicos que influenciam uma região. Por esse e outros motivos, é um tema bastante estudado, principalmente as anomalias de chuva, que são períodos onde os regimes de chuva não acontecem como o padrão.

Conforme Valeriano e Picini (2003), a variação da precipitação anual acompanha os desníveis altimétricos, sendo, portanto, a altitude influente na distribuição da precipitação. Entretanto, os valores absolutos não são correlacionados na totalidade dos dados, acompanhando apenas grandes feições orográficas. Ainda, segundo os mesmos autores (op. cit.), o aumento do nível pluviométrico é apresentado na zona costeira, sendo a proximidade da costa, portanto, outro fator influente.

No trabalho de Soares *et al.* (2005) foi observado que a disposição do relevo influencia marcadamente a distribuição das chuvas, sendo os locais a barlavento (voltados para a costa) e próximos ao litoral aqueles que apresentam os maiores índices, cuja diminuição ocorre a sotavento e conforme aumenta a distância do litoral.

À respeito da área de estudo, o município de Uberaba, encontra-se no estado de Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Possui extensão territorial de 4.523.957 km² e população de 295. 988 habitantes (IBGE, 2010). A estação meteorológica convencional de Uberaba, de código (OMM: 83577), está situada na área urbana, mais precisamente nas coordenadas decimais de -19.73 de latitude e -47.95 de longitude, com altitude de 737 metros com relação ao nível médio do mar. O Mapa 01 mostra a localização do município de Uberaba e situa a referida estação dentro do mesmo.

Contudo, o objetivo deste trabalho é utilizar o Índice Padronizado de Estiagem Pluviométrica (IESP) para determinar os períodos de seca ou estiagem, além de analisar a ocorrência de anomalias pluviométricas mensais acumuladas e padronizadas para o município de Uberaba – MG, a qual consiste na diferença entre a precipitação acumulada de um dado mês e a precipitação acumulada média do período analisado – série histórica – para este mesmo mês.



Mapa 01: Mapa de localização do município de Uberaba – MG
Fonte dos dados: IBGE (2014) – Acesso em março de 2014
Organização: SANTOS, M. M. (2014)

2 – Fundamentos teóricos e conceituais

Diferentemente do tempo, o clima é um estado médio da atmosfera que, segundo Ayoade (2002), uma generalização, e já o tempo tem ligação com eventos específicos, que não irão ser fatores decisivos na predominância do clima. De acordo com Heuvedolp (1986) a localização geográfica, a natureza topográfica, altitude e latitude, as massas de ar, a continentalidade e a maritimidade são fatores condicionantes para a formação do clima, sendo a dinâmica climática influenciada por diversos outros fatores, mas principalmente o calor e a umidade. Há de se ater também à interação entre o próprio clima com a biodiversidade, ou seja, os fatores bióticos e abióticos.

Para Ayoade (2002)

(...) clima é a síntese do tempo num dado lugar durante um período de aproximadamente 30-35 anos. O clima, portanto, refere-se às características da atmosfera, inferidas de observações contínuas durante um longo período. O clima abrange um maior número de



dados do que as condições médias do tempo em uma determinada área. Ele inclui considerações dos desvios em relação às médias (isto é, variabilidade), condições extremas, e as probabilidades de ocorrência de determinadas condições de tempo. (AYOADE, 2002, p.2)

Cita-se como fenômenos anômalos com potencial para provocar certo grau de alteração no que se entende como comportamento normal do clima, El Niño e La Niña, que provocam principalmente anomalias quanto à precipitação no nordeste do Brasil. El Niño, sobretudo, diz respeito ao aquecimento anormal e o segundo ao esfriamento anormal das águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical.

Esse comportamento irregular de distribuição temporal das chuvas é resultado da própria variabilidade natural do clima, da conexão de efeitos que sistemas meteorológicos podem ter numa determinada região. Um exemplo dessa conexão é a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña, que tem origem no Pacífico Equatorial, mas que causam efeitos muitas vezes marcantes no clima da diferentes regiões brasileiras, assim como em outras partes do globo. (Silva *et al.*, 2012. p. 754).

Devido aos diversos estados atmosféricos passíveis de ocorrência, e com ele advir fenômenos que fogem de maneira abrupta da normal climatológica para uma dada região, toma-se como técnica de análise a padronização da variabilidade temporal dos totais de chuva para uma determinada área no intuito de permitir a análise quanto aos severos déficits de precipitação pluvial que caracterizam, portanto, o período de seca ou estiagem. Percebe-se que diversos autores têm buscado utilizar esta técnica em suas pesquisas com base na elaboração de índices padronizados, como é o caso do Índice de Severidade de Secas (PDSI) proposto por Palmer (1965) e do Índice Padronizado de Precipitação (SPI) desenvolvido por Mckke *et al.* (1993 ; 1995).

