



Análise das Secas nas Regiões Norte e Noroeste Fluminense
Analysis of Droughts in the North and Northwest Fluminense Regions

Giovana Deolinda Rodrigues Nery Santos & Eliane Barbosa Santos

*Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Laboratório de Meteorologia,
Av. Alberto Lamago 2000, 28013-602, Macaé, RJ, Brasil
E-mails: giovana.deolinda@gmail.com; elianebs@uenf.br
Recebido em: 11/09/2019 Aprovado em: 19/05/2020
DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2020_4_1_10*

Resumo

Os eventos de seca vêm ocorrendo com mais frequência nos últimos anos, não só na região Nordeste, como também no Sudeste do Brasil. No estado do Rio de Janeiro, as regiões Norte e Noroeste Fluminense são as que apresentam maior ocorrência de eventos de déficit de precipitação. Neste sentido, o principal objetivo deste trabalho foi analisar a seca e sua tendência de ocorrência nas regiões Norte e Noroeste Fluminense. Para tanto, foram utilizados dados de precipitação de oito postos pluviométricos da rede hidrometeorológica gerenciada pela Agência Nacional de Águas, referentes ao período de 1967 a 2016. Também foram analisados dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Para caracterizar e estudar a seca foi utilizado o Índice de Precipitação Padronizada. Em seguida, foi usado o teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall para verificar a existência de tendência no número de ocorrência dos eventos. Na análise de tendência, foi verificado que os postos pluviométricos localizados em Quissamã e Campos dos Goytacazes (São Thomé) apresentaram tendência positiva estatisticamente significativa a 5%, indicando que o número de ocorrência de secas vem aumentando com o tempo. Destaca-se, ainda, que os eventos considerados secos foram registrados em todas as estações do ano.

Palavras-chave: *déficit de chuva; índice de precipitação padronizada; análise de tendência*

Abstract

Drought events have been occurring more frequently in recent years, not only in the Northeast region but also in Southeast Brazil. In the state of Rio de Janeiro, the North and Northwest Fluminense regions are the ones with the highest occurrence of deficit events precipitation. In this way, the main objective of this work was to analyze the droughts and their tendency to occur in the North and Northwest Fluminense regions. For this purpose, rainfall data from eight pluviometric posts of the hydrometeorological network managed by the National Water Agency for the period from 1967 to 2016 were used. Data from the Integrated Disaster Information System were also analyzed. To characterize and study droughts, the Standardized Precipitation Index was used. Then, the Mann-Kendall non-parametric statistical test was used to verify the existence of a trend in the number of events occurring. In the trend analysis was verified that the pluviometric posts located in Quissamã and Campos dos Goytacazes (São Thomé) showed a statistically significant positive trend (at 5% level), indicating that the number of droughts has been increased over time. It is also noteworthy that the events considered drought were recorded in all seasons of the year.

Keywords: *rain deficit; standardized precipitation index; trend analysis*

1 Introdução

As secas são fenômenos naturais caracterizados pela deficiência de precipitação durante um período prolongado de tempo. São considerados desastres naturais sempre que ocorrem de forma intensa em locais densamente habitados, resultando em danos materiais e humanos e prejuízos socioeconômicos (CEMADEN, 2016). O dano ganha proporções maiores quando a economia local está diretamente ligada às atividades da agropecuária e agricultura. Dependendo do tamanho da cultura, da necessidade de irrigação e da sua importância na economia do município, os danos podem apresentar magnitudes economicamente catastróficas (CEPED UFSC, 2013).

Segundo Castro (2003), do ponto de vista meteorológico, a seca é uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes, e numa visão socioeconômica, a seca depende muito mais das vulnerabilidades dos grupos sociais afetados que das condições climáticas. Ao contrário de outras catástrofes naturais, a seca tem, quase sempre, um início lento, uma longa duração e espalha-se, na maioria das vezes, por uma extensa área. Os efeitos da seca vão se acumulando lentamente ao longo de um período considerável de tempo e podem perdurar anos após a finalização do evento (Suassuna, 1999).

No Brasil, as secas são caracterizadas pela sua grande abrangência espacial e ocorrência recorrente na região semiárida, por causa principalmente da sua vulnerabilidade hídrica (CEMADEN, 2016). Nos últimos anos, esses eventos cresceram na região Sudeste do país, onde a falta de água, a partir do ano de 2014, passou a ameaçar o abastecimento das principais metrópoles do estado de São Paulo. Na região metropolitana do Rio de Janeiro, a redução nos reservatórios também passa a afetar o abastecimento de água (Silva, 2015). Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA - Brasil, 2017), a crise hídrica provocada pela seca, no período de 2013 a 2016, afetou 48 milhões de pessoas, onde o ano de 2016 foi o mais crítico em relação aos impactos sobre a população.

De acordo com o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (CEPED UFSC, 2013), no estado do Rio de Janeiro, as regiões Norte e Noroeste Fluminense são as que apresentam os maiores registros de eventos relacionados ao déficit de precipitação. Diante disso, conhecer o comportamento das secas e verificar se existe tendência no número de ocorrência nessas regiões, é de suma importância, visto que esses eventos podem causar perdas de grande extensão, sejam elas humanas, materiais ou ambientais. Portanto, o objetivo deste trabalho foi analisar o comportamento da seca e verificar se há tendência na ocorrência dos eventos nas regiões Norte e Noroeste Fluminense.

2 Dados e Metodologia

2.1 Dados

Foram utilizados dados diários de precipitação da rede hidrometeorológica gerenciada pela Agência Nacional de Águas. Após a verificação da qualidade dos dados, foram escolhidos oito postos pluviométricos com dados consistentes de 1970 a 2016. Esses postos pluviométricos apresentam, para o período de 1970 a 2016, um percentual de falhas inferior a 4%. Para o cálculo do acumulado mensal, foi descartado o mês que apresentou algum valor diário faltante.

Os postos pluviométricos encontram-se nos municípios de Campos dos Goytacazes, Macaé, Natividade, Porciúncula, Quissamã, Santo Antônio de Pádua e São Fidélis, conforme ilustra a Figura 1.

