



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

MICHAEL ALECKSANDER DA SILVA RODRIGUES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

RECIFE

2019.1

MICHAEL ALECKSANDER DA SILVA RODRIGUES

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

ANÁLISE ESTATÍSTICA PLUVIOMÉTRICA DE CARUARU-PE

(1996-2018)

Relatório apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como pré-requisito para obtenção de nota da disciplina Estágio Supervisionado Obrigatório, sob orientação do Professor Glédson Luiz Pontes de Almeida.

RECIFE

2019.1

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

R696a Rodrigues, Michael Alecksander da Silva
Análise estatística pluviométrica de Caruaru-PE (1996 - 2018) /
Michael Alecksander da Silva Rodrigues. - 2019.
33 f.: il.

Orientador: Glédson Luiz Pontes de Almeida.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia
Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal Rural de
Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, Recife,
BR-PE, 2019.
Inclui referências.

1. Meteorologia 2. Chuvas – Caruaru, PE 3. Estatística
4. Solos – Salinidade I. Almeida, Glédson Luiz Pontes de, orient.
II. Título

CDD 631

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

ANÁLISE ESTATÍSTICA PLUVIOMÉTRICA DE CARUARU-PE (1996-2018)

Nome e assinatura do aluno

Nome e assinatura do orientador

Nome e assinatura do supervisor (se for o caso)

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho reflete parte do grande aprendizado adquirido ao longo da árdua e enriquecedora jornada acadêmica vivenciada, bem como encerra um ciclo que posteriormente se ramificará noutras experiências tão ou mais desafiadoras e significativas.

Primeiramente agradeço a Gleyce Nair (amiga), dedicada companheira, que viveu e compartilhou comigo intensamente dessa jornada, de tal modo que não seria possível desenvolver esse trabalho, do modo como foi, sem a sua incalçável e fundamental ajuda, além de tornar minha vida, pessoal e acadêmica, mais leve, feliz e gratificante.

Agradeço aos meus familiares mais próximos, à Luzinete Vieira (mãe), Dona Albaniza (avó), Washington (tio) por toda educação, afeto, carinho e amor proporcionados desde o início da minha existência e que tanto me estimularam ao longo da minha formação escolar e acadêmica.

Aos meus amigos dos tempos de escola, Gabriel, Jorge, Rodrigo, Débora, Marquinhos que mesmo dada a distância que hoje é uma realidade entre nós, tanto participaram da minha vida profundamente.

Aos amigos que a graduação me proporcionou, em especial Vitor, Marco Antônio, Adriel, Amanda, Marco Aurélio e Ewerton, que tornaram a graduação uma experiência bem mais agradável, rica e divertida.

Ao coordenador de curso, professor e orientador Glédson pela confiança depositada, bem como por todo acompanhamento que me foi oferecido na construção desse trabalho.

Ao corpo de docentes com quem convivi ao longo desses anos na faculdade e que me possibilitaram desenvolver uma grande gama de conhecimentos que transcendem ao âmbito puramente científico.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, em tudo que a constitui, pela oportunidade concedida que tão é representativa na minha formação profissional.

E a todos que não foram citados diretamente, mas que de alguma forma participaram de todo esse processo citado e que, em diferentes graus de intensidade, influenciaram e deixaram partes suas em mim e na minha formação.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Localização do município de Caruaru – PE.....	14
Figura 2- Localização da estação meteorológica do município de Caruaru - PE.....	16
Figura 3- Médias pluviométricas mensais de Caruaru - PE.....	20
Figura 4- Histograma da pluviometria anual de Caruaru - PE.....	21
Figura 5- Contribuição dos meses do Trimestre Seco para sua pluviometria.....	23
Figura 6- Contribuição do Trimestre Seco na formação da chuva anual.....	23
Figura 7- Contribuição dos meses do Trimestre Chuvoso para sua pluviometria.....	24
Figura 8- Contribuição do Trimestre Chuvoso na formação da chuva anual.....	24
Figura 9- Índice de Anomalias de Chuvas.....	25
Figura 10- Evolução no volume hidrico na barragem de Jucazinho, situada em Surubim - PE.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classes do Índice de Anomalias de Chuva.....	17
Tabela 2- Dados Pluviométricos de Caruaru – PE (1996 - 2008).....	18
Tabela 3- Dados Pluviométricos de Caruaru – PE (2009 - 2018).....	18
Tabela 4- Médias Pluviométricas de Caruaru – PE.....	19
Tabela 5- Valores pluviométricos anuais subtraídos da média em módulo.....	22
Tabela 6- Classificação dos anos de acordo com as classes de intensidade previstas pelo IAC.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Climas

COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

IAC – Índice de Anomalias de Chuva

NEB – Nordeste Brasileiro

PCD – Plataforma de Coleta de Dados

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	08
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo Geral	10
2.2. Objetivos Específicos	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
4. METODOLOGIA	14
4.1. Área de Estudo	14
4.2. Coleta de Dados	15
4.3. Análise de Dados	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	18
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

1. INTRODUÇÃO

O clima é um conjunto de elementos físicos, químicos e biológicos que caracterizam a atmosfera de determinado local e influenciam nos seres que nele habitam de acordo com Pereira et al. (2001). Dentre esses elementos se destacam a radiação solar, precipitação, temperatura, amplitude térmica, umidade relativa do ar, vento, cobertura de nuvens, pressão atmosférica, evapotranspiração, entre outras. A precipitação pluviométrica é uma das variáveis meteorológicas de maior importância para a sociedade, por influenciar diretamente as atividades humanas, em que o seu excesso (enchentes) ou escassez (secas) ocasionam danos socioeconômicos e ambientais significativos (DINIZ, 2013). Trata-se de um elemento meteorológico que apresenta uma enorme variação no tempo e no espaço, sendo influenciado diretamente pela posição geográfica do local, pelo relevo e também pelas demais variáveis meteorológicas.

O semiárido nordestino apresenta grande variabilidade espacial e temporal das chuvas, com precipitações irregulares concentradas em poucos meses. Essa região também é caracterizada com alto potencial para evaporação da água, em função da grande disponibilidade de energia solar, das temperaturas elevadas e da baixa umidade do ar (Assis, Souza & Sobral, 2015).

Em região de transição como o nordeste brasileiro, o monitoramento da precipitação, principalmente, durante o período chuvoso é muito importante para tomada de decisões que tragam benefícios para a população. Nos dias atuais, um bom monitoramento da precipitação é ferramenta indispensável na mitigação de secas, enchentes, inundações, alagamentos, em conformidade com Paula et al. (2010), além de influenciar diretamente nos inúmeros projetos de irrigação implantados em funcionamento e futuros; no abastecimento de água para grandes, médias e pequenas cidades que em sua maioria, dependem diretamente ou indiretamente dos níveis dos rios; no volume acumulado das barragens distribuídas no nordeste brasileiro; bem como em diversas culturas agrícolas dependentes exclusivamente da regularidade das chuvas.

Dentre os elementos do clima, a precipitação é a que mais interfere na produtividade agrícola segundo o autor Ortolani et al. (1987), principalmente nas regiões tropicais, onde o regime de chuvas é caracterizado por eventos de curta duração e alta intensidade de acordo com Santana et al. (2007), em função disto a sazonalidade da

precipitação concentra quase todo o seu volume durante os meses que compõem o período chuvoso conforme afirma Silva (2004).