O SPI tem como objetivo analisar a distribuição estatística de chuvas, com base na função Gamma. Logo, o índice de precipitação passa a ser um índice de seca relativizado ao clima regional em questão, seja ele muito ou pouco chuvoso, e tem por base as probabilidades de ocorrência de seca. O SPI relaciona a precipitação acumulada num dado período (escala temporal) e numa dada região (escala espacial). Em questões estatísticas, o SPI corresponde ao número de desvios padrão da precipitação cumulativa que se afasta da média climatológica.

3 – Materiais e métodos

Para a realização deste trabalho utilizou-se de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), tabulando os valores de precipitação e temperatura da estação



meteorológica convencional de Uberaba (OMM: 83577). A série histórica analisada corresponde ao período de 01/01/1961 a 31/12/2012.

A organização da base de dados contempla dados de temperatura de bulbo seco e precipitação, provenientes do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) – INMET. Posteriormente, os dados foram organizados e tratados em planilha eletrônica do Microsoft Excel Starter 2010 de onde foram exportados para o software SPSS Statistics 17.0 para análise estatística. No ambiente do Excel ainda foram elaborados o climograma e o gráfico de índice padronizado de precipitação. O mapa de localização foi elaborado no software ArcMap 10.1.

Seguindo a metodologia proposta por Pita Lopez (2000 e 2001), calculou-se o índice de seca padronizado de chuvas a partir de precipitação mensal em três fases sucessivas. Na primeira delas, se calcula a anomalia pluviométrica a partir da expressão:

$$API = P_i - PMED$$

Onde:

API = anomalia precipitação mensal .

P_i = precipitação mensal.

PMED = Precipitação mediana do mês.

Na segunda fase, as anomalias de precipitação acumuladas são calculadas a partir do primeiro mês da série. No momento em que se encontra uma anomalia acumulada negativa, indica o início de uma sequencia seca, que termina com o aparecimento de uma anomalia acumulada positiva, levando a uma sequência de excedente hídrico. Durante esta sequência de excedente, as anomalias continuam a acumular-se até que novamente apareça uma anomalia negativa, quando uma nova sequência seca , obtida pelo mesmo método, reiniciando o cálculo das acumulações a partir do valor negativo de anomalia pluviométrica. O cálculo da segunda fase é resumido da seguinte forma:

$$AP_{Ai} = ? AP_i.$$

Onde $i = 1$, desde que $AP_1 < 0$ e $AP_{A-1} = 0$.

AP_{Ai} = anomalia pluviométrica acumulada do mês.

Na última fase se padroniza essas anomalias acumuladas mediante sua conversão em pontuações, de tal forma que:

$$Z: ZAP_{Ai} = (AP_{Ai} - APA) / sAPA,$$

ZAP_{Ai} = Anomalia pluviométrica padronizada (estandarizada) acumulada do mês.



APA = Valor médio de anomalias de precipitação acumulada para todos os meses da série.

sAPA = desvio padrão de anomalias de precipitação acumulada para todos os meses da série.

As classes empregadas para o valor de SPI gerado são apresentadas na Tabela 01, usando-se a terminologia adaptada de McKee *et al.*, 1993.

INTERVALO SPI	CATEGORIA
> 2	Extremamente Úmido (XU) - (2 a 3 vezes a cada 100 anos)
1,5 a 1,99	Muito Úmido (MMU)
1,00 a 1,49	Moderadamente Úmido (MU)
0,00 a 0,99	Ligeiramente Úmido (LU) - (7 vezes a cada 10 anos)
0,00 a -0,99	Ligeiramente Seco (LS) - (7 vezes a cada 10 anos)
- 1,0 a - 1,49	Moderadamente Seco (MS)
- 1,5 a - 1,99	Muito Seco (MMS)
< = a -2,00	Extremamente Seco (XS) - (2 a 3 vezes a cada 100 anos)

Tabela 01: Classificação das classes de intensidade de precipitação utilizando-se o método SPI
Fonte dos dados: Doesken, Nolan; Tom McKee e Juan Kleist. Centro do Clima. Estados Unidos, 1993

Organização: SILVA JÚNIOR, L. G. (2014)

O processo de padronização das anomalias pluviométricas acumuladas é facilitado porque elas se encaixam uma curva normal, e uma vez posicionada, tem uma dupla vantagem: primeiro, a obtenção de valores universalmente válidos e comparáveis para diferentes estações e, por outro lado, a expressão destes valores em termos de probabilidade de ocorrência de anomalias, como é conhecido na curva normal de cada valor de z é expressivo de certo valor de probabilidade. Atenta-se para o uso do termo “normalização” dos dados utilizados, onde tal termo refere-se à padronização que faria apenas sentido probabilístico se aplicado a valores cuja melhor distribuição fosse normal.

