



UNILAB

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA
AFROBRASILEIRA
INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE RECURSOS
HÍDRICOS, AMBIENTAIS E ENERGÉTICOS**

LARISSA DE OLIVEIRA PAIVA

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DA SECA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO
JAGUARIBE NO ESTADO DO CEARÁ**

REDENÇÃO

2018

LARISSA DE OLIVEIRA PAIVA

ANÁLISE ESTATÍSTICA DA SECA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO JAGUARIBE NO ESTADO DO CEARÁ

Monografia apresentada ao Curso de Pós Graduação Lato Sensu em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão de Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos.

Orientador: Prof. Raphael Amaral de Câmara

REDENÇÃO

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Paiva, Larissa de Oliveira.

P166a

Análise estatística da seca hidrográfica do Médio Jaguaribe no Estado do Ceará / Larissa de Oliveira Paiva. - Redenção, 2018.
23f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Especialização em Gestão De Recursos Hídricos, Ambientais e Energéticos, Coordenação De Pós-graduação, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2018.

Orientador: Prof. Raphael Amaral de Câmara.

1. Secas. 2. Bacia hidrográfica. 3. Estudo estocástico. I.
Título

CE/UF/BSCL

CDD 551.57738

2018

UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA
AFRO-BRASILEIRA

LARISSA DE OLIVEIRA PAIVA

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DA SECA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO
JAGUARIBE NO ESTADO DO CEARÁ**

Monografia julgada e aprovada para obtenção do título de Especialista em da
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Data:19/05/2018

Nota:_____

Banca Examinadora:

Prof.

Raphael Amaral de Câmara

Prof._____
Prof.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao empenho e dedicação dos meus pais, Thales e Janacy, que sempre me incentivaram a correr atrás dos meus sonhos e nunca colocaram empecilhos em me ajudar a realiza-los.

Agradeço ao namorado, Carlos André, pela paciência nas horas mais estressantes e por nunca deixar eu desistir de nada, sempre me ajudando em todos os momentos para que fosse possível a realização dessa especialização.

Aos meus avós, Mariinha e Florentino, por todo o amor e dedicação dados à sua neta.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de delimitação dos Comitês de Bacias no Ceará	15
Figura 2 - Capacidade de acumulação dos principais reservatórios da Bacia do Médio Jaguaribe.....	16
Figura 3 - Histograma Bacia do Médio Jaguaribe	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Série de precipitações totais anuais Bacia do Médio Jaguaribe.....	17
Tabela 2 – Valores de LOG para o período de análise 1913 - 2017.....	19
Tabela 3 – Valores para TR média 2012 – 2017 e TR ano mais crítico.....	21

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

DNOCS – Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

COGERH – Companhia de Gestão de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 <i>Seca no Nordeste</i>	9
1.2 <i>Aspectos físicos do Semiárido</i>	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 <i>Estratégias de combate às secas</i>	12
2.2 <i>Caracterização das Bacias Hidrográficas Cearenses</i>	13
2.3 <i>Bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe</i>	14
3 METODOLOGIA	15
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	16
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
6 REFERÊNCIAS	21

ANÁLISE ESTATÍSTICA DA SECA HIDROLÓGICA NO PERÍODO DE 2012/2016 E DEFINIÇÃO DO TEMPO DE RETORNO PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO JAGUARIBE NO ESTADO DO CEARÁ

Larissa de Oliveira Paiva

Raphael Amaral de Câmara

RESUMO

O presente trabalho expõe a análise da seca hidrológica do período de 2012 a 2017, através da elaboração do estudo estocástico para a bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe, localizada no Estado do Ceará, tendo em foco o exame através dos totais anuais das precipitações, com séries hidrológicas com dados de 1913 a 2017, da estação pluviométrica de Solonópolis, na região hidrográfica do Médio Jaguaribe, Estado do Ceará. Para estudo, desenvolveu-se a elaboração de histograma representativo e cálculo do tempo de retorno das chuvas, analisando desta forma o

impacto causado pela seca hídrica no principal reservatório da região, o Açude Castanhão.

Palavras-chave: Seca hidrológica, bacia hidrográfica e estudo estocástico.

