



As Secas entre 1963 e 2017 no Distrito Federal, Brasil
Drought Between 1963 and 2017 in the Federal District, Brazil

Ana Paula Martins do Amaral Cunha; Sheila Santana de Barros Brito;
Germano Gondim Ribeiro Neto & Regina Célia dos Santos Alvalá

Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN
Estrada Doutor Altino Bondesan, 500 - Distrito de Eugênio de Melo, 12.247-060 São José dos Campos, São Paulo, Brasil
E-mails: ana.cunha@cemaden.gov.br; sheilasbarros@gmail.com; germanogn@hotmail.com; regina.alvala@cemaden.gov.br
Recebido em: 18/06/2018 Aprovado em: 05/07/2018
DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2018_2_487_498

Resumo

A seca é um extremo climático originado pelo déficit de precipitação, que resulta na baixa disponibilidade hídrica para as diferentes atividades humanas. A caracterização da seca em termos de sua duração e severidade ainda é pouco explorada, principalmente em regiões onde a seca não é recorrente em curta escala de tempo. Nesse escopo, o presente estudo apresenta uma avaliação quantitativa dos eventos de seca ocorridos entre os anos de 1963 a 2017 no Distrito Federal, com ênfase na última seca de 2016-2017. Para isso, foram utilizados o Índice de Precipitação Padronizada (SPI) para a avaliação da duração e severidade dos eventos de seca e o Índice de Suprimento de água para a Vegetação (VSWI) para a análise da extensão dos impactos de seca na vegetação. De acordo com o SPI, o evento de seca com maior duração e também mais severo, teve início no ano de 1998 e estendendo-se até o ano de 2004. A Seca mais recente de 2016-2017 teve início no mês de abril, início de período seco, porém permaneceu durante toda a estação chuvosa (outubro de 2016 a março de 2017). No ranking de duração dentre os eventos mais longos ocorridos em Brasília desde 1963, já se enquadra na sexta posição e com relação à severidade, na quarta posição. De acordo com o VSWI, neste último evento de seca, as áreas impactadas pela seca atingiram 75% de toda a área do Distrito Federal.

Palavras-chave: Distrito Federal; Seca; SPI; VSWI

Abstract

Drought is a climatic extreme caused by the precipitation deficit, which results in low water availability for different human activities. The drought characterization regarding of its duration and severity is still little explored, especially in regions where drought is not recurrent in a short time scale. With that in mind, this study presents a quantitative evaluation of the drought events occurred between 1964 and 2017 in the Federal District, with an emphasis on the last drought of 2016-2017. For this, the Standardized Precipitation Index (SPI) was used to evaluate the duration and severity of drought events and the Vegetation Supply Water Index (VSWI) for the spatial analysis of the drought impacts on vegetation. According to the SPI, the longest and most severe drought event, occurred in 1998. The most recent drought 2016-2017 started in April, beginning of the dry period, but remained throughout the wet season (October 2016 to March 2017). Considering ranking of duration and severity, among all the longest and severe events occurred in Brasilia, since 1963, this recent drought event can be positioned in sixth and in fourth position respectively, emphasizing its study importance in scientific community. According to VSWI, in the last drought event, the areas impacted by drought reached 75% of the Federal District.

Keywords: Federal District, Drought, SPI, VSWI.

1 Introdução

A seca é um extremo climático originado pelo déficit de precipitação, que resulta na baixa disponibilidade hídrica para as diferentes atividades humanas (Wilhite & Glantz, 1987). Globalmente, a seca, depois das enchentes (inundações) é o segundo tipo de desastre natural que atinge a maior extensão geográfica. O percentual de áreas impactadas pela seca dobrou entre os anos de 1970 e 2000 em todo o globo (Nagarajan, 2009). Os efeitos da seca se acumulam lentamente ao longo de um período considerável de tempo e podem perdurar anos após a finalização do evento (Batista Júnior, 2012). Sendo assim, a seca pode causar graves implicações para os segmentos agrícola, ambiental e social.

A seca é ainda caracterizada por ser um dos eventos extremos climáticos mais disruptivos, que afeta anualmente milhões de pessoas em todo o globo (Wilhite, 2000). Nos últimos anos, os eventos de seca têm ocorrido com maior frequência e seus impactos agravados tanto pelo aumento da demanda hídrica como pela variabilidade das condições hidrometeorológicas em razão das mudanças do clima (Belal *et al.*, 2014). De acordo com os dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2ID, desenvolvido pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério da Integração Nacional (SEDEC/MI, 2017), apenas nos últimos cinco anos o governo federal realizou o reconhecimento emergencial em razão de seca de pelo menos 2.200 municípios em todo o Brasil. Além disso, de acordo com esta mesma base de dados, cerca de 6 milhões de pessoas tem sido impactadas anualmente. A maior parte desses municípios e população afetada está inserida no limite da região semiárida do Brasil. No entanto, embora a seca ocorra com maior frequência nessa região, pode ocorrer também regiões de clima úmido ou subúmido em razão da ocorrência de um período seco relativo à condição normal local (Dai, 2011).

Considerando os últimos anos, além da Região Nordeste, outros eventos de seca ocorreram na Região Amazônica (2005, 2010 e 2015), na Região Sudeste (2014-2015), na Região Sul (2004 a 2006 e 2012) e na Região Centro-Oeste (2016). Com relação

à Região Sudeste, a maior parte da estação chuvosa de 2014 transcorreu com valores de chuva inferiores à média histórica, incluindo o Sistema Cantareira (Marengo *et al.*, 2015), resultando na mais grave crise hídrica já enfrentada pela Região. Na região Sul, apenas no ano de 2012, de acordo com os dados do S2ID, a seca impactou 638 municípios. O déficit hídrico, ainda causou redução da produção agrícola e redução do nível dos reservatórios da Região (Cemets, 2017). Mais recentemente, no ano de 2016 a Região Centro-Oeste do Brasil também tem vivenciado um evento de seca intenso, resultando em baixos níveis dos reservatórios. Segundo Menezes *et al.* (2016), nos anos de 2014 e 2015, a falta de chuva, a baixa umidade do ar (10%) e altas temperaturas (36,4°C) causaram impactos em todo o Estado de Goiás e no Distrito Federal. O conjunto de condições de estresse hídrico, levou à impactos diretos na saúde da população, na produção agrícola, na intensificação dos incêndios florestais (apenas em 2016 foram mais de 17 mil hectares) e no abastecimento de água (reservatórios e córregos do Distrito Federal secaram e/ou atingiram o nível muito baixo). Diante de tal cenário, o Distrito Federal declarou situação de emergência em razão dos impactos da seca em janeiro de 2017 (S2ID, 2017).

Projeções futuras de clima geradas por modelos climáticos globais e regionais para a região do Distrito Federal e entornos, indicam reduções de até 10% na precipitação anual média em todas as estações do ano. Durante o período chuvoso da região (verão) as reduções são mais intensas (variam desde -0.5 mm/dia a cerca de -3 mm/dia) (Menezes *et al.*, 2016). Tais cenários poderiam causar impactos ainda mais intensos na região. Nesse contexto, a identificação da recorrência de seca, bem como o aumento de sua duração, são elementos relevantes para a comunidade científica e, principalmente para os tomadores de decisão no que concerne na implementação de programas e ações que visem mitigar os impactos da seca.

