

## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### **ANÁLISE DAS SECAS METEOROLÓGICAS NA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MURIAÉ EM ITAPERUNA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**

*Gustavo Vinagre Pinto de Souza*<sup>1</sup>; *Rosa Maria Formiga-Johnsson*<sup>2</sup> & *Luciene Pimentel da Silva*<sup>3</sup>

**RESUMO** - As secas contribuem para impactos sociais econômicos e ambientais negativos. A região noroeste do estado do Rio de Janeiro está sujeita a estiagens mais prolongadas e apresenta os menores índices pluviométricos do Estado. O Objetivo principal desse estudo foi caracterizar as secas meteorológicas da Região Noroeste do Estado do Rio no período entre 1942 e 2017. A metodologia envolveu a análise dos índices pluviométricos da série histórica, assim como o cálculo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé, no município de Itaperuna, utilizando os dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas para o posto de Itaperuna. Os resultados revelaram que os meses de maior criticidade de chuvas correspondem aos meses de abril a setembro com índices pluviométricos médios que variaram entre 18,31mm e 74,57mm. O valor de IAC é dito “extremamente chuvoso” quando igual ou maior que +4, e “extremamente seco” quando menor que -4. Neste estudo, variaram entre 0,89 (chuvoso) e -1,16 (seco), sendo que o menor valor ocorreu em 1963, ano considerado “extremamente seco”. Constatou-se diminuição de precipitação durante o período chuvoso, nos últimos quatro anos da série histórica. Este fato poderá agravar as secas e seus impactos negativos nos próximos anos.

**Palavras-Chave:** Secas, Anomalia(IAC), Itaperuna(RJ)

**ABSTRACT** - Droughts contribute to negative social, economic and environmental impacts. The Northwest Region of the state of Rio de Janeiro is vulnerable to prolonged droughts and presents the lowest rainfall indices of the State. The main objective of this study was to characterize the meteorological droughts of the Northwest Region of the State of Rio in the period between 1942 and 2017. The methodology involved the analysis of the time series rainfall rates, as well as the calculation of the Rainfall Anomaly Index (RAI) for the Muriaé River Basin, in the municipality of Itaperuna, using data provided by the National Water Agency for the Itaperuna gauging station. Results showed that the most critic months, of lowest rainfall rates, occurred from April to September with average totals ranging between 18.31mm to 74.57mm. RAI value is said “extremely humid” if equal or greater than +4 or “extremely dry” if less than -4. In this study, it varied between 0.89 (humid) and -1.16 (dry), with the lowest value occurring in 1963, a year considered extremely dry. Rainfall declined during the rainy seasons, during the last four years of the time series. This fact could aggravate droughts and their negative impacts in the coming years.

**Keywords:** Droughts, Anomaly(RAI), Itaperuna(RJ)

<sup>1</sup>) Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente (PPGMA), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), gustavovps@gmail.com

<sup>2</sup>) Rosa Maria Formiga-Johnsson, Professora no Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente (PPGMA), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), formiga.uerj@gmail.com

<sup>3</sup>) Luciene Pimentel da Silva, Professora Associada, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente (PPGMA), Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Luciene.pimenteldasilva@gmail.com

## INTRODUÇÃO

A região Noroeste do Estado do Rio de Janeiro tem estiagem um pouco mais extensa do que o restante do mesmo. Geralmente, entre os meses de abril e setembro, observa-se uma redução significativa nos volumes de chuva. Essa climatologia, característica da região, é a força motriz para a redução significativa dos volumes escoados nos rios e à depleção dos níveis das águas subterrâneas que são restabelecidas através da infiltração e percolação nos solos nos períodos de maior pluviosidade.

A redução no volume de precipitação leva a um maior risco de ocorrência das secas hidrológicas, que estão associadas a qualquer suprimento de água superficial ou subterrânea abaixo do normal. As secas agrícolas ocorrem quando os suprimentos de água são inadequados para desenvolvimento de um cultivo agrícola específico, PIMENTEL DA SILVA (2015). De fato, vários riachos e nascentes, na Região, ano após ano, desaparecem ou apresentam leitos secos.