ABSTRACT

The current work presents the analysis of the hydrological drought of the period from 2012 to 2017, through the elaboration of the stochastic study for the Jaguaribe watershed, located in the State of Ceará, focusing on the analysis through the annual totals of precipitations, with hydrological data series from 1913 to 2017, from the pluviometric station of Solonópolis, in the hydrographic region of the Middle Jaguaribe, State of Ceará. For the study, the development of a representative histogram and calculation of the rainfall return time was developed, thus analyzing the impact caused by the drought in the main reservoir of the region, Açude Castanhão.

Keywords: Hydrological drought, watershed and stochastic study.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Seca no Nordeste

A seca no Nordeste, evento climático antigo e persistente, constata-se ao longo de vários séculos, tendo registros desde o Século XVI, quando colonizadores e nativos realizavam grandes deslocamentos para fora da região, com o intuito de livrar-se dos seus efeitos perversos. Nesse interim, há o registro de quase meia centena de estiagens, tendo como a de maior proporção, a de 1958, que atingiu uma área de 500.000 km².

Pelas suas características, as secas podem dividir-se em: climatológica, edáfica, social e hidrológica. Tem-se ali as secas de acordo com seu aprofundamento. Indo da insuficiência de água nos rios e reservatórios, na seca hidrológica, até as severas perdas econômicas e sociais, na seca social.

As características mais comuns no aparecimento de uma seca são a destruição parcial da agropecuária, a diminuição das atividades econômicas, a elevação do índice de desocupados, aumento da pobreza, da indigência e o comprometimento do abastecimento de água as populações. (CAMPOS, 2009)

1.2 Aspectos físicos do Semiárido

O regime de precipitações na região do Semiárido é praticamente concentrado em uma única estação, cerca de 90% das chuvas ocorrem em seis meses. As chuvas ocasionadas pelo sistema de convergência intertropical, ZCIT,

ocorrem na parte norte do estado, sendo responsável pela precipitação na capital Cearense, Fortaleza. Já na parte sul do Estado, as precipitações são ocasionadas por sistemas frontais, que abrangem até a Bahia.

A região Cearense apresenta variados índices chuvosos, podendo superar 2.000 mm no litoral, enquanto nos sertões, as precipitações médias ficam em torno de 700 mm. Em contrapartida, o Semiárido também apresenta altos índices de evaporação, podendo chegar até a 3.000 mm na área de Petrolina/ PE, fazendo com que a combinação chuva x evaporação seja extremamente desfavorável. Somente nos meses de fevereiro a maio, onde há concentração das chuvas, o balanço pode ser positivo, propiciando condições para agricultura.

Aproximadamente 50% do território da região do polígono das secas é composta por formações cristalinas em seu solo, restringindo a acumulação de águas subterrâneas somente às zonas fraturadas.

A maioria dos rios apresentam uma vazão intermitente, devido as anormalidades dos regimes pluviais e as condições fisiológicas. Apenas os rios São Francisco e Parnaíba possuem regime perene naturais, apresentando um volume significativo para reservatórios e barragens. (CAMPOS, 1999).

Já no Estado do Ceará, segundo a pesquisa de Silva, Costa, Lima e Lima (2006) o rio Jaguaribe percorre um caminho de 633 km desde sua nascente, no município de Tauá, até sua desembocadura no Oceano Atlântico, beneficiando 81 municípios. Por ter características bem heterogêneas em seu percurso, foi dividida em 5 (cinco) regiões hidrográficas: Alto Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Salgado e Banabuiú. O Açude Castanhão, antiga cidade de Jaguaribara, é responsável pela perenização do trecho do Rio Jaguaribe na Bacia do Médio Jaguaribe e pela perenização subsequente na Bacia do Baixo Jaguaribe até a sua foz.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Segundo Campos (1999), “o conceito de seca está intimamente relacionado ao observador”, embora a análise esteja relacionada à ausência ou irregularidade das precipitações pluviais, existem vários tipos de secas, que são geradas por uma sequência de fatores.