Além dos dados de precipitação, foram analisados os eventos oficiais de desastres relacionados ao fenômeno de seca registrados no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID). O S2ID foi desenvolvido em 2011 por meio de uma cooperação entre a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) e o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina. No S2ID são feitos os registros de desastres ocorridos nos municípios/estados e acompanhamentos dos processos de reconhecimento federal de situação de emergência ou de estado de calamidade pública. Neste trabalho, foram considerados os registros dos seguintes documentos: Avaliação de Danos (AVADAN), Formulário de Informações sobre Desastres (FIDE), Notificação Preliminar do Desastre (NOPRED), Relatório de Danos, Portaria e Decreto.

2.2 Metodologia

2.2.1 Índice de Precipitação Padronizada

Para caracterizar e estudar o comportamento das secas nos oito postos pluviométricos localizados nas regiões Norte e Noroeste Fluminense, foi utilizado o Índice de Precipitação Padronizada (*Standard Precipitation Index - SPI*), desenvolvido por McKee *et al.* (1993).

O SPI é um índice que quantifica o déficit ou excesso de precipitação, acumulados para quaisquer escalas de tempo (Hayes *et al.*, 1999). Seu cálculo é baseado nos dados mensais de precipitação de longo prazo (mínimo de 30 anos) ajustado a uma distribuição gama, que em seguida é transformada em uma distribuição normal (Edwards & McKee, 1997). A função de densidade de probabilidade é definida por:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (1)$$

sendo: $\alpha > 0$ parâmetro de forma da distribuição gama, $\beta > 0$ parâmetro de escala da distribuição gama, $x > 0$ o total de precipitação e $\Gamma(\alpha)$ a função gama.

A função gama é obtida por meio da equação:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (2)$$

Para estimar os parâmetros de forma α e β , utiliza-se o método da máxima verossimilhança:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\bar{x}}{\hat{\alpha}} \quad (4)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (5)$$

sendo: \bar{x} a média aritmética da precipitação, n o número de observações de precipitação.

Os parâmetros de forma e de escala são utilizados para encontrar a probabilidade cumulativa $G(x)$ de um evento de precipitação observado, dada pela Equação 6:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta \Gamma(\hat{\alpha})} = \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (6)$$

A função Gama $\Gamma(\alpha)$ é indefinida para $x = 0$, mas como a distribuição de precipitação pode conter zeros, a probabilidade cumulativa é dada pela seguinte expressão:

$$H(x) = q + (1-q)G(x) \quad (7)$$

onde $H(x)$ é a distribuição de probabilidade cumulativa, $G(x)$ a distribuição cumulativa teórica e q é a probabilidade de ocorrer zero, em que $q = \frac{m}{n}$, sendo m o número de zeros

da série temporal de precipitação e n o número de observações da série.

O valor $H(x)$ é transformado em uma variável normal resultando no valor do SPI definido por:

$$SPI = - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \quad 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (8)$$

$$SPI = + \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right), \quad 0,5 < H(x) < 1 \quad (9)$$

sendo: $c_0 = 2,515517$; $c_1 = 0,802853$; $c_2 = 0,010328$; $d_1 = 1,432788$; $d_2 = 0,189269$; $d_3 = 0,001308$, e t dado pelas seguintes expressões:

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(H(x))^2} \right]}, \quad 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (10)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[\frac{1}{(1-H(x))^2} \right]}, \quad 0,5 < H(x) < 1 \quad (11)$$

A classificação do SPI foi feita com base nos limites indicados na Tabela 1, proposto por McKee *et al.* (1993).

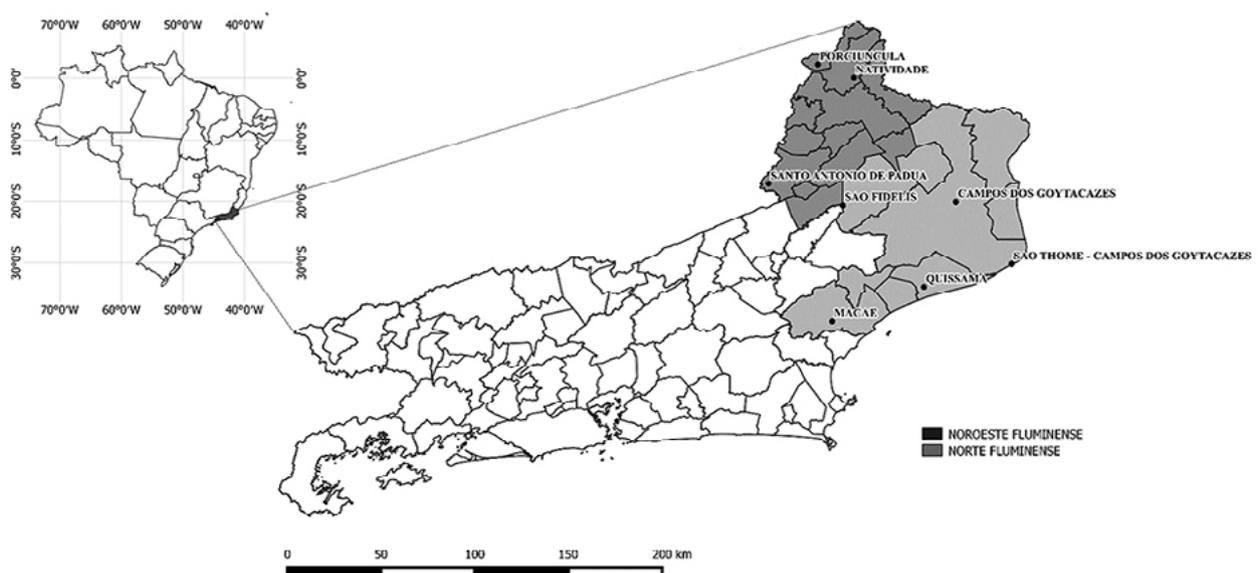


Figura 1 Localização do estado do Rio de Janeiro, com ênfase nas regiões Norte e Noroeste Fluminense e a distribuição espacial dos postos pluviométricos da ANA utilizados neste trabalho.