As secas, com recorrência e durações adversas na Região Noroeste do Estado do Rio, e assim como no nordeste brasileiro, inerentemente de difícil previsão, impactam de forma negativa a sociedade, a economia, fortemente baseada em atividades rurais, e o meio ambiente regional, com rebatimentos no desenvolvimento do Estado. Marengo *et. al.* (2017), associam o aumento de chuvas intensas e a ocorrência de secas prolongadas à mudanças climáticas. Belal *et. al.* (2014) reportam que os eventos de seca ocorreram com maior frequência nos últimos anos, registrando impactos associados a crescente demanda hídrica e às condições hidrometeorológicas afetadas pelas mudanças climáticas.

O uso dos índices de seca é uma ferramenta fundamental para monitorar o início do período de estiagem e constituir sistemas eficientes de alerta, KIM *et. al.* (2009), para minimização dos impactos socioeconômicos. Noronha *et. al.*, 2016, utilizaram o Índice de Anomalia de Chuva para avaliar anomalias de precipitação na Microbacia de Santa Maria-Cambiocó na Região Noroeste do Estado do Rio. Cerqueira *et. al.* (2017) também utilizaram o IAC e relacionaram a ocorrência de evento de El Niño com o desenvolvimento de anos extremamente secos, na bacia hidrográfica do rio Poti, no Estado do Piauí.

Séries temporais longas, com no mínimo 30 anos de dados, indicadas pela Organização Meteorológica Mundial, são utilizadas em métodos estatísticos para prever eventos relacionados às mudanças climáticas, Alexander *et al.* (2006).

O objetivo principal desse trabalho foi a análise dos dados diários de precipitação do posto pluviométrico Itaperuna, operado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), no período de 1942 a 2017, e disponibilizados no Banco de Dados HIDROWEB da ANA, para

identificar tendências ou variações na ocorrência das chuvas, bem como através do Índice de Anomalia de Chuva, IAC e identificar possíveis tendências de eventos de seca nos próximos anos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

Este estudo baseou-se na Bacia Hidrográfica do rio Muriaé no município de Itaperuna, na região Noroeste do estado do Rio de Janeiro. A população estimada do município de Itaperuna em 2018 era de 102.626 habitantes (IBGE, 2018). Destacam-se na bacia hidrográfica, as atividades agropecuárias do arroz, café e cana-de-açúcar, Avila *et. al.* (2016). De acordo com o estudo da Produção Agrícola Municipal (PAM) em 2017, IBGE (2018) o município de Itaperuna produziu 6.500 toneladas de tomate, terceiro município maior produtor na região noroeste.

O município de Itaperuna possui as coordenadas geográficas 21°12'23"S e 41°53'25"W, e altitude média de 113 metros, e abrange uma área de 1.188 Km<sup>2</sup>, Gama *et al.* (2010). A temperatura média anual no município é de 23,6°C, com máximas iguais a 29,7°C e mínimas de 19,0°C. Segundo a classificação climática de Köppen (1948), o município possui tipologia climática Aw, ou seja, clima tropical com verão chuvoso, Martoano *et. al.*(2003).

A região hidrográfica do rio Muriaé, afluente importante do trecho médio-baixo do Rio Paraíba do Sul, abrange uma área de drenagem total de 8.162 Km<sup>2</sup> situada nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro (3.790 Km<sup>2</sup>). O rio Muriaé é formado pela confluência dos rios Bom Sucesso e Samambaia, totalizando 300 Km de extensão. Seus principais afluentes são os rios Santo Antônio e Carangola, (ANA, 2019). Na Figura 1, estão representados o município de Itaperuna e a Sub-Bacia hidrográfica do rio Muriaé no estado do Rio de Janeiro.

### Dados pluviométricos

Entre as estações meteorológicas da região noroeste fluminense, destaca-se a estação de Itaperuna (cód. 2141004). O posto pluviométrico de Itaperuna (Tabela1), está ativo e apresenta série histórica com dados diários de precipitação desde 1942, sendo que 2018 ainda está incompleto no HIDROWEB. Foram revisados os dados neste período e constatou-se que os anos de 1980, 1982, 1983, 1984, 1995 e 1996 não possuem informações. Observou-se que nesta estação existem dados com até 37 anos consecutivos de precipitação. Desta forma, optou-se por utilizar o período de 1942 a 2017 e excluir os anos sem dados.