Conforme dito, percebe-se que a distribuição das chuvas em áreas tropicais é extremamente irregular, sobretudo em regiões tais como o nordeste brasileiro. Situação agravada devido às mudanças climáticas que resultam em alterações na precipitação pluviométrica, levando a um aumento significativo de eventos extremos (secas e excesso de umidade) (COSTA et al., 2015), o que suscita a necessidade de um melhor conhecimento e interpretação das escalas da variabilidade pluviométrica, que podem ser efetuadas por meio de índices, tal como o Índice de Anomalias de Chuva (IAC) que ajuda a monitorar anos de seca e chuva excessiva.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Analisar o modo como a precipitação pluviométrica se comporta no município de Caruaru através dos dados de séries históricas referentes às chuvas.

2.2. Objetivos Específicos

- Aplicar ferramentas estatísticas a fim de aprimorar a interpretação dos dados fornecidos pela série histórica trabalhada;
- Analisar o Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) visando detectar eventos extremos;
- Pontuar os tais eventos extremos decorrentes do excesso ou escassez hídrica ao longo da série histórica considerada.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Durante o século XX, segundo Salsburg (2009), a Estatística revolucionou a ciência através do fornecimento de modelos úteis que sofisticaram o processo de pesquisa na direção de melhores parâmetros de investigação, permitindo orientar a tomada de decisões nas políticas socioeconômicas. Para Stigler (1986), os métodos estatísticos foram desenvolvidos como uma mistura de ciência, tecnologia e lógica para a solução e investigação de problemas em várias áreas do conhecimento humano.

A estatística pode ser considerada como uma ciência quando, baseando-se em suas teorias, estuda grandes conjuntos de dados, independentemente da natureza destes, sendo autônoma e universal. É considerada um método quando serve de instrumento particular a uma determinada ciência (como na Engenharia, na Agronomia, na Biologia, na Física, na Medicina ou na Psicologia). Finalmente, é considerada arte quando é aplicada visando à construção de modelos para representar a realidade (LOPES, 2010).

Segundo Vieira (2013, p.1), a estatística é a ciência que fornece os princípios e a metodologia para coleta, organização, apresentação, resumo, análise e interpretação de dados. Seguindo este raciocínio é recorrente que tal conhecimento torna-se parte fundamental de diversas áreas, principalmente da área de pesquisas científicas, assim se justifica a utilização dessas ferramentas com o objetivo de fornecer mais elementos fundamentais ao entendimento do assunto proposto.

Os efeitos das variabilidades climáticas e possivelmente das mudanças climáticas vêm afetando todo o planeta com desastres em grande escala, com alterações nos recursos hídricos e na agricultura no decorrer dos anos. Assis, Souza & Sobral (2015) afirmam que as mudanças do clima têm intensificado cada vez mais a problemática da escassez hídrica, sobretudo em áreas áridas e semiáridas do planeta, destacando o semiárido do Nordeste do Brasil, uma vez que apresenta uma grande tendência à aridização, acompanhada de diminuição da oferta hídrica em função da alteração nos padrões pluviométricos, com diminuição da frequência e intensidade das chuvas.

Araújo, Moraes Neto & Sousa (2009) apontam que, devido à irregularidade da precipitação, é necessário realizar um monitoramento através de índices climáticos, uma vez que, através deles, pode-se desenvolver um sistema de acompanhamento das características dos períodos de seca e de excesso de umidade, com informações anuais ou mensais, com as quais se pode conhecer a climatologia de uma determinada região e

verificar os impactos que o clima causa sobre a distribuição da precipitação pluviométrica.

A precipitação pluviométrica no Nordeste Brasileiro (NEB) está relacionada com vários sistemas atmosféricos de várias escalas. Segundo Molion, (2002), os processos relacionados a precipitação no NEB estão intimamente ligados a fenômenos de escala global, que essencialmente controla, intensificando ou inibindo, as chuvas sobre a região. Nesta perspectiva, vários são os estudos sobre a ocorrência prolongada de secas em virtude da mudança climática, demonstrando a necessidade de melhor entendimento e previsão de ocorrência (Hastenrath & Heller 1977; Santos & Brito 2007; Marengo et al., 2010; Noronha et al., 2016). Além disso, as mudanças climáticas locais são medidas por séries históricas de variáveis meteorológicas como, por exemplo, a precipitação. De acordo com as tendências temporais dessas variáveis, é observado se ocorreram alterações no clima; um método de avaliação que se destaca é o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) (Van Rooy, 1965; Santos & Brito, 2007).

Uma das formas de se estudar a precipitação pluviométrica é por meio do Índice de Anomalias de Chuva (IAC), que ajudam a monitorar anos de seca e chuva excessiva. Esse índice permite realizar comparações do regime pluviométrico de determinado local a partir de uma série de dados históricos com as condições atuais de chuva e também é utilizado para a caracterização da variabilidade espaço-temporal da precipitação na região de estudo (ARAÚJO et al., 2007; MARCUZZO et al., 2011; SANCHES et al., 2014).

Repelli et al. (1998) relatam que o Índice de Anomalia de Chuva desenvolvido por Rooy (1965) possui boa aplicação para uso em regiões semiáridas, devido a sua capacidade de fornecer informações sobre a ocorrência, gravidade e impacto da seca. Arai et al. (2009) mostraram que a precipitação pluvial possui significativa importância na caracterização do clima de determinada região, intervindo diretamente nas alternâncias de rendimento das culturas. Longos períodos de estiagem, além de ocasionarem danos à agricultura regional, afetam também o nível de águas dos mananciais e reservatórios das usinas hidrelétricas, geraram danos aos abastecimentos urbano e à geração de energia elétrica de conformidade com Silva et al. (2004). Além disso, sofre a influência direta de fenômenos atmosféricos e oceânicos de grande escala que se processam sobre os Oceanos Pacífico e Atlântico Tropicais de acordo com Lucena et al. (2011).

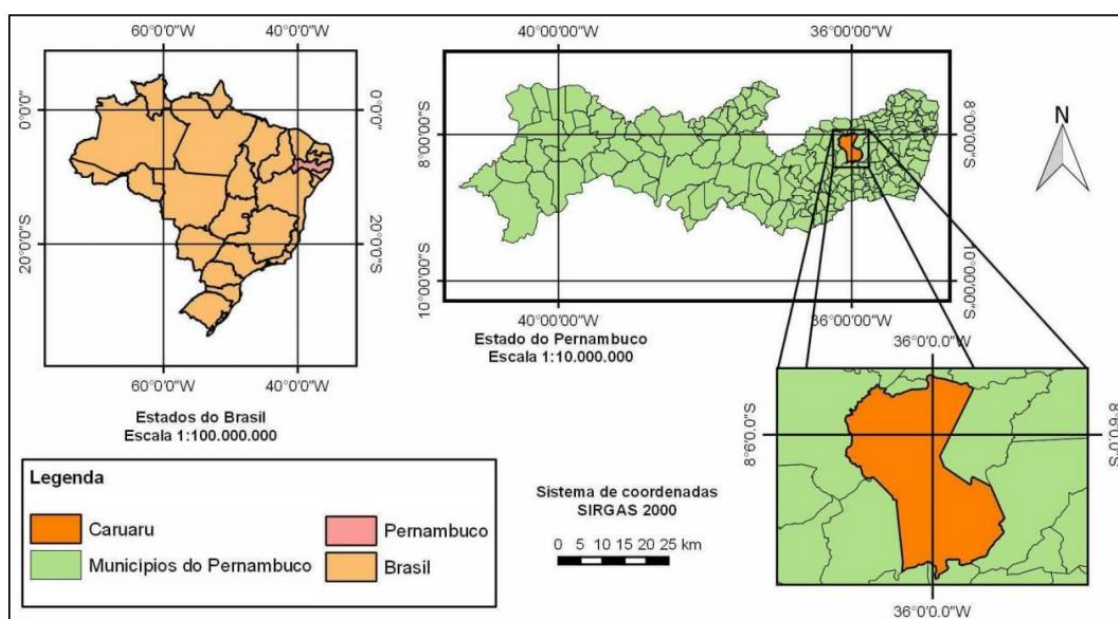
Outra vantagem do IAC é que, diferentemente de outros índices, ele necessita apenas de dados de precipitação e é de fácil estimativa. Sendo uma informação que contribui para estudos de verificação dos impactos do clima global sobre a vulnerabilidade da distribuição pluviométrica no planeta (ARAÚJO et al., 2009).