Intensidade do SPI	Classificação
$\geq 2,00$	Extremamente úmido
1,50 a 1,99	Muito úmido
1,00 a 1,49	Moderadamente úmido
0,99 a -0,99	Normal
-1,00 a -1,49	Moderadamente seco
-1,50 a -1,99	Muito seco
$\leq -2,00$	Extremamente seco

Tabela 1 Classificação dos eventos de precipitação de acordo com a intensidade do SPI.

O SPI tem a grande vantagem de padronizar a análise, permitindo comparar regiões totalmente distintas. Além disso, pode ser desenvolvido em várias escalas de tempo. Neste estudo, foi utilizado o SPI de um mês, que corresponde à precipitação mensal, indicando o total de chuva do mês em estudo e refletindo as condições de curto prazo.

$$\text{ sinal}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1, \text{ se } (x_j - x_k) > 0 \\ 0, \text{ se } (x_j - x_k) = 0 \\ -1, \text{ se } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (14)$$

2.2.2 Análise de Tendência

Para verificar se existe tendência no número de ocorrência de secas, foi utilizado o teste estatístico não paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975), que consiste em comparar, em ordem sequencial, cada valor da série temporal com os demais valores, contando o número de vezes em que os valores restantes são maiores que o valor analisado (Santos *et al.*, 2015).

O teste de Mann-Kendall pode ser definido para uma série temporal X_1, X_2, \dots, X_n , onde deseja-se testar a hipótese nula (H_0), de ausência de tendência, contra a hipótese alternativa (H_1), em que há uma tendência monotônica de aumento ou redução. A estatística do teste é calculada por:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma}, \text{ se } S > 0 \\ 0, \text{ se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma}, \text{ se } S < 0 \end{cases} \quad (12)$$

em que:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{ sinal}(x_j - x_k) \quad (13)$$

sendo x_j e x_k valores sequenciais e n o número de observações. O sinal $(x_j - x_k)$ é obtido da seguinte forma:

A equação $\tau = 2s / [n(n-1)]$ também foi utilizada, em que τ é o tau de Mann-Kendall e s é o sinal, que indica se a tendência é crescente ou decrescente.

Em um teste bilateral, não rejeitamos a hipótese nula (H_0) para um certo nível de significância α , se para o quantil $Z_{\alpha/2}$ de uma distribuição normal padrão temos $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$.

3 Resultados e Discussões

As Figuras 2 e 3 apresentam os valores mensais de SPI no período 1967-2016, para as regiões Noroeste e Norte Fluminense, respectivamente. Observa-se nos oito postos pluviométricos analisados, que o período considerado seco geralmente ocorre nos meses de abril a setembro, como constatado por André *et al.* (2008). Segundo Silva & Dereczynski (2014), no inverno austral (junho, julho e agosto), ocorre uma alta redução dos totais de precipitação, sendo a chuva uma consequência maior dos sistemas frontais.

Apesar do período seco geralmente ocorrer nos meses de abril a setembro, nota-se nas Figuras 2 e 3 que nos últimos anos (2014 e 2015) foram observados SPI menores que -1 em meses considerados úmidos (verão austral). Esses resultados estão de acordo com Noronha *et al.* (2016), que estudando a microbacia de Santa Maria/Cambiocó, situada na região Noroeste Fluminense, observaram ocorrências de anomalias negativas de precipitação no período chuvoso e a intensificação dessas anomalias no período considerado seco.

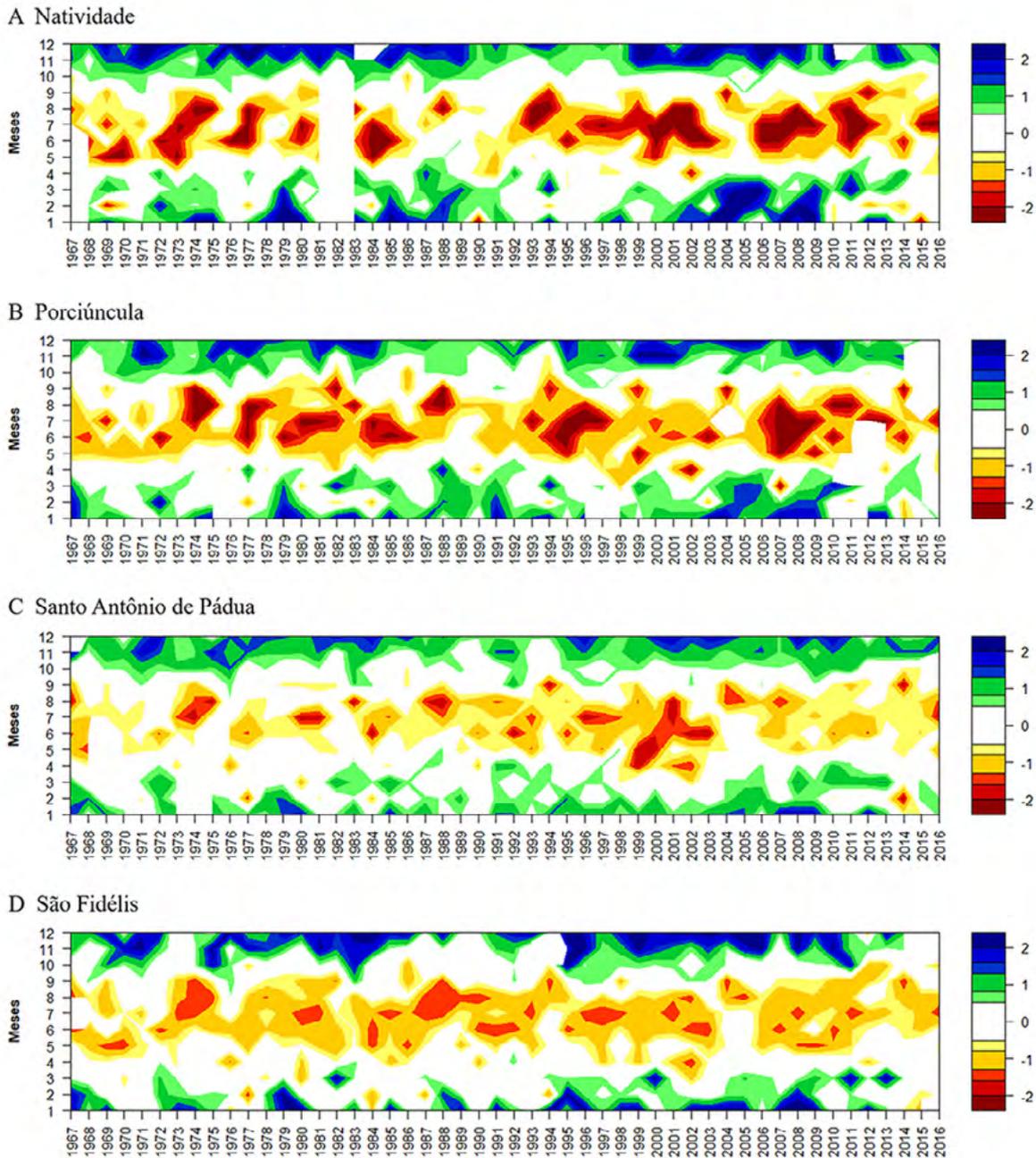
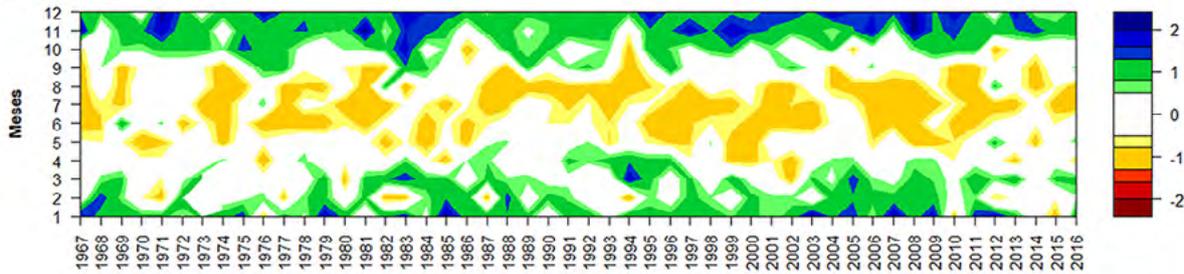