4 – Resultados e discussões

Utilizando-se os valores médios mensais de precipitação e temperatura elaborou-se o climograma do município de Uberaba, Gráfico 01, para analisar o comportamento simultâneo destas variantes ao longo do ano, considerando-se o período histórico já referido.

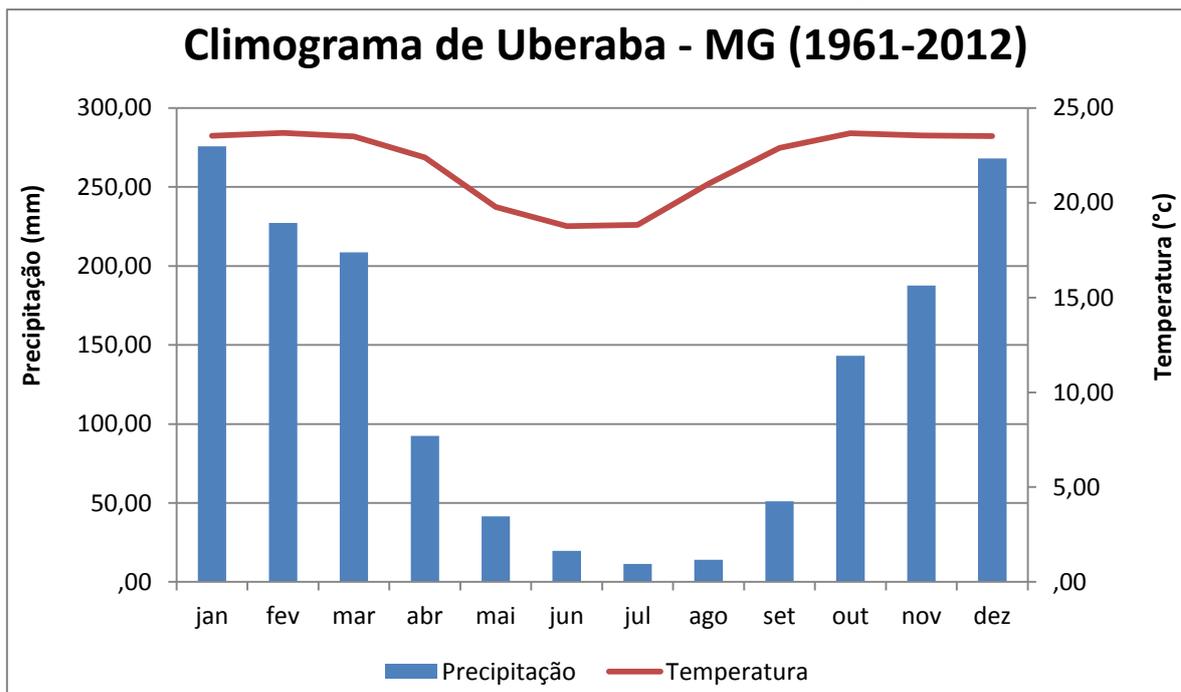


Gráfico 01: Climograma do município de Uberaba – MG (1961-2012)
Fonte dos dados: BDMEP – INMET (2014) – Acesso em março de 2014
Organização: SILVA JÚNIOR, L. G. (2014)

Percebe-se que o gráfico apresenta a forma característica de período quente e chuvoso durante os meses de outubro a março e frio com estiagem dos meses de abril a setembro. Nota-se também que embora a precipitação oscile bastante durante o ano, a temperatura média na mesorregião não sofre uma variação tão expressiva.

O Gráfico 02 do Índice Padronizado de Precipitação demonstra que para o período histórico entre 1961 e 2012, considerando-se o intervalo entre os anos de 1982 e 1989 devido à falha ou à não coleta dos dados, totalizando quarenta e cinco anos, cerca da metade dos anos tiveram comportamento abaixo da normal climatológica (de 0,99 a -0,99) e a outra metade esteve acima. Porém, a forma como essa chuva foi distribuída merece ser mais bem pormenorizada.