Foi feita a análise de consistência da série pluviométrica e controle de qualidade, identificando possíveis erros ocorridos no processo de registro dos dados, ausência de dados,

incoerência espacial e temporal, conforme sugere, entre outros, Reboita *et al.* (2018). As falhas foram preenchidas com dados da estação pluviométrica mais próxima também denominada Itaperuna (código 83695) operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e que está a 1,46 Km de distância do posto de observação da ANA. Foi usado o critério de ponderação pelo inverso da distância, conforme Junqueira *et. al.* (2018), que estabeleceu também que os preenchimentos sejam feitos com pelo menos 10 anos de dados consecutivos para cálculo da média aritmética em estações vizinhas.

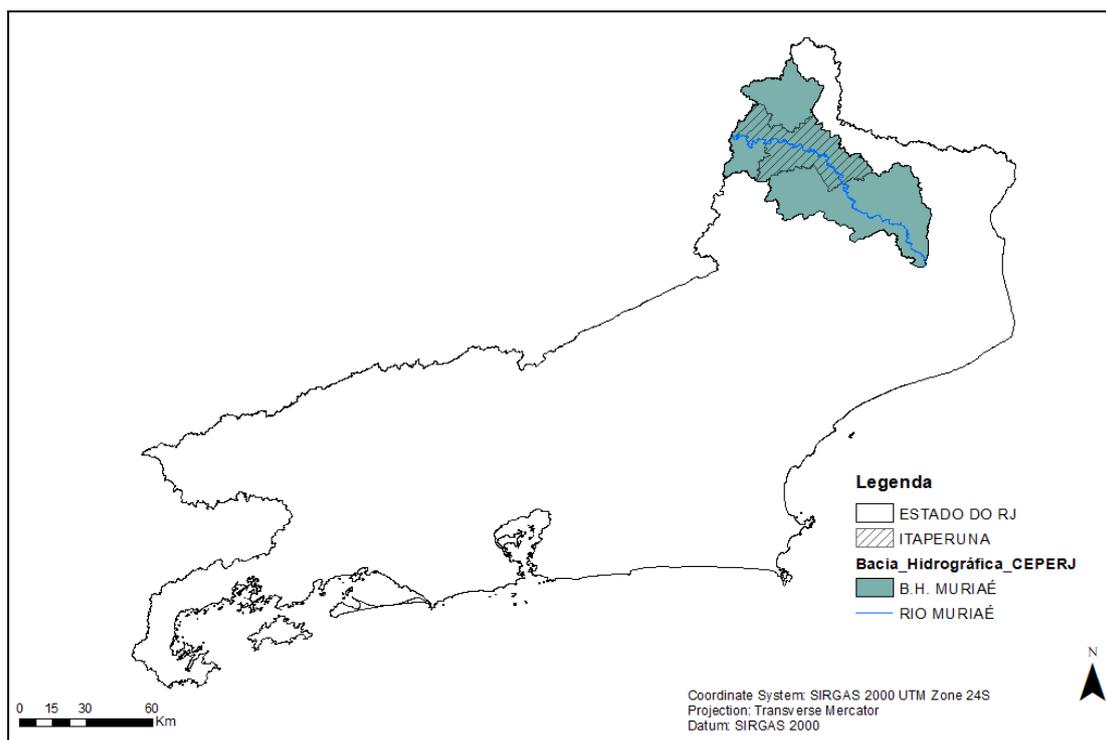


Figura 1 – Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Muriaé, no estado do Rio de Janeiro  
Fonte: Os autores

Tabela 1 – Posto Pluviométrico - ITAPERUNA

Código	Responsável	Série	Escala	Altitude	Latitude	Longitude
2141004	ANA	1942-2018	Diária / Mensal	110 m	S 21° 12' 23.04"	W 41° 53' 27.96"

### Análise dos dados pluviométricos

A classificação dos períodos secos e chuvosos foi realizada através do Índice de Anomalia de Chuva (IAC), proposto por Rooy (1965) e adaptado por Freitas (2005), conforme indicado a seguir:

Para anomalias positivas

$$IAC = 3 \times \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(M - \bar{N})} \right] \quad (1)$$

Para anomalias negativas

$$IAC = -3 \times \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad (2)$$

Onde:

$N$  = a precipitação mensal atual (mm/mês);

$\bar{N}$  = a precipitação média mensal da série histórica (mm/mês);

$M$  = média das dez maiores precipitações mensais da série histórica (mm/mês);

$\bar{X}$  = média das dez menores precipitações mensais da série histórica (mm/mês);

Os valores de IAC são classificados conforme Quadro 1, entre “extremamente chuvoso”, quando seus valores são maiores que +4, e “extremamente seco”, quando são menores que -4.