Figura 2 Valores mensais de SPI dos postos pluviométricos da ANA localizados na região Noroeste Fluminense: A. Natividade, B. Porciúncula, C. Santo Antônio de Pádua e D. São Fidélis.

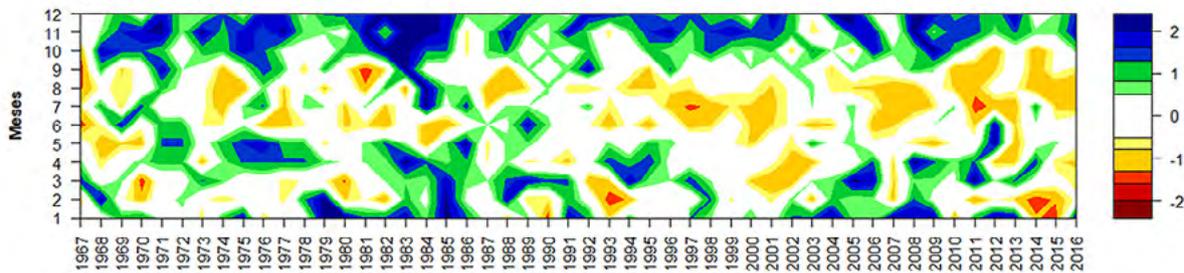
Na região Noroeste Fluminense (Figura 2), Natividade e Porciúncula apresentaram maior ocorrência de SPI menores que -1, com meses classificados como extremamente secos em vários anos. Já na região Norte Fluminense (Figura 3), os postos pluviométricos de Macaé e Quissamã foram os que apresentaram maior ocorrência de SPI menores que -1, com alguns eventos considerados extremamente secos. Em Macaé (Figura 3C), destaca-se a

seca de 1985, que apresentou valores negativos de SPI ao longo do ano, com alguns meses classificados como muito seco a extremamente seco. Nos dois postos pluviométricos de Campos dos Goytacazes (Figura 3A, 3B), observa-se que os valores negativos de SPI não foram intensos e os mais intensos ocorreram de forma isolada em São Thomé (Figura 3B).

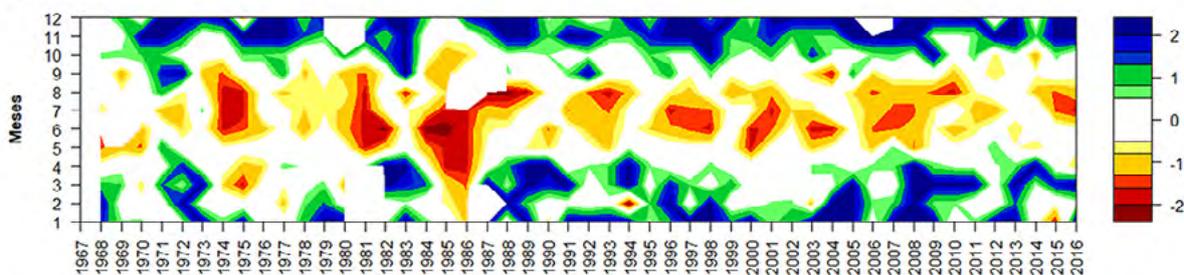
A Campos dos Goytacases



B Campos dos Goytacases (São Thomé)



C Macaé



D Quissamã

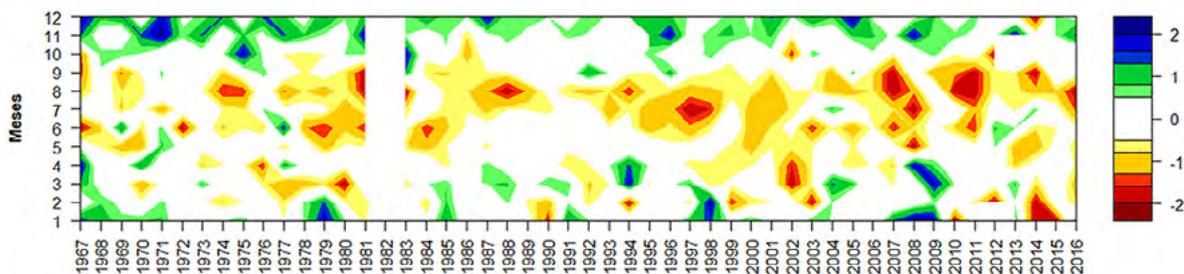


Figura 3 Valores mensais de SPI dos postos pluviométricos da ANA localizados na região Norte Fluminense: A. Campos dos Goytacases, B. Campos dos Goytacases (São Thomé), C. Macaé e D. Quissamã.