Diversos métodos e índices têm sido desenvolvidos para a avaliação e quantificação da seca, considerando diferentes variáveis de causa e resposta da seca, tais como precipitação, umidade do solo, evapotranspiração, condição da vegetação,

entre outros (Palmer, 1965, 1968; Gibbs & Maher, 1967; Shafer & Dezman, 1982; Kogan, 1990, 2002; Mckee *et al.*, 1993; Keyantash & Dracup, 2004; Bhuiyan *et al.*, 2006, Abbas *et al.*, 2014). Dentre os índices mais comuns utilizados no monitoramento de secas e que considera apenas dados de precipitação, destaca-se o Índice Normalizado de Precipitação (SPI, sigla em inglês), desenvolvido por Mckee *et al.* (1993, 1995). O SPI baseia-se na distribuição de probabilidades da precipitação e pode ser calculado em diferentes escalas de tempo, viabilizando o uso do índice na avaliação da disponibilidade hídrica seja de curta ou longa duração (Hayes *et al.*, 1999). Além disso, por se tratar de um índice normalizado, permite a comparação do índice entre diferentes locais e climas.

Com relação aos índices de seca elaborados a partir de dados de sensoriamento remoto, destacam-se aqueles que consideram em sua formulação a relação entre o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI, sigla em inglês) e a temperatura da superfície (TS) ou radiométrica (LST, sigla em inglês), tal como o *Vegetation Supply Water Index* (VSWI, Carlson *et al.*, 1990; Carlson *et al.*, 1994; Cunha *et al.*, 2015). Um grande número de índices de seca foi desenvolvido a partir da relação TS/NDVI para o monitoramento e quantificação da seca agrícola/vegetativa, os quais têm mostrado que a combinação da condição da saúde da vegetação (NDVI) e condições de estresse térmico é um método de inferir sobre o conteúdo de umidade no solo (Kogan 1990, 1997; Carlson *et al.*, 1990; Carlson *et al.*, 1994; Bhuiyan *et al.*, 2006; Karnieli *et al.*, 2010; Han *et al.*, 2010; Yagci *et al.*, 2011; Zhou *et al.*, 2012; Son *et al.*, 2012; Du *et al.*, 2013; Mu *et al.*, 2013; Yang *et al.*, 2013; Abbas *et al.*, 2014; Nichol *et al.*, 2015).

De modo geral, os indicadores de seca são particularmente úteis para o monitoramento dos impactos da variabilidade climática, especialmente para a identificação espacial e temporal dos episódios de seca, o que geralmente é bastante complexo. Nesse contexto, o presente estudo apresenta uma avaliação quantitativa dos episódios de seca ocorridos entre os anos de 1964 a 2017, com ênfase na última seca de 2016-2017. Nesse escopo, é

apresentada uma análise da severidade e duração dos episódios de seca considerando o Índice de Índice de Precipitação Padronizada (SPI-12, Mckee *et al.*, 1993) para o período de 1964 a 2017, bem como a avaliação da extensão dos impactos de seca na vegetação, considerando o Índice de Suprimento de água para a Vegetação (VSWI, Cunha *et al.*, 2015) para os anos 2016-2017.

2 Materiais e Métodos

2.1 Área de Estudo

O Distrito Federal está localizado na Região Centro-Oeste do Brasil (Figura 1), compreendendo uma área de 5.814 km², onde residem cerca de três milhões de habitantes (IBGE, 2016). De acordo com Barros (2003), apresenta elevados índices de crescimento urbano e populacional, tratando-se da Capital do país e de um importante centro ordenador de desenvolvimento.

A região é drenada por cursos d'água que pertencem a três das mais importantes bacias hidrográficas do Brasil: a bacia do rio Paraná, bacia do São Francisco e bacia do Tocantins (Barros, 2003), abrigando o cerrado como vegetação predominante. Dos 5.814 km² de área total, aproximadamente 3.000 km² são áreas de pastagens e agrícolas. Segundo o último Censo Agropecuário, no ano de 2006 foram registrados no Distrito Federal 1.824 estabelecimentos agropecuários familiar, que ocupavam uma área aproximada de 100 km² (IBGE, 2006).

De acordo com a classificação climática de Köppen (Codeplan, 1984), no Distrito Federal podem ocorrer, em função de variações de temperaturas e de altitude, climas do tipo: Tropical Aw, Tropical de Altitude Cwa e Tropical de Altitude Cwb. O padrão pluviométrico no Distrito Federal é marcado por dois períodos distintos bem definidos (Campos, 2004): o período seco, que ocorre nos meses de abril a setembro (outono-inverno), e período chuvoso, entre os meses de outubro a março (primavera-verão) (Figura 2). De acordo com Nimer (1979), a precipitação média anual varia entre 1500 e 1750 (Nimer, 1979).

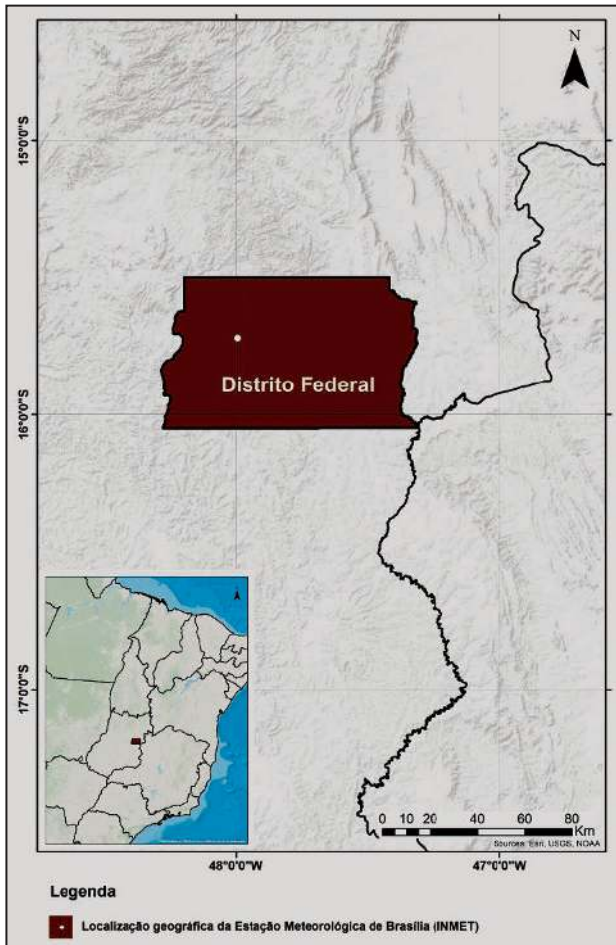


Figura 1 Localização Geográfica do Distrito Federal.