Quadro 1 – Classificação do Índice de Anomalia de Precipitação (IAC)

<b>IAC</b>	<b>Classificação</b>
$\geq 4,00$	Extremamente chuvoso
2,00 a 4,00	Muito chuvoso
0 a 2,00	Chuvoso
0	Nem chuvoso, nem seco
0 a - 2,00	Seco
- 2,00 a - 4,00	Muito seco
$< -4,00$	Extremamente seco

## RESULTADOS

A revisão dos dados de precipitação diária e mensal, permitiu identificar falhas em 135 dias, (1%) do total de 29.959 dias na série histórica observada, sendo 108 dias durante o período chuvoso (outubro a março) e 27 no período seco (abril a setembro). Na Tabela 2, são apresentadas as estatísticas dos totais pluviométricos mensais observados no posto Itaperuna, operado pela ANA, após o preenchimento das falhas.

Conforme observado na Tabela 2, os meses de novembro e dezembro possuem 66 anos de dados completos, uma defasagem de 4 anos em relação aos meses de maio a julho, que possuem 70 anos de dados. A partir dos valores do desvio padrão, observa-se que os maiores valores correspondem aos meses com maior volume de precipitação, à medida que os menores valores estão associados aos meses com menor precipitação. Pode-se afirmar que a região possui dois períodos climáticos distintos: abril a setembro caracterizado por forte estiagem, denominado “período seco”, e outubro a março, “período chuvoso”, apresentado na figura 2 a seguir.

Tabela 2 - Parâmetros estatísticos dos totais pluviométricos mensais em mm em Itaperuna (ANA) (1942 - 2017)<sup>3</sup>.

Meses	n	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão	CV
Janeiro	68	177,1	585,1	17,9	119,7	67,5%
Fevereiro	68	118,6	331,0	0,0	77,3	65,2%
Março	68	123,6	510,6	0,0	86,4	69,9%
Abril	68	74,6	195,6	0,4	46,9	63,0%
Mai	70	37,9	129,4	0,0	31,0	81,6%
Junho	70	24,2	89,0	0,0	23,3	96,6%
Julho	70	19,6	117,6	0,0	23,8	121,4%
Agosto	69	18,3	92,0	0,0	21,9	119,4%
Setembro	69	47,2	186,4	0,0	43,1	91,2%
Outubro	68	96,2	256,1	1,4	57,6	59,9%
Novembro	66	181,5	361,0	40,4	82,2	45,3%
Dezembro	66	218,2	425,2	58,7	81,2	37,2%

