

ASSOCIAÇÃO CARUARUENSE DO ENSINO SUPERIOR E TÉCNICO - ASCES
BACHARELADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

MÁRIO JOSÉ DA SILVA JÚNIOR

ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE
CARUARU-PE PARA APLICAÇÃO NO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS
HÍDRICOS DA REGIÃO

CARUARU/PE

2016

MÁRIO JOSÉ DA SILVA JÚNIOR

**ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE
CARUARU-PE PARA APLICAÇÃO NO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS
HÍDRICOS DA REGIÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico – Faculdade ASCES como requisito parcial para obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Ambiental, sob orientação da Professora Doutora Angela Maria Coêlho de Andrade.

CARUARU/PE

2016

BANCA EXAMINADORA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao corpo docente da Faculdade ASCES, da autoria de **MÁRIO JOSÉ DA SILVA JÚNIOR**, intitulado “ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DO MUNICÍPIO DE CARUARU-PE PARA APLICAÇÃO NO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO”, requisito parcial para obtenção do grau de Bacharelado em Engenharia Ambiental, defendida em 10 de Junho de 2016, pela banca examinadora constituída por:

Data de aprovação: 10/06/2016.

Nota: Nove e meio (9,5).

Aprovada por:

Orientadora: Professora Doutora Angela Maria Coêlho de Andrade

Primeiro Avaliador: Mestre Luiz José Rodrigues dos Santos

Segundo Avaliador: Mestre Mariana Ferreira Martins Cardoso

CARUARU – PE

2016

Aos meus pais Mário e Quitéria, foi através da união de vocês que vim ao mundo, foram vocês que me criaram, educaram, cuidaram, amaram e se preocuparam, foram responsáveis pela construção do meu caráter e responsabilidade, e me ensinaram o que não se aprende na escola: o certo e o errado, o bom e o ruim. Hoje tenham a garantia que o dever foi cumprido. Vocês sempre vão estar presentes em minha vida. À minha Orientadora Angela Andrade, pela amizade, incentivo durante esta jornada. Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por ser meu refúgio nas horas de aflição, pela força e coragem durante a realização deste trabalho, pela perseverança e por não me fazer desistir dos meus objetivos, pelas inúmeras oportunidades e bênçãos que recebo a cada dia, tenho muito a agradecer e tão pouco para pedir.

Aos meus pais, **Mário José da Silva** e **Quitéria Regina Dunga Silva** de quem me orgulho tanto de ser filho, e que tanto contribuíram para esta conquista. Um agradecimento especial a minha mãe (**Quitéria**) pelos esforços diários, cuidados e dedicação dada aos seus filhos, por sempre colocar nosso bem-estar em primeiro lugar, por sempre ser minha maior incentivadora ao longo dessa jornada.

As minhas irmãs **Magda Regina Dunga Silva** e **Maria Mileny Dunga Silva**, que sempre estiveram ao meu lado e sempre me apoiaram em minhas decisões, amo vocês. Ao meu sobrinho **Mário José da Silva Neto** ser de luz que encheu nossa família de muita alegria, Titio ama o bebê dele.

Aos meus amigos, pelas alegrias vividas e compartilhadas, conviver com vocês ao longo desses últimos anos foi uma experiência incrível. Em especial, **Miguel Kelm**, **Nayana Paiva**, **Gabriela Duarte**, **Caroline Cavalcanti**, **Nayanne Araújo** e **Ana Patrícia da Silva**, com vocês aprendi o verdadeiro valor da amizade e como é bom ter amigos, guardo de vocês o respeito e o carinho, as nossas alegrias e tristezas, as festas e nossas risadas, nesses maravilhosos anos que compartilhamos e convivemos juntos, obrigado por sempre estarem ao meu lado e por sempre poder contar com vocês, já sinto o gosto da saudade!

A professora **Angela Maria Coêlho de Andrade** por prontamente aceitar ser minha orientadora, pelos conselhos e instruções, a sua simplicidade, carinho, atenção e cordialidade, pela avidez ao conhecimento, pelas oportunas e excelentes observações feitas ao longo deste trabalho, dizer que sem sua colaboração não teria concluído esta pesquisa, este trabalho também é seu. Muito Obrigado!

A professora **Luiza Feitosa Cordeiro de Souza** pelas contribuições na construção deste trabalho e análise do modelo estatístico, sua genialidade fascina a todos que estão ao seu redor. Muito Obrigado!

Ao professor **Antônio Hélder Parente** (in memoriam) o senhor foi um exemplo de força e perseverança de sempre acreditar no próximo, e que podemos sim fazer um mundo melhor, agradeço a Deus por ter tido a oportunidade de conhecê-lo.

A professora **Sônia Aline Roda** pelas importantes observações feita para o direcionamento deste estudo foi muito boa e recíproca a troca de informações, seu conhecimento foi um dos pilares para a construção deste trabalho.

Ao meu querido amigo e parceiro professor **Henrique John Pereira Neves**, pelas conversas e incentivo.

Agradeço a Companhia Pernambucana de Saneamento e Abastecimento (COMPESA), na pessoa de **Nyadja Menezes** diretora regional, pela recepção e disponibilidade dos dados. A equipe do Centro de Controle de Operação (CCO), na pessoa de **Géssika Maria**, muito obrigado pela ajuda, dica e informações compartilhadas, sua ajuda colaborou muito para a realização deste trabalho. Ao amigo **Paulo Sérgio Aires**, por sempre me ajudar nas dúvidas que surgiram ao longo deste trabalho. A todos o que fazem parte da COMPESA Caruaru, meus sinceros agradecimentos pela atenção e colaboração.

Agradeço a todos que fazem parte da Faculdade ASCES, e as demais pessoas que de certa forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível”.

(Charles Chaplin)

RESUMO

SILVA JÚNIOR, Mário José Da. Análise da precipitação pluviométrica do município de caruaru-pe para aplicação no gerenciamento dos recursos hídricos da região. 2016. 62 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental) – Faculdade ASCES, Caruaru – PE. 2016.

A análise do comportamento da precipitação pluviométrica de uma região é essencial para a engenharia e o gerenciamento dos recursos hídricos. A precipitação é uma fase do ciclo hidrológico responsável pelo retorno das águas à atmosfera, este processo acontece quando o vapor d'água da atmosfera condensa-se em forma de nuvens, ocorrendo a precipitação pluviométrica. Os efeitos climáticos que influenciam as chuvas na região do Nordeste do Brasil ocasionam descontrole e irregularidades das distribuições de chuvas ocasionando baixos índices pluviométricos. O agreste Pernambucano já sente esta realidade, nos últimos anos a região registrou baixos índices de chuvas, intensos períodos de estiagens que acarretaram o caimento dos reservatórios da região, além do mais, as fracas chuvas foram insuficientes para uma recuperação dos mesmos. Desse momento surgiu a necessidade de melhorar o cenário do gerenciamento dos recursos hídricos, em todo território nacional. A grande demanda do uso de água cometido por diversos indivíduos tem agravado a disponibilidade hídrica da região, por isso, são necessários mecanismos eficazes de gerenciamento para que conflitos futuros não ocorram. Desta forma, o objetivo deste trabalho é fazer uma análise dos dados de precipitação pluviométrica da Cidade de Caruaru-PE, apresentando uma avaliação de três estações pluviométricas instaladas no município, utilizando métodos estatísticos necessários para a correção de falhas de dados das mesmas, e dos principais reservatórios que abastecem a cidade, de maneira a formular instrumentos que auxiliem à tomada de decisão na gestão de recursos hídricos da região. Os resultados obtidos comprovam que nos últimos anos a ausência de chuvas na região afetou diretamente os níveis dos reservatórios que ficaram sobrecarregados com a demanda da população. Sendo necessário o uso consciente de água por parte sociedade e pelo controle por parte dos órgãos responsáveis.

Palavras Chave: Precipitação pluviométrica, gerenciamento, recursos hídricos, reservatórios.

ABSTRACT

SILVA JÚNIOR, Mário José Da. Analysis of precipitation data from caruaru-pe municipality for use in the management of water resources in the region. 2016. 62 p. Work Completion of course (Environmental Engineering Course) - Faculdade ASCES, Caruaru – PE. 2016.

Rainfall analysis of a region is essential for the engineering and management of water resources. Rainfall is a phase of the hydrologic cycle responsible for the return of water to the atmosphere, this process happens when water vapor in the atmosphere is condensed in the form of clouds, occurring in rainfall. The weather effects that influence rainfall in Brazil's Northeast region cause uncontrolled irregularities of rainfall distributions resulting low rainfall. The rural zone of Pernambuco already feel this fact, in recent years the region recorded low levels of rainfall, intense periods of dry periods that led the fall of the reservoirs of the region, besides, the rains were insufficient for a recovery of the same. From that moment came the need to improve the setting of the management of water resources throughout the country. The great demand of water use made by several individuals have exacerbated the water availability in the region, are needed effective management mechanisms so that future conflicts will not occur. In this way the objective of this work and make an analysis of rainfall data of the City of Caruaru-PE, presenting an evaluation of three pluviometric stations located in the municipality, using statistical methods needed to correct same as data gaps, and main reservoirs that supply the city, in order to develop tools to assist decision-making on water resource management in the region. The results show that in recent years the lack of rain in the region directly affected reservoir levels that were overwhelmed with the demand of the population. If necessary the conscious use of water by society and control by the bodies responsible.

Keywords: Rainfall, Management, Water resources, Reservoirs.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Climas

ANA - Agência Nacional das Águas

CCO - Centro de Controle de Operação

COMPESA - Companhia Pernambucana de Saneamento

CPRH - Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

ENOS - El Niño Oscilações Sul

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IPA - Instituto Agrônômico de Pernambuco

ETA - Estação de Tratamento de Água

NEB - Nordeste Brasileiro

ONU - Organizações das Nações Unidas

PCD - Plataforma de Coleta de Dados Hidrometeorológicos

PERH - Política Estadual de Recursos Hídricos

PNRH - Política Nacional dos Recursos Hídricos

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SIGRH-PE - Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - PE

TSM - Temperatura da Superfície do Mar

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Organograma do procedimento integrado de outorga e licenciamento ambiental em Pernambuco.	23
Figura 2 - Mapa Territorial de Caruaru.	27
Figura 3 - Estação Pluviométrica 24 (IPA).	33
Figura 4 - Reservatório do Prata.	38
Figura 5 – Mudanças ocorridas no reservatório de Jucazinho Surubim-PE.	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Correção de Falha da Estação 221 Caruaru.....	30
Tabela 2 - Correção de Falha do Posto 24 (IPA).....	32
Tabela 3 - Correção de Falha do Posto 484 Caruaru (PCD).	33
Tabela 4 - População das Cidades que são Abastecidas pelo Reservatório do Prata.	37
Tabela 5 - Média Mensal da Cota (m) do Reservatório do Prata.	38
Tabela 6 - Capacidade Média Mensal (m ³).	40
Tabela 7 - Volume Médio Mensal (%) do Reservatório do Prata.	42
Tabela 8 - População das Cidades que são Abastecidas pelo Reservatório de Jucazinho.....	44
Tabela 9 - Média Mensal da Cota (m) do Reservatório do Jucazinho.	46
Tabela 10 - Capacidade Média Mensal (m ³).	48
Tabela 11 - Volume Médio Mensal (%) do Reservatório do Jucazinho.	50
Tabela 12 - Adução de água em (L/s) dos reservatórios do Prata e Jucazinho.	52

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráficos das Médias e Desvio Padrão entre os anos de 2000 e 2015.	34
Gráfico 2 - Bloxplot Precipitação Média (mm) das Três Estações analisadas entre os anos de 2000 a 2015.	35
Gráfico 3 - Média Mensal da Cota (m) do Reservatório do Prata.	39
Gráfico 4 - Capacidade Média Mensal (m ³) do Reservatório do Prata.	41
Gráfico 5 - Volume Médio Mensal (%) do Reservatório do Prata.	43
Gráfico 6 - Média Mensal da Cota (m) do Reservatório de Jucazinho.	47
Gráfico 7 - Capacidade Média Mensal (m ³) do Reservatório de Jucazinho.	49
Gráfico 8 - Volume Médio Mensal (%) do Reservatório de Jucazinho.	51
Gráfico 9 - Adução de Água dos Reservatórios de Jucazinho e Prata (L/s).	53