2.2 Dados Pluviométricos

Os dados de precipitação foram obtidos pontualmente através do pluviômetro localizado na estação meteorológica convencional de Brasília (47,92°W; 15,78°S; 1159 m) fornecido pela rede de estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>). Foram utilizados 55 anos de dados observados (na escala mensal) para o período de 1961 a 2017. A informação obtida pelo pluviômetro é expressa em milímetros (mm) que corresponde a 1 litro de água por metro quadrado sobre a superfície.

2.2.1 Índice Padronizado de Precipitação (SPI)

O Índice Padronizado de Precipitação (SPI) utilizado neste trabalho é um índice amplamente utilizado para detectar a seca meteorológica em diversas escalas, tornando possível a caracterização das diferentes tipologias de seca (Mckee *et al.*, 1993; Hayes *et al.*, 1999; Blain & Brunini, 2005; Narashimhan e Srinivasan, 2005). É fortemente recomendado pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM, 2012) e definido pioneiramente por Mckee *et al.* (1993) com a proposta de definir e monitorar a seca. O SPI utilizado no presente trabalho é baseado na formulação proposta por Mckee e calculado pelo al-

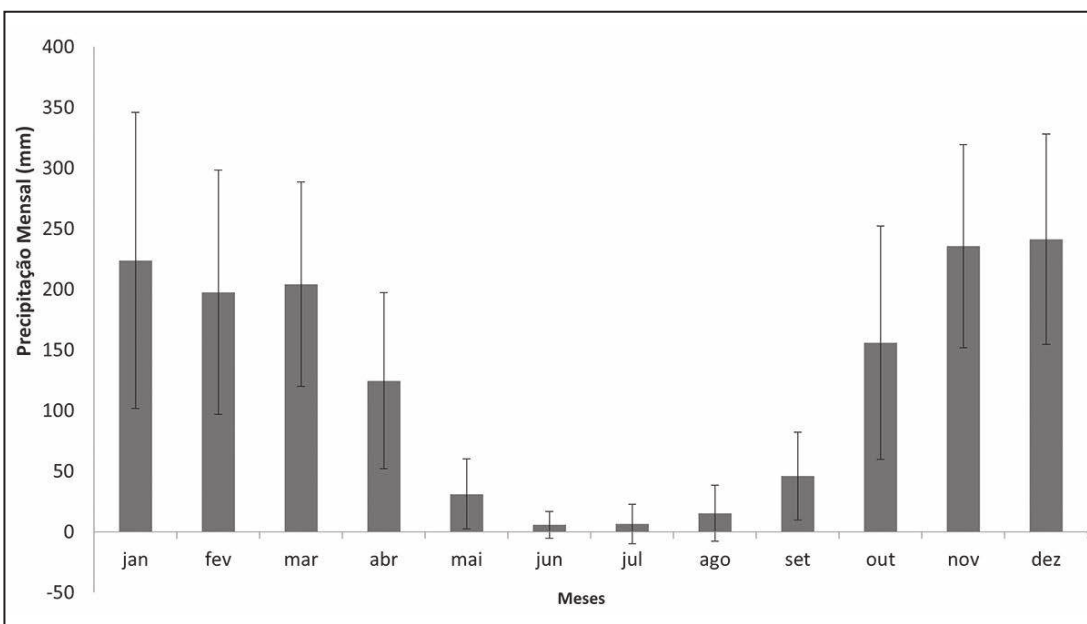


Figura 2 Precipitação pluviométrica média mensal (mm) da Estação Meteorológica de Brasília (15°46'S 47°55' W). Período 1962-2017. Fonte: INMET.

goritmo desenvolvido pela Universidade do Colorado (<http://drought.unl.edu/MonitoringTools/DownloadableSPIProgram.aspx>).

O primeiro passo no cálculo do SPI é utilizar a Distribuição Gamma para ajustar os acumulados mensais da série histórica de precipitação. Como a função cumulativa de Gamma não aceita “zeros” em sua formulação e a série de chuva contém tais valores (ausência de chuva no mês), é necessário realizar a mudança variável (equação 1). A distribuição se torna a Função Gamma incompleta com a mudança de variável (Equação 1).

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x t^{\hat{\alpha}-1} e^{-t} dt \quad (1)$$

Realizando a mudança de variável conforme descrito abaixo, a distribuição cumulativa se torna:

$$H(x) = q + (1 - q)G(x) \quad (2)$$

onde q é a probabilidade de zeros, isto é, . Assim, a probabilidade cumulativa H é então transformada para a variável Z da distribuição normal através da aproximação de Abramowitz & Stegun (1964). A distribuição transformada se reduz no valor denominado pelo SPI e apresenta média zero e variância 1. Por isso, os valores do SPI podem ser interpretados como o número de desvios padrões nos quais a observação se afasta da média climatológica. O índice negativo representa condições de déficit hídrico, nas quais a precipitação é inferior à média climatológica, e índice positivo representa condições de excesso hídrico, que indicam precipitação superior à média histórica. De acordo com Mckee *et al.* (1993), as categorias de seca podem ser definidas de acordo com as variações de SPI como mostra a Tabela 1.

Categoria de Seca	SPI (Mckee <i>et al.</i> ,1993)
Normal	-1,0 < SPI < 1,0
Seca Moderada	-1,5 < SPI ≤ -1,0
Seca Severa	-2,0 < SPI ≤ -1,5
Seca Extrema	SPI ≤ -2,0

Tabela 1 Categorias de Seca de acordo com o SPI.

A definição do evento de seca utilizada neste trabalho é a mesma empregada por Spinoni *et al.* (2014) que estabelece o início da seca quando o SPI indica valores menores do que -1 por pelo menos dois meses consecutivos. O término do evento de seca é estabelecido quando o SPI retorna a valores positivos. A duração de um evento de seca é determinada pelo número de meses entre o mês de início e término e a severidade da seca é o somatório do valor absoluto do SPI no intervalo de duração da seca.

2.3 Dados Obtidos por Sensoriamento Remoto

No presente estudo foram utilizados dois conjuntos de imagens do sensor MODIS a bordo dos satélites Terra e Aqua, disponibilizadas pelo *Earth Observing System* (EOS/NASA) por meio do *Land Processes Distributed Active Archive Center* (LP-DAAC). O primeiro conjunto é composto por dados de NDVI dos produtos MOD13A2 e MYD13A2, ambos com resolução espacial de 1 km e composição de 16 dias. O segundo conjunto de dados é composto por dados de temperatura da superfície dos produtos MOD11A2 e MYD11A2, ambos com resolução de 1 km e composição de 8 dias. Os dois conjuntos de dados foram elaborados para o período de 2003 a 2017. As imagens adquiridas no formato HDF foram convertidas para o formato Geotiff e reprojetaadas para Projeção Geográfica (datum WGS-84) com o auxílio da ferramenta *MODIS Reprojection Tool* (MRT), disponibilizada gratuitamente no endereço eletrônico <http://edcdaac.usgs.gov/landdaac/tools/modis/index.asp> (Anderson *et al.* 2005). As escalas temporais dos dados de temperatura da superfície (TS) e NDVI foram ajustadas por meio de composição das imagens em médias mensais.