Para Campos e Studart (2001), é possível caracterizar as secas em climatológica, edáfica, social e hidrológica. Seca climatológica consiste na deficiência total de chuvas em relação às amostras normais que determinam as necessidades. Pode resultar na redução da demanda hídrica necessária para abastecimento e de fornecimento de água. Como efeito da seca climatológica, temos a seca edáfica, que

associa a distribuição irregular pluvial com a diminuição da umidade, ocasionando impacto considerável na produção agrícola. Os efeitos causados por esse tipo de seca proporcionam severas perdas econômicas e sociais, tais como fome, êxodo e degradação familiar, tornando-se assim em seca social. Seca hidrológica é a insuficiência de água nos rios e reservatórios para atendimento da demanda necessária para uma determinada região.

“A seca hidrológica pode ser atenuada por uma eficiente gestão das águas assentes em duas funções da Engenharia: transporte de água no tempo – dos ‘invernos’ para as secas, e o transporte de água no espaço, dos açudes para as cidades e para os campos de irrigação”. (CAMPOS, 1999).

Campos (1999) salienta que o regime de chuvas no Semiárido é concentrado em duas estações chuvosas. As chuvas ocasionadas pelo sistema da zona de convergência intertropical (ZCIT) predominam no norte da região. Enquanto na parte sul, até a Bahia, prevalece os sistemas frontais.

Campos (2009 apud BOTELHO, 2000) detalha os principais eventos climatológicos que originam chuvas:

- a) o Oceano Pacífico está sob ação da corrente marítima de Humboldt, portanto, mais fria e apresenta uma temperatura de 3° mais fria do que a temperatura da superfície do mar na América do Sul; além disso, a corrente fria de Humboldt deve dominar a corrente quente do ‘El Niño’, juntamente com a corrente quente do Rio de Janeiro sobre a corrente fria das Malvinas no Oceano Atlântico, onde estas consomem 40% da energia solar;
- b) a temperatura do Atlântico Sul variar de 1,5°C a 3°C, ou seja, tiver esses valores mais quentes do que do Atlântico Norte;
- c) a aproximadamente 60 dias da passagem do 2° solstício, 21 de dezembro, em que o sol sai do Hemisfério Norte e vai percorrer o Hemisfério Sul na linha do Trópico de Capricórnio, acontecendo uma concomitância da presença de massas de ar do Polo Norte, distribuindo o anticiclone quente (centro de alta pressão) das Ilhas dos Açores provocando centro de pressões muito baixas (doldrums) no Nordeste, no Atlântico Sul como nos anos de 1911, 1917, 1924 e 1947, nos quais se verificam chuvas torrenciais;

- d) o Equador meteorológico ou Zona de Convergência Intertropical se desloca do Hemisfério Norte para o Hemisfério Sul até 4º de latitude sul e chegando a 6º nessa latitude, beneficiando todo o Nordeste semiárido e não só alguns Estados;
- e) a presença de manchas solares for acompanhada de diminuição das atividades do sol, na passagem do 2º solstício, acontecendo a liberação dos núcleos nus ou elétrons.

2.1 Estratégias de combate às secas

Historicamente, a seca é vista como um evento ocasional que necessita de “ações de combate”, as quais eram pensadas somente no período de estiagem, não priorizando o planejamento em longo prazo (SOUZA FILHO et al., 2014).

A presença de ações somente no período de estiagem leva ao aumento dos custos e impactos da seca, na medida em que beneficia atuações de alívio temporário para a população afetada pelos impactos negativos. O planejamento como ferramenta que rege as reflexões antecipadas e sistemáticas é o instrumento apropriado para acabar com o ciclo hidro-ilógico (SOUZA FILHO et al., 2014).

Os planos de planejamento das secas podem ser divididos em Gestão de Crises, quando a abordagem tem caráter reativo e definem as ações de resposta e recuperação a serem cumpridas pelos diversos agentes sociais durante a seca, e em Gestão de Riscos, prevêm anteriormente e durante o período de estiagem a abordagem que contempla ações de mitigação, preparação, monitoramento e aviso precoce, resposta e recuperação (SOUZA FILHO et al., 2014).