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	16
2.1 GERAL	16
2.2 ESPECÍFICOS	16
3. REVISÃO LITERÁRIA	17
3.1 ESCASSEZ HÍDRICA.....	17
3.2 CICLO HIDROLÓGICO	18
3.3 CONSUMO EXCESSIVO DE RECURSOS HÍDRICOS	19
3.4 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	20
3.5 DIREITO AO USO DA ÁGUA.....	21
3.6 EFEITOS CLIMÁTICOS SOBRE A REGIÃO NORDESTE.....	23
3.7 HIDROMETEOROLOGIA	25
4. MÉTODOS E TÉCNICAS DA PESQUISA	27
4.1 ÁREA DE ESTUDO	27
4.2 ANÁLISES DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO.....	27
4.3 ANÁLISES DOS DADOS DOS RESERVATÓRIOS	28
4.4 ANÁLISES DOS DADOS.....	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
5.1 ANÁLISE GRÁFICA DAS PRECIPITAÇÕES MÉDIA E DESVIO PADRÃO	34
5.2 ANÁLISE ESTATÍSTICAS DOS DADOS DO RESERVATÓRIO DO PRATA.....	37
5.3 ANÁLISE DE DADOS DO RESERVATÓRIO DE JUCAZINHO	43
5.4 ADUÇÃO DE ÁGUA DOS DOIS RESERVATÓRIOS	51
6. PROPOSTAS PARA O GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO	54
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	56
REFERÊNCIAS	58

1. INTRODUÇÃO

Água é o recurso natural de maior importância no planeta ela está presente nas mais diversas atividades humanas. Está relacionada diretamente ao crescimento populacional e às necessidades das atividades industriais e agrícolas, onde nos últimos anos têm causado grandes preocupações sobre o alto grau de consumo dos recursos hídricos utilizados para essas atividades. As diversas atividades econômicas exercidas com intuito de expandir o desenvolvimento econômico, somadas com o crescimento populacional dos grandes centros urbanos, fez com que este recurso tão vital para a humanidade se tornasse cada vez mais escasso (TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

Essencial para a conservação da vida, a água está presente em cerca de três quartos de toda a superfície terrestre. Devido à maneira de como a sociedade conduziu e conduz à exploração dos recursos hídricos nos últimos tempos, o mesmo já se encontra em escassez em diversos locais, acarretando sérios problemas de grandeza ambiental, social e econômica. Atualmente a escassez hídrica está agregada a exploração desenfreada para a produção de energia, irrigação e abastecimento dos grandes centros urbanos, aplicando assim ações de gerenciamento e engenharia. É preciso levar em conta as bacias hidrográficas, rios, lagos ou reservatórios, para um gerenciamento efetivo dos recursos hídricos (OTTONI et al., 2005).

A água realiza múltiplas funções para a manutenção dos ecossistemas e das necessidades humanas devido às diversas formas atribuídas à água, para isto, tornou-se essencial à normatização ao direito de seu uso no Brasil que foi instituído pela Lei Federal nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997, conhecida como Lei das Águas, que permite ao poder público o controle, o incentivo, o aproveitamento e o uso racional das águas, mediante ao pedido de Outorga. A petição de Outorga por sua vez é fundamental, pois ela assegura ao usuário da água o controle quantitativo e qualitativo dos recursos naturais (BRASIL, 2013).

Outro fator importante para a gestão dos recursos hídricos é o ciclo hidrológico, pois este representa o movimento e a troca de águas nos seus diferentes estados. O ciclo é formado por diversos elementos, começando pela evaporação da água presente na atmosfera, passando para a etapa de condensação, chegando à precipitação a componente mais importante do ciclo hidrológico na atmosfera. Para estudos de caráter hidrológico/climatológico a precipitação é a fase mais importante do ciclo, a chuva por sua vez e a sucessão da precipitação, pois dependendo de sua duração e intensidade e capaz de propiciar inundações em grandes e pequenas bacias hidrográficas (CALDEIRA; ARAÚJO; BESKOW, 2011).

As variações climáticas são alterações globais que estão diretamente associadas ao efeito estufa, como as mudanças de temperaturas máximas e mínimas, índices pluviométricos e anomalias no oceano. Essas variações climáticas são provocadas por fenômenos naturais ao longo dos anos, seja devido à variabilidade natural ou como resultado das ações das atividades humanas. O fenômeno El Niño é caracterizado pelo aquecimento anormal das águas do oceano Pacífico Equatorial. O Brasil é um dos Países mais afetado pelo fenômeno por ser tropical, pois possui uma sazonalidade e clima específico para cada região, em virtude disso poderão ocorrer diversas modificações no País. O Nordeste Brasileiro sofrerá com o aumento de secas mais severas, além disso, a escassez de chuva na região poderá aumentar a ocorrência de incêndios afetando a biodiversidade local (DA SILVA DIAS, 2006; MARENGO, 2007).

Uma análise detalhada dos processos hidrológicos de certa região exige uma extensa demanda para uma grande quantidade de informações. A disseminação destas informações hidrometeorológicas causa uma considerável perda de tempo e trabalho, pois necessita de várias ferramentas para obtenção dos dados, como também de programas e simulações existentes aplicados a obtenção desses dados. Os métodos computacionais possibilitam reproduzir esses dados em um curto espaço de tempo para que todos tenham acesso, contribuindo desta forma como uma ferramenta imprescindível na gestão de recursos hídricos dos Estados Brasileiros (CIRILO et al., 1997a).

O presente trabalho tem por objetivo analisar os dados de precipitação pluviométrica e dados dos reservatórios que abastecem a Cidade de Caruaru-PE de forma a obter uma sequência hidrológica mensal e anual referente aos últimos dezesseis anos. Esta avaliação servirá de contribuições para a tomada de decisão na gestão de recursos hídricos na região.

2. OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar os dados de precipitação pluviométrica e dados dos dois principais reservatórios que abastecem a Cidade de Caruaru-PE.

2.2 ESPECÍFICOS

- Analisar os dados de precipitação pluviométrica mensal e anual da Cidade de Caruaru;
- Analisar as influências dos dados nos dois principais reservatórios que abastecem a Cidade Caruaru-PE;
- Propor medidas de criação de políticas públicas referentes à gestão de recursos hídricos da região.

3. REVISÃO LITERÁRIA

3.1 ESCASSEZ HÍDRICA

A água é o recurso mais importante do universo, para todos os aspectos da vida. Em excesso pode provocar diversos tipos de catástrofes ambientais e sua escassez por sua vez ocasiona fome e miséria (DA SILVA PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000). Estes mesmos autores sugerem que o manejo correto de água pode conduzir excelentes resultados na geração e produção de alimentos, entretanto seu mau uso provoca alteração do meio físico natural. As taxas de crescimento populacional, de produção industrial e agrícola mundial vêm causando a contaminação dos solos e a escassez da água. Esta situação pode ocasionar crises sociais e desestabilidade econômica de complicada solução, o uso eficiente dos recursos naturais é primordial para o desenvolvimento sustentável, pois ele possibilitará que haja recursos suficientes disponíveis para às presentes e gerações futuras.

Atualmente a escassez hídrica ocasiona sérios problemas de ordem ambiental, social e econômica. Scare (2003) ressalta que estes fatores estão associados diretamente para a produção de energia, gastos na irrigação e abastecimento de água para os grandes centros urbanos. Esta situação é decorrente da exploração excessiva deste recurso, mesmo em lugares que antes existia água em abundância, atualmente se entende como um recurso esgotável. Esta necessidade do uso eficiente do recurso hídrico tem levado o governo, apesar de uma maneira atrasada a preocuparem-se com o gerenciamento sustentável deste recurso.

De acordo com Marengo (2008), o Nordeste brasileiro possui apenas 3% de água doce, sendo o consumo per capita/ano de 1.320 litros por habitante. Conforme os relatórios da Organização das Nações Unidas (ONU) (GEO BRASIL, 2007) recomendam-se um mínimo de dois mil litros por habitantes. Segundo relatórios do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (MARENGO et al., 2007) o semiárido tenderá a se tornar mais árido na próxima década, com um aumento intensivo das secas reduzindo desta forma, a disponibilidade dos recursos hídricos causando impactos negativos sobre a biodiversidade e vegetação, assim como as atividades que dependem dos recursos naturais.

3.2 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico está ligado diretamente com ciclo de energia solar que incide sobre a terra e aquece a atmosfera. Essa energia é encarregada pelo caminho da água pelos três estados físicos da matéria (sólido, líquido e gasoso), promovendo a movimentação dessa água pelo globo (TORRES; DE OLIVEIRA MACHADO, 2011).

Por esses motivos o vapor d'água da atmosfera é levado pela movimentação atmosférica, que ao encontro de massas de ar quentes ou frias, dependendo das condições meteorológicas da região, condensa nas nuvens formando gotículas de água. Ocorrendo assim a precipitação, processo mais importante para a hidrologia na forma de chuva conhecida como precipitação pluviométrica (OTTONI, 2005).

De forma simplificada Torres e De Oliveira Machado (2011) descrevem os seguintes processos do ciclo:

A - Evaporação

Evaporação também conhecida por vaporização é a transição da água do estado líquido para o de vapor. Nesta fase também se inclui a evapotranspiração, ou seja, a evaporação, por transpiração da água presente nos seres vivos animais e vegetais. Para que haja evaporação, a temperatura é a radiação solar que incide sobre a terra são de fundamental importância neste processo, pois ela será responsável pela transição da água do estado líquido para o gasoso.

B - Condensação

A condensação ocorre quando o vapor de água que está presente no ar atmosférico é transformado em água líquida. Este processo acontece pela formação de nuvens no céu.

C - Precipitação

O processo de precipitação começa com a formação de nuvens, mais a formação não é suficiente para que ocorra a precipitação. A precipitação é procedimento pelo qual a água no estado avançado condensa-se na atmosfera, ela acontece devido às umidades suspensas na atmosfera, esta umidade por sua vez atinge a superfície terrestre em forma líquida (chuva ou chuvisco/garoa) ou sólida (granizo e neve).

D - Chuva

A chuva é formada pela precipitação de gotas de água líquida que ocorre nas nuvens. Mais nem toda chuva chega ao solo, uma parte evapora antes de atingir a superfície terrestre, a água que chega ao solo percorrer vários caminhos. Uma parte infiltrará a superfície do solo, fazendo com que o mesmo vá ficando saturado, no alcance que as partes mais profundas do solo começar a saturar (encharcar), ocorrerá uma diminuição da infiltração.

O ciclo hidrológico simboliza a troca e o movimento das águas nos seus diferentes estados. Sendo a precipitação o elemento que representa a maior variabilidade no espaço. Para análises hidrológicas a chuva é a mais determinante, podendo ser classificada como convectiva, orográfica ou frontal. As chuvas convectivas são caracterizadas pela capacidade de inundar pequenas bacias hidrográficas em curtas durações, as chuvas orográficas acontecem em regiões montanhosas, com baixas intensidades e grande duração, as chuvas frontais são específicas por terem grande duração e intensidade mediana, sendo capaz de acarretar inundações em grandes bacias hidrográficas (CALDEIRA; ARAÚJO; BESKOW, 2011).

A verificação de precipitação é primordial para melhor compreender o funcionamento do ciclo hidrológico, pois proporciona o manejo adequado da bacia, no controle da utilização dos recursos hídricos, utilizados no abastecimento humano, em projetos de hidráulica e irrigação segundo Caldeira, Araújo e Beskow (2011).

3.3 CONSUMO EXCESSIVO DE RECURSOS HÍDRICOS

A água é um recurso natural caracterizado pela ausência de direitos de propriedade. Atualmente percebe-se que este recurso encontra-se cada vez mais escasso, os reservatórios de água potável são utilizados para as mais diversas funções entre elas o abastecimento humano, estes reservatórios por sua vez estão sendo utilizados sem controle, sem nenhuma avaliação dos impactos causados onde a maioria encontra-se seco ou poluído (THOMAS; CALLAN, 2010).