Vale ressaltar que o regime de chuvas no estado do Rio de Janeiro é influenciado pela atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul e pela passagem de frentes frias, além do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul que, dependendo da sua posição, ocasiona grandes períodos de déficit de precipitação (Reboita *et al.*, 2010). No entanto, o regime pluviométrico nessa região sofre ação não só da

influência dos principais sistemas atmosféricos que atuam na região Sudeste, mas das características locais como a topografia complexa (com morros, serras, vales, vegetação diversificada, regiões de baixadas e baías) e a proximidade com o Oceano Atlântico (Silva & Dereczynski, 2014), o que dificulta identificar uma causa direta para os déficits de precipitação e as diferenças encontradas.

Na Figura 4, observa-se o número de ocorrência de secas entre 1967 e 2016. Para as secas do tipo moderada (Figura 4B), os dois postos pluviométricos de Campos dos Goytacazes foram os que apresentaram maior número de eventos, com mais de 60 ocorrências. Vale ressaltar que nessas regiões as secas foram menos intensos (Figura 3) e quase todos os eventos foram classificados como moderada seco (Figura 4).

Os eventos considerados muito secos (Figura 4C) ocorreram com maior frequência em quatro postos pluviométricos, com 47 eventos em São Fidélis, 43 em Quissamã, 32 em Macaé e 31 em Santo Antônio de Pádua. Para as secas do tipo extremas (Figura 4D), Natividade registrou 42 eventos, Porciúncula 42 e Macaé 6.

A Figura 5 apresenta a ocorrência (%) dos eventos classificados como seco ($SPI \leq -1,00$) por estação do ano. Nota-se que a maioria dos eventos ocorre no inverno austral, com 63 a 76% dos eventos de 6 postos pluviométricos

(Campos dos Goytacazes, Macaé, Natividade, Porciúncula, Santo Antônio de Pádua e São Fidélis). No verão austral (dezembro, janeiro e fevereiro), a maior ocorrência foi encontrada na estação de Campos dos Goytacazes (São Thomé), com 18,6% dos eventos, e em 6 postos pluviométricos as ocorrências não passaram de 7%. No outono (março, abril e maio) as ocorrências foram entre 10,8 e 20,6%, e na primavera (setembro, outubro e novembro), as ocorrências foram entre 7,9 e 15,3%. Esses resultados estão de acordo com Noronha *et al.* (2016), que também identificaram o inverno como sendo seco a muito seco, assim como, a estação com maior ocorrência de eventos.

As Figuras 6 e 7 apresentam a série temporal do número de ocorrência de secas e o resultado do teste de Mann-Kendall para as regiões Noroeste e Norte Fluminense, respectivamente. Na Figura 6, observa-se que não existe tendência estatisticamente significativa a 5% nos postos pluviométricos da região Noroeste. Na região Norte