4. METODOLOGIA

4.1. Área de estudo

O município de Caruaru se localiza na mesorregião do Agreste e na microrregião do vale do Ipojuca do estado de Pernambuco, limitando-se ao norte com Toritama, Vertentes, Frei Miguel e Taquaritinga do Norte, a sul com Altinho e Agrestina, a leste com Bezerros e Riacho das Almas e a oeste com Brejo da Madre de Deus e São Caetano. A área municipal ocupa 928,1 km² e representa 0,94% do estado de Pernambuco, sendo que 16,6 km² estão em perímetro urbano e os 903,9 km² restantes formam a zona rural. A sede do município tem altitude de 554 metros e coordenadas geográficas de 08°17'S latitude e 35°58' de longitude, distante 140,7 km da capital. Na figura 1 tem-se a localização do citado município.

Figura 1. Localização do município de Caruaru – PE.



Fonte: Adaptado de SOUSA, L.C.O. (2017).

O Rio Ipojuca, que atravessa um trecho de cerca de 15 km de zona urbana em Caruaru, possui 320 km de extensão e sua bacia abrange uma área de 3.435,34 km². Seu regime fluvial é intermitente até esse município, perenizando-se a jusante. A bacia responde por quase $\frac{1}{7}$ do volume total de água no estado e tem sido responsável por inundações recorrentes. Problemas como o grande volume de lixo e a totalidade dos

efluentes industriais e residenciais da cidade jogados no Rio Ipojuca e afluentes, aliados ao assoreamento severo da calha do rio e à ocupação desordenada da planície de inundação - além das pontes e passagens molhadas inadequadas que provocam retenção de água e detritos, agravando os efeitos das enchentes.

A barragem Jucazinho, responsável pelo abastecimento da cidade de Caruaru, está localizada no sítio denominado Jucazinho, em terras dos municípios de Surubim e Cumaru no estado de Pernambuco, aproximadamente a 137 km da cidade de Recife. A barragem foi construída entre os anos de 1996 e 1998, possuindo altura máxima de 63,2 m. A barragem forma um lago com cerca de 1.600 ha, podendo acumular um volume de 327.035.812 m³ de água.

O clima de Caruaru de acordo com a classificação de Köppen-Geiger é do tipo semiárido (Bsh), possuindo verões quentes e secos e invernos amenos e chuvosos. A quadra chuvosa se inicia em fevereiro com chuvas de pré-estação (chuvas que ocorrem antes da quadra chuvosa) com seu término ocorrendo no final do mês de agosto e podendo se prolongar até a primeira quinzena de setembro. O trimestre chuvoso centra-se nos meses de maio, junho e julho e os seus meses secos ocorrem entre outubro, novembro e dezembro. Os fatores provocadores de chuvas no município são a contribuição da zona de convergência intertropical (ZCIT), a formação de vórtices ciclônicos de altos níveis (VCAS), as influências dos ventos alísios de nordeste no transporte de vapor e umidade os quais condensam e formam nuvens provocando chuvas de moderadas a fortes, além das formações das linhas de instabilidades, orografia e seus reflexos locais e regional formando nuvens e também contribuindo pra ocorrência de chuvas de moderada à forte, segundo Medeiros (2016).

As variáveis climáticas de determinada região são medidas em campo por meio de estações meteorológicas. Essas estações dispõem de equipamentos automáticos, ou não, para a medição dessas variáveis. Elas são fixadas em locais estratégicos de tal forma a cobrir a área representativa do local do estudo.

4.2. Coleta dos dados

Os dados de precipitação utilizados neste estudo são oriundos da estação meteorológica localizada a 08°24'S latitude, 35°99' de longitude e altitude de 568 metros e pluviômetros pertencentes à Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), obtidos por meio da ferramenta de Sistema de Geoinformação Hidrometeorológico de

Pernambuco. Com esse sistema, a Apac realiza o monitoramento hidrometeorológico em tempo real de Plataformas de coletas de dados (PCD's) distribuídas em todo o estado de Pernambuco. A série de dados para Caruaru foi de 23 anos (1996 - 2018), contudo apresenta uma lacuna nos anos de 1997 e 1998.

Figura 2. Localização da estação meteorológica do município de Caruaru – PE.



Fonte: Adaptado de Google Maps (2019).

4.3. Análise de dados

Para a plotagem dos dados das séries históricas, bem como para a transformação desses dados através das ferramentas estatísticas desejadas utilizou-se o Microsoft Office Excel. Já na determinação do índice de anomalia de chuva (IAC), utilizou-se a metodologia sugerida por Rooy (1965) e adaptada por Freitas (2004), a fim da obtenção das anomalias positivas e negativas conforme seguem:

$$IAC_{\text{positivo}} = 3 * \left[\frac{(N - N1)}{(M - N1)} \right] \qquad IAC_{\text{negativo}} = -3 * \left[\frac{(N - N1)}{(X - N1)} \right]$$

em que:

N = precipitação observada do ano em que será gerado o IAC (mm);

N1 = precipitação média anual da série histórica (mm);

M = média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm);

X = média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm).

Para realização da disposição dos municípios em termos de IAC, foi utilizada a classificação elaborada por Araújo et al. (2009) para os anos secos e úmidos. A classificação é feita de acordo com os valores registrados para o IAC, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Classes do Índice de Anomalias de Chuva

	Faixa do IAC	Classe de Intensidade
Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	> 4	Extremamente Úmido
	2 a 4	Muito Úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito Seco
	< -4	Extremamente Seco

Fonte: Araújo et al. (2009).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através dos dados da distribuição das chuvas no município de Caruaru (tabelas 2 e 3) por meio da série histórica obtida juntamente à APAC e que compreende 23 anos de duração (1996 – 2018), percebe-se que a maior incidência de chuvas ocorre no primeiro semestre do ano e que responde por 69% das precipitações anuais, sobretudo nos meses de abril, maio e junho que juntos geram 42% das chuvas anuais e que compõem o trimestre chuvoso, enquanto outubro, novembro e dezembro, responsáveis por 8% anuais, apresentam-se como os três meses menos chuvosos do ano, constituindo assim o trimestre seco (tabela 4 e figura 3).