Segundo Campos e Studart (2001), a diminuição da seca deve-se a eficácia da gestão de águas. Essa gestão deve acordar com duas soluções convencionais da Engenharia: A açudagem, que consiste no armazenamento de água em função do tempo, angariando recursos no período chuvoso para o de estiagem. Essa ferramenta é promovida através do DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra as Secas) na região Nordeste, tendo eficiência em alguns casos e em outros não. A outra solução é a transposição de bacias, uma ação também gerida pela DNOCS, que consiste na retirada de água de uma bacia para ser utilizada em outra.

2.2 Caracterização das Bacias Hidrográficas Cearenses

Segundo Tucci (1993), bacia hidrográfica pode ser avaliada como um sistema físico, onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando perdas por infiltração e evaporação.

O Nordeste Semiárido é caracterizado por ser uma região pobre em escoamento de água dos rios. Esse fato pode ser explicado em razão da variabilidade temporal das precipitações, 250 a 800 mm anualmente, e características geográficas predominantes, onde há incidência de solos sobre rochas cristalinas e consequentemente baixas troca de água entre solos e rios adjacentes.

No Ceará as bacias hidrográficas são divididas em doze: Alto Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, Banabuiú, Curu, Salgado, Região Metropolitana de Fortaleza, Acaraú, Coreaú, Litoral, Sertões de Crateús e Serra da Ibiapaba, conforme pode ser observado no Mapa Delimitação dos Comitês de Bacias do Estado do Ceará na Figura 1.

“O comitê de bacias foi criado pela lei 11.996/92 e regulamentado pelo decreto 26.462/01, com atribuições, consultivas e deliberativas, com atuação nas bacias ou sub-bacias hidrográfica de sua jurisdição.” (PACTO DAS ÁGUAS, 2009).

Em 1994, o trabalho de formação dos comitês de bacias teve início no Ceará através do projeto piloto instalado na Bacia Hidrográfica do Curu, sendo o primeiro CBH a funcionar definitivamente em 1997, dando gradativa expansão para formação dos demais comitês no estado cearense. (PACTO DAS ÁGUAS, 2009).

A metodologia desenvolvida pela COGERH (Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos), para a integração das ações para o Apoio a Organização dos Usuários, dividiu a formação dos comitês de bacias em três atuações: vales perenizados, açudes e bacias hidrográficas. Em algumas bacias, os comitês foram impulsionados através de ações de desenvolvimento das Comissões de Operação dos Vales Perenizados, tais como a do Baixo e Médio Jaguaribe.

Figura 1 - Mapa de delimitação dos Comitês de Bacias no Ceará



Fonte: SRH (2014).

2.3 Bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe

O Rio Jaguaribe tem como principais afluentes nessa região, o Rio Figueiredo e o riacho do Sangue. Nesse trecho, a bacia é composta por 13 municípios: Alto Santo, Dep. Irapuan Pinheiro, Ererê, Iracema, Jaguarutama, Jaguaribara, Jaguaribe, Milhã, Pereiro, Potiretama, São João do Jaguaribe, Solonópoles e Tabuleiro do Norte (PACTO DAS ÁGUAS, 2009).

De acordo com o Pacto das Águas (2009), a bacia do Médio Jaguaribe apresenta representativa heterogeneidade na distribuição espaço-temporal da precipitação e no escoamento de suas águas. Com diferentes características para os municípios que a compõem.

A bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe possui área de drenagem 0.509 km², correspondente a 7,09% do território Cearense e capacidade de acumulação de águas superficiais de 6.860.905.000 m³ (PACTO DAS ÁGUAS, 2009).

A solidificação da oferta hídrica desta bacia é dada por seis açudes com capacidade superior a 10 milhões de metros cúbicos. Os demais açudes, com capacidade inferior a esse valor, possuem como principal função a acumulação de volumes de água estocados no período chuvoso e distribuídos nos meses restantes do ano, não servindo assim como reserva interanual por não atender a demanda hídrica necessária na bacia, conforme pode ser observado na Figura 2 os reservatórios com suas respectivas capacidades de acumulação (PACTO DAS ÁGUAS, 2009).