CV: Coeficiente de Variação

n: número de anos da amostra

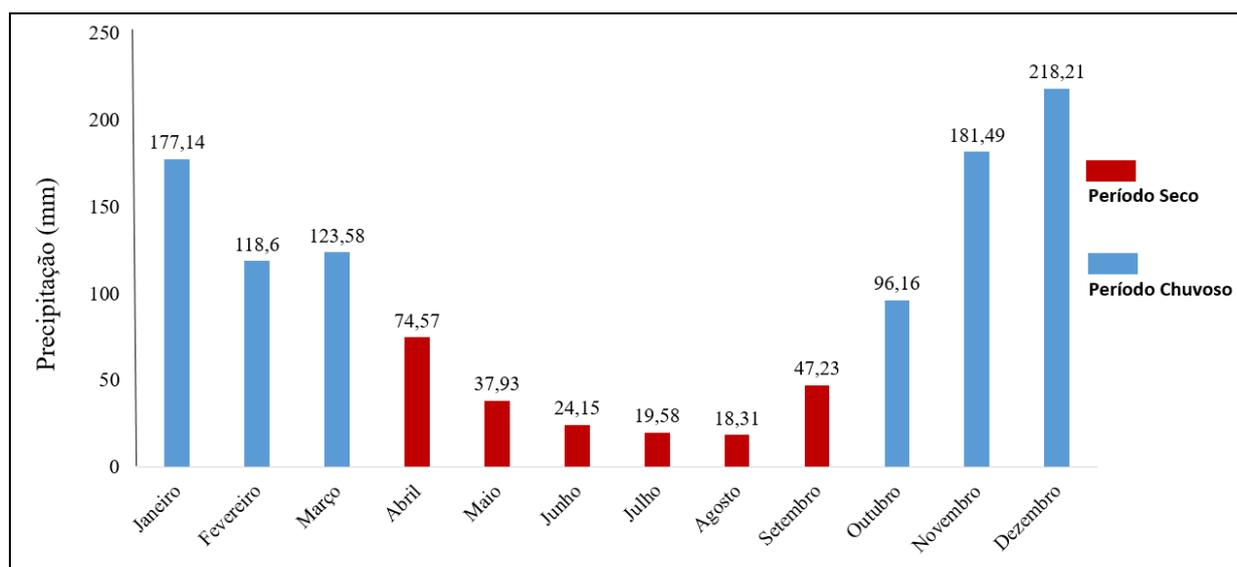


Figura 2 – Precipitação Média Mensal (mm) em Itaperuna (1942 – 2017)

Fonte: Os autores

O mês de agosto apresentou a menor média de precipitação para o período (18,31 mm), e o mês de dezembro a maior média (218,21mm). Durante os 70 anos da série histórica, 35 anos estiveram acima da média que foi igual a 1.096,32 mm. As variações médias dos totais anuais precipitados foram avaliadas para os períodos de 1942-1960, 1961-1990 (Normal Climatológica) e 1991-2017. A precipitação média anual não apresentou tendência e nem oscilou significativamente, 1.080,4 mm, 1.069,6 mm e 1.136,1mm, respectivamente. O período de 1942 a 1960, apresenta

<sup>3</sup> Foram calculadas apenas com valores “significativos”, ainda que nulos. Onde não foi possível preenchimento de falha, o ano e/ou o mês foram excluídos do cálculo.

maior homogeneidade dos volumes de precipitação em relação à média. No entanto, entre 1961 e 1990 observou-se dois anos com precipitação elevada, em 1964 e 1965 e um período de cinco anos, sendo quatro consecutivos (1985 a 1988) de precipitação abaixo da média. Este fato se repete entre os anos de 1998 e 2002.

Na Figura 3, são apresentadas as precipitações totais médias acumuladas durante o período chuvoso, outubro a março, e no período seco, entre abril e setembro. Durante a época mais chuvosa (outubro a março), a média do acúmulo de precipitação foi de 877,6 mm, destaque para o mês de dezembro com maior total médio de precipitação (218,21 mm) e no período seco (abril a setembro) a média dos acúmulos registrados foi igual a 218,7 mm.

Os valores de IAC variaram entre -1,16 e 0,89 (em 1963 e 1964, respectivamente) durante o período chuvoso de forma mais significativa a medida que durante o período seco a variação foi de -0,26 a 0,41 (em 1959 e 1985).

Na Figura 4, são apresentados os valores de IAC médios dos períodos chuvoso e seco, no período de 1942 a 2017. Foram registrados 36 anos com valores de IAC na classe “seco” e 34 anos na classe “chuvoso”, durante os meses de outubro a março. No período de abril a setembro, houve 35 anos de IAC na classe “seco”, 33 anos na classe “chuvoso” e 02 anos na classe “nem chuvoso, nem seco”.