A população sofre com os erros das gestões passadas movida sempre pela análise de custo-benefício, é preciso que os governos tomem providências efetivas para minimizar os impactos que a falta de água pode acarretar, medidas para instituir políticas públicas de controle ao uso de água que sejam eficientes podem levar anos a até mesmo décadas para serem colocadas em práticas, e preciso que a população compreenda que medidas devem ser tomadas o quanto antes e que certos sacrifícios precisam ser feitos, mas o mais importante é que compreendam os riscos que a falta de água pode trazer para a todos, é que os resultados demoram algum tempo para serem sentidos de acordo com Thomas e Callan (2010).

O alto crescimento populacional no planeta é responsável por diversos problemas ambientais devido a uma grande necessidade de consumo dos seus recursos. Com isso, o excesso de consumo causa uma grande geração de resíduos e gera desperdício. Este aumento populacional promove o processo de industrialização, por gerar um maior desenvolvimento econômico e social. O grande problema disso tudo é a exploração dos recursos naturais, e a falta de importância com os sérios impactos ambientais causados (PANAROTTO, 2008).

Waldman (2002) considera a água como um bem de extrema importância e inegável para a manutenção dos ciclos essenciais à vida, referindo esta situação como um stress hídrico, agravada pela necessidade de dessedentação humana, pelo uso agrícola atrelado sempre a desperdício abusivo.

Para Tundisi e Matsumura-Tundisi (2011) novas análises econômicas sobre os impactos causados na qualidade da água precisam ser reestruturadas. Como o princípio do poluidor/pagador, auditorias ambientais e avaliação geral dos impactos ambientais, com criações de tecnologias limpas e o desenvolvimento sustentável, levando em consideração a cobrança pelo uso da água e o custos do tratamento dos efluentes, permitindo o monitoramento das ações e avaliação dos resultados.

3.4 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A gestão de recursos hídricos está entre as principais preocupações governamentais da atualidade, situação decorrente do aumento da escassez da água para o consumo humano. A disponibilidade de água é fator imprescindível para o desenvolvimento dos seres vegetais e animais. Além disso, as águas são essenciais para a higiene e o bem-estar humano, bem como elemento decisivo para o progresso econômico e social (YASSUDA, 1993). Esses fatores estão diretamente ligados ao aumento da população, que gera aumento da demanda no consumo de água principalmente devido à expansão industrial e ao crescimento econômico. São setores que agregam uma crescente degradação da qualidade deste recurso. A necessidade de uso racional dos recursos hídricos tem recebido atenção tanto por parte dos governantes como da sociedade em geral (SCARE, 2003).

O Brasil é um dos poucos países no mundo que possuem um potencial hídrico favorável à implantação de reservatórios, possuindo grandes rios com elevadas vazões, podendo suprir as necessidades de abastecimento de águas para as diversas funções (OTTONI, 2005).

Os países desenvolvidos já implementaram ou estão em implantação uma moderna gestão dos recursos hídricos, onde a demanda de água em cada bacia hidrográfica é objetivo do

planejamento plurianual, baseado em intervenções públicas que racionalizem a eficiente utilização econômica, social e ambiental desses recursos (YASSUDA, 1993). Entre as intervenções públicas que compõem a gestão da demanda, inclui a cobrança do uso da água.

A cobrança pelo uso da água, embora criticada por alguns setores, inclusive formadores de opinião com atuação na área ambiental, se constitui em instrumento extremamente benéfico tanto em termos de conservação de recursos hídricos, uma vez que induz à gestão da demanda, como em termos de proteção ambiental, promovendo a redução da descarga de efluentes em corpos hídricos (HESPANHOL, 2008).

É importante que os órgãos gestores gerenciem os recursos hídricos de forma racional e dinâmica utilizando informações e ferramentas já existentes, como modelos de simulação e programas de gerenciamento de dados hidrometeorológicos (CIRILO et al., 1997b).

3.5 DIREITO AO USO DA ÁGUA

A Lei Federal nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997, conhecida como Lei das Águas da Agência Nacional das Águas (ANA), estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). De acordo esta lei, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) baseia-se nos seguintes fundamentos (BRASIL, 1997):

I – a água é um bem de domínio público;

II – a água é um recurso limitado, dotado de valor econômico;

III – em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV – a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V – a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos;

VI – a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do poder público, dos usuários e das sociedades.”

A água exerce diversas funções, seja para suprir as necessidades básicas humanas, animais e para a conservação dos ecossistemas, assim como instrumentos na maioria dos processos produtivos, mais para isso se faz necessário o pedido de direito ao uso da água chamado de Outorga. O pedido de Outorga é o consentimento ou aprovação, ao direito de uso de certa quantidade de água bruta extraída de um manancial por um determinado intervalo de

tempo. O poder público sendo responsável detém o poder de outorgante, consentindo ao outorgado o controle quantitativo e qualitativo do uso da água (BRASIL, 2013).

O artigo 11 da Lei Federal nº 9.433/97, exemplifica que a outorga possui o objetivo de assegurar ao usuário da água, o controle quantitativo e qualitativo dos recursos naturais. Em alguns casos depende das condições e da capacidade dos mananciais, como também a quantidade demandada pelo conjunto de todos os usuários. No artigo 12 desta mesma lei ficam sujeitos à outorga pelo poder público os seguintes usos dos recursos hídricos (BRASIL, 1997):

“I - derivação ou captação de parcela de água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público ou insumo de processo produtivo;

II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV - aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água”.

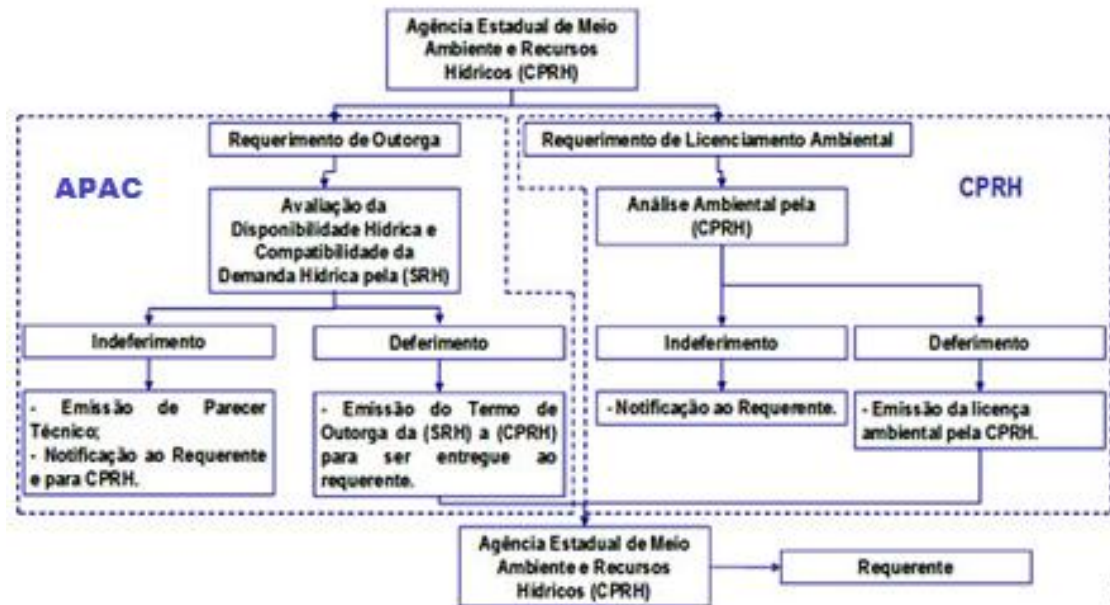
Com a criação da ANA pela Lei Federal nº 9.984 de 17 de Julho de 2000, fica estabelecido que somente o Poder Executivo Federal possua a modalidade de autorização diante do pedido de Outorga, cabendo para os Estados às modalidades de autorização e concessão do uso de água (BRASIL, 2013).

No Estado de Pernambuco o Sistema Integrado de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SIGRH-PE) funciona de forma descentralizada, dando autonomia aos conselhos gestores e comitê das bacias do estado. A Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) é responsável pela execução das políticas dos recursos hídricos. Em Pernambuco o poder administrativo de autorização de outorga mediante do direito ao acesso ao uso do recurso hídrico, são instrumentos contidos na Política Estadual de Recursos Hídricos (PERH), conforme disposto na Lei estadual nº 12.984 de dezembro de 2005 (PERNAMBUCO, 2005).

A ANA é a responsável pela emissão de outorgas de direito de uso da água em domínios da União. No estado de Pernambuco a APAC é a responsável pelas emissões de outorgas do domínio do Estado, os interessados deverão entregar na Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídrico (CPRH) os requerimentos de outorga e de licenciamento ambiental devidamente preenchido e a documentação solicitada, por sua vez, a CPRH encaminhará o processo a APAC. A outorga e o licenciamento ambiental tramitam simultaneamente, para facilitar ao requerente o controle mais eficaz do estado, que traz o organograma do

procedimento integrado de outorga e licenciamento ambiental em Pernambuco (Figura 1) (PERNAMBUCO, 2005 e 2010).

Figura 1 - Organograma do procedimento integrado de outorga e licenciamento ambiental em Pernambuco.



Fonte: APAC (2016).

3.6 EFEITOS CLIMÁTICOS SOBRE A REGIÃO NORDESTE

Para Sampaio (2001) o El Niño é um fenômeno de origem oceânica, caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais nas porções centrais e leste do oceano Pacífico Tropical, afetando o clima regional e global, alterando os padrões em níveis mundiais, ocasionando assim, mudanças nos níveis de chuvas em áreas tropicais e de latitude médias.

O La Niña é um fenômeno inverso ao El Niño, ou seja, ela acontece por conta do esfriamento anormal da temperatura das águas do oceano Pacífico em decorrência do aumento da força dos ventos alísios, ou seja, este fenômeno é responsável pela alteração do sentido de circulação dos ventos. No Brasil, o La Niña é responsável por provoca efeitos opostos, entre eles, o aumento da intensidade da chuva na Amazônia, no Nordeste e em partes do Sudeste (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007 e TORRES; DE OLIVEIRA MACHADO, 2011).

O ENOS ou El Niño Oscilações Sul representa um fenômeno de interação atmosférico-oceânica, relacionados às alterações dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar

(TSM) e dos ventos adventos da região Pacífico Equatorial, localizado entre a Costa Peruana e do Oeste Pacífico próximo à Austrália (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Algumas das variações climáticas globais estão associadas ao efeito estufa, como o aumento de temperatura, o aumento do nível do mar e a ocorrência de eventos extremos. Da Silva Dias (2006) afirma que o desenvolvimento da meteorologia como ciência e evolução tecnológica baseia-se em mecanismos científicos que são utilizados como princípios para análises e monitoramento dos climas futuros. Essas análises, tidas como previsão do tempo e meio ambiente, são apresentadas em dias, meses, anos, a partir desta realidade se é possível presume as alterações climáticas para as próximas décadas. As análises de séries históricas de temperatura e chuva em algumas regiões do mundo indicam a ocorrência de alterações climáticas com tendências de variações entre cinco e dez anos.

Marengo (2008) ressalta que a Região Nordeste será altamente afetada pelas variações climáticas mundiais, e que o maior problema consistirá no aumento da seca, decorrente de uma grande estiagem. A região também poderá sofrer mudanças como a sua alteração de uma zona semiárida a uma zona árida, afetando assim a produção de alimentos e a saúde pública. Além disso, as cidades pequenas com populações em torno de cinco mil habitantes sofrerão crises no abastecimento de água para o consumo humano até o ano de 2025. Perspectivas apontam que até meados de 2050, a maioria das terras utilizadas para a produção agrícola será prejudicada por falta d'água, assim como milhares de pessoas serão expostas à fome. As reservas subterrâneas de água desta região não supriram as necessidades da população, assim sendo o semiárido nordestino caminhará para a desertificação.

Andreoli e Kayano (2007) observaram uma coincidência do aquecimento anômalo das águas no Pacífico Equatorial e as secas do Nordeste Brasileiro (NEB), ocasionados pelos fenômenos ENOS exercendo essas anomalias, afetando fortemente o NEB, com baixos índices de precipitação pluviométrica. Tanto o El Niño e a gradiente inter-hemisférico no Atlântico, são fatores fundamentais que modelam a precipitação no NEB, caracterizados pelos efeitos combinados e afetam que antecedem o período chuvoso no Norte e Nordeste.