Tabela 2 – Dados Pluviométricos de Caruaru – PE (1996 - 2008)

Mês/Ano	1996	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Janeiro	18,6	8,0	72,8	16,4	129,7	18,0	316,7	0,3	23,1	70,3	28,7
Fevereiro	51,5	11,5	92,8	2,0	111,6	32,4	144,6	11,0	86,0	67,2	24,9
Março	99,5	12,4	26,2	102,4	55,4	56,6	41,5	44,2	25,8	96,9	106,9
Abril	61,9	-	148,6	63,0	24,3	29,5	88,4	55,7	43,0	47,3	116,6
Maio	16,5	62,0	43,2	12,4	122,7	54,6	76,1	151,3	93,1	50,9	85,5
Junho	40,7	26,3	177,4	146,1	128,0	64,9	107,4	175,6	109,5	81,8	46,0
Julho	47,1	81,8	74,8	59,4	31,2	41,5	116,3	50,8	55,6	33,2	71,6
Agosto	38,4	17,0	121,1	31,9	35,6	16,4	26,8	38,0	32,4	70,8	43,0
Setembro	29,7	-	52,4	12,9	16,8	24,6	34,8	9,8	17,7	33,0	1,9
Outubro	14,8	-	2,5	37,9	9,0	10,0	1,0	8,1	6,2	0,5	1,2
Novembro	20,3	-	11,8	29,9	12,9	4,6	0,2	2,0	9,6	7,5	-
Dezembro	5,4	-	56,0	10,5	-	7,2	14,6	102,2	8,0	9,9	3,8

Fonte: O autor (2019).

Tabela 3 – Dados Pluviométricos de Caruaru – PE (2009 – 2018)

Mês/Ano	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Janeiro	60,3	117,9	108,2	16,4	13,2	3,4	4,3	74,4	4,7	23,4
Fevereiro	88,4	43,0	42,6	18,4	-	15,2	18,0	46,1	16,5	29,6
Março	26,6	46,4	87,6	13,8	1,0	45,0	41,8	29,9	2,4	87,2

Abril	75,9	74,5	91,0	10,4	124,2	47,4	9,0	40,1	31,4	200,5
Mai	132,4	7,8	175,2	28,6	18,4	63,9	27,6	65,1	237,4	40,7
Junho	54,9	317,8	41,2	41,3	75,4	32,2	118,7	49,2	59,3	15,3
Julho	150,8	51,9	129,2	39,9	105,2	33,2	85,0	23,5	139,6	14,3
Agosto	70,0	22,1	47,6	23,0	30,3	24,4	19,4	11,4	32,4	8,4
Setembro	6,2	19,2	19,2	1,4	10,7	50,8	3,4	18,0	38,1	3,2
Outubro	-	10,7	10,0	0,4	18,2	30,0	1,0	3,2	6,7	-
Novembro	14,2	-	29,6	-	44,0	6,8	1,2	-	-	-
Dezembro	37,6	3,2	-	6,6	58,7	-	50,0	10,5	9,4	9,7

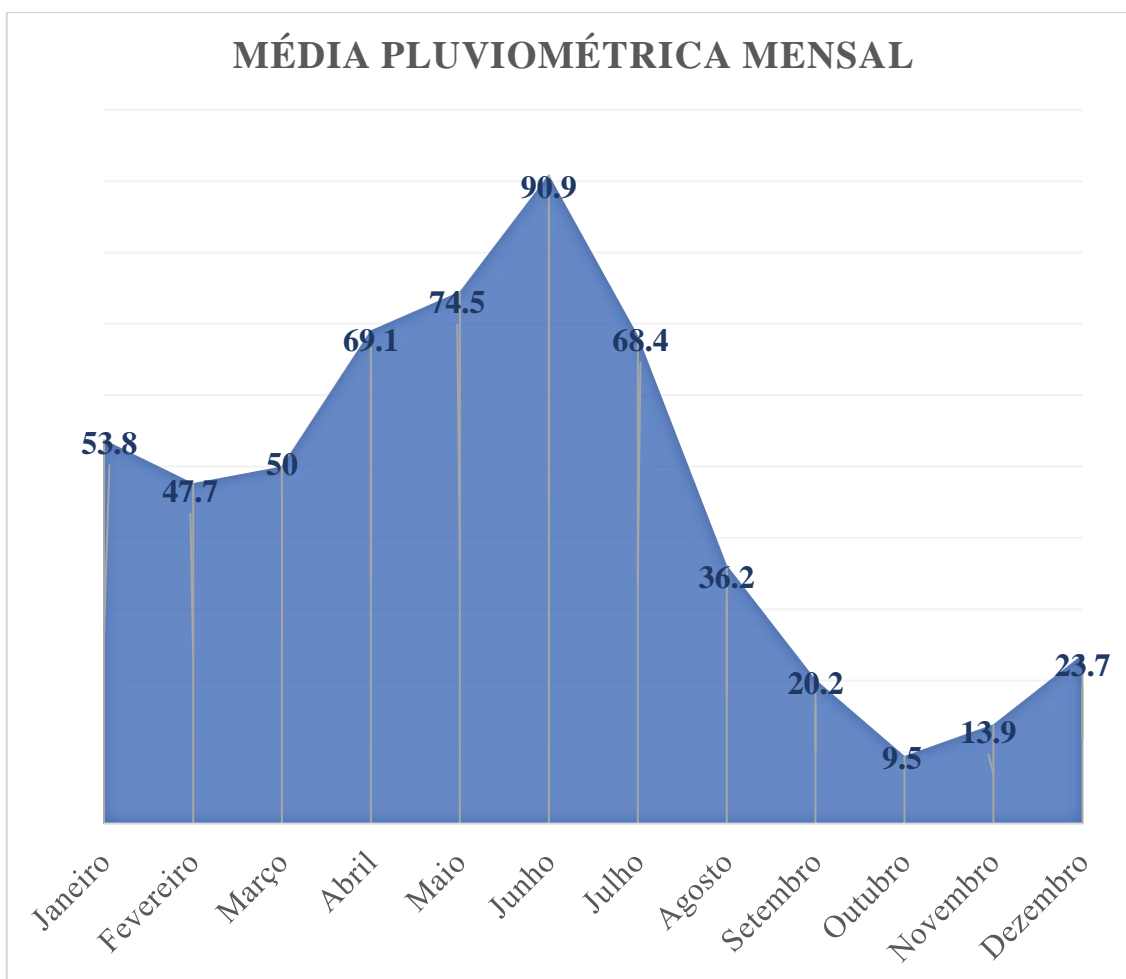
Fonte: O autor (2019).

Tabela 4 – Médias Pluviométricas de Caruaru – PE

Mês	Média
Janeiro	53,8
Fevereiro	47,7
Março	50,0
Abril	69,1
Mai	74,5
Junho	90,9
Julho	68,4
Agosto	36,2
Setembro	20,2
Outubro	9,5
Novembro	13,9
Dezembro	23,7

Fonte: O autor (2019).