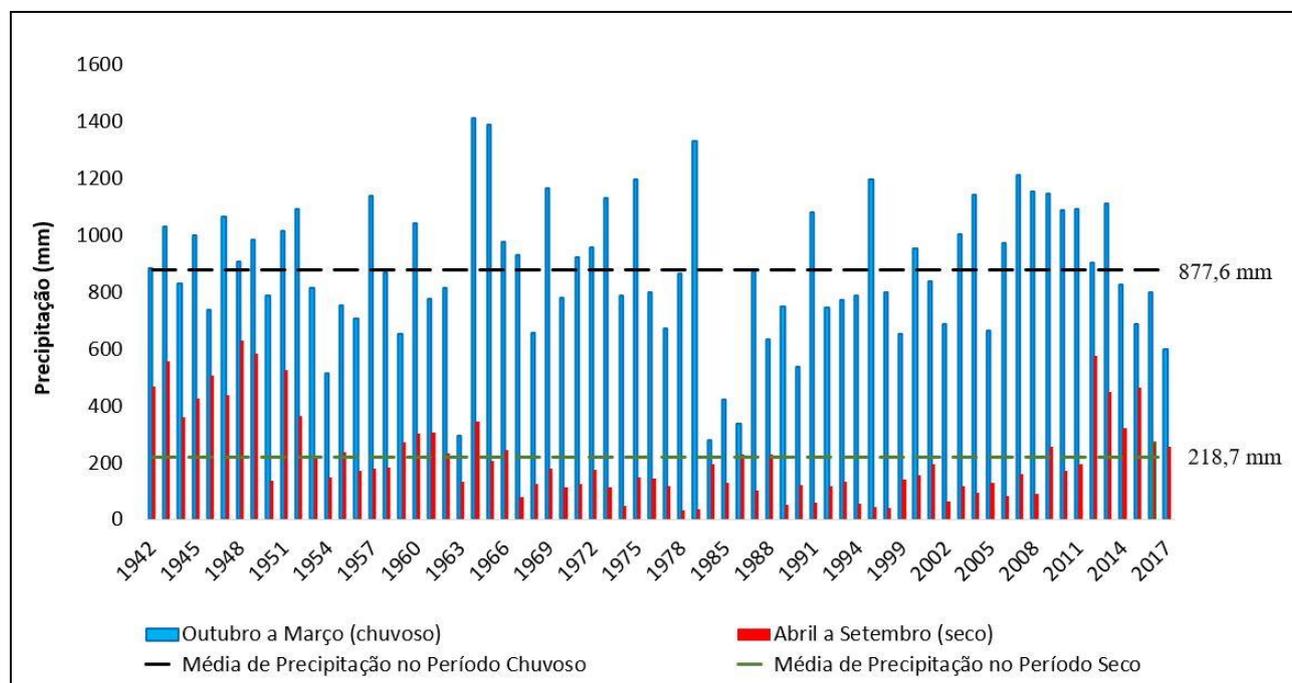


Figura 3 - Precipitação acumulada e média (mm) nos períodos chuvoso e seco – 1942 a 2017