Figura 2 - Capacidade de acumulação dos principais reservatórios da Bacia do Médio Jaguaribe

Nome do Açude	Município	Capacidade de Acumulação (m³)
Adauto Bezerra	Pereiro	5.250.000
Canafístula	Iracema	13.110.000
Castanhão	Alto Santo	6.700.000.000
Ema	Iracema	10.390.000
Jenipapeiro	Dep. Irapuan Pinheiro	17.000.000
Joaquim Távora	Jaguaribe	26.772.800
Madeiro	Pereiro	2.810.000
Nova Floresta	Jaguaribe	7.610.000
Potiretama	Potiretama	6.330.000
Riacho do Sangue	Solonópolis	61.424.000
Santa Maria	Ererê	5.866.800
Santo Antônio	Iracema	832.000
Tigre	Solonópolis	3.510.000
TOTAL	13 açudes	6.860.905.600

Fonte: Pacto das Águas (2009).

3 METODOLOGIA

Os estudos estocásticos consistiram primeiramente da elaboração de séries hidrológicas formadas pelas precipitações totais anuais para a Bacia do Médio Jaguaribe.

Para diagnóstico, foram utilizados dados referentes ao Posto Pluviométrico 539023 (ANA, 2018), localizados nos municípios de Solonópolis, compondo assim um “grande histórico” em informações pluviométricas para essa região.

Para valores totais anuais das precipitações, houve a necessidade do preenchimento de falhas para elaborar um “Grande Histórico”, tornando a série histórica com um período superior a 100 anos de dados para análise.

Através dos totais anuais máximos, foi realizado a elaboração dos histogramas da bacia, com o objetivo de identificar padrões nas séries históricas.

Em seguida, foi realizada uma análise estatística descritiva da série de precipitações totais para a bacia hidrográfica, analisando-se as medidas variabilidade, que incluem: desvio padrão, o valor máximo, mínimo e média dos dados, onde através desses dados é possível calcular probabilidade de excedência, na qual é determinada pela probabilidade de uma pluviometria ser igualada ou superada. Essa

probabilidade é determinada através do coeficiente Z, determinada na planilha de Distribuição de Frequência Normal. Para determinação de Z, analisa-se os logaritmos obtidos dos valores obtidos de desvio padrão e média.

O passo seguinte foi calcular o Período de Retorno (TR), que é definido o

tempo médio, em anos, sendo desta forma o inverso da probabilidade. Deste modo, para um dado evento de precipitação p com um período de retorno TR pode ser igualado ou excedido uma vez em TR anos.

Portanto, o Tempo de Retorno é calculado através da fórmula:

$$P = \frac{1}{TR}$$

Onde,

P = Probabilidade de excedência; TR = Tempo de retorno.

O período de retorno é conceitualmente associado ao risco e ao próprio intervalo de tempo considerado na análise, normalmente estimado como sendo a vida útil do empreendimento ou do bem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores avaliados consistem nas precipitações totais anuais, em milímetros, do período de 1913 a 2017, constituindo uma série histórica centenária dos coeficientes pluviométricos na região da Bacia do Médio Jaguaribe, no Vale do Rio Jaguaribe, conforme pode ser verificado na Tabela 1- Série de precipitações totais anuais Bacia do Médio Jaguaribe.

Tabela 1 - Série de precipitações totais anuais Bacia do Médio Jaguaribe

MÉDIO JAGUARIBE					
ANO	TOTAL ANUAL (mm)	ANO	TOTAL ANUAL (mm)	ANO	TOTAL ANUAL (mm)
1913	819	1950	694	1987	577
1914	980	1951	367	1988	889
1915	100	1952	618	1989	1.141
1916	702	1953	415	1990	673

1917	1.327	1954	505	1991	595
1918	695	1955	603	1992	578
1919	156	1956	574	1993	237