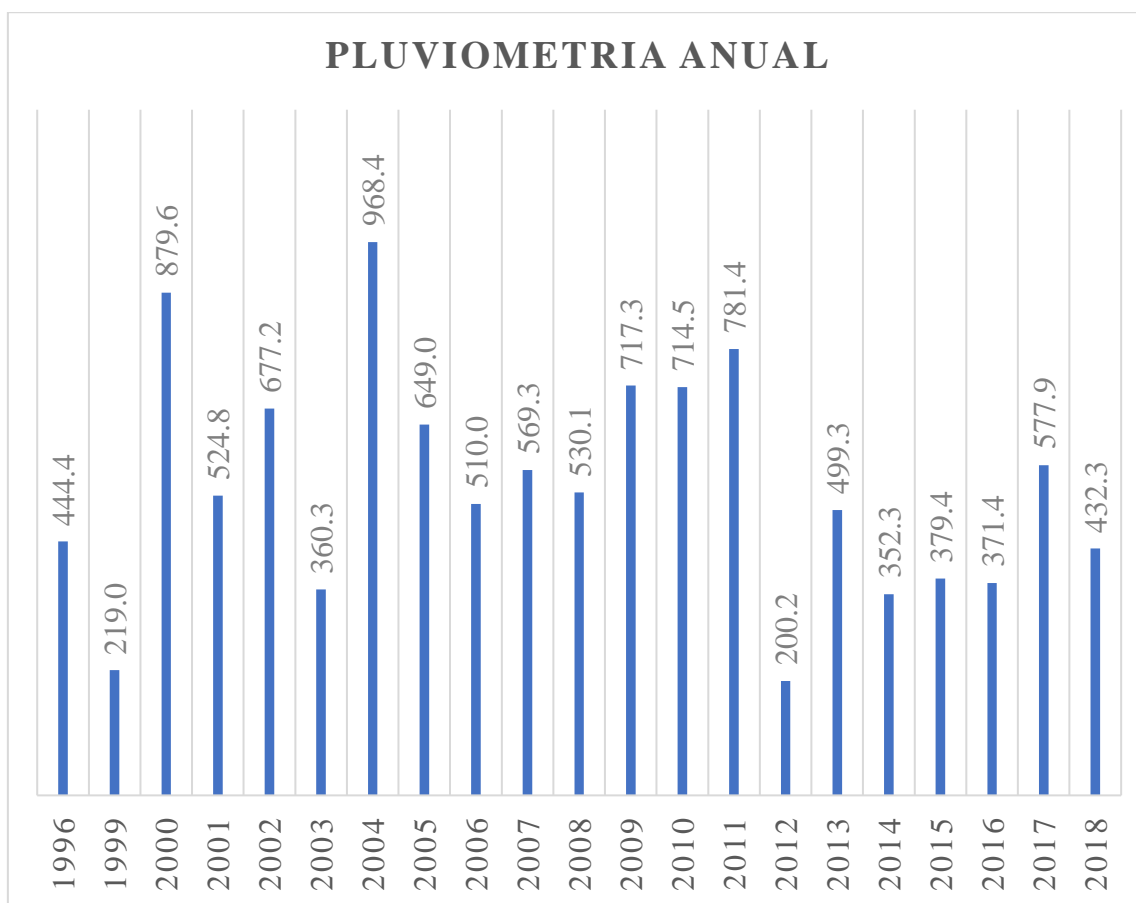
Figura 3 – Médias pluviométricas mensais de Caruaru – PE



Fonte: O autor (2019).

Já quanto à pluviometria anual, nota-se a variabilidade que há ao longo dos anos (figura 4) e que confirma a irregularidade temporal na distribuição das chuvas característica à região em decorrência dos fenômenos de caráter local e/ou regional que afetam o regime chuvoso. Constata-se essa irregularidade ao perceber, por exemplo, que nos anos de 1999 e 2012 houve os menores valores registrados na série, com 219.0 e 200.2 mm respectivamente; enquanto que nos anos de 2000 e 2004 choveu, respectivamente, 879.6 e 968.4 mm anuais e que representam os maiores montantes da série indicada. Chama-se a atenção para essa discrepância evidenciada ainda mais fortemente ao se perceber que nos citados anos de menor incidência chuvosa, a soma de suas contribuições (419,2 mm) é inferior à média anual obtida para a série histórica (540,9 mm).

Figura 4 – Histograma da pluviometria anual de Caruaru – PE



Fonte: O autor (2019).

Ainda com o objetivo de enfatizar essa irregularidade chuvosa atenta-se para a variação anual em comparação à média referente ao período histórico (tabela 5), dados que reforçam essa notável heterogeneidade pluviométrica, bem como o cálculo do desvio-padrão, mostrado a seguir, que apontou para 158,7 mm.

Cálculo do Desvio Padrão:

$$DP = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{N}}$$

Onde:

X_i = pluviometria anual;

X = média pluviométrica;

N = número de anos utilizados para o cálculo.

Calculando de acordo com os valores fornecidos pelo gráfico 2 obteve-se:

$$DP = 158,7 \text{ mm}$$

Tabela 5 – Valores pluviométricos anuais subtraídos da média em módulo

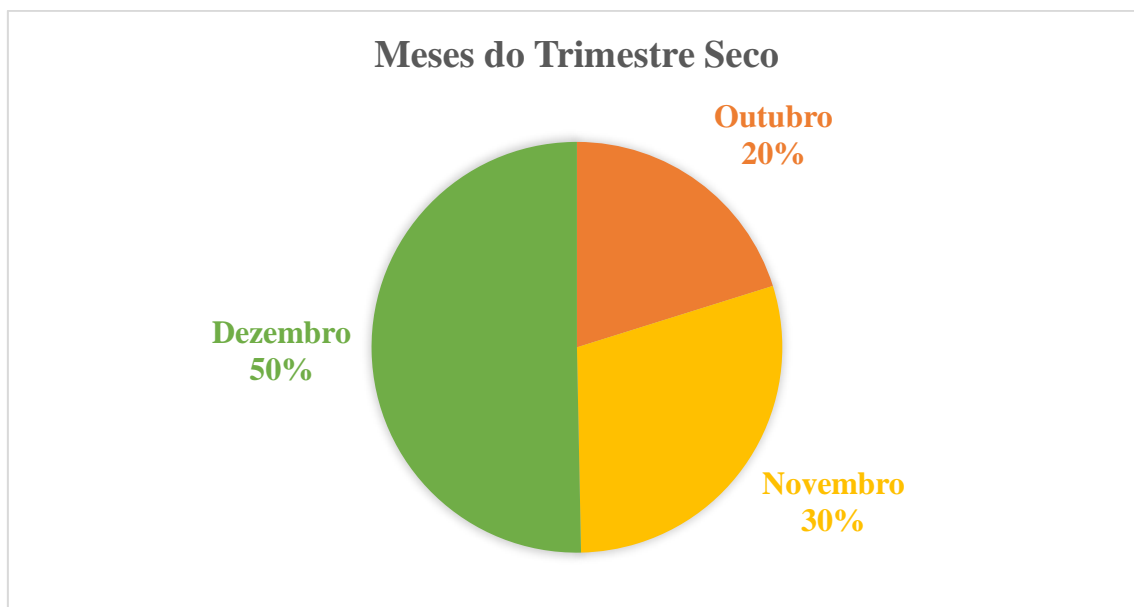
Ano	$ X_i - \bar{X} $
1996	96,5
1999	321,9
2000	338,7
2001	16,1
2002	136,3
2003	180,6
2004	427,5
2005	108,1
2006	30,9
2007	28,4
2008	10,8
2009	176,4
2010	173,6
2011	240,5
2012	340,7
2013	41,6
2014	188,6
2015	161,5
2016	169,5
2017	37,0
2018	108,6

Fonte: O autor (2019).