2.3.1 Índice de Suprimento de Água para a Vegetação (VSWI)

O VSWI relaciona o NDVI com TS em forma de razão. O índice indica condição de seca quando o valor do NDVI é baixo (baixa atividade fotossintética) e a temperatura da vegetação é alta (estresse hídrico). Portanto, o índice é inversamente

proporcional ao conteúdo de umidade do solo é fornece uma indicação indireta do suprimento de água para a vegetação.

$$VSWI_{ijk} = \frac{0.02(LST_{ijk})}{0.001(NDVI_{ijk})} \quad (3)$$

Para cada pixel i no período j para o ano k , valores maiores de VSWI indicam alta temperatura do dossel e baixo valor de índice de vegetação que significa que a vegetação está sob condição de estresse hídrico. A resolução espacial do produto final é de 1 km e resolução temporal de 8 dias (composição Terra/Aqua). O índice VSWI apresenta grande variabilidade espacial na área de estudo. Um valor alto do índice pode indicar seca em uma região, mas em outra pode não ser indicativo de seca. Tal relação depende da cobertura vegetal e solo da região (entre outros fatores). Assim, para evitar o uso de um range de valores que possa conter erros, considera-se neste trabalho o uso de porcentagens de anomalias de VSWI. As porcentagens de anomalias VSWI foram calculadas para avaliar as mudanças do índice em relação às condições normais. Porcentagens de anomalias positivas indicam que o índice em determinado período é maior do que a média, indicando condição de seca e vice-versa (Cunha *et al.*, 2015).

3 Resultados

A evolução temporal do SPI para a estação meteorológica de Brasília é apresentada na Figura 3. A série de dados tem início em março de 1963 e fim em março de 2017. As barras na cor azul mostram os valores positivos do índice e as barras em vermelho, os valores negativos. As categorias de seca são ilustradas pelas cores amarela (moderada), laranja (severa) e marrom (extrema) no eixo das ordenadas (SPI).

Conforme destacado acima, de acordo com a metodologia proposta em Spinoni *et al.* (2014) e Brito *et al.* (2017) e considerada no presente estudo, caracteriza-se um evento de seca, quando pelo menos, em dois meses consecutivos os valores de SPI forem inferiores à -1. Nesse contexto, no período de 1963 a 1970 (Figura 3a), alguns intervalos de tempo apresentam valores negativos de SPI (por exemplo, entre março e setembro de 1968 e janeiro a setembro

de 1969), mas não são considerados como eventos de seca. O mesmo ocorre nos anos 1971, 1972, de 1974 a 1976 (Figura 3b), 1989 (Figura 3c), entre os anos de 1993 e 1994 (Figura 3d), no ano 2001 (Figura 3e), 2005 e 2010 (Figura 3d) e 2011 (Figura 3e).

Dentro de 54 anos de análise (1963-2017) foram identificados um total de onze eventos de seca (Tabela 2). O primeiro evento ocorreu no ano de 1963 e o mais recente no ano de 2017. De acordo com o ranking de duração, a seca mais longa no Distrito Federal teve início no ano de 1998 e durou até janeiro de 2004, contabilizando 64 meses de duração. Este mesmo evento de seca, também foi identificado como sendo o de maior severidade, segundo o ranking de severidade. O segundo evento mais longo teve início em janeiro de 1984 e término em novembro de 1985, contabilizando 23 meses de duração. Tal resultado corrobora o trabalho de Barros (2003) que caracterizou a seca de 1984 como a de maior relevância considerando o período de 1979 a 1997 (19 anos), visto que o ano de 1998 não está incluído na análise de Barros. O segundo ano mais seco (entre 1979 e 1997) identificado por Barros foi o ano de 1986, que de acordo com o presente estudo é considerado o terceiro tanto em termos de severidade quanto de duração (20 meses). Ressalta-se, no entanto, que no trabalho de Barros (2003) foi considerada apenas a análise de pluviogramas, não adotando uma metodologia específica para a identificação de eventos de seca. Para o evento de seca de 1986, Barros (2003) destaca ainda que entre os meses de março e abril, sistemas intertropicais oriundos de um anticiclone no Atlântico Sul dominaram as condições do tempo nesse período, bloqueando a passagem das frentes frias para a região, causando assim a redução de chuvas. Além disso, a retomada das chuvas em outubro de 1986 (início estação chuvosa) também foi prejudicada pelo bloqueio dos sistemas frontais oriundos do sul/sudeste do país.

Em cerca de 70% dos casos de seca identificados no Distrito Federal (Tabela 2), o início do evento se deu em plena estação chuvosa. Sendo dois destes, os do ano de 1963 e 2007 com início no primeiro mês da estação chuvosa (outubro). Uma vez que o evento de seca persista por toda a estação chuvosa, dificilmente a situação de estresse hídrico se reverterá durante o período de estiagem. Como consequência, os eventos tornam-se mais longos. Além disso, a seca durante a estação chuvosa,

também é a responsável pela quebra da produção agrícola. Conforme ressaltado por Campos (2004), os casos de veranicos (um período sem ocorrência de chuvas ocasionando déficit hídrico dentro da estação chuvosa) podem ser responsáveis pela quebra na produção agrícola do Distrito Federal, em especial na Bacia do Rio Preto.

A seca que permanece vigente no mês de março de 2017 teve início em abril de 2016 (Figura 4), resultando em uma seca que já persiste por 11 meses, podendo se prolongar por tempo ainda superior. Embora este último evento de seca tenha tido o início no mês de abril (mês climatologicamente seco), persistiu durante toda a estação chuvosa 2016-2017 (outubro a março). Durante os meses de outubro de 2016 a dezembro de 2016, o evento de seca foi categorizado como seca moderada de acordo com o SPI. Apenas no mês de janeiro de 2017, o evento intensificou-se atingindo a categoria de seca extrema (Figura 4). De acordo com a metodologia proposta neste trabalho, este evento de seca, mesmo que ainda esteja em curso, já se enquadra na sexta posição no ranking de duração dentre os eventos mais longos ocorridos na história de Brasília e, na quarta posição em termos da severidade desde 1963 (Tabelas 3 e 4).

Com a finalidade de avaliar a evolução espaço-temporal dos impactos da seca durante o período de janeiro de 2016 a março de 2017, foram gerados mapas mensais do percentual de anomalia do VSWI (Figura 5). Os mapas permitem uma avaliação dos impactos da seca, principalmente na vegetação. Nos meses de janeiro a março de 2016, incluídos no período chuvoso, observa-se, especialmente na porção leste do Distrito Federal, áreas sob condição de seca extrema (marrom escuro), o mesmo padrão é observado nos meses de fevereiro e março de 2017.