Em virtude da localização do Nordeste Brasileiro, na extremidade leste do continente sul-americano, a região está submetida à influência de fenômenos meteorológicos, caracterizando climas peculiares e inusitados em todo semiárido do mundo. Devido à influência da região amazônica onde acontecem os movimentos convectivos amplos e intensos. Molion e Bernado (2000) relatam o impacto que o fenômeno (ENOS), causados pelas mudanças nas configurações de circulação atmosférica de grande escala na interação oceano – atmosférica do Pacífico e Atlântico, considerado um tipo de perturbação climática de escala global, sentido

principalmente pelas modificações no regime de precipitação na região, ocasionados pelos eventos do El Niño que sempre estiveram associados à secas moderadas e severas.

3.7 HIDROMETEOROLOGIA

Tucci (2013) define hidrometeorologia como o ramo das ciências que estuda a água na atmosfera que correlacionam a hidrologia e a meteorologia estudando as fontes de umidades atmosféricas e a transferências de água e energia, desde sua origem até as de precipitação. É através da hidrometeorologia que se investiga a presença de água na atmosfera nas suas diferentes fases, como também, a previsão de chuvas e alertas para eventos climáticos extremos (GARCEZ; ALVAREZ, 2012).

Na gestão de recursos hídricos é de suma importância o conhecimento da potencialidade hídrica das bacias hidrográficas principalmente através da instalação de postos hidrometeorológicos eficientes. De uma maneira geral, os dados hidrometeorológicos são utilizados diariamente nos monitoramentos dos reservatórios, bem como a medição diária dos dados pluviométricos, fluviométricos e de previsão meteorológica (OLIVEIRA; CANELLAS, 1999).

Salgueiro (2005) ressalta que a análise do comportamento da precipitação é fundamental para a engenharia e o gerenciamento dos recursos hídricos. A parcela da hidrologia que retrata os procedimentos pelo qual se pode medir, ou avaliar, valores que representem uma noção da dimensão de um evento de precipitação em uma região ou uma bacia hidrográfica, conhecido como pluviometria. Este conhecimento constitui uma imprescindível ferramenta na determinação das vazões superficiais e suas disponibilidades para um adequado gerenciamento dos recursos hídricos.

Através da hidrometeorologia busca-se compreender todo o ciclo hidrológico e a dinâmica dos processos úmidos. Em composição o estudo da hidrologia compreende a coleta e a análise de dados, como por exemplo, a quantidade de água precipitada ou evaporada e a vazão dos rios, a interpretação desses dados é fundamental para o entendimento da influência de cada possível fator e, por último, a aplicação dos resultados alcançados para a solução de inúmeros problemas, constitui uma imprescindível ferramenta ao engenheiro quanto à aplicação para projetos relacionados aos recursos hidráulicos (PINTO et al., 1976).

Os dados de precipitação pluviométrica são obtidos através de equipamentos tecnológicos chamados de Plataforma de Coleta de Dados Hidrometeorológicos (PCD) que permitem a medição dos dados e podem ser obtidos através de médias diárias, quinzenais,

mensais ou anuais. Partindo desses resultados, tornam-se possíveis as análises locais com maior garantia e distribuição para o espaço-temporal das precipitações pluviométricas no Brasil (ÁVILA et al., 2007).

Nas estações pluviométricas as informações produzidas geralmente vêm acompanhadas de erros de leitura, transcrição e digitação, acumulação diária, defasagem nos horários de leituras, omissão de informações, entre outras falhas que possam ocorrer na estação. Desta forma, é necessária a correção tanto dos erros de leitura quanto do preenchimento das falhas (SALGUEIRO, 2005).

Após a realização das correções, segundo Salgueiro (2005), os dados passam a ganhar confiabilidade, para que desta forma sejam disponibilizados. Os dados pluviométricos são essenciais para estudos relacionados à gestão dos recursos hídricos, principalmente quando estão associados ao abastecimento público e a previsão do tempo. Nos quais são importantes instrumentos para um gerenciamento eficaz dos recursos hídricos.

4. MÉTODOS E TÉCNICAS DA PESQUISA

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O projeto trata-se de uma pesquisa de campo longitudinal-retrospectiva, desenvolvida no município de Caruaru-PE e regiões circunvizinhas. As informações sobre precipitação pluviométrica serão obtidas na página eletrônica da Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC).

O município de Caruaru está localizado na mesorregião Agreste e na microrregião Vale do Ipojuca do estado, limitando-se a norte com Toritama, Vertentes, Frei Miguelino 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 (Figura 2).

Figura 2 - Mapa Territorial de Caruaru.



Fonte: IBGE (2010).

4.2 ANÁLISES DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO.

A APAC disponibiliza um banco de dados histórico com informações de precipitação mensais de todos os municípios do Estado de Pernambuco.

As informações serão filtradas de três das dez estações pluviométricas localizados no município de Caruaru. O intervalo de tempo a ser analisado será de dezesseis anos, iniciando em 01/01/2000 e finalizando em 31/12/2015, o período selecionado possibilita uma seleção espacial e temporal mais adequada para este estudo.

Inicialmente os dados coletados serão submetidos a uma análise de falhas, esta análise possibilita balizar essas informações caso tenha havido algum erro de preenchimento dos dados pluviométricos coletados na origem.

Para o preenchimento de falhas será utilizado um método recomendado por Bertoni e Tucci (2013), chamado de método da ponderação regional, é um método simplificado normalmente muito utilizado para o preenchimento de falhas mensais ou anuais de precipitação.

- Método da ponderação regional

O método da ponderação regional é um método simplificado normalmente utilizado para preenchimento de falhas de series mensal ou anual, os quais devem estar localizados em região climatologicamente semelhantes ao posto com falha, visando à homogeneização dos períodos de informações e as análises estatísticas das precipitações, descritas pela seguinte equação:

$$Y = \frac{1}{n} \left[\frac{X_1}{X_{m1}} + \frac{X_2}{X_{m2}} + \frac{X_3}{X_{m3}} \right] \cdot y_m$$

Onde Y é a precipitação do posto a ser estimada; x_1, x_2, x_3 correspondem as precipitação correspondente ao mês ou ano que se deseja preencher, observadas nas estações vizinhas; y_m é a precipitação média do posto Y ; x_{m1}, x_{m2}, x_{m3} correspondem às precipitações médias nas estações vizinhas (BERTONI; TUCCI, 2013).

4.3 ANÁLISES DOS DADOS DOS RESERVATÓRIOS

Com relação aos reservatórios, serão obtidas informações com relação às cotas mensais. Essas informações serão obtidas na sede regional da Companhia Pernambucana de Saneamento e Abastecimento (COMPESA) localizada no Bairro do Salgado em Caruaru, algumas informações dos reservatórios encontram-se disponível no histórico do monitoramento hidrológico do site da APAC, sobre monitoramento da APAC/CCO (Centro de Controle de Operação) de Caruaru. Além disso, serão observados os dados pluviométricos destes

reservatórios, no entanto, estas informações não serão aplicadas aos métodos de precipitação descritos no item acima.

4.4 ANÁLISES DOS DADOS

As informações obtidas serão tabuladas em planilhas do *software Excel*, facilitando a organização dos dados das séries mensais e anuais para as análises estatísticas. Os tratamentos estatísticos utilizados estão descritos no item anterior. O *software BioEstat 5.0* será utilizado para a realização do Teste de Tukey dos dados dos reservatórios, e o *software Statistics* para a construção dos gráficos.

Os resultados obtidos servirão para revelar a situação da disponibilidade hídrica na cidade de Caruaru, como também a influência dos efeitos climáticos dos períodos de estiagem na região, podendo ser utilizados na tomada de decisões na gestão dos recursos hídricos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As estações pluviométricas dos municípios de Pernambuco estão sob responsabilidade e manutenção da APAC. As series históricas de todos os postos pluviométricos utilizados neste estudo foram obtidas no banco de dados da APAC. Os dados históricos foram obtidos usando filtro por período, estação e mesorregião. Para este trabalho foi utilizado um período de dezesseis anos, de três estações pluviométricas com os códigos: Código 221 Caruaru; Código 24 Caruaru do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA); Código 484 Caruaru (PCD). Estas informações foram obtidas em formato de planilhas eletrônicas em março de 2016, os dados foram exportados para o *Microsoft Office Excel* e organizado as series mensais e anuais para as estações analisadas. Nesta fase do trabalho pode-se identificar a ausência de informação de alguns meses das estações analisadas, esta ausência de dados pode ser explicada por manutenção da estação naquele mês, por falhas técnicas ou humanas causando erros de leitura, sendo necessário realizar a correção de falhas descrita por Bertoni e Tucci (2013).

A partir dos dados obtidos na APAC, foi realizada a correção de falhas conforme Tabela 1, dos dados referentes à estação 221 Caruaru.

Tabela 1 - Correção de Falha da Estação 221 Caruaru.

Código 221 Estação Caruaru																
Meses\Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Janeiro	72.8	16.4	129.7	18.0	316.7	0.3	23.1	70.3	28.7	60.3	117.9	108.2	16.4	13.2	3.4	4.3
Fevereiro	92.8	2.0	111.6	32.4	144.6	11.0	86.0	67.2	24.9	88.4	43.0	42.6	18.4	18.4	15.2	18.0
Março	26.2	102.4	55.4	56.6	41.5	44.2	25.8	96.9	106.9	26.6	46.4	87.6	13.8	1.0	45.0	41.8
Abril	148.6	63	24.3	29.5	88.4	55.7	43.0	47.3	116.6	75.9	74.5	91.0	10.4	124.2	33.2	9.0
Mai	43.2	12.4	122.7	54.6	76.1	151.3	93.1	50.9	85.5	132.4	7.8	175.2	28.6	18.4	63.9	27.6
Junho	177.4	146.1	128.0	64.9	107.4	175.6	109.5	81.8	46.0	54.9	317.8	41.2	41.3	75.4	32.2	118.7
Julho	74.8	59.4	31.2	41.5	116.3	50.8	55.6	33.2	71.6	150.8	51.9	129.2	39.9	105.2	33.2	85.0
Agosto	121.1	31.9	35.6	16.4	26.8	38.0	32.4	70.8	43.0	70.0	22.1	47.6	23.0	30.3	24.4	19.4
Setembro	52.4	12.9	16.8	24.6	34.8	9.8	17.7	33	1.9	6.2	19.2	19.2	1.4	10.7	50.8	3.4
Outubro	2.5	37.9	9.0	10.0	1.0	8.1	6.2	0.5	1.2	2.0	10.7	10.0	0.4	18.2	30.0	1.0
Novembro	11.8	29.9	12.9	4.6	0.2	2.0	9.6	7.5	6.1	14.2	8.9	29.6	16.9	44.0	6.8	1.2
Dezembro	56.0	10.5	39.1	7.2	14.6	102.2	8.0	9.9	3.8	37.6	3.2	8.5	6.6	58.7	33.3	50.0

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de APAC (2016).

A estação 221 apresentou falha nos seguintes meses dezembro (2002); novembro (2008); outubro (2009); novembro (2010); dezembro (2011); novembro (2012); fevereiro

(2013); dezembro (2014). Para a correção de falhas foi realizado o método da ponderação regional recomendado por Bertoni e Tucci (2013), este método consiste na homogeneização do período de informação, para a correção de falhas é preciso selecionar pelo menos três estações que possuam dados registrados de no mínimo dez anos, para uma melhor interpretação dos dados obtidos a partir das correções realizadas. As estações escolhidas devem estar numa região climatológica semelhante à estação a ser preenchida. Tendo como exemplo a correção do mês de fevereiro de 2013 na equação a seguir:

$$Y = \frac{1}{3} \left[\frac{43}{72.33} + \frac{42.6}{71.06} + \frac{18.4}{46.06} \right] * 34.66 = 18.4$$

Onde se pegou os três últimos dados registrados referentes ao mês de fevereiro (2010, 2011 e 2012) das duas estações circunvizinhas e da estação a ser corrigida, tiraram-se as médias das três estações referentes aos últimos três meses de fevereiro dos últimos três anos, calculou-se a média da estação a ser preenchida referente os três últimos meses de fevereiro registrado para aquela estação obtendo assim o valor de 34.66, de acordo com a equação, tendo 43, 42.6 e 18,4 como os três últimos meses de fevereiro dos últimos três anos registrado da estação com falha, 72.33, 71.06 e 46.06 correspondente as médias das três estações, multiplicado pela média da estação a ser preenchida, tendo como resultado 18.4.