Aqui, abre-se espaço pra destacar dois períodos marcantes em séries históricas de maneira geral e que ficam bastante evidentes para o município de Caruaru, a presença de dois trimestres característicos, um seco e um chuvoso. O trimestre seco (figura 5) compreende os meses de outubro, novembro e dezembro que juntos respondem por apenas 8% das chuvas anuais (figura 6), sendo o mês de outubro o mais seco deles com 9,5 mm por ano em média. Já o trimestre úmido (figura 7) corresponde aos meses

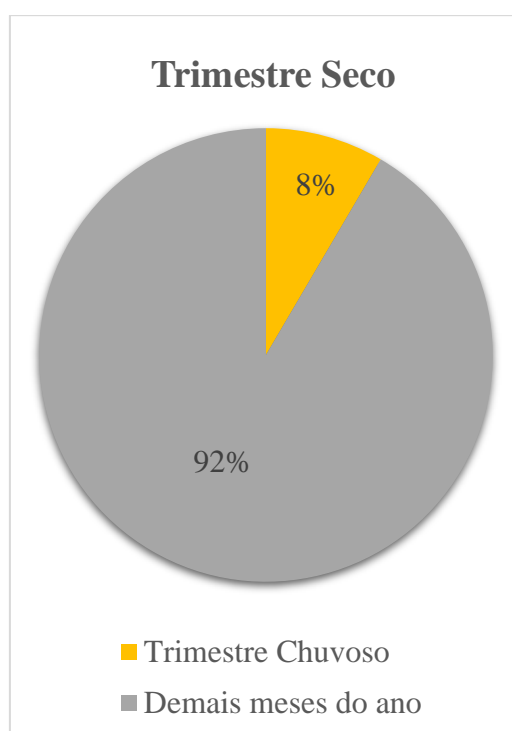
de abril, maio e junho responsáveis por 42% das chuvas anuais (figura 8), com o mês de junho em destaque por ser o mais chuvoso do ano com média de 90,9 mm.

Figura 5- Contribuição dos meses do Trimestre Seco para sua pluviometria



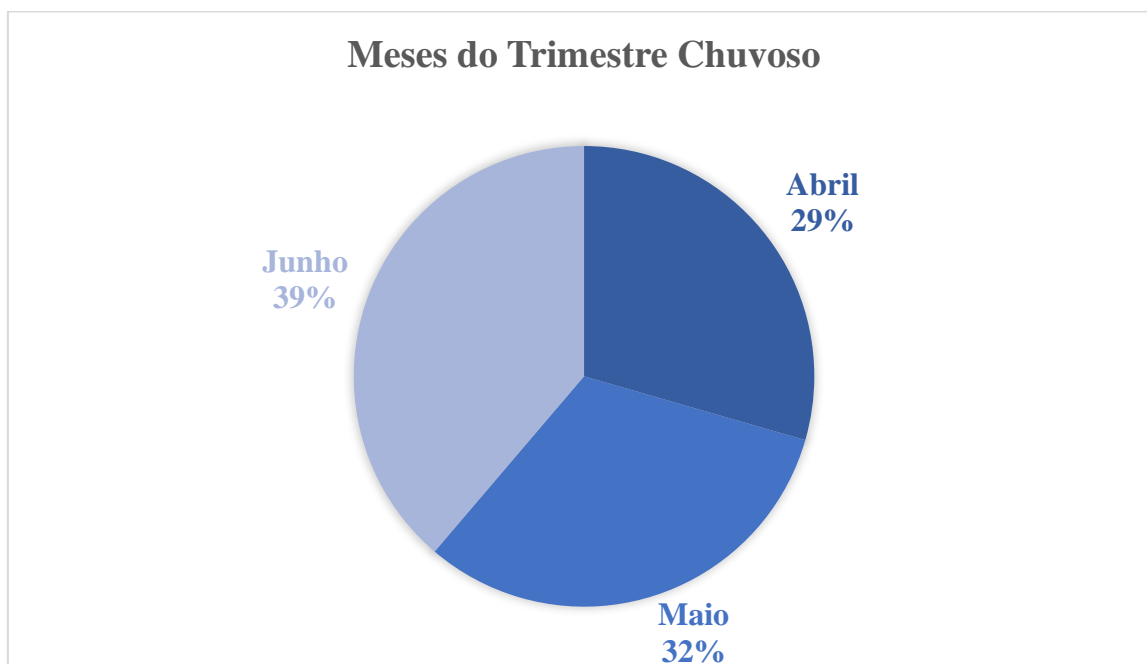
Fonte: O autor (2019).

Figura 6– Contribuição do Trimestre Seco na formação da chuva anual



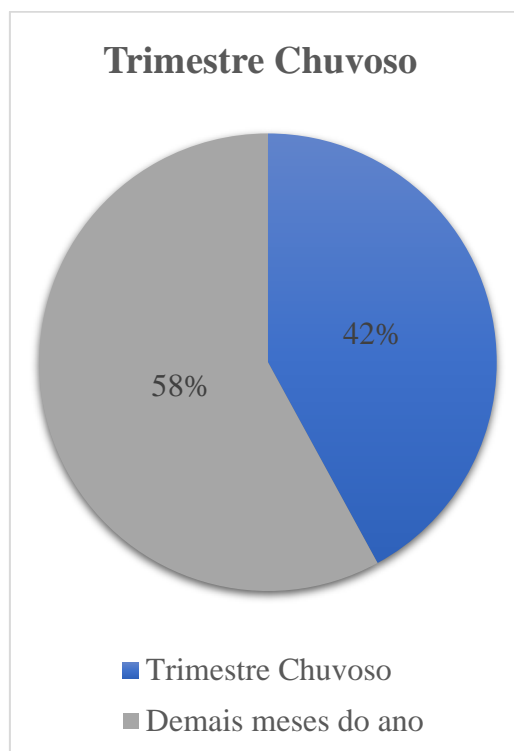
Fonte: O autor (2019).

Figura 7- Contribuição dos meses do Trimestre Chuvoso para sua pluviometria



Fonte: O autor (2019).