Nos meses de maio a julho de 2016, tipicamente secos no Distrito Federal, a maior parte do Distrito Federal apresentou condição de seca vegetativa/agrícola (entre 57 % e 75% da área). O mesmo impacto não se estendeu apenas dentro do limite do Distrito Federal, mas também em todo o entorno da região. Embora já se esperasse valores indicativos de condição de seca neste período, ressalta-se que estes percentuais são maiores quando comparados com anos anteriores com condição normal de chuva (não mostrado). No mesmo período no ano de 2015, os percentuais de área impactadas variaram entre apenas 3% a 12% (Figura 6). Durante período de

seca, o suprimento de água no solo não atende à quantidade de água necessária para o crescimento da vegetação. Consequentemente, ocorre o fechamento dos estômatos para a redução da perda de água do dossel pela evapotranspiração, levando ao aumento da temperatura. Assim, as características de adaptação fisiológicas da vegetação se alteram em função da umidade do solo. Nessas condições, o percentual de anomalia de VSWI mantém-se com valores positivos, como os vistos no período de maio a julho de 2017.

Início	Fim	Duração	Severidade
10/1963	12/1963	3	3,12
12/1967	01/1968	2	2,01
11/1974	02/1976	16	9,70
11/1977	01/1978	3	3,15
02/1981	12/1981	11	17,81
01/1984	11/1985	23	34,21
04/1986	11/1987	20	26,52
02/1996	02/1997	12	20,23
09/1998	01/2004	64	45,95
10/2007	08/2008	10	11,70
04/2016	03/2017	11	20,57

Tabela 2 Eventos de seca em Brasília desde março/1963.

Classificação	Início	Fim	Duração	Severidade
1°	01/1984	11/1985	23	34,21
2°	01/1999	09/2000	21	22,50
3°	04/1986	11/1987	20	26,52
4°	10/2002	01/2004	16	8,56
5°	02/1996	02/1997	13	20,23
6°	04/2016	03/2017	11	20,57
7°	02/1981	12/1981	11	17,81
8°	10/2007	08/2008	10	11,70
9°	11/1977	01/1978	3	3,15

Tabela 3 Ranking por duração.

Classificação	Início	Fim	Duração	Severidade
1°	01/1984	11/1985	23	34,21
2°	04/1986	11/1987	20	26,52
3°	01/1999	09/2000	21	22,50
4°	04/2016	03/2017	11	20,57
5°	02/1996	02/1997	13	20,23
6°	02/1981	12/1981	11	17,81
7°	10/2007	08/2008	10	11,70
8°	10/2002	01/2004	16	8,56
9°	11/1977	01/1978	3	3,15

Tabela 4 Ranking por severidade.

As Secas entre 1963 e 2017 no Distrito Federal, Brasil

Ana Paula Martins do Amaral Cunha; Sheila Santana de Barros Brito; Germano Gondim Ribeiro Neto & Regina Célia dos Santos Alvalá

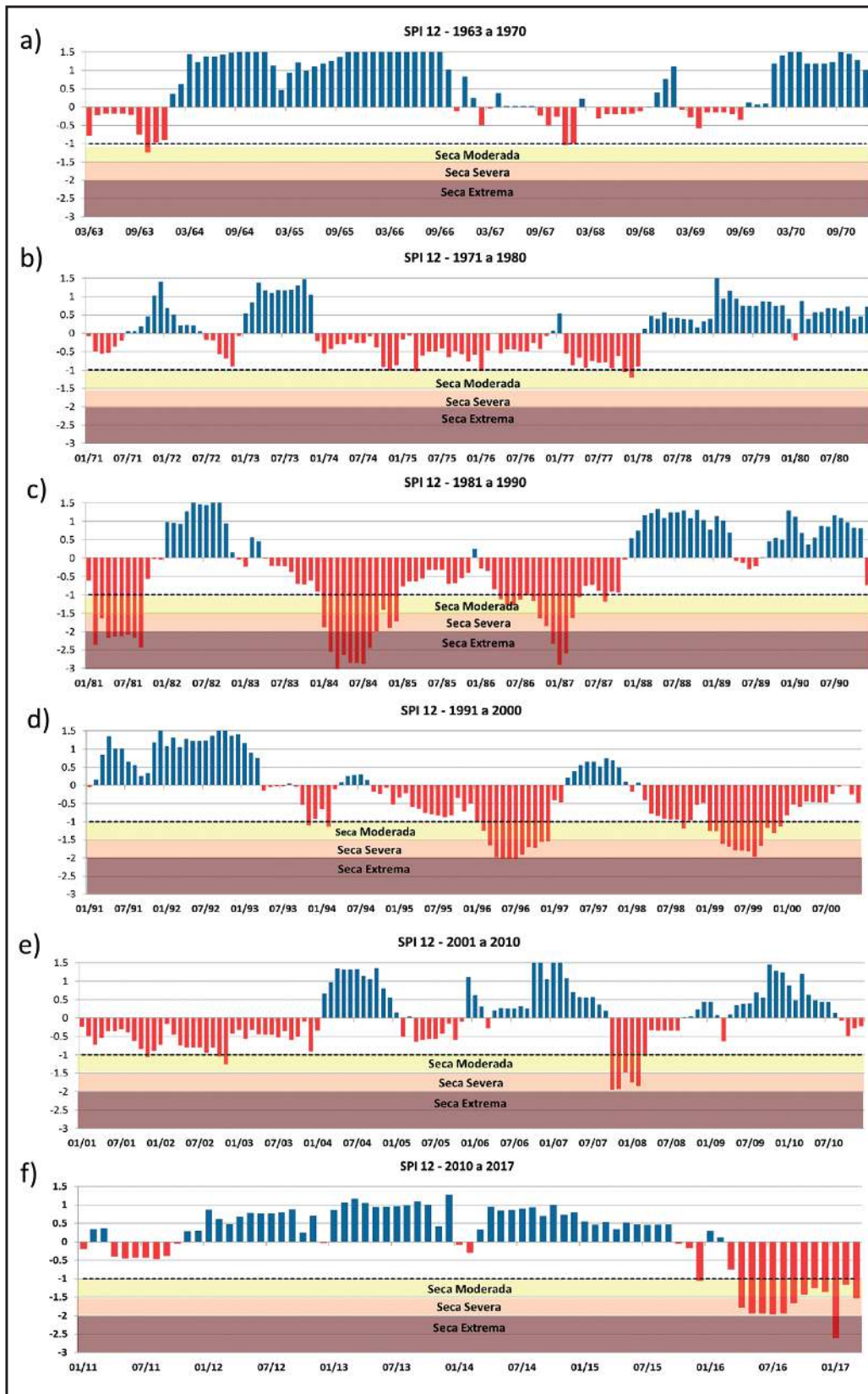


Figura 3 Índice de Precipitação Padronizada (SPI-12) por décadas (a) 1964-1970, (b) 1971-1980, (c) 1981-1990, (d) 1991-2000, (e) 2001-2010 e (f) 2011-2017.