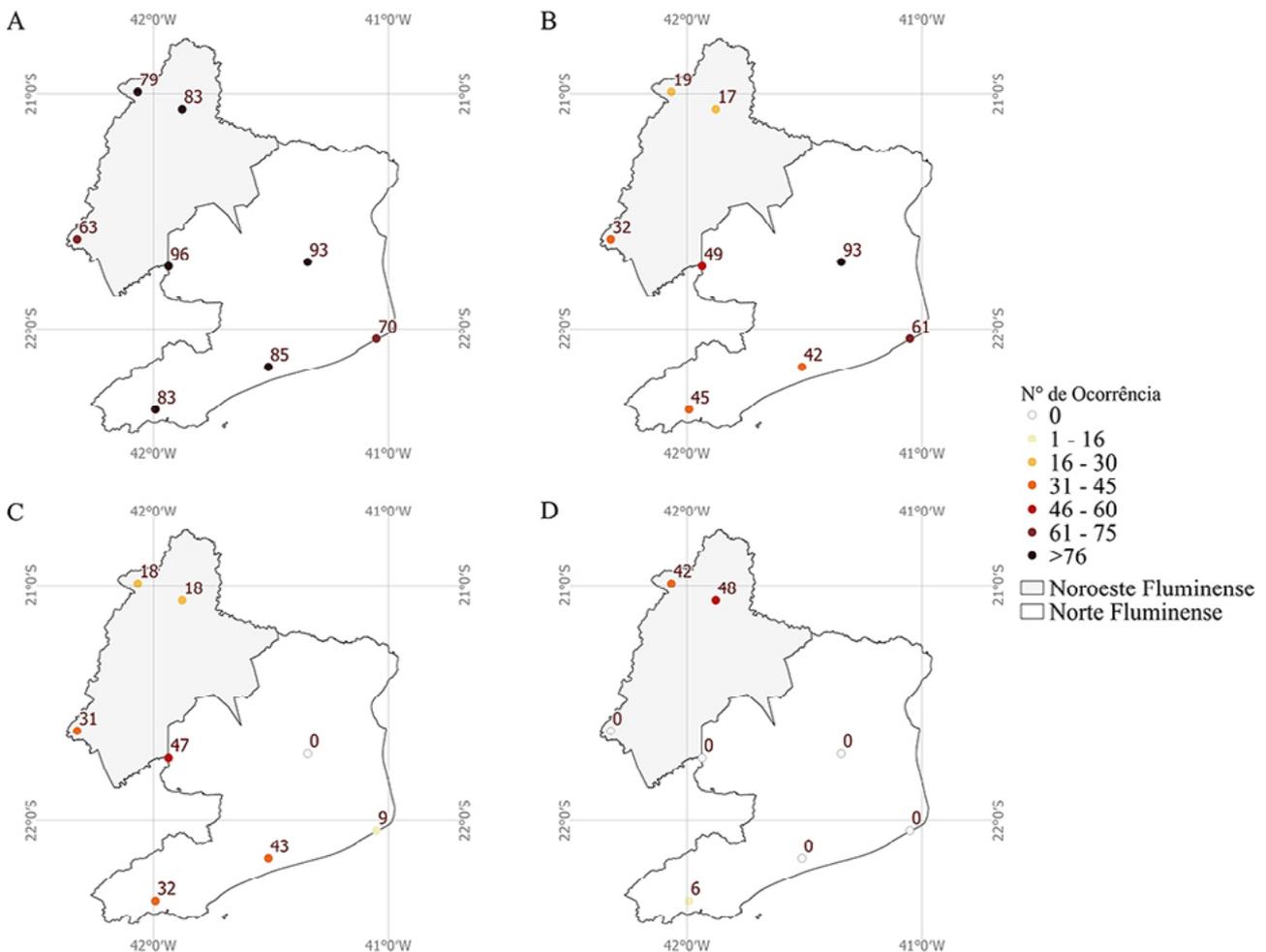


Figura 4 Número de ocorrência de secas entre 1967 e 2016 nas regiões Norte e Noroeste Fluminense: A. Ocorrência de todos os eventos ($SPI \leq -1,00$), B. Moderadamente seco ($-1,00 \geq SPI \geq -1,49$), C. Muito seco ($-1,50 \geq SPI \geq -1,99$) e D. Extremamente seco ($SPI \leq -2,00$).

Fluminense (Figura 7), observa-se que apenas Quissamã e Campos dos Goytacazes (São Thomé) apresentaram tendência estatisticamente significativa a 5% (p -valor < 0,05). A tendência nesses postos pluviométricos foi positiva ($\tau > 0$), indicando que o número de ocorrência de secas vem aumentando com o tempo, o que é possível observar na série temporal do número de ocorrência. Esses resultados estão de acordo com Marengo *et al.* (2015), que analisando a tendência dos totais pluviométricos anuais para a região Sudeste, observaram uma tendência de diminuição dos valores de precipitação, de aproximadamente 3 mm/ano da taxa média anual.

É importante destacar que se confirmado a tendência positiva na ocorrência de secas nos postos pluviométricos de Quissamã e Campos dos Goytacazes (São Thomé), os impactos causados podem ser diversos, desde danos

ambientais a danos humanos. Os prejuízos econômicos podem ocorrer tanto no setor público, como por exemplo, no abastecimento de água, como no privado, principalmente por afetar o desenvolvimento de atividades agrícolas.

No S2ID, só consta um registro oficial de desastre relativo ao fenômeno de seca no estado do Rio de Janeiro. Esse registro foi publicado no Diário Oficial da União em 4 de maio de 2010, onde foi reconhecido situação de emergência em São Francisco de Itabapoana-RJ, município localizado na região Norte Fluminense. No entanto, constam 14 eventos de estiagem nas regiões Norte e Noroeste Fluminense, que são eventos menos intensos que as secas e estão relacionados ao atraso do período chuvoso ou à ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição.

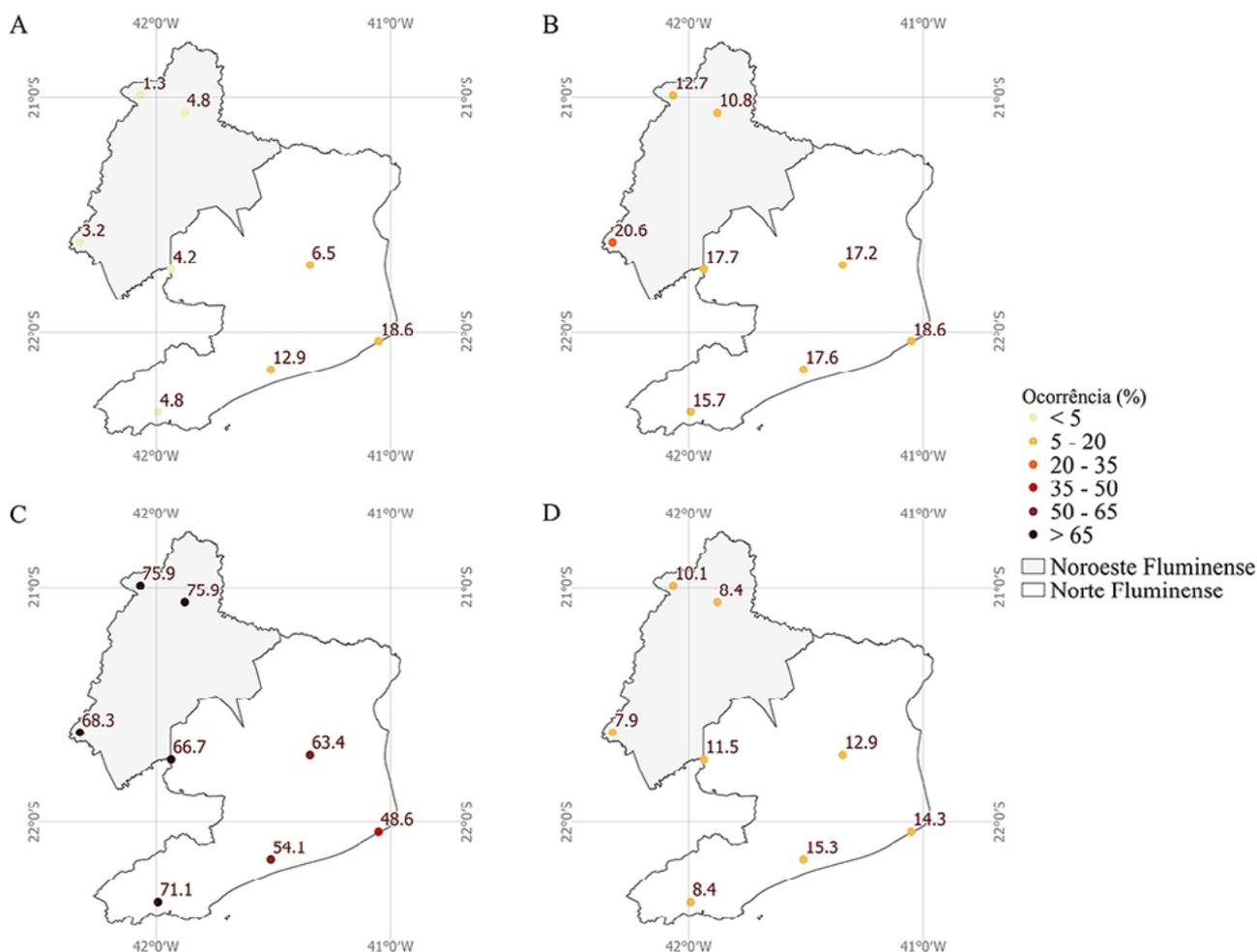


Figura 5 Ocorrência (%) de secas nas regiões Norte e Noroeste Fluminense por estação do ano: A. Verão, B. Outono, C. Inverno e D. Primavera austral.