Para a correção feita no mês de dezembro de 2002, foram apenas considerados os anos de 2000 e 2001 das três estações, tempo inicial do estudo.

Comparando os dados obtidos com os registrados no mesmo período das outras estações, são considerados aceitáveis tendo em vista que se trata de apenas do preenchimento da ausência de dados em um curto intervalo de tempo. Silva et al., (2010) ressalta que o uso deste método é bastante empregado para preencher falhas de dados, no entanto, ele pode mascarar a variabilidade da precipitação, dependendo do intervalo a ser parametrizado.

A correção de falha referente à estação 24 Caruaru (IPA) está descrita na Tabela 2.

Tabela 2 - Correção de Falha do Posto 24 (IPA).

Código 24 Estação Caruaru (IPA)																
Meses\Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Janeiro	62.0	20.3	134.3	5.7	238.5	6.2	10.2	23.2	50.8	44.2	48.1	154.7	55.5	12.8	10.6	3.2
Fevereiro	177.4	3.8	103.5	61.6	200.4	16.9	50.6	108.2	34.0	85.2	84.2	75.6	60.1	16.0	52.5	5.5
Março	30.3	96.0	120.3	57.8	46.6	92.2	25.7	88.1	144.3	47.3	114.7	79.7	6.2	35.1	51.8	44.1
Abril	97.5	68.3	31.8	43.7	115.8	41.5	95.8	70.0	85.6	107.8	104.4	143.8	21.3	144.3	44.0	9.8
Maió	61.0	8.4	125.1	48.0	85.7	173.6	88.2	67.2	84.9	138	8.7	224.9	33.2	42.1	81.4	19.5
Junho	134.0	164.8	115.4	78.0	130.8	203.8	123.3	142.5	59.3	70.7	314.1	70.1	62.8	122.3	54.3	92.5
Julho	131.8	81.7	69.3	45.2	108.9	61.0	73.9	49.4	102.0	86.8	45.2	139.4	51.1	122.2	58.8	136.2
Agosto	132.5	65.9	62.8	32.0	31.8	75.5	31.3	81.3	75.3	102.3	35.2	72.8	45.7	58.6	44.5	128.6
Setembro	67.4	24.8	12.9	35.3	40.4	11.8	15.1	42.3	10.0	5.7	40.8	18.0	3.7	9.7	51.3	22.8
Outubro	17.7	36.2	14.9	20.6	3.0	4.6	2.4	3.2	2.3	1.7	4.1	4.1	3.2	29.8	52.1	30.7
Novembro	4.8	8.0	25.3	8.2	3.8	1.4	17.4	7.7	8.9	17.6	13.8	33.6	1.8	40.1	25.1	19.4
Dezembro	58.2	8.0	2.7	7.5	17	61.5	13.2	23.6	15.4	52.0	17.7	40.2	5.8	10.5	4.5	53.5

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de APAC (2016).

Para a estação 24 Caruaru (IPA) foi realizada a correção para os seguintes meses novembro (2008), novembro (2010), dezembro (2011), e os meses de junho, setembro, outubro e novembro (2015). Utilizou-se o mesmo procedimento para correção de falhas. As estações 221 e 24 (IPA) tiveram ausência de dados no mês de novembro de 2010, tendo apenas a estação 484 (PCD), registrado 1,1 mm para aquele mês, os dados obtidos para o mês das duas estações foram de 8,9mm (estação 221) e 13,8mm (24-IPA), o resultado é admissível devido às estações estarem inseridas em regiões climatológicas semelhantes, e os últimos dados registrados para aquele mesmo mês em outros anos apresentarem registros semelhantes aos dados obtidos através do método de correção de falha. Isto significa também, que uma precipitação pode apresentar comportamento e intensidade diferente para uma mesma região.

A Figura 3 mostra a estação pluviométrica 24 (IPA) instalada no Povoado de Malhada de Pedra, zona rural do município de Caruaru-PE.

Figura 3 - Estação Pluviométrica 24 (IPA).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Tabela 3 está à correção de falha referente à estação 484 Caruaru (PCD).

Tabela 3 - Correção de Falha do Posto 484 Caruaru (PCD).

Código 484 Estação Caruaru - PCD																
Meses/Ano	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Janeiro	7.0	19.8	138.4	5.5	243.7	6.0	7.9	24.1	52.6	48.1	10.6	125.4	58.2	10.6	10.4	3.9
Fevereiro	26.0	3.8	104.7	64.3	200.1	13.3	49.8	111.2	34.0	86.3	89.8	95.0	59.7	15.1	48.8	5.8
Março	48.0	99.1	121.7	59.2	44.1	93.2	33.4	90.5	166.2	47.3	120.5	66.4	18.2	33.3	50.1	45.9
Abril	9.0	69.3	32.3	47.1	113.5	42.1	100.1	76.9	89.5	107.8	118.2	150.2	21.6	125.9	48.1	10.4
Maio	50.0	8.4	127.3	48.5	86.1	178.4	83.3	69.2	90.6	147.1	10.9	250.5	32.2	40.2	67.0	43.5
Junho	47.0	151.6	114.1	74.5	153.8	210.7	137.3	150.3	67.9	73.7	330.3	65.0	59.9	117.0	53.5	123.8
Julho	112.0	73.3	66.3	42.0	105.7	62.2	73.9	54.2	107.9	93.7	57.0	133.8	52.9	113.3	54.4	119.7
Agosto	28.0	47.6	59.8	31.7	36.4	77.6	35.3	86.0	82.0	95.6	38.4	65.9	40.6	55.9	43.3	29.7
Setembro	15.0	25.5	14.0	34.6	38.6	11.8	14.7	55.7	11.9	6.2	46.2	16.6	3.6	14.4	42.4	8.7
Outubro	26.8	39.0	16.1	19.3	3.0	4.1	3.4	1.6	3.5	5.8	5.2	3.7	3.7	28.0	56.3	3.9
Novembro	1.2	7.5	25.4	8.3	3.3	0.8	18.4	11.1	0.6	18.3	1.1	33.2	1.5	36.4	24.2	3.0
Dezembro	32.7	7.5	2.3	7.0	17.3	64.7	8.8	26.4	16.3	7.4	18.6	0.3	2.4	10.7	2.6	1.8

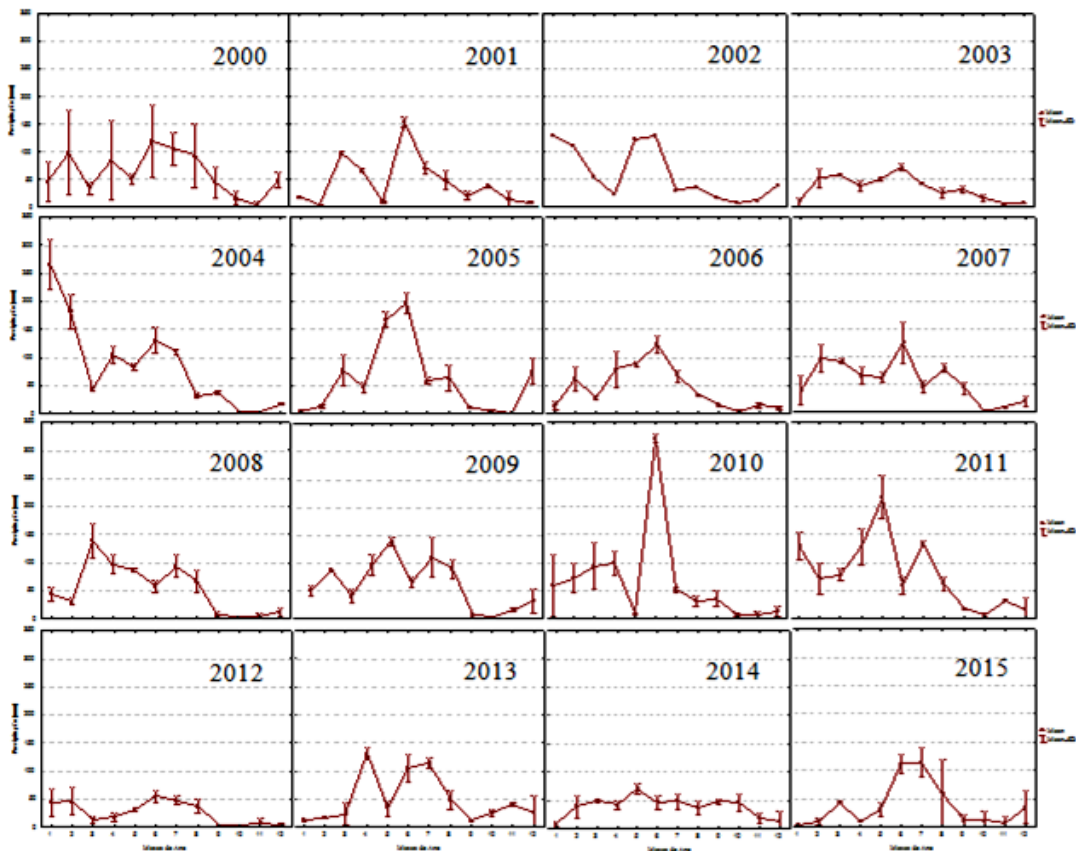
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de APAC (2016).

A estação 484 Caruaru (PCD) continha ausência de dados apenas no mês de dezembro de 2015, após ser feita a correção de falha observou-se que em relação às outras estações o resultado foi muito abaixo do registrado, mais o valor é aceitável para esta estação devido as outras duas avaliadas terem registros de precipitação bem maiores que esta.

5.1 ANÁLISE GRÁFICA DAS PRECIPITAÇÕES MÉDIA E DESVIO PADRÃO

Com o preenchimento de falhas realizado, foi possível realizar estatística descritiva através do *software* Statistics, construindo gráficos que representem à média e o desvio padrão de todos os anos de todas as estações analisadas tornando-as mais compreensíveis, com isto, será possível observar os meses com maior índice de precipitação da cidade, como também os anos onde que obtiveram os menores índices de chuva, ou seja, o período de estiagem na Cidade de Caruaru – PE (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Gráficos das Médias e Desvio Padrão entre os anos de 2000 e 2015.

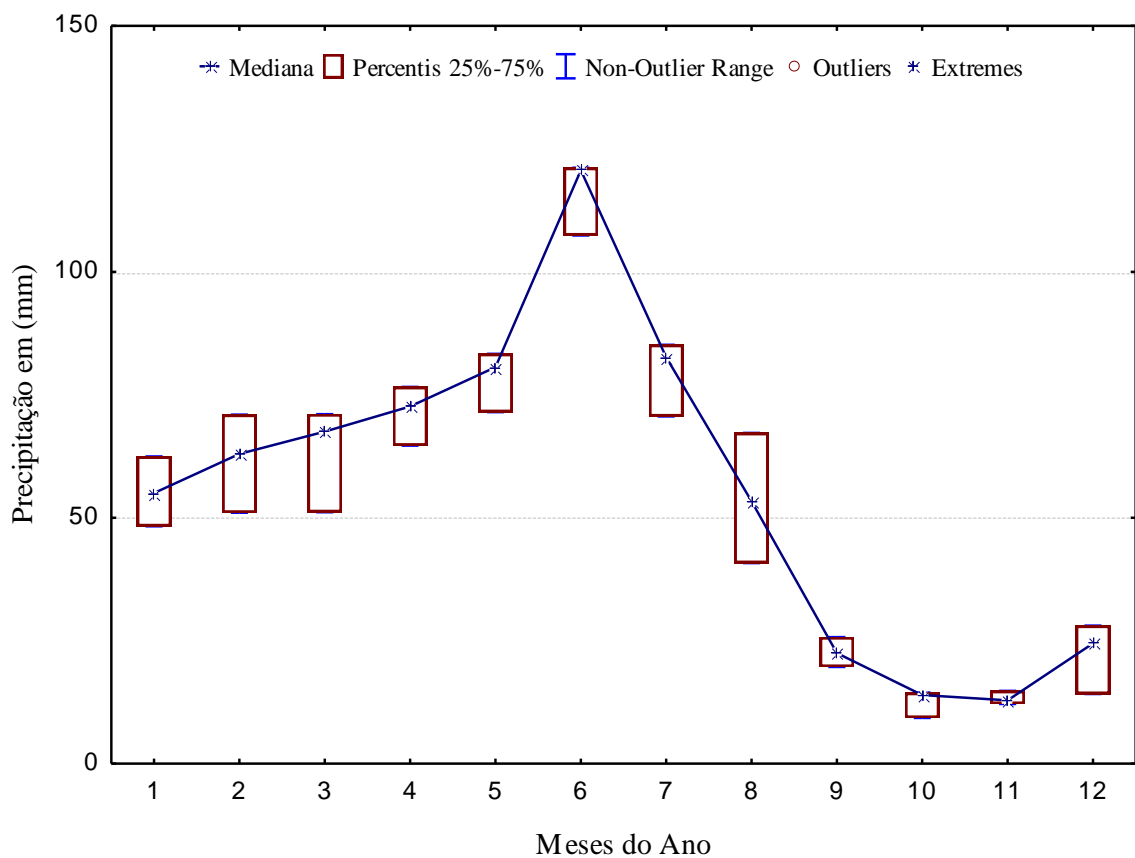


Fonte: Elaborado pelo autor a partir de APAC (2016).