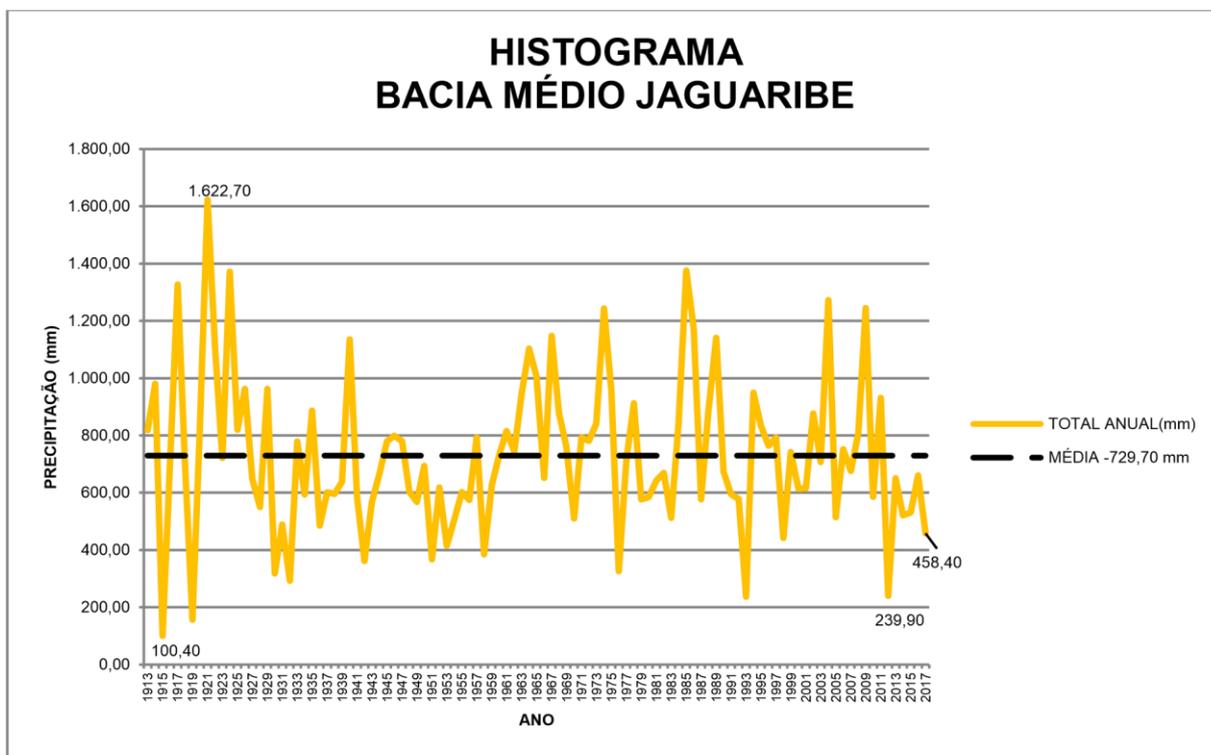
MÉDIO JAGUARIBE

ANO	TOTAL ANUAL (mm)	ANO	TOTAL ANUAL (mm)	ANO	TOTAL ANUAL (mm)
1920	827	1957	794	1994	949
1921	1.623	1958	386	1995	834
1922	1.111	1959	626	1996	765
1923	721	1960	732	1997	793
1924	1.372	1961	815	1998	443
1925	821	1962	744	1999	742
1926	963	1963	947	2000	614
1927	649	1964	1.103	2001	616
1928	551	1965	1.006	2002	876
1929	963	1966	652	2003	707
1930	318	1967	1.148	2004	1.273
1931	489	1968	878	2005	514
1932	292	1969	761	2006	752
1933	779	1970	510	2007	676
1934	594	1971	794	2008	808
1935	887	1972	781	2009	1.244
1936	485	1973	841	2010	586
1937	601	1974	1.244	2011	932
1938	596	1975	957	2012	240
1939	638	1976	326	2013	651
1940	1.135	1977	719	2014	521
1941	585	1978	913	2015	531
1942	362	1979	577	2016	661
1943	567	1980	585	2017	458
1944	669	1981	643		
1945	780	1982	669		
1946	799	1983	512		
1947	780	1984	844		
1948	603	1985	1.376		
1949	569	1986	1.175		

Fonte: Autora (2018).

Com base nos valores encontrados para as precipitações anuais totais, é possível fundar uma relação com a média gerada por análise estatística, obtendo um histograma para visualização dos valores conexos, conforme Figura 3.

Figura 3 - Histograma Bacia do Médio Jaguaribe



Fonte: Autora (2018).