Análise das Secas nas Regiões Norte e Noroeste Fluminense
 Giovana Deolinda Rodrigues Nery Santos & Eliane Barbosa Santos

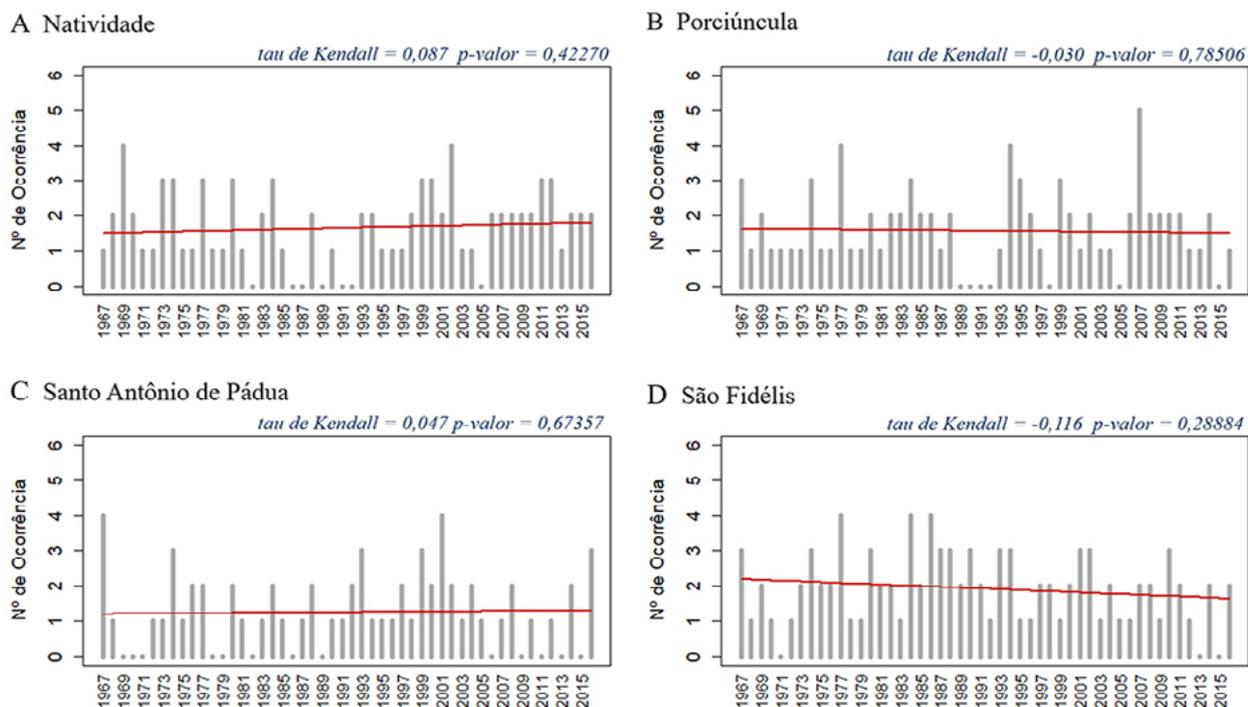


Figura 6 Série temporal do número de ocorrência de secas, linha de tendência (em vermelho) e o resultado do teste de Mann-Kendall (tau e p-valor) dos postos pluviométricos da ANA localizados na região Noroeste Fluminense: A. Natividade, B. Porciúncula, C. Santo Antônio de Pádua e D. São Fidélis.