Estes gráficos demonstram o comportamento do desvio padrão e das médias anuais de todas as estações analisadas. Esta análise gráfica serve para comprovar a eficácia dos resultados; quanto maior o desvio padrão, maior será a dispersão da precipitação, portanto, menor sua eficácia. Devido à natureza dos resultados, existe uma grande tendência do desvio padrão ser maior para o universo estudado. Sendo assim, um desvio padrão alto em um determinado mês em relação ao outro, confirma a homogeneidade dos resultados, demonstrando semelhanças em alguns meses, em determinadas períodos diferentes. O intervalo definido consiste na categoria climática de precipitação, isto significa um conceito qualitativo classificando a uma intensidade de precipitação situada naquele intervalo com respeito ao que se poderia considerar a média ou a normalidade climatológica.

No Gráfico 2, Bloxplot está a mediana com o percentis de 25% - 75% de todas as três estações analisadas, evidenciando o real índice pluviométrico dos últimos dezesseis anos registrados no município de Caruaru-PE.

Gráfico 2 - Bloxplot Precipitação Média (mm) das Três Estações analisadas entre os anos de 2000 a 2015.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico apresenta um dramático cenário característico da Região Nordeste, onde segundo Marengo et al., (2011) a precipitação média anual varia entre 550mm a 600mm anuais para toda a região Nordeste.

Para o município de Caruaru no Estado de Pernambuco esta média mensal fica entorno de 50mm a pouco mais de 100mm. Ainda segundo Marengo et al. (2011) a precipitação histórica registrada para a região Nordeste foi de 1.000 mm no mês de janeiro de 2004, para o mesmo período as estações de Caruaru-PE analisadas para este estudo, também registraram índices pluviométricos bem altos (316.7 – Estação 221), (238.5 – Estação 24 - IPA) e (243.7 – Estação 484 – PCD).

Os meses mais chuvosos já registrados no município de Caruaru passaram pouco mais dos 200mm, sendo equivalentes a três dias de chuvas em cidades da região sul-sudeste do País. Além disso, o gráfico mostra que no município do agreste pernambucano, o período chuvoso, se inicia entre os meses de março a agosto, mais são os meses de maio a julho que registram os maiores índices pluviométricos, sendo observado no Gráfico 1, que nos recentes anos 2012 e 2014, foram registrados os menores índices de precipitação, causando grandes períodos de estiagem e eventuais secas.

Estes períodos de estiagem podem ser características de uma eventual ação de fenômenos climáticos, entre eles o fenômeno de aquecimento das águas do oceano Pacífico chamado de El Niño, que desordena todo o clima global e altera a distribuição de chuva na região do NEB. No Nordeste Brasileiro, a teoria é que este efeito enfraqueceria a brisa do Atlântico Sul, fazendo com que menos umidade chegasse ao sertão nordestino, com isto, redução dos índices de precipitação chuvosa na região.

O Município de Caruaru tem como seus principais fornecedores de água os reservatórios do Jucazinho e do Prata, atualmente o município está recebendo água apenas do manancial do Prata, devido ao reservatório do Jucazinho está em volume morto, sendo a principal fonte hídrica dos outros doze municípios do agreste pernambucano. Desta forma, Caruaru, esta abastecida apenas pelo reservatório do Prata, acarretando em um sistema de rodízio de abastecimento.

A população Caruaruense reclama da falta de disponibilidade hídrica, essa escassez está diretamente associada a vários elementos, entre os quais, o desperdício por parte da população que não economiza água, o uso industrial e os efeitos climáticos que influenciam a precipitação na região. Nos últimos anos os índices pluviométricos foram abaixo do esperado, frustrando uma possível recuperação dos reservatórios.

Para análise dos reservatórios foi utilizado o *software* BioEstat 5.0 onde foi realizado o teste de tukey ANOVA para dois critérios. É um dos testes de comparação de média mais utilizada, por ser bastante preciso e de fácil aplicação, é utilizado para testar toda e qualquer diferença entre duas médias de tratamento, usado para análise de variância; que consiste em definir a menor diferença significativa.

5.2 ANÁLISE ESTATÍSTICAS DOS DADOS DO RESERVATÓRIO DO PRATA

O reservatório do Prata está localizado no distrito de Alto Bonito pertencente ao Município de Bonito-PE . Este manancial abastece as Cidades de Caruaru, Agrestina, Altinho, Ibirajuba e Cachoerinha cerca de aproximadamente 400 mil habitantes de todas as cidades, tendo por base o censo demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2010). A Tabela 4, mostra o quantitativo de habitantes das cidades que dependem do abastecimento da água do Prata. Segundo informações da COMPESA o reservatório do Prata possui uma capacidade de 42,147,000.00m³ de água, cota do sangradouro mede 393.50m correspondendo 100% do volume total do reservatório.

Tabela 4 - População das Cidades que são Abastecidas pelo Reservatório do Prata.

Município	População Total
Agrestina	22.679
Altinho	22.353
Cachoerinha	18.819
Caruaru	314.912
Ibirajuba	7.534
	386.297

Fonte: Elaborado pelo autor, segundo IBGE (2010).

De acordo com as informações obtidas da COMPESA, a Cidade de Caruaru todavia recebeu mais água do sistema Prata do que Jucazinho, estima-se que cerca de 60 % da população depende da água do Prata, enquanto que 40% do Jucazinho. Com a sobrecarga do reservatório do Jucazinho, o Prata tornou-se a principal fonte de abastecimento do município.

A Figura 4 mostra a imagem do reservatório do Prata em Bonito – PE.

Figura 4 - Reservatório do Prata.



Fonte: Reprodução/TVAsa Branca (2015).

O teste de tukey ANOVA para dois critérios foi realizado em todos os dados obtidos dos dois reservatórios que abastecem a Cidade de Caruaru, as colunas simbolizam o ano e as linhas os meses. O único dado referente ao ano de 2009 não passou pelo teste.

A Tabela 5, traz algumas informações da cota do reservatório do Prata, a maioria dos dados foram obtidos através da COMPESA, mais algumas informações estão disponíveis no banco de dados da APAC/CCO.

Tabela 5 - Média Mensal da Cota (m) do Reservatório do Prata.

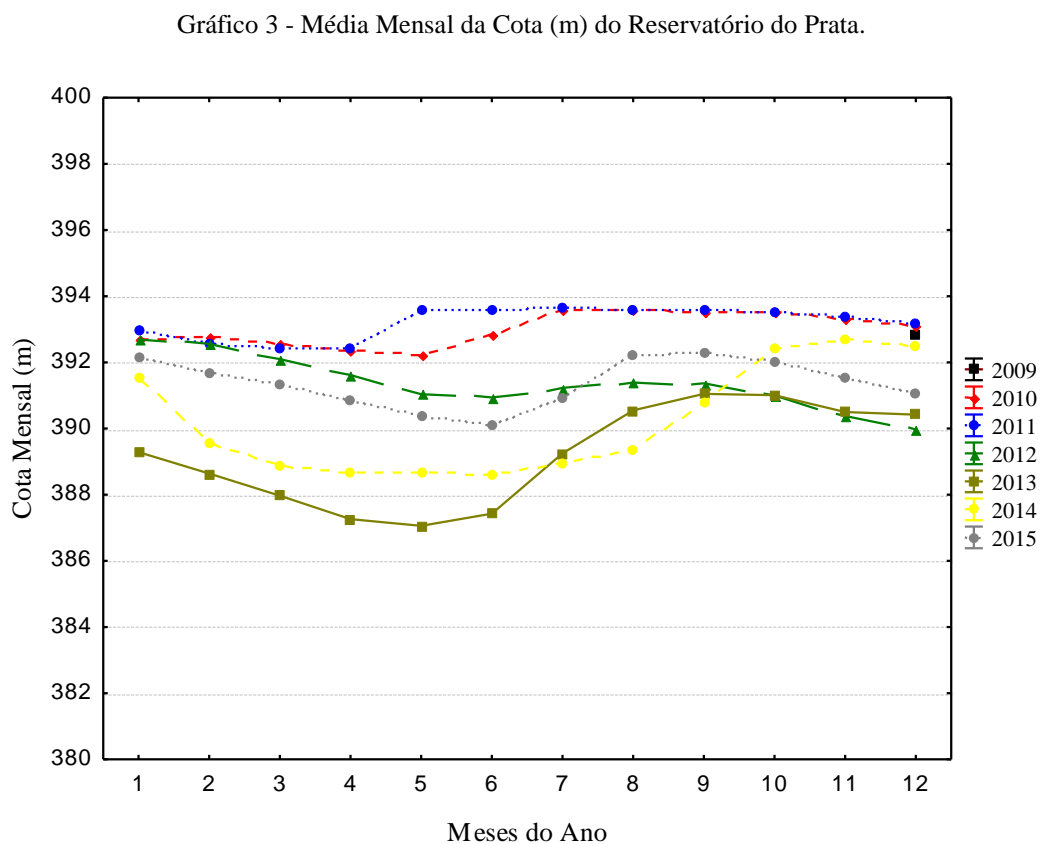
Cota do Reservatório do Prata em (m)								
MESES\ANO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Teste tukey meses
Janeiro		392.69	393	392.69	389.29	391.52	392.14	a
Fevereiro		392.74	392.56	392.56	388.64	389.54	391.71	a
Março		392.55	392.45	392.1	387.97	388.87	391.32	a
Abril		392.35	392.41	391.62	387.26	388.7	390.87	a
Maió		392.22	393.57	391.04	387.06	388.67	390.37	a
Junho		392.86	393.61	390.94	387.43	388.62	390.14	a
Julho		393.59	393.67	391.23	389.25	388.93	390.92	a
Agosto		393.59	393.62	391.39	390.55	389.35	392.24	a
Setembro		393.55	393.57	391.37	391.05	390.78	392.31	a
Outubro		393.51	393.5	391	391.01	392.46	391.99	a
Novembro		393.34	393.4	390.38	390.5	392.73	391.57	a
Dezembro	392.84	393.12	393.15	389.97	390.42	392.52	391.09	a
Teste tukey anos		a	a	b	c	c	b	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir COMPESA (2016) e APAC/CCO (2016).

Para os anos de 2010 e 2011 o teste demonstra que não houve mudança significativa, apresentando o mesmo comportamento. O ano de 2012 apresentou mudança significativa, portanto, ele se mostra diferente dos anos anteriores tendo 2015 o mesmo comportamento. Os anos de 2013 e 2014 não apresentaram mudança significativa, apesar de não serem iguais aos demais.

Não houve mudança significativa quando o teste de tukey avaliou os meses, ou seja, ao longo dos anos os meses não tiveram grandes variações.