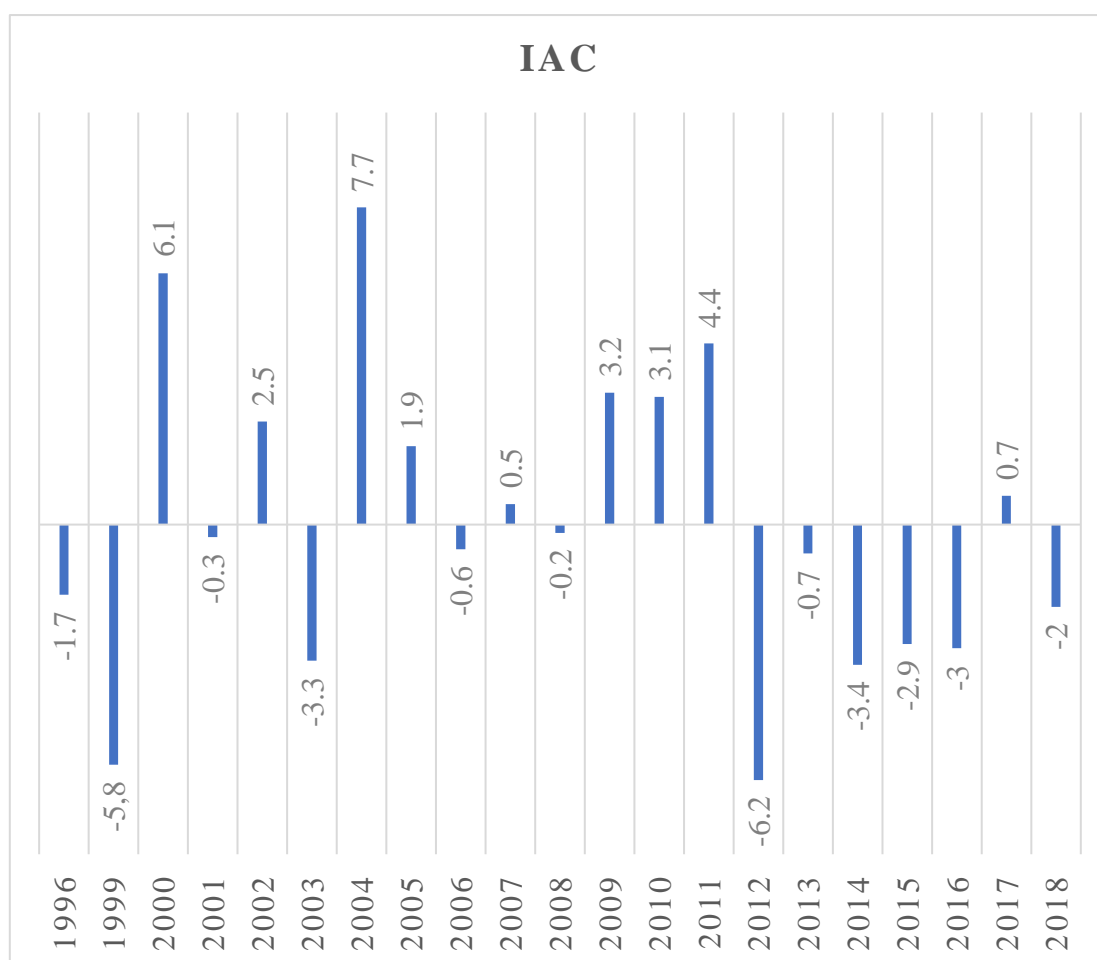
Figura 8- Contribuição do Trimestre Chuvoso na formação da chuva anual



Fonte: O autor (2019).

O cálculo do Índice de Anomalia de Chuvas (IAC) (figura 9) revela que a maioria dos anos dessa série se enquadram como secos ou muito secos (valores negativos) (tabela 6), fator que indica a presença de um déficit hídrico anual marcante. Em 5 anos o valor do IAC se classifica nos extremos de seca ou umidade, alertando para uma propensão a eventos de enchentes e secas que requerem planejamentos públicos em infraestrutura adequados ao suporte de ambas condições extremas, tanto no desenvolvimento de medidas de obtenção de água como o aproveitamento das águas das chuvas, além de investimentos em educação ambiental a fim de ampliar a conscientização da população sobre um melhor uso desse recurso indispensável; bem como na definição e aplicação de estratégias apropriadas à contenção de excessos hídricos, como o dimensionamento eficiente dos sistemas de drenagem, decorrentes das eventuais enchentes.

Figura 9 – Índice de Anomalia de Chuvas



Fonte: O autor (2019).

Tabela 6 – Classificação dos anos de acordo com as classes de intensidade previstas pelo IAC

Ano	IAC	Classe de intensidade
1996	-1,7	Seco
1999	-5,8	Extremamente seco
2000	6,1	Extremamente úmido
2001	-0,3	Seco
2002	2,5	Muito úmido
2003	-3,3	Muito seco
2004	7,7	Extremamente úmido
2005	1,9	Úmido
2006	-0,6	Seco
2007	0,5	Úmido
2008	-0,2	Seco
2009	3,2	Muito úmido
2010	3,1	Muito úmido
2011	4,4	Extremamente úmido
2012	-6,2	Extremamente seco
2013	-0,7	Seco
2014	-3,4	Muito seco
2015	-2,9	Muito seco
2016	-3,0	Muito seco
2017	0,7	Úmido
2018	-2,0	Muito seco

Fonte: O autor (2019).

Alguns aspectos decorrentes da análise dos valores do IAC chamam a atenção, sobretudo a inversão brusca verificada entre os anos de 2003 e 2004 (maior valor do IAC registrado na presente série histórica) e que culminou com as enchentes ocorridas nesse último ano, assim como a sequência seca que se deu início a partir de 2012.

Cabe ressaltar, também, a representatividade que o rio Ipojuca exerce na propensão à ocorrência de enchentes no município de Caruaru, haja visto que o mesmo

atravessa um trecho de cerca de 15 km em sua zona urbana e tem sido responsável por inundações recorrentes, sendo a de 2004 a mais grave até aqui registrada.

Desenvolvido em abril de 2012 pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais), o relatório de ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massas e inundações, e que concedeu as estatísticas referentes à inundação de 2004 em Caruaru, além de gerar um conjunto de medidas visando à mitigação dos efeitos das eventuais futuras enchentes.

Estatísticas da Inundação de 2004, em Caruaru:

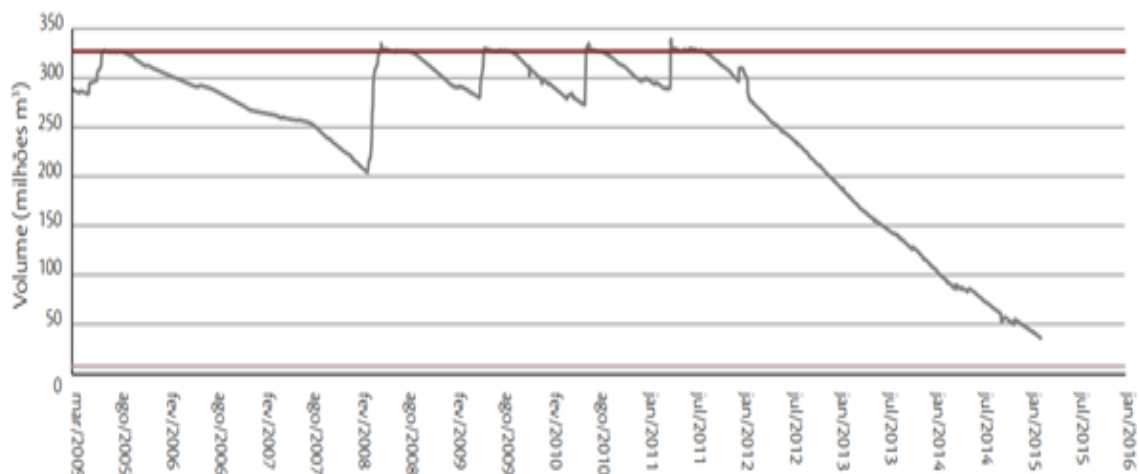
- Pluviometria registrada nos meses de Janeiro a Fevereiro/2004 = 383 mm, com pico de 53 mm num período de 60 minutos;
- 300 casas dos bairros Jardim Panorama, João Mora e Caiucá foram atingidas pelo Riacho do Mocós, afluente importante do Rio Ipojuca, que atravessa a zona urbana;
- Elevação do Rio Ipojuca – 7 m acima do nível normal;
- Pessoas atingidas pela inundação – 6 mil;
- Desabrigados – 900 pessoas;
- Perdas Humanas – 04 mortes;
- Moradias atingidas – 1.500 ;
- Moradias destruídas – 256;
- Moradias danificadas – 600;
- Prejuízos Avaliados – R\$ 1.000,00 (Um milhão de Reais).