Fonte: Os autores

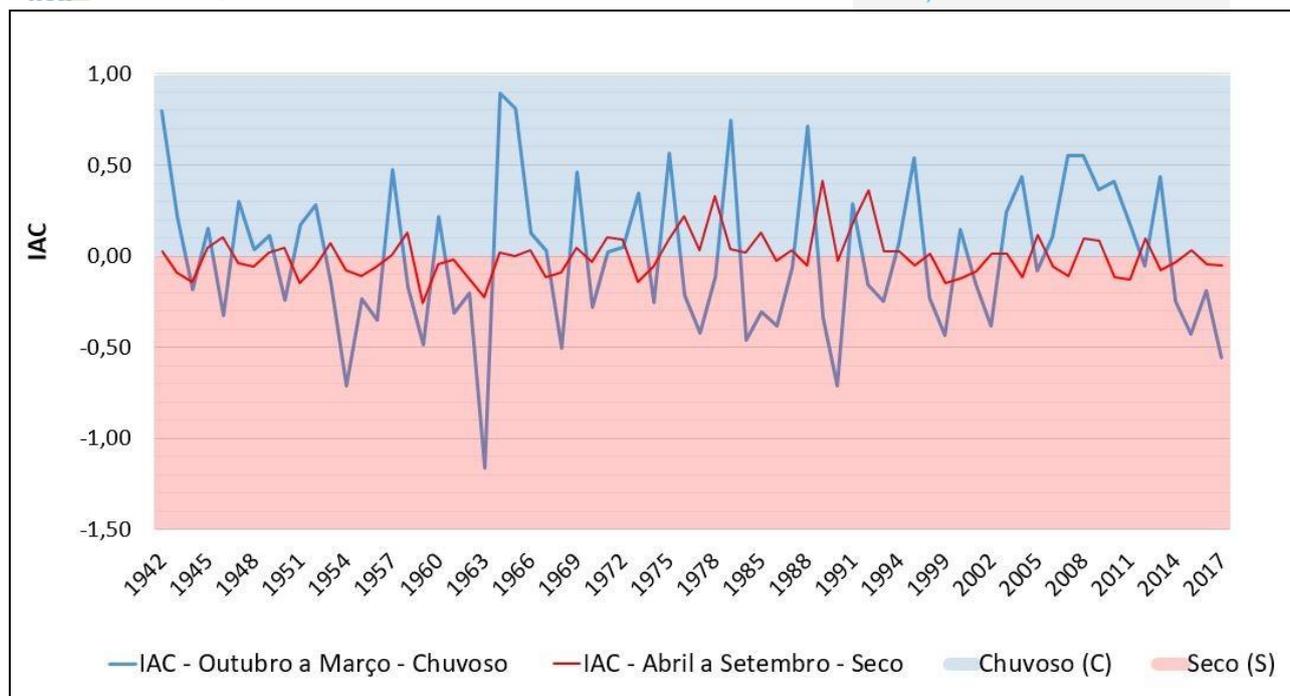


Figura 4 - Índice de Anomalia de Chuva Médio na série histórica de 1942 a 2017  
Fonte: Os autores

Durante a série histórica analisada, foram registradas quatro ocorrências de eventos La Niña, sendo que três anos apresentaram valores de IAC positivos durante o período chuvoso (1942 / 0,80; 1943 / 0,21 e 1949 / 0,11) e um ano apresentou valor negativo (1950 / -0,24). Os eventos de El Niño foram identificados em quatorze anos, sendo que em apenas 29% dos anos observou-se valores de IAC inferiores a zero, ou seja, caracterizados na classe “seco”.

## CONCLUSÕES

A classificação do IAC para o município de Itaperuna, no período de 1942 a 2017, apresentou variação entre as classes: “seco”, “nem chuvoso, nem seco” e “chuvoso”. Nos quatro anos em que houve influência de La Niña, os valores de IAC foram classificados como chuvoso em 75% dos anos. Como foram apenas quatro de evento de La Niña, na série de setenta anos, não se pode relacionar as oscilações de IAC no período chuvoso com este evento.

Nos anos de maior influência do El Niño, quatorze anos, apenas 29% dos anos foram classificados como “seco”. Os resultados do IAC no período seco correspondem a 50% dos anos, sendo 50% correspondente a classe “chuvoso” e 3% “nem chuvoso, nem seco”. Não se pode afirmar que houve relação entre os eventos de El Niño e os períodos com IAC classificados como “seco”.

No entanto, constatou-se diminuição de precipitação durante o período mais chuvoso, de outubro a março, nos últimos quatro anos da série histórica. Este fato poderá agravar as secas e seus impactos negativos nos próximos anos.

## REFERÊNCIAS

### a) Artigo em revista

ALEXANDER, L. V.; ZHANG, X.; PETERSON, T. C.; CAESAR, J.; GLEASON, B.; KLEIN TANK, A. M. G. et. al., (2006). Global observed changes in daily climate extremes of Temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*, v. 111, D05109, <http://dx.doi.org/10.1029/2005JD00690>.

AVILA, M.W., HORA, M. A.G., AVILA, C. R., ALVES, F. V., FARIA, M. M., VIEIRA, M. R. (2016). Gestão qualitativa dos recursos hídricos. Proposta metodológica para o planejamento de uma rede de estações para monitoramento da qualidade de águas superficiais. Estudo de caso: bacia hidrográfica do Rio Muriaé. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos Versão On-line* ISSN 2318-0331 RBRH vol. 21 n° .2 Porto Alegre abr./jun. 2016 p. 401 – 415.

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.

CERQUEIRA, K. F., SANTOS, F. A., AQUINO, C. M. S. (2018). Análise das precipitações em trecho do médio curso da bacia hidrográfica do rio Poti (Piauí), a partir do índice de anomalia de chuva (IAC). *Revista Ra'e Ga – O Espaço Geográfico em Análise*, ISSN nº 2177-2738, disponível no site <http://www.ser.ufpr.br/raega>, da Universidade Federal do Paraná.