Para estudos pluviométricos no Nordeste Brasileiro, o conceito estatístico que mais se enquadra para cálculo do tempo de retorno (TR) é a análise de dados através de LOG NORMAL, sendo apresentados através dos valores existentes na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores de LOG para o período de análise 1913 - 2017

MÉDIO JAGUARIBE					
ANO	LOG TOTAL ANUAL	ANO	LOG TOTAL ANUAL	ANO	LOG TOTAL ANUAL
1913	2,91	1950	2,84	1987	2,76
1914	2,99	1951	2,57	1988	2,95
1915	2,00	1952	2,79	1989	3,06
1916	2,85	1953	2,62	1990	2,83
1917	3,12	1954	2,70	1991	2,77
1918	2,84	1955	2,78	1992	2,76
1919	2,19	1956	2,76	1993	2,38
1920	2,92	1957	2,90	1994	2,98
1921	3,21	1958	2,59	1995	2,92

MÉDIO JAGUARIBE

ANO	LOG TOTAL ANUAL	ANO	LOG TOTAL ANUAL	ANO	LOG TOTAL ANUAL
1922	3,05	1959	2,80	1996	2,88
1923	2,86	1960	2,86	1997	2,90
1924	3,14	1961	2,91	1998	2,65
1925	2,91	1962	2,87	1999	2,87
1926	2,98	1963	2,98	2000	2,79
1927	2,81	1964	3,04	2001	2,79
1928	2,74	1965	3,00	2002	2,94
1929	2,98	1966	2,81	2003	2,85
1930	2,50	1967	3,06	2004	3,10
1931	2,69	1968	2,94	2005	2,71
1932	2,47	1969	2,88	2006	2,88
1933	2,89	1970	2,71	2007	2,83
1934	2,77	1971	2,90	2008	2,91
1935	2,95	1972	2,89	2009	3,09
1936	2,69	1973	2,92	2010	2,77
1937	2,78	1974	3,09	2011	2,97
1938	2,78	1975	2,98	2012	2,38
1939	2,80	1976	2,51	2013	2,81
1940	3,06	1977	2,86	2014	2,72
1941	2,77	1978	2,96	2015	2,73
1942	2,56	1979	2,76	2016	2,82
1943	2,75	1980	2,77	2017	2,66
1944	2,83	1981	2,81		
1945	2,89	1982	2,83		
1946	2,90	1983	2,71		
1947	2,89	1984	2,93		
1948	2,78	1985	3,14		
1949	2,75	1986	2,87		

Fonte: Autora (2018).

Comparando os índices das precipitações, observa-se que o ano mais crítico no intervalo de tempo averiguado é o de 2012, possuindo os valores significativamente mais baixo do que a média observada para a bacia hidrográfica. Por este fator, os dados de chuva do ano de 2012 foram utilizados para calcular o valor do tempo de retorno do período mais crítico do intervalo. Para uma análise mais global da estiagem, também foi calculado o tempo de retorno através da média do período crítico, 2012 a 2017, para as bacias hidrográficas, levando em consideração o valor obtido na média em relação aos totais anuais dos anos de estudo de cada região, comprovados na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores para TR média 2012 – 2017 e TR ano mais crítico

BACIA HIDROGRÁFICA	LOG MÉDIA	LOG DESVIOPADRÃO	MÉDIA 2012 - 2017 (mm)	LOG MÉDIA 2012 - 2017 (mm)	PARÂMETRO Z	P	TR (ANOS)
MÉDIO JAGUARIBE	2,83	0,19	570,66	2,76	-0,40	0,34	3

BACIA HIDROGRÁFICA	LOG MÉDIA	LOG DESVIOPADRÃO	MÉDIA 2012 (mm)	LOG MÉDIA 2012 (mm)	PARÂMETRO Z	P	TR (ANOS)
MÉDIO JAGUARIBE	2,83	0,19	239,90	2,38	-2,39	0,01	122

Fonte: Autora (2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu avaliar as precipitações históricas da bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe, com diferentes séries hidrológicas, caracterizando-as de acordo com a melhor distribuição de frequência, Log Normal, obtida através de análise estatística descritiva dos totais anuais das chuvas.