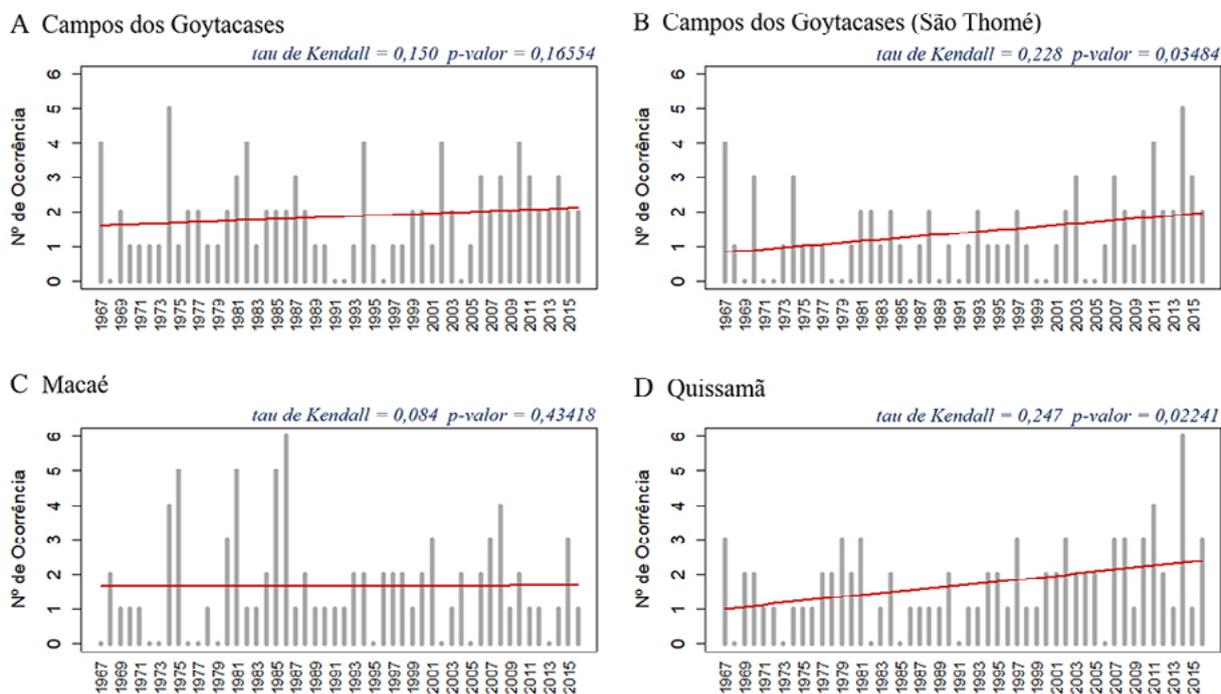


Figura 7 Série temporal do número de ocorrência de secas, linha de tendência (em vermelho) e o resultado do teste de Mann-Kendall (tau e p-valor) dos postos pluviométricos da ANA localizados na região Norte Fluminense: A. Campos dos Goytacazes, B. Campos dos Goytacazes (São Thomé), C. Macaé e D. Quissamã.

De forma geral, de acordo com os relatos dos documentos obtidos no S2ID, os impactos dos eventos de déficit de precipitação registrados nas regiões Norte e Noroeste Fluminense, estão relacionados a danos ambientais, com ocorrências de queimadas, perda de fauna e flora, desertificação, aumento das temperaturas e a evaporação dos corpos hídricos, contaminação das águas e aumento de pragas e vetores. Aos danos humanos, relacionam-se os impactos na área de saúde, como casos de diarreia, vômito, princípio de desidratação, comprometimentos respiratórios, desgastes emocionais e início de depressão.

4 Conclusão

Esta pesquisa consistiu em analisar o comportamento da seca e sua tendência de ocorrência nas regiões Norte e Noroeste Fluminense, através do SPI. Também foram analisados os dados do S2ID.

De acordo com a classificação do SPI, os eventos de seca nas regiões Norte e Noroeste Fluminense geralmente ocorrem entre abril e setembro, com algumas exceções, como por exemplo, em 2014 e 2015, que alguns meses considerados úmidos foram classificados como moderadamente seco a muito seco. Quissamã e São Fidélis foram as regiões que mais registraram ocorrências de eventos considerados como muito seco, e Natividade e Porciúncula foram as que mais tiveram eventos considerados como extremamente seco.

Com relação a variabilidade sazonal, a maioria dos eventos considerados secos foram observados no inverno austral, com ocorrências entre 48 e 76% dos eventos. Nas demais estações do ano, as maiores ocorrências foram registradas em Campos dos Goytacazes (São Thomé) com 18,6% dos eventos no verão, em Santo Antônio de Pádua com 20,6% das ocorrências no outono e em Quissamã com 15,5% das ocorrências na primavera.

No teste de tendência, Quissamã e Campos dos Goytacazes (São Thomé) apresentaram tendência positiva (aumento) estatisticamente significativa (a 5%) no número de ocorrência dos eventos, indicando que os eventos de secas vêm aumentando com o tempo nessas regiões.

5 Referências

- André, R.G.B.; Marques, V.S.; Pinheiro, F.M.A. & Ferraud, A.S. 2008. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no estado do Rio de Janeiro, utilizando-se valores mensais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 23(4): 501-509.
- Brasil. 2017. Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017. Relatório Pleno. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conj2017_rel-1.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2019.
- Castro, A.L.C. 2003. Manual de desastres: desastres naturais. Brasília (DF): Ministério da Integração Nacional, 182p.
- Castro, A.L.C.; Calheiros, L.B.; Cunha, M.I.R. & Bringel, M.L.N.C. 2003. Manual de Desastres: desastres naturais. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 174p.
- CEMADEN. 2016. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Relatório da Situação Atual da Seca no Semiárido Brasileiro e Impactos. Disponível em: <<http://www.cemaden.gov.br/secaeimpactos/arquivos/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.
- CEPED UFSC. 2013. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Universidade Federal de Santa Catarina. Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2012, Rio de Janeiro. Florianópolis. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/paginas/atlas/>>. Acesso em: 22 mai. 2019.
- Edwards, D.C. & McKee, T.B. 1997. Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. *Climatology Report 97-2*, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.
- 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.
- Kendall, M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*. 4 ed. London: Charles Griffin.
- Mann, H.B. 1945. Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, 13: 245-259
- Marengo, J.A.; Nobre, C.A.; Seluchi, M.E.; Cuartas, A.; Alves, L.M.; Mendiola, E.M.; Obregon, G. & Sampaio, G. 2015. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, São Paulo, 106: 31-44.
- McKee, T.B.; Doesken, N.J. & Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8., Boston. Anais American Meteorological Society. Boston: Preprints, p.179-184.
- Noronha, G.C.; Hora, M.A.G.M. & Silva, L.P. 2016. Análise do Índice de Anomalia de Chuva para a Microbacia de Santa Maria/Cambiocó, RJ. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(1): 74-81.
- Reboita, M.; Gan, M.A.; Da Rocha, F.P. & Ambrizzi, T. 2010. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 25 (2): 185-204.
- Santos, E.B.; Lucio, P.S. & Silva, C.M.S. 2015. Análise de Tendência da Precipitação Diária na Amazônia Brasileira. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 8(4): 1041-1052.
- Silva, C.A.M. 2015. Os Desastres no Rio de Janeiro: Conceitos e Dados. *Cadernos do Desenvolvimento Fluminense*, (8): 55-71.
- Silva, W.L. & Dereczynski, C.P. 2014. Caracterização climatológica e tendências observadas em extremos climáticos no estado do Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências*, 37(2): 123-138.
- Suassuna, J. 1999. Fundação Joaquim Nabuco. Uma Metodologia para a Preparação do Combate aos Efeitos da Seca. Recife/PE. Disponível em: <<https://www.fundaj.gov.br/index.php/documentarios-e-estudos-sobre-as-secas/9669-uma-metodologia-para-a-preparacao-do-combate-aos-efeitos-da-seca>>. Acesso em: 21 maio 2020.