COSTA, J. A.; DA SILVA, D. F. (2017). Distribuição espaço-temporal do Índice de anomalia de chuva para o Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 4, p. 1002-1013.

EVANS, G.W. (2019). Projected behavioral impacts of global climate change. *Annual Review of Psychology* 70: 6.1–6.26.

FREITAS, M. A. S. (2005). Um sistema de suporte à decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões semiáridas. *Revista Tecnologia*, v.suplem, p.84-95.

GAMA, T., GUANABARA, R., SANTIAGO, B., CORDEIRO, J.L.P., OLIVEIRA, M.E. (2010). Avaliação conjunta das variáveis físicas e químicas e do uso do solo do Rio Muriaé, município de Itaperuna, RJ. *REA – Revista de estudos ambientais* (Online) v.12, n. 1, p. 63-72.

GLANTZ, M. H., NARANJO, L., BAUDOIN, M-A., RAMÍREZ, I. J. (2018). What Does It Mean to Be El Niño Ready? *Atmosphere*, 9, 94, 2018. doi:10.3390/atmos9030094.

JUNQUEIRA, R., AMORIM, J.S., OLIVEIRA, A.S. (2018). Comparação entre diferentes metodologias para preenchimento de falhas em dados pluviométricos. *Periódico da Universidade Vale do Rio Verde*. ISSN: 2526-690X v.2 | n.1 |.

KIM DO-WOO, BYUN, HI-RYONG, CHOI, KI-SEON. Evaluation, modification, and application of the Effective Drought Index to 200-year drought climatology of Seoul, Korea. *Journal of Hydrology*, n. 378, novembro de 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.021>.

KÖPPEN, W. (1948). *Climatologia*. México: Fondo de Cultura Economica

MARENGO, J.A., ALVES, L.M., ALVALA, R.C., CUNHA, A.P., BRITO, S., MORAES, O.L., (2017). Climatic characteristics of the 2010–2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *An. Acad. Bras. Cienc.* (0), 1–13. [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0001-37652017005019115&lng=en&tlng=enhttp://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720170206](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-37652017005019115&lng=en&tlng=enhttp://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201720170206).

MARTORANO, L.G., ROSSIELLO, R.O. *et. al.* (2003). Aspectos Climáticos do Noroeste Fluminense, RJ. Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 2003. CD-ROM. - (Embrapa Solos. Documentos; n. 43).

NORONHA, G. C. D.; HORA, M. D. A. G. M.; SILVA, L. P. D. (2016). Rain Anomaly Index Analysis for the SantaMaria/Cambiocó Catchment, Rio de Janeiro State, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.31, n.1, p.74-81.

REBOITA M.S., GAN M.A., ROCHA RP, AMBRIZZI T. (2010). Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*; 25(2): 185-204. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004>.

REBOITA, M.S., KRUCHE N., (2018). Normais Climatológicas Provisórias de 1991 a 2010 para Rio Grande, RS. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 33, n. 1, 165-179, 2018 DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786331010>.

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

#### b) Dissertação

WELTER V. (2018) Precipitação em verões sob influência de eventos Enos Canônico e Modoki no Sudeste da América do Sul.

#### c) Livro

PIMENTEL DA SILVA, L. (2015), Hidrologia. Engenharia e Meio ambiente. 1a. ed. Rio de Janeiro: Elsevier/Campus, v. 1. 352p.

#### d) Publicações Institucionais

ANA – Agência Nacional de Águas, (2019). Estudos Auxiliares para gestão do risco de inundações, bacia do rio paraíba do sul. Disponível em: <http://gripbsul.ana.gov.br/Hidrografia.html>. Acesso: 24/04/2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal (2017). Rio de Janeiro: IBGE, 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/itaperuna/pesquisa/14/10193?tipo=ranking&indicador=10381&ano=2017>.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2018). Produção Agrícola Municipal População estimada: IBGE, Diretoria de Pesquisas. Coordenação de População e Indicadores Sociais, Estimativas da população residente com data de referência 1º de julho de 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/itaperuna/panorama>.