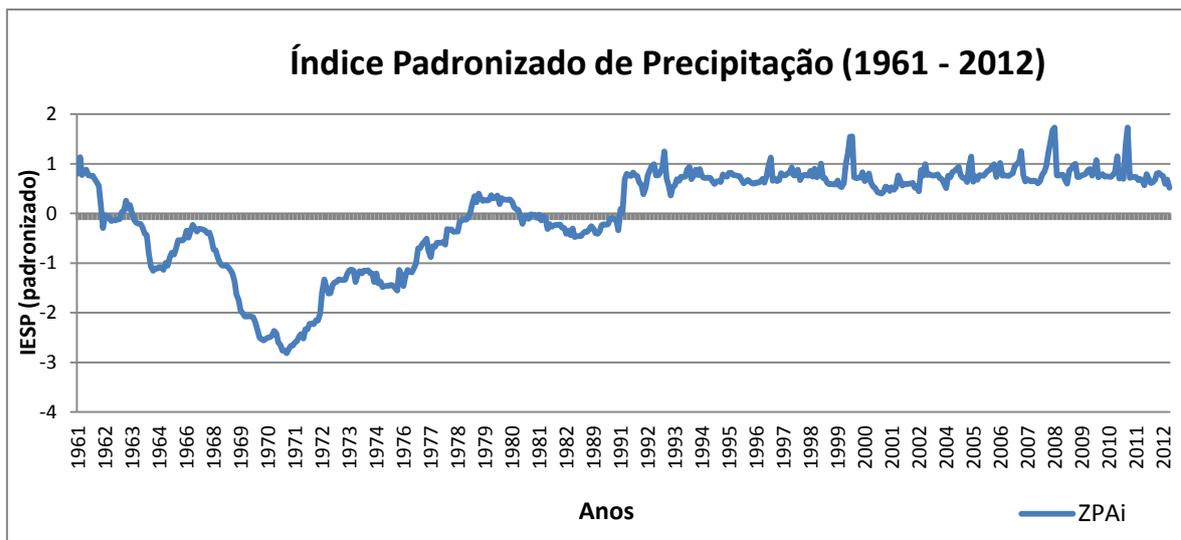


Gráfico 02: Índice Padronizado de Estiagem Pluviométrica (IESP) aplicado ao município de Uberaba – MG (1961-2012)

Fonte de dados: BDMEP – INMET (2014), acesso em março de 2014

Organização: SILVA JÚNIOR, L. G. (2014)

Por meio das classes de severidade de seca, pode-se afirmar que a partir de janeiro de 1961 até meados de 1971 houve queda pronunciada no valor dos desvios padrões, passando por pequenas oscilações de um a dois anos com números que esboçam comportamento de período um pouco mais chuvoso. De março a setembro de 1964 ocorreu o primeiro momento em que o valor de SPI atingiu a categoria de moderadamente seco, seguido de um período de três anos de condição climática normal até começar em maio de 1968 o período mais seco dentro os anos analisados.

O período em que o município de Uberaba passou pelo menor regime de chuvas ocorreu entre maio de 1968 e outubro de 1975, quando as categorias atingiram os níveis mais extremos. A partir abril de janeiro de 1969 os índices pluviométricos estiveram muito abaixo da normal climática, atingindo a categoria de extremamente seco, atingindo o valor mínimo em outubro de 1981, com valor de -2,8145 no intervalo SPI. Seguiu-se por mais dois anos de período de estiagem considerável, quando em março de 1973 iniciou-se um período de cerca de três anos em que a normal climatológica esteve na faixa de moderadamente seco.

Nota-se que em setembro de 1976, os valores de SPI entraram na faixa da normal climatológica (de -0,99 a 0,99), permanecendo na mesma, de maneira geral, até dezembro de 2012, e não mais esboçando números abaixo dessa normal, salvo agora, alguns picos, que ocorreram na categoria de moderadamente úmido. Vê-se que embora ao final de 1978 os valores passaram a ser positivos, logo se iniciou ligeira queda dos valores, indo até dezembro de 1990, sendo esta a última ocorrência de valor de SPI negativo, prevalecendo doravante a categoria de ligeiramente úmido, ou seja, dentro da normal climática.



A partir do início do ano 1991 os desvios passam a não apresentar variações tão significativas como antes, tendendo a seguir no intervalo de SPI de 0 a 0,99. Ocorreu a partir de 1991 até o final do período analisado, 22 anos, onze ocorrências em que o valor de SPI superou os 0,99 que limita a condição normal do clima, porém, logo retornando a tal condição, figurando em não mais que quatro meses seguidos de categoria moderadamente úmido.

Em suma, percebe-se que dos últimos cinco anos analisados, todos estiveram dentro do padrão climático estabelecido para a região, com exceção para meses isolados que apresentaram valores de SPI como moderadamente úmido, com destaque para o mês de abril de 2011, que apresentou valor de SPI de 1,732454, figurando em uma anomalia de categoria muito úmido.