Analisando os índices pluviométricos é possível observar que a região do Vale do Rio Jaguaribe é a que mais sofre com a ausência de chuvas, apresentando os menores valores de precipitações no estudo das séries históricas.

Para os valores do período de estiagem compreendido entre os anos de 2012 a 2017, a pior seca da temporada foi registrada em 2012, apresentando um somatório anual de apenas 240 mm, muito abaixo da média histórica que gira em torno de 730 mm ao ano.

Os demais anos, 2013 a 2017, obtiveram precipitações insuficientes e todas abaixo da média anual, destacando-se o ano de 2017, onde após vários anos de estiagem a seca atingiu novamente outro índice sensível, obtendo 458 mm de chuvas.

Comparando esses valores com a série histórica, os índices apresentados em 2012 só não são inferiores aos encontrados na famosa Seca do 15, onde a bacia encontrou a menor precipitação ocasionada pela seca, 100 mm ao ano. Porém vale

ressaltar que a pluviometria obtida nos anos subsequentes a estiagem, caracterizam o período como prospero no aspecto chuvoso na região, chegando a ter um dos maiores invernos existentes no ano de 1917.

O único período de seca tão longo quanto ao que compreende os anos de 2012 a 2017 é o que iniciou na década de 40, perdurando de 1947 a 1956, onde as chuvas ocorridas foram todas abaixo da média.

Analisando o tempo de retorno para a média dos totais anuais, observou-se que o valor para média de 570 mm possui um TR igual a 3 anos, isso significa que para a quantidade de pluviometria precipitada está um pouco abaixo do índice esperado ao ano, 730 mm, caracterizando um cenário onde o sertanejo já é familiarizado.

Para o ano com a precipitação mais severa, 2012, o tempo de retorno para essa quantidade tão amena de chuva é de 122 anos, demonstrando quão rigorosa é a seca que nos atinge e que uma pluviometria tão baixa para a região é decorrente de um evento atípico da Bacia do Médio Jaguaribe.

O estudo atual comprova a severidade do período de estiagem compreendido entre os anos de 2012 e 2017 e alerta, através dos cálculos dos tempos de retorno, o curto período para ocorrência de um novo momento de estiagem. Para isso, deve-se sempre investir em obras hídricas e ações governamentais para minimizar os danos causados pela ausência de chuvas no Estado do Ceará.

6 REFERÊNCIAS

CAMPOS, José Nilson Bezerra. Vulnerabilidades hidrológicas do semi-árido às secas. Planejamento e Políticas Públicas, n. 16, 2009.

CAMPOS, José Nilson B., A água e a vida: textos e contextos. ABC, Fortaleza, 1999.

CAMPOS, José Nilson B.; STUART, TM de C. Secas no Nordeste do Brasil: origens, causas e soluções. IN: IV Diálogo Interamericano de Gerenciamento de Águas". ABRH, Foz do Iguaçu, 2001.

DA SILVA, U. P. Á., DA COSTA, A. M., LIMA, G. P. B., & LIMA, B. P. (2006). A experiência da alocação negociada de água nos vales do Jaguaribe e Banabuiú.

SOUZA FILHO, F. A.; CAMPOS, Y.M.L. ; SILVEIRA, C. S. ; Lemos, W.E.D. . PROJEÇÕES DE PRECIPITAÇÃO PARA O SÉCULO XXI UTILIZANDO SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO HIERARQUICA DE MODELOS: APLICAÇÃO PARA O NORDESTE SETENTRIONAL BRASILEIRO. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, v. 32, p. 1-11, 2014

TUCCI, C.E.M. 1993. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Editora da UFRGS.

PACTO DAS ÁGUAS; Assembleia Legislativa do Ceará, Assembleia Legislativa, Caderno Regional da Bacia do Médio Jaguaribe (Coleção Cadernos Regionais do Pacto das Águas) / Conselho de Altos Estudos e Assuntos Estratégicos, Assembleia Legislativa do Estado do Ceará, Instituto de Estudos e Pesquisas para o Desenvolvimento do Estado do Ceará, Fortaleza, 2009.