O Gráfico 3 apresenta a média da cota mensal (m) do reservatório do Prata.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico comprova que nos anos de 2012, 2013 e 2014, houve uma grande sequência de queda na cota do reservatório do Prata, o menor índice registrado foi em maio de 2013 quando o manancial registrou 387.06m. Os dados mostram que entre os meses de agosto a outubro do ano de 2014 houve uma recuperação expressiva na cota do reservatório, terminando o mesmo ano em uma situação confortável, apesar de 2015 ser considerado o ano de baixo índice pluviométrico, o mesmo não oscilou muito tendo o mesmo comportamento do ano de 2012, confirmado pelo teste tukey.

Os dados referentes à capacidade média mensal (m^3) do reservatório do Prata estão na Tabela 6.

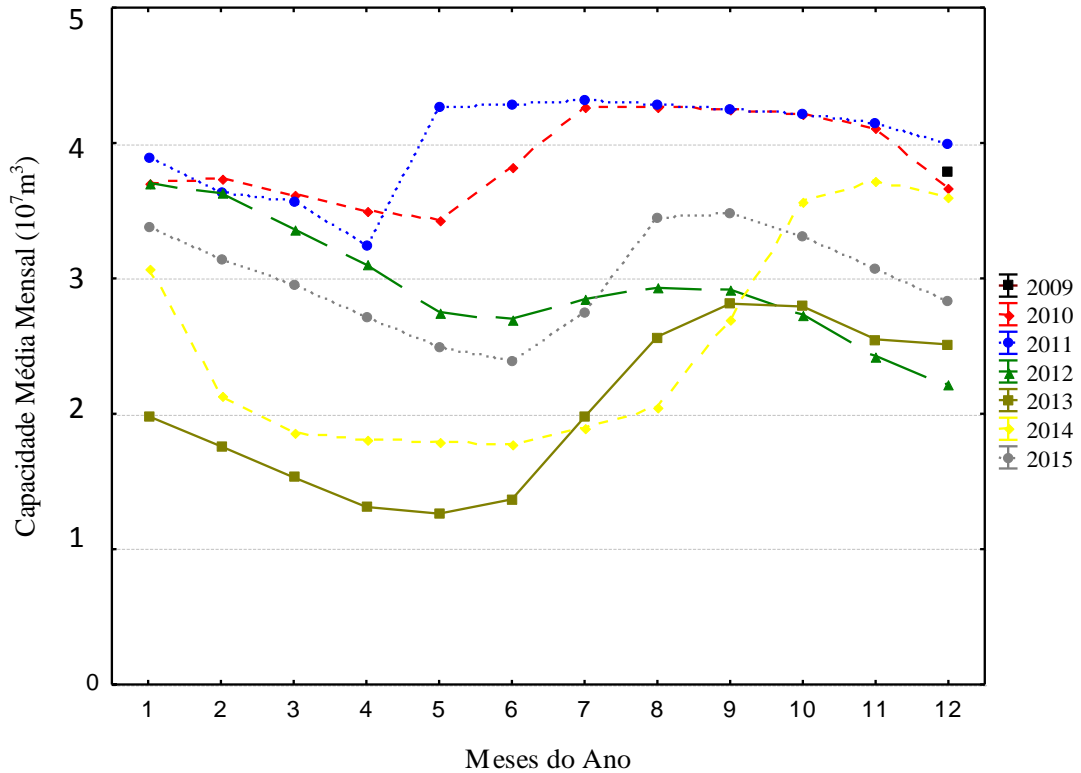
Tabela 6 - Capacidade Média Mensal (m^3).

Capacidade Média Mensal (m^3)								
MESES\ANO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Teste tukey meses
Janeiro		37,048,215.94	38,951,086.63	37,078,987.17	19,834,011.61	30,659,633.41	33,877,768.28	a
Fevereiro		37,338,168.26	36,282,715.96	36,302,576.67	17,594,713.12	21,315,167.41	31,446,489.26	a
Março		36,238,953.80	35,636,232.26	33,659,208.10	15,302,010.09	18,702,748.36	29,471,752.80	a
Abril		35,044,399.39	32,429,462.98	31,008,292.59	13,122,591.36	18,090,730.97	27,227,818.75	a
Mai		34,295,847.77	42,630,621.80	27,531,376.08	12,627,145.09	17,949,823.26	24,894,575.87	a
Junho		38,250,438.66	42,878,152.63	27,024,948.40	13,682,296.95	17,772,367.40	23,841,222.60	a
Julho		42,744,522.38	43,266,926.75	28,471,465.91	19,765,263.49	18,926,113.93	27,523,439.64	a
Agosto		42,725,873.27	42,915,239.61	29,308,157.74	25,695,167.47	20,543,824.76	34,424,623.00	a
Setembro		42,498,536.84	42,589,861.53	29,174,793.01	28,135,277.41	27,026,674.11	34,845,605.85	a
Outubro		42,238,933.70	42,134,781.15	27,331,965.66	27,922,234.94	35,754,590.61	33,050,628.12	a
Novembro		41,114,691.91	41,505,009.12	24,275,368.44	25,502,006.18	37,294,842.60	30,752,708.64	a
Dezembro	37,974,431.86	36,673,132.59	39,868,326.69	22,259,979.85	25,122,961.67	36,038,133.98	28,283,300.51	a
Teste tukey anos		a	a	b	c	bc	b	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir COMPESA (2016) e APAC/CCO (2016).

O teste de tukey para a capacidade média mensal (m^3), verifica semelhança para os anos de 2010 e 2011 não havendo diferença significativa entre eles, os anos de 2012, 2014 e 2015, não apresentaram mudanças significativa, tendo o mesmo comportamento, entretanto, não são iguais aos anos de 2010 e 2011, o ano de 2013 apresentou diferença significativa dos demais anos analisados, porém, apresentou semelhança ao ano de 2014.

Em relação aos meses o teste detecta que não existem diferenças significativas ao longo dos anos. O Gráfico 4 representa a capacidade média mensal (m^3) do reservatório do Prata.

Gráfico 4 - Capacidade Média Mensal (m³) do Reservatório do Prata.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico demonstra que entre os anos de 2012-2014, houve um grande seguimento de baixa na capacidade do manancial, os meses de abril, maio e junho de 2013 registraram os menores índices de disposição hídrica do reservatório, contendo 13,122,591.36; 12,627,145.09 e 13,682,296.95m³ respectivamente, a capacidade mais baixo já registrada, comparada ao mesmo período do ano de 2011 onde o reservatório registrava capacidade de 32,429,462.98; 42,630,621.80 e 42,878,152.63m³ respectivamente, diferença de quase 30,003,476.71m³ comparando o mês de maio de 2013 com 2011.

No mês de setembro do ano de 2014 o reservatório começou a apresentar uma recuperação contabilizando 27,026,674.11m³, segundo o teste de tukey o ano de 2015 possui o mesmo comportamento dos anos de 2012 e 2014, no gráfico é nítido que os anos em questão, apresentaram pouca oscilação comprovando a veracidade do teste.

A Tabela 7 exhibe dados do volume médio mensal (%) do reservatório do Prata.

Tabela 7 - Volume Médio Mensal (%) do Reservatório do Prata.

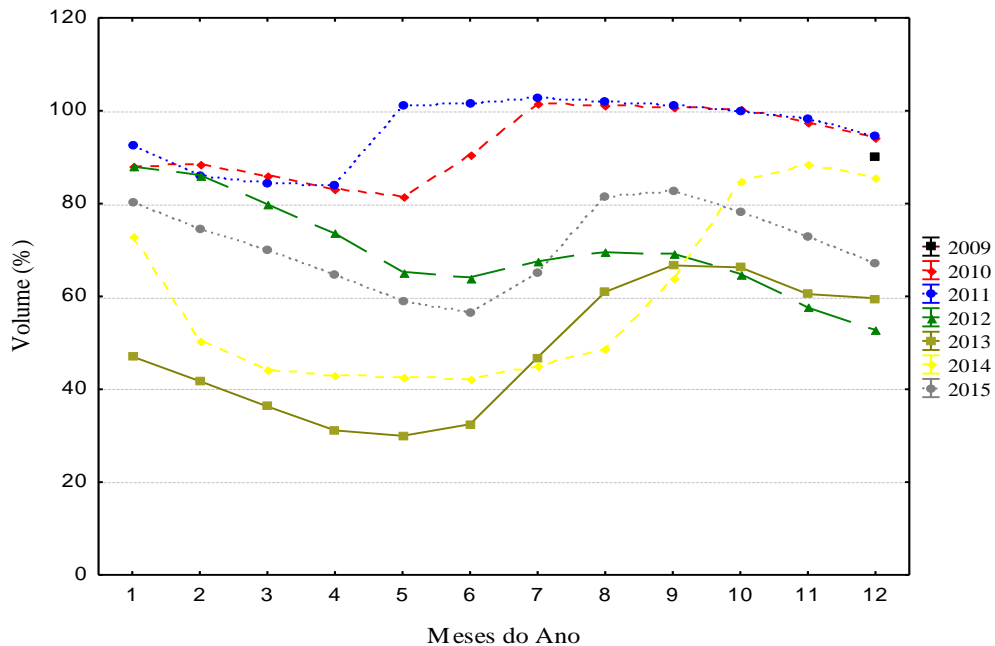
Volume (%) do Reservatório								
MESES\ANO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Teste tukey meses
Janeiro		87.9	92.42	87.98	47.05	72.74	80.38	a
Fevereiro		88.59	86.09	86.13	41.74	50.57	74.61	a
Março		85.98	84.55	79.86	36.3	44.37	69.93	a
Abril		83.15	84.06	73.57	31.13	42.92	64.6	a
Maio		81.37	101.15	65.32	29.96	42.59	59.07	a
Junho		90.75	101.73	64.12	32.46	42.17	56.57	a
Julho		101.42	102.66	67.55	46.89	44.9	65.3	a
Agosto		101.37	101.82	69.53	60.97	48.74	81.68	a
Setembro		100.83	101.05	69.22	66.68	64.12	82.68	a
Outubro		100.22	99.97	64.84	66.25	84.83	78.42	a
Novembro		97.55	98.48	57.59	60.51	88.49	72.97	a
Dezembro	90.1	94.13	94.59	52.81	59.61	85.51	67.11	a
Teste tukey anos		a	a	b	c	bc	b	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir COMPESA (2016) e APAC/CCO (2016).

O teste de tukey para o volume (%) do reservatório observa semelhança para os anos de 2010 e 2011 não havendo diferença significativa entre eles, os anos de 2012, 2014 e 2015, não houve mudanças, tendo o mesmo comportamento, entretanto, não são iguais aos anos de 2010 e 2011, o ano de 2013 apresentou diferença significativa dos demais anos analisados, porém, apresentou semelhança ao ano de 2014.

Em relação aos meses o teste detecta que não houve grandes diferenças significativas ao longo dos anos, todos obtiveram o mesmo comportamento (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Volume Médio Mensal (%) do Reservatório do Prata.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O volume (%) do reservatório do Prata excedeu no período de julho a outubro de 2010, de maio a setembro de 2011, atingindo seu maior volume no mês de julho de 2011 registrando 102.66 do seu volume (%). Entre o período observado o reservatório não apresentou grandes variações, nos períodos de estiagem o reservatório apresentou queda do seu volume, porém nos períodos de chuvas, o reservatório conseguiu recupera-se, manejando a disponibilidade hídrica para as cidades que dependem diretamente do abastecimento do Prata.

5.3 ANÁLISE DE DADOS DO RESERVATÓRIO DE JUCAZINHO

O manancial de Jucazinho está localizado no Município de Surubim-PE. Este reservatório abastece as Cidades de Caruaru, Cumaru, Passira, Riacho das Almas, Santa Cruz do Capibaribe, Salgadinho, Surubim, Casinhas, Santa Maria do Cambucá, Vertente do Lério, Frei Miguelinho, Vertentes e Toritama, segundo o censo do IBGE realizado em 2010, estas cidades contêm um total de 638.023,00 mil habitantes, que dependem diretamente do abastecimento de Jucazinho (Tabela 8). Segundo dados da COMPESA o reservatório de Jucazinho possui uma capacidade de 327,045,336.00m³ de água, sua cota do sangradouro mede 292.00m, correspondendo 100% do seu volume total.