Considerações Finais

Percebeu-se durante a elaboração do trabalho que os dados de precipitação e temperatura estavam quase em sua totalidade registrados, salvo o intervalo entre os anos de 1982 e 1989, fato este que não contribui para na veracidade e/ou consistência dos resultados apresentados.

A elaboração do climograma veio a contribuir na interpretação do comportamento da ocorrência de chuvas ao longo do ano, comprando-se tal comportamento com a variável de temperatura.

Sobre a metodologia utilizada, constatou-se que a mesma sendo aplicada ao Índice Padronizado de Estiagem Pluviométrica (IESP), apresentou resultados satisfatórios quanto a sua funcionalidade, uma vez que sua determinação é dependente apenas de dados de precipitação, não sendo necessário incorporar outra(s) variável(eis) de determinação complexa. A elaboração do gráfico final de IESP mostrou-se de fundamental relevância para a visualização dos dados e, por conseguinte, a maneira como os índices variaram ao longo do período histórico considerado.

Contudo, a realização de estudos relacionados à ocorrência de chuvas é de fundamental relevância em diversos setores da economia, tanto em ambiente urbano em atividades como o planejamento urbano, ou em âmbito rural a exemplo nas tomadas de decisões quanto ao período de plantio de determinadas culturas. Assim, espera-se que a realização de estudos como este possa contribuir de maneira efetiva para o desenvolvimento do município analisado e a melhoria da qualidade de vida de seus habitantes.



6 – Referências bibliográficas

AYOADE, J. O. **Introdução a climatologia para os trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos; revisão de Suely Bastos; coordenação editorial de Antônio Christofolletti. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.ibge.com.br>>. Acesso em: 11 abr. 2014.

IPMA – Instituto Português do Mar e da Atmosfera – Disponível em: <<http://www.ipma.pt/pt/oclima/observatorio.secas/spi/apresentacao/definicao/>>. Acesso em: 10 abr. 2014.

MAC KEE et al. **Drought Monitoring with multiple time scales**. Proceedings of the 9th Conference on Applied Climatology, Dallas, TX, 1995. p. 233-236.

MENDES. P. C. **A gênese espacial das chuvas em Uberlândia – MG**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia. 2001. 237p.

PICCININI, M.R.D. **Distribuições de probabilidade de precipitação de intensidade máxima para Piracicaba, SP**. 1993. 81f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

PITA, M. F. **Sequías en la cuenca del Guadalquivir, en Gil Olcina, A. y Morales Gil, A. Causas y consecuencias de las sequías en España**. Alicante, Instituto Universitario de Geografía de la Universidad de Alicante y Cajade Ahorros del Mediterráneo, 2001. p. 303-343.

PITA, M.F. **Un nouvel indice de sécheresse pour les domaines méditerranéens. Application au bassin du Guadalquivir (sudouest de l'Espagne)**. Publications de l'Association Internationale de Climatologie, vol. 13, Nice, 2001. p. 23-35.

PITA, M.F. **Recomendaciones para el establecimiento de un sistema de indicadores para la previsión, el seguimiento y la gestión de la sequía, en Cabrera, E. y Babiano, L. La sequía en España. Directrices para minimizar su impacto, Madrid**. Ministerio de Medio Ambiente, 2007. p. 107-132.

Projeto Água viva. CODAU – Centro Operacional de Desenvolvimento e Saneamento de Uberaba. Disponível em: <http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/acervo/agua_viva/arquivos/avaliacao_ambiental/Relatorio%20Ambiental%201.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2014.

SILVA, Mariana Mendes; FERREIRA, Vanderlei de Oliveira; BRITO, Jorge Luís Silva. **Reconhecimento de possíveis influências dos eventos el niño e la niña no regime pluviométrico da bacia do rio Araguari, Minas Gerais**. Revista Geonorte, Manaus, v. 2, n. 5, p.754-765, 2012. Disponível em: <[http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/013_\(Reconhecimento de possíveis influências dos eventos El Niño e La Niña no regime pluviométrico da bacia do Rio \).pdf](http://www.revistageonorte.ufam.edu.br/attachments/013_(Reconhecimento_de_pos%C3%A9veis_influ%C3%AAncias_dos_eventos_El_Ni%C3%B1o_e_La_Ni%C3%B1a_no_regime_pluviom%C3%A9trico_da_bacia_do_Rio).pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2014

Valeriano, M. M. **Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e ambiental, v. 7, n. 3, pp. 539-546, 2003.



VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília : INMET, Gráfica e Editora Pax, 2001. 532p