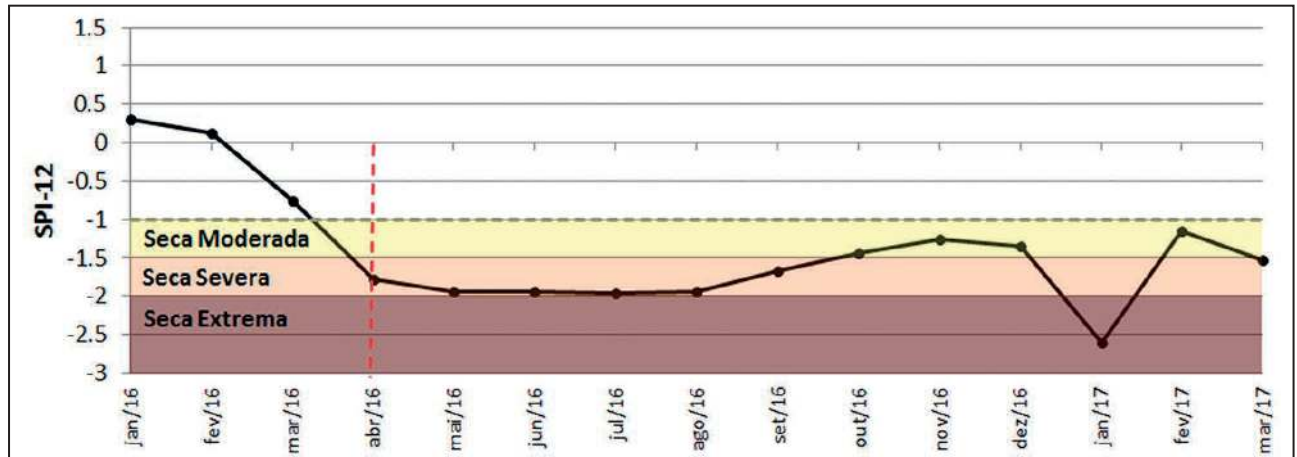


Figura 4 Índice de Precipitação Padronizada (SPI-12) para os últimos 15 meses (de Janeiro de 2016 a Março de 2017) usando como período base de 1961-2017.

4 Considerações Finais

Diferentes indicadores de seca são conhecidos e utilizados pela comunidade científica. Porém, a caracterização da seca em termos de sua duração e severidade ainda é pouco explorada, principalmente em regiões onde a seca não é recorrente anualmente. Dentre essas regiões destaca-se o Distrito Federal. Poucos estudos foram realizados com o objetivo de quantificar as secas já ocorridas, ou mesmo, para avaliar os impactos da última seca de 2016-2017 na região. Nesse escopo, o presente estudo apresentou uma avaliação das secas ocorridas entre os anos de 1963 a 2017 no Distrito Federal, bem como um mapeamento dos impactos da última seca na vegetação. A avaliação foi realizada considerando SPI calculado a partir de dados de precipitação observada da estação meteorológica de Brasília bem como pelo uso do indicador VSWI, estimado a partir de dados de sensoriamento remoto.

De acordo com o SPI, o evento de seca com maior duração e também mais severo, foi o ocorrido no ano de 1998. O último evento de seca de 2016-2017, ainda vigente, teve início no mês de abril de 2016 e por enquanto está classificado como o sexto evento mais longo em termos de duração e o quarto com relação à severidade. No entanto, embora não seja o evento mais severo ou com maior duração, os impactos da seca já vem sendo evidenciados. Desde o janeiro de 2017, em razão do déficit pluviométrico na região do Distrito Federal a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (Caesb), tem medidas de redução de pressão, rodízio do

abastecimento, paralisação parcial do abastecimento e campanhas de incentivo à redução do consumo de água (Caesb, 2017). Segundo a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (Adasa, 2017), o reservatório do Descoberto (principal reservatório do Distrito Federal que atende cerca de 60% da população) atingiu a marca de 20% no mês de novembro de 2016. Diante da crise hídrica o Distrito Federal declarou situação de emergência em razão dos impactos da seca em janeiro de 2017 (S2ID, 2017).

Conforme destacado previamente, as projeções futuras de clima geradas para a região do Distrito Federal e entornos, indicam reduções na precipitação em todas as estações do ano, ocasionando em impactos ainda mais intensos na região. Nesse contexto, o presente estudo apresenta uma contribuição metodológica para a identificação da recorrência de seca, para avaliação da duração do evento e finalmente para a quantificação dos impactos causados. Ressaltando assim que a seca de 2017 em vigência (iniciada em abril de 2016) ainda pode tomar maiores proporções, cabendo atenção especial dos tomadores de decisão no sentido de planejar estratégias de ação (ainda em tempo) para mitigar os possíveis impactos. De maneira geral este trabalho discutiu aspectos relevantes para a comunidade científica e, principalmente para os tomadores de decisão no que concerne a implementação de programas e ações que visem mitigar os impactos da seca.

As Secas entre 1963 e 2017 no Distrito Federal, Brasil

Ana Paula Martins do Amaral Cunha; Sheila Santana de Barros Brito; Germano Gondim Ribeiro Neto & Regina Célia dos Santos Alvalá