Medidas Sugeridas:

- Implantação de políticas de controle urbano que evitem a ocupação e reocupação de áreas de risco;
- Retirada de famílias em situação de alto risco, seguida da demolição do imóvel. Urbanização, sinalização e fiscalização sistemática das áreas consideradas não edificantes;
- Otimização do sistema de coleta de lixo urbano + campanhas de conscientização da população para o não lançamento de lixo nas margens e calha dos cursos de água;
- Licenciamento e fiscalização das atividades poluidoras produtivas e improdutivas ao longo do rio;

- Estudos hidrológicos voltados para a retificação e e desassoreamento do Rio Ipojuca e tributários dentro do perímetro urbano. Remoção dos pontos de bloqueio com construção de pontes;
- Implantação de sistema de tratamento de esgotos e efluentes.

Figura 10 – Evolução no volume hídrico na barragem de Jucazinho, situada em Surubim - PE



Fonte: Agência Pernambucana de Águas e Clima (Apac).

Outro setor de maior interesse no gráfico do IAC é a sequência seca iniciada em 2012, (sendo esse ano o de maiores impactos por ocasião dessa estiagem que perdura até ano corrente, cujos reflexos claramente se percebem no volume hídrico acumulado na barragem de Jucazinho (figura 10) que se constitui como a principal fonte alimentadora do município.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme visto, o município de Caruaru – PE apresenta uma distribuição pluviométrica marcadamente irregular e caracterizada por grandes oscilações anuais, portanto, alternam-se anos úmidos e secos conforme verificado através do IAC, bem como pela formação de um trimestre chuvoso e um trimestre seco, propensa a períodos de seca em sua maioria, mas também a focos de elevada umidade com chances de eventuais enchentes, aspectos esses que alertam à necessidade de desenvolvimento e adoção de medidas estratégicas mitigadoras dos impactos gerados por essas condições extremas.

Alerta-se também à necessidade de criação de sistemas de captação e armazenamento de águas da chuva a fim de implementar a disponibilidade desses recursos no município, bem como à exercer menor pressão na barragem de Jucazinho por vezes em estado crítico nos períodos de maior estiagem.

Ademais, cabe ressaltar que tal cenário descrito é condizente com o perfil geográfico pertencente ao município e agravado diante do quadro de mudanças climáticas que ocasionam maiores flutuações nas variáveis que compõem o clima.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, J. O.; PEREIRA, P. C.; QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; FERREIRA, J. M. S.; ARAÚJO, G. N. J. **Índice De Anomalia De Chuva Para Diferentes Mesorregiões Do Estado De Pernambuco**. Revista Pensar Acadêmico, Manhauçu, v. 14, n. 1, p. 37-47, janeiro-junho, 2016.

APAC. AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMAS. **Dados pluviométricos da cidade de Caruaru – PE**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/sighpe/>>. Acesso em: maio de 2019.

ARAI, F.K.; PEREIRA, S.B.; GONÇALVES, G.; DANIEL, O.; PEIXOTO, P.; VITORINO, A.C.T. **Espacialização da precipitação pluvial na Bacia do Rio Dourados**. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2-7 ago., Fortaleza. Anais... Fortaleza: UFC, CD-ROM. 2009.

ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA, F. A. S. **Análise Climática da Bacia do Rio Paraíba - Índice de Anomalia de Chuva (IAC)**. Revista de Engenharia Ambiental, v. 6, n. 3, p.508-523, 2009.

ASSIS, J. M. O.; SOBRAL, M. C. M.; SOUZA, W. M. 2014. **Análise de Detecção de Variabilidades Climáticas com Base na Precipitação nas Bacias Hidrográficas do Sertão de Pernambuco**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 3, p. 630-645.

COMPESA. COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO. **Dados sobre a Barragem de Jucazinho**. Disponível em: <<https://servicos.compesa.com.br/?s=jucazinho>>. Acesso em: junho de 2019.

COSTA, M. S.; LIMA, K. C.; ANDRADE, M. M.; GONÇALVES, W. A. **Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 8, n. 5, p. 1321-1334, 2015.

CPRM. COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. **Ação Emergencial para Reconhecimento de Áreas de Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massas e Inundações, Caruaru – PE, Abril/2012.** Disponível em: <http://consorcioconiape.pe.gov.br/wp-content/uploads/2017/06/Relat%C3%B3rio_Caruaru.pdf> Acesso em: maio de 2019.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. 1977. **Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil.** Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 103, n. 435, p. 77-92

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. “**Klimate der Erde. Gotha: Verlag Justus Perthes**”. Wall-map 150cmx200cm. 1928.

LOPES, P. A. **Entendendo a importância da estatística sem ser gênio, matemático ou bruxo.** Disponível em: <<https://administradores.com.br/artigos/entendendo-a-importancia-da-estatistica-sem-ser-genio-matematico-ou-bruxo>>. Acesso em: 25 jun. 2010.

LUCENA, D.B.; GOMES FILHO, M.F.; SERVAIN, J. **Avaliação do impacto de eventos climáticos extremos nos Oceanos Pacífico e Atlântico sobre a estação chuvosa no nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 26, n. 2, p. 297-312, 2011.

MARENGO, J. A.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O.; RENOM, M. 2010. **An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends.** Climatic Change, v. 98, n. 3-4, p. 509-529.

MEDEIROS, R.M. **Estudo Climatológico do município de Caruaru – PE, Brasil** (2017).

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

PAULA, R.K.; BRITO, J.I.B.; BRAGA, C.C. **Utilização da análise de componentes principais para verificação da variabilidade de chuvas em Pernambuco. XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia.** Anais... Belém do Pará, PA. 2010, CD Rom.

REPELLI, C. A.; FERREIRA, N. S.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, C. A. **Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA e CONGRESSO DA FLLSMET, 10 e 8, 1998, Brasília. Anais... Brasília, 1998.

SALSBURG, D. **UMA SENHORA TOMA CHÁ...: como a estatística revolucionou a ciência no século XX.** Trad. de José Maurício Gradel, revisão técnica Suzana Herculano-Houzel. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2009. 286p.

SANTOS, C. A. C. D.; BRITO, J. I. B. D. 2007. **Análise dos índices de extremos para o semi-árido do Brasil e suas relações com TSM e IVDN.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 22, n. 3, p. 303-312.

SILVA, V.P.R. **On climate variability in Northeast of Brazil.** *Journal of Arid Environments* n.58, p.575-596, 2004.

SOUZA, L.C.O. **Gestão da demanda de águas no agreste pernambucano** (2017).

STIGLER, S. M. **The history of statistics: the measurement of uncertainty before 1900.** Cambridge, USA: The Belknap Press of Harvard University Press, 1986.

VAN ROOY, M. P. 1965. **A rainfall anomaly index independent of time and space.** *Notos*, v. 14, n. 43, p. 6.

VIEIRA, S. **Estatística básica/** Sonia Vieira. São Paulo: Cengage Learning, 2013