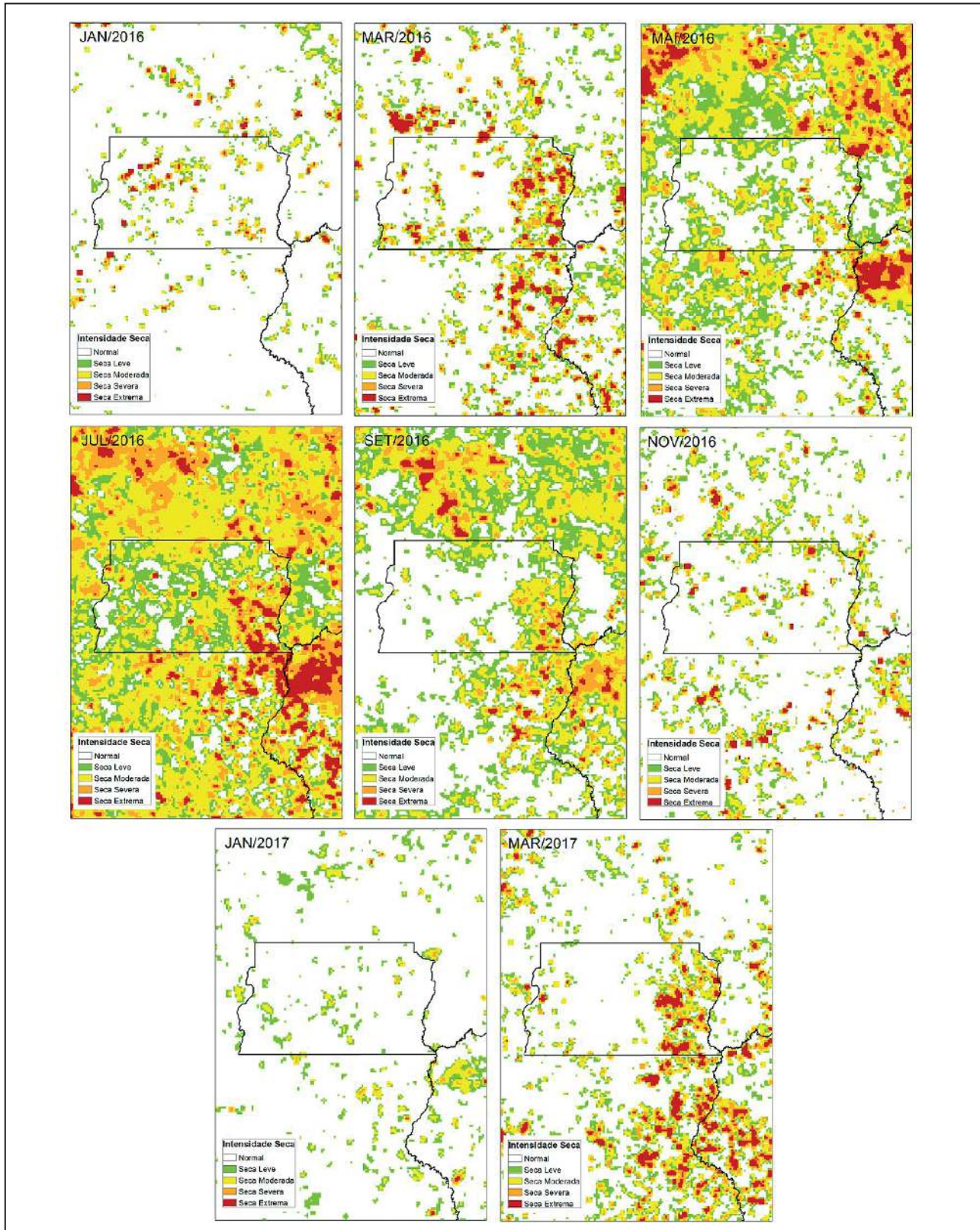


Figura 5 Evolução temporal dos impactos da seca a partir do indicador VSWI.

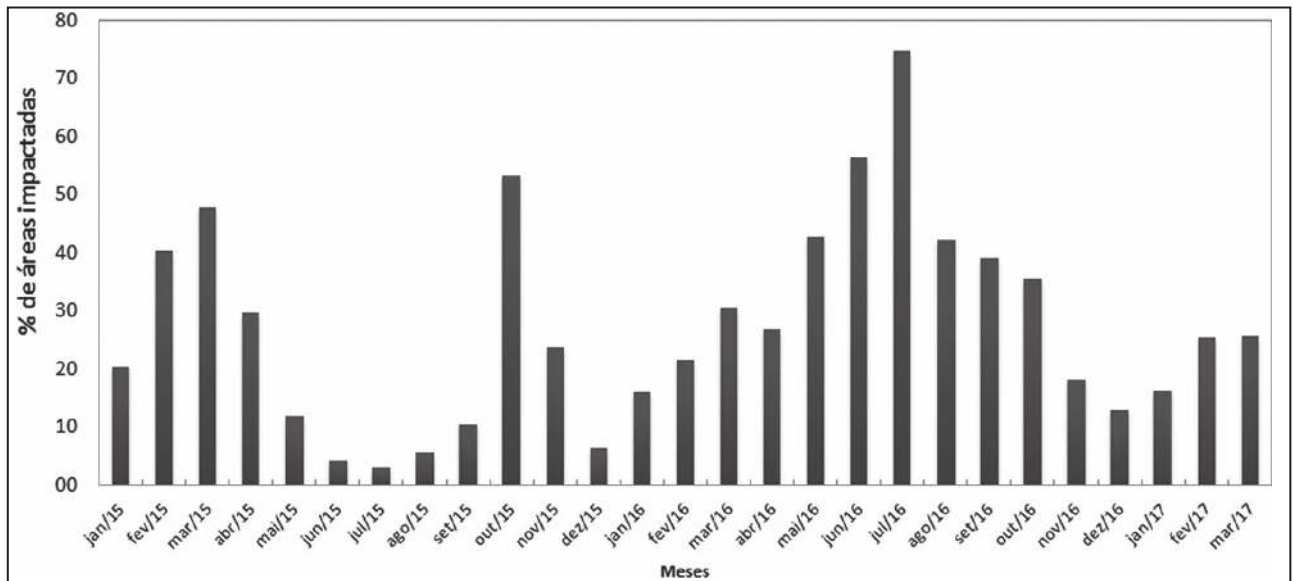


Figura 6 Percentual de áreas impactadas pela seca de acordo com o índice VSWI.

5 Referências

- Abbas, S.; Nichol, J.E.; Qamer, F.M. & Xu, J. 2014. Characterization of Drought Development through Remote Sensing: A Case Study in Central Yunnan, China. *Remote Sensing*, 6: 4998-5018.
- Abramowitz, M. & Stegun, I.A. 1964. *Handbook of Mathematical Function: with Formulas, Graphs and Mathematical Tables*. New York. Dover Publications. 1046 p.
- ADASA. Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Disponível em: <http://www.adasa.df.gov.br/>. Acesso em abril de 2017.
- Anderson, L.O.; Aragão, L.E.O.C.; Lima, A. & Shimabukuro, Y.E. 2005. Detecção de cicatrizes de áreas queimadas baseada no modelo linear de mistura espectral e imagens índice de vegetação utilizando dados multitemporais do sensor MODIS/TERRA no estado do Mato Grosso, Amazônia brasileira. *Acta Amaz., Manaus*. 35(4): 445-456.
- Barros, J.R. 2003. A chuva no Distrito Federal: o regime e as excepcionalidades do ritmo. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Dissertação de Mestrado, 221p. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/86531>. Acesso em abril de 2017.
- Belal, A.A.; El-Ramady, H.R.; Mohamed, E.S. & Ahmed, M.S. 2012. Drought risk assessment using remote sensing and GIS techniques. *Arab. J. Geosci.*, 7: 35-53.
- Bhuiyan C.; Singh R.P. & Kogan, F.N. 2006. Monitoring drought dynamics in the Aravalli region (India) using different indices based on ground and remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8: 289-302.
- Blain, G.C. & Brunini, O. 2005. Quantificação da seca agrícola pelo Índice Padronizado de evapotranspiração Real (IPER) no estado de São Paulo. *Bragantia*, 65(3): 519-527.
- Brito, S.S.; Cunha, A.P.M.A.; Cunningham, C.C.; Alvalá, R.C.; Marengo, J.A. & Carvalho, M.A. 2017. Frequency, duration and severity of drought in the Semi-arid Northeast Brazil region. *International Journal of Climatology*.
- CAESB. 2017. *Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal*. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/8-portal/nticias/564>. Acesso em: abril de 2017.
- Campos, J.E.G. 2004. Hidrogeologia do Distrito Federal: Bases para a gestão dos recursos hídricos subterrâneos. *R. Bras. Geoci.*, 34: 41-48.
- Carlson, T.N.; Perry, E.M. & Schmugge, T.J. 1990. Remote estimation of soil moisture availability and fractional vegetation cover for agricultural fields. *Agric. For. Meteorol.*, 52: 45-69.
- Carlson, T.N.; Gillies, R.R. & Perry, E.M. 1994. A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover. *Remote Sens. Rev.*, 9: 161-173.
- CEMETRS. 2017. *Centro Estadual de Meteorologia. Estudo comparativo das estiagens: 2004/2005 e 2011/2012*. Nota Técnica Nº05 (23/01/2012). Disponível em: <http://www.cemet.rs.gov.br/>. Acesso em abril de 2017.
- CODEPLAN. 1984. Atlas do Distrito Federal. Brasília, DF.
- Cunha, A.P.M.; Alvalá, R.C.; Nobre, C.A. & Carvalho, M.A. 2015. Monitoring vegetative drought dynamics in the Brazilian semi-arid region. *Agricultural and Forest Meteorology*, 214-215: 494-505.
- Dai, A. 2011. Drought under global warming: a review. *Wiley Interdiscip. Rev. Clim. Change*, 2(1): 45-65.
- Du, L.; Tian, Q.; Yu, T.; Meng, Q.; Jancso, T.; Udvardy, P. & Huang, Y. 2013. A comprehensive drought monitoring method integrating MODIS and TRMM data. *Int. J. Appl. Earth Obs.*, 23: 245-253.
- Gibbs, W.J. & Maher, J.V. 1967. Rainfall Deciles as Drought Indicators. *Australian Bureau of Meteorology, Bulletin*, 48: 37.
- Han, Y.; Wang, Y.Q. & Zhao, Y.S. 2010. Estimating soil moisture conditions of the greater Changbai Mountains by land

- surface temperature and NDVI. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 48: 2509–2515.
- Hayes, M. J.; Svoboda, M.D.; Wilhite, D.A. & Vanyarkho, O.V. 1999. Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index. *Bulletin of the American Meteorology Society*, 80 (3): 429-438.
- IBGE. 2017. *Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Censo Agropecuário*, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em março de 2017.
- IBGE. 2017. *Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Cidades*. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acesso em abril de 2017.
- Júnior, W.B. 2012. *Identificação e avaliação dos fatores de ocorrência de secas na bacia do Rio Guandu – Espírito Santo*. Programa de Pós-graduação em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Tese de Doutorado, 127p.
- Karnieli, A.; Agam, N.; Pinker, R.T.; Anderson, M.; Imhoff, M.L.; Gutman, G.G.; Panov, N. & Goldberg, A. 2010. Use of NDVI and land surface temperature for drought assessment: Merits and limitations. *J. Clim.*, 23: 618–633.
- Keyantash, J. & Dracup, J.A. 2004. An aggregate drought index: assessing drought severity based on fluctuations in the hydrologic cycle and surface water storage. *Water Resources Research*, 40: 1-13.
- Kogan, F.N. 1990. Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. *International Journal of Remote Sensing*, 11: 1405–1419.
- Kogan, F.N. 1997. Global drought watch from space. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, 621–636.
- Kogan, F.N. 2002. World droughts in the new millennium from AVHRR-based Vegetation Health Indices. *Eos Transactions American Geophysical Union Journal*. 83: 562–563.
- Marengo, J.A.; Nobre, C.A.; Seluchi, M.E.; Cuartas, A.; Alves, L.M.; Mendiondo, E.M.; Obregón, G. & Sampaio, G. 2015. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Rev. USP*, 106: 31–44.
- Mckee, T.B.; Doesken, N.J. & Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales, In: 8th Conference on Applied Climatology, Anaheim, California, p. 179-184.
- Menezes, L.S.; Chou, S.C.; Almeida, J.M.V.; Souza, S.A.; Bezerra, W.A.; Rodrigues, L.N. & Rocha, C.H.D. 2016. *Mudanças climáticas no DF e Ride: detecção e projeções das mudanças climáticas para o Distrito Federal e região integrada de desenvolvimento do DF e entorno*. Brasília, Secretaria do Meio Ambiente. 192 p.
- Mu, Q.; Zhao, M.; Kimball, J.S.; Mcdowell, N.G. & Running, S.W. 2013. A remotely sensed global terrestrial drought severity index. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 94: 83–98.
- Nagarajan, R. 2009. *Drought assessment*. New Delhi, Capital Publishing Company, co-published by Springer.
- Narashimhan, B.E. & Srinivasan, R. 2005. Development and evaluation of soil moisture deficit index (SMDI) and evapotranspiration deficit index (ETDI) for agricultural drought monitoring. *Agricultural and forest meteorology*, 133: 69-88.
- Nichol, J.E.; Abbas, S. 2015. Integration of remote sensing datasets for local scale assessment and prediction of drought. *Sci. Total Environ.*, 505: 503-507.
- Nimer, E. 1979. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro, Supren. Volume 4. 422p.
- OMM. 2012. Organização Meteorológica Mundial: Índice Padronizado de Precipitação. Guia do Usuário. 2012. (M. Svoboda, M. Hayes e D. Wood). (WMO-No. 1090), Genebra.
- Palmer, W.C. 1965. *Meteorological Drought*. Weather Bureau, Research Paper No. 45, Washington, DC: U.S. Department of Commerce Weather Bureau, 58 p.
- Palmer, W.C. 1968. Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: the new Crop Moisture Index. *Weatherwise*, 21: 156–161.
- S2ID. 2017. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil do Ministério da Integração Nacional. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br>. Acesso em março de 2017.
- Shafer, B.A. & Dezman, L.E. 1982. Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. 1982. In: Annual WESTERN SNOW CONFERENCE, 50, Fort Collins, CO, 164–175.
- Son, N.T.; Chen, C.F.; Chen, C.R.; Chang, L.Y. & Minh, V.Q. 2012. Monitoring agricultural drought in the Lower Mekong Basin using MODIS NDVI and land surface temperature data. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 18: 417–427.
- Spinoni, J.; Naumann, G.; Carrão, H.; Barbosa, P. & Vogt, J. 2014. World drought frequency, duration, and severity for 1951–2010. *International Journal of Climatology*, 34: 2792–2804.
- Wilhite, D.A. & Glantz, M.H. 1985. Understanding the drought phenomenon: The role definitions. *Water International*, 10: 111–120.
- Wilhite, D.A. 2000. Drought as a natural hazard: concepts and definitions. In: WILHITE D.A. (ed.). *Droughts: Global Assessment*. London: Routledge, p. 3–18.
- Yagci, A.L.; Deng, M.; Di, L.; Han, W. & Peng, C. 2011. Vegetation index based technique for global agricultural drought monitoring, Recent Advances in Space Technologies (RAST), 2011 5th International Conference, 137: 9-11.
- Yang, S.; Xu, Y. & Gao, Y. 2013. Summer Drought Assessment Based on Vegetation Supply Water Index in Chongqing. *Adv. Intel. Sys. Res.*
- Zhou, L.; Zhang, J.; Wu, J.; Zhao, L.; Liu, M.; Lü, A. & Wu, Z. 2012. Comparison of remote sensed and meteorological data derived drought indices in Mid-Eastern China. *Int. J. Remote Sens.*, 33: 1755–1779.