Tabela 8 - População das Cidades que são Abastecidas pelo Reservatório de Jucazinho.

Município	População Total
Caruaru	314.912
Casinhas	13.766
Cumuaru	17.183
Frei Miguelinho	14.293
Passira	28.628
Riacho das Almas	19.162
Salgadinho	9.312
Santa Cruz do Capibaribe	87.582
Santa Maria do Cambucá	13.021
Surubim	58.515
Toritama	35.554
Vertente do Lério	7.873
Vertentes	18.222
	638.023

Fonte: Elaborado pelo autor a partir IBGE (2010).

No mês de março de 2016 o reservatório de Jucazinho atingiu o menor volume total chegando a 1%, o menor nível já registrado de sua capacidade total desde de 2000 (NOVELINO, 2016), quando o reservatório passou a ser monitorado pela APAC. O reservatório de Jucazinho parou de abastecer a Cidade de Caruaru desde meados de 2015, ainda segundo a APAC, jucazinho atingiu o menor percentual de acumulação em outubro de 2015, em novembro atingindo volume morto, registrando, desta forma, a pior situação de sua história, ocasionado severos problemas de distribuição nas cidades que dependem diretamente deste reservatório.

As mudanças que o reservatório de Jucazinho sofreu ao longo dos últimos anos de severas estiagens estão na Figura 5.

Figura 5 – Mudanças ocorridas no reservatório de Jucazinho Surubim-PE.



Fonte: (a) Jacobina (2016); (b) G1 (2016a); (c) Cavalcante (2015); (d) G1 (2016b).

As imagens relatam as grandes transformações ocorridas no manancial de Jucazinho ao longo dos últimos anos.

A Tabela 9 apresenta algumas informações da cota do reservatório de Jucazinho, a maioria dos dados foi obtida da COMPESA (2016), mais algumas informações estão disponíveis no banco de dados da APAC/CCO (2016).

Tabela 9 - Média Mensal da Cota (m) do Reservatório do Jucazinho.

Cota do Reservatório de Jucazinho em (m)								
MESES\ANO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Teste tukey meses
Janeiro		290.18	290.13	290.09	282.6	273.91	264.39	a
Fevereiro		289.7	290.08	290.78	282.15	273.28	262.94	ac
Março		289.25	289.84	288.46	281.35	272.36	262.22	acd
Abril		288.91	289.56	287.96	280.62	272.25	259.32	acde
Mai		288.79	291.76	287.14	279.98	271.87	257.38	acde
Junho		290.2	292.05	286.79	279.36	271.66	255.53	acde
Julho		292.09	292.1	286.34	278.81	270.68	253.88	acde
Agosto		291.96	292.06	285.82	278.27	269.69	252.72	acde
Setembro		291.49	291.91	285.28	277.71	268.65	251.85	acde
Outubro		291.28	291.51	284.54	276.95	267.02	251.17	bcde
Novembro		290.79	291.08	283.97	276.47	266.39	250.44	bde
Dezembro	290.44	290.55	290.6	283.41	274.73	265.88	249.5	be
Teste tukey anos		a	a	b	c	d	e	

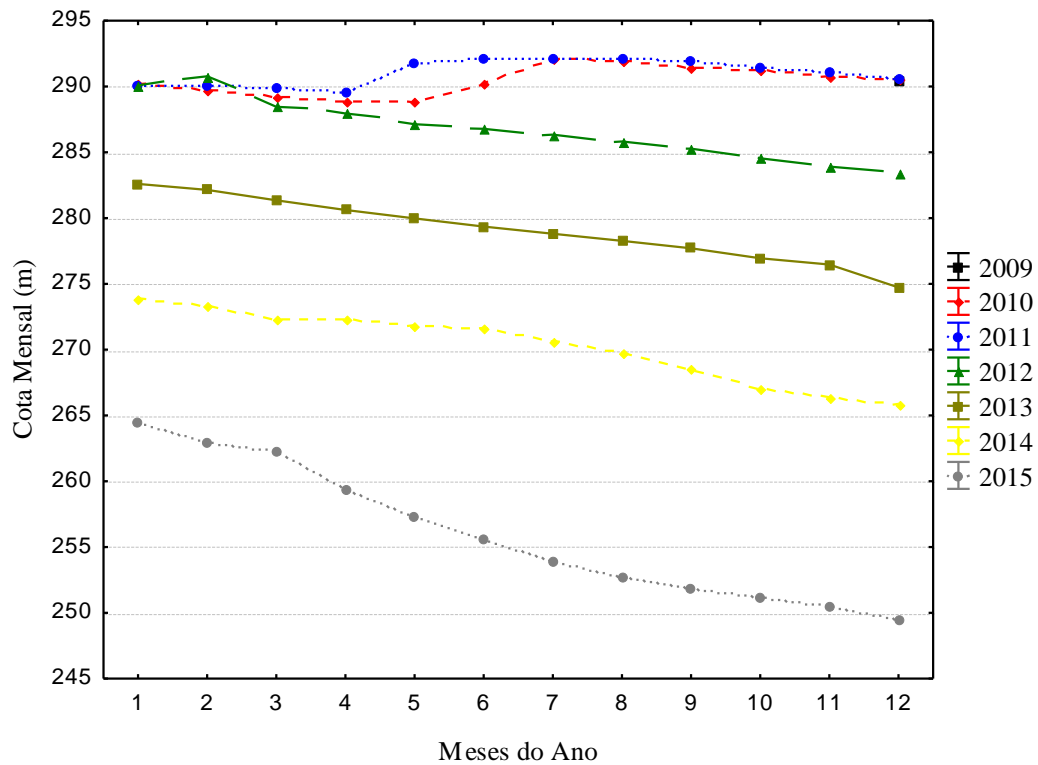
Fonte: Elaborado pelo autor a partir COMPESA (2016) e APAC/CCO (2016).

O teste de tukey realizado para a cota (m) de Jucazinho indica que não houve diferença significativa para os anos de 2010 e 2011. Os anos de 2012, 2013, 2014 e 2015 apresentaram comportamento diferente dos demais, ou seja, a partir do ano de 2012 o reservatório não tem o mesmo comportamento, apresentando grandes mudanças significativas no decaimento na sua capacidade.

Na avaliação dos meses, o teste de tukey indica que entre os meses de janeiro a setembro de 2010 não houve mudanças, porém, foram diferentes entre os meses de outubro a dezembro do mesmo ano. Para a linha dois, os meses de fevereiro a outubro de 2011 não apresentaram mudanças, entretanto, os meses de novembro e dezembro deste mesmo ano apresentaram diferenças. Na linha três os meses de março a novembro de 2012 teve o mesmo comportamento, no entanto, o mês de dezembro apresentou diferença dos demais. Na linha quatro todos os meses tiveram o mesmo comportamento, para as demais linhas (cinco a doze) os resultados não apresentaram mudanças significativas, ou seja, ao longo dos anos os meses não tiveram grandes variações.

O Gráfico 6 apresenta a média mensal da cota mensal (m) do reservatório de Jucazinho.

Gráfico 6 - Média Mensal da Cota (m) do Reservatório de Jucazinho.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir COMPESA (2016) e APAC/CCO (2016).

O reservatório de Jucazinho, desde o ano de 2012 a 2015, obteve uma baixa em sua cota, registrando o menor índice em dezembro de 2015 quando o manancial registrou 249.50 m chegando ao volume morto. O gráfico comprova que no mês de julho de 2010, e entre os meses de junho a agosto de 2011, o reservatório excedeu a cota máxima, que mede 292,00m. Em agosto de 2011 foi a ultima vez que o reservatório excedeu a sua cota máxima, desde então o reservatório vem apresentando baixa, chegando a sua pior situação em dezembro de 2015.

A Tabela 10 apresenta os dados referentes à capacidade média mensal (m³) do reservatório de Jucazinho.

Tabela 10 - Capacidade Média Mensal (m³).

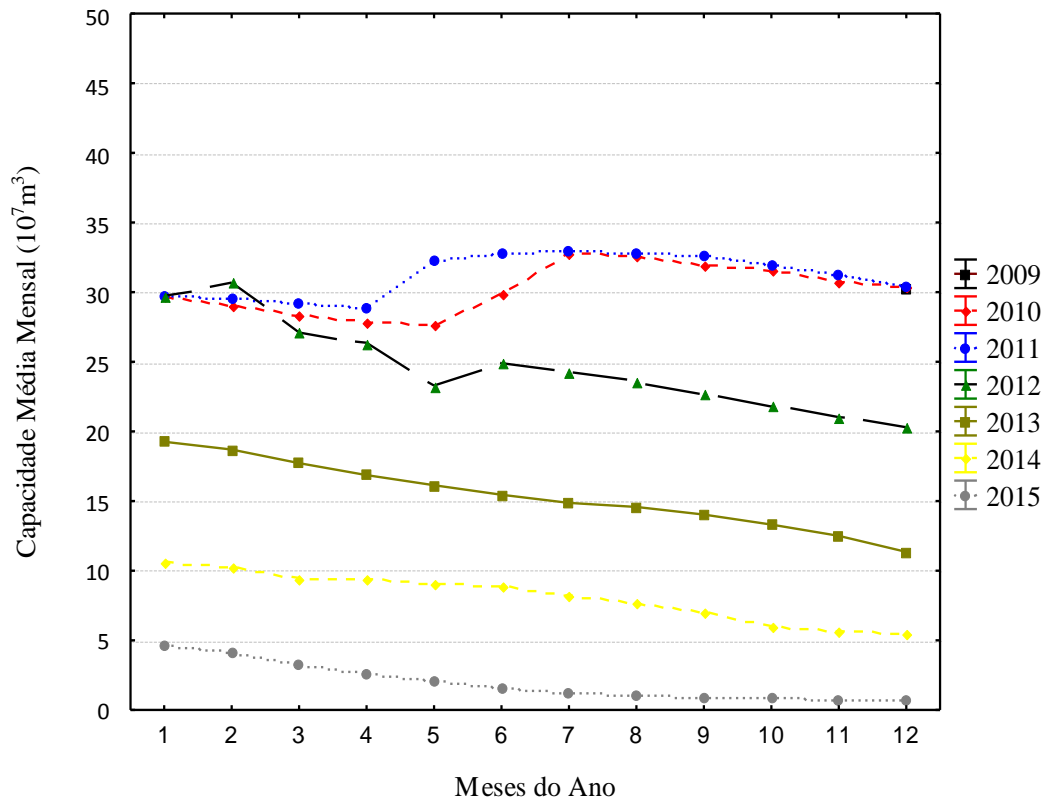
Capacidade Média Mensal (m ³)								
MESES/ANO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Teste tukey meses
Janeiro		297,324,115.92	296,533,465.48	297,409,235.51	192,632,271.28	106,821,784.18	46,938,419.11	a
Fevereiro		289,866,258.19	295,860,355.28	306,873,222.26	187,018,220.24	101,781,645.31	40,484,959.89	a
Março		282,864,147.65	292,062,495.07	271,073,522.72	177,262,816.58	94,819,521.94	32,395,827.48	ab
Abril		277,755,678.75	287,721,027.83	263,734,382.29	168,644,715.97	93,981,268.06	26,350,797.57	ab
Maió		275,888,943.66	323,489,527.27	232,944,236.35	161,356,897.58	91,233,734.10	20,557,959.19	ab
Junho		298,707,650.24	327,817,741.42	249,017,364.20	154,605,825.27	89,661,118.34	15,840,446.18	ab
Julho		328,562,842.02	328,720,634.15	242,572,789.51	148,715,899.67	82,860,465.65	12,666,631.11	ab
Agosto		326,414,150.95	328,042,509.02	235,261,095.83	145,737,349.01	76,307,533.48	10,752,755.63	ab
Setembro		318,466,936.61	325,514,473.31	227,779,156.48	140,355,707.61	69,745,048.90	9,431,359.40	ab
Outubro		315,074,333.03	318,834,673.47	217,852,088.23	133,132,333.43	60,322,942.09	8,505,403.47	ab
Novembro		307,144,744.64	311,762,788.20	210,295,956.55	125,061,687.79	56,894,996.59	7,616,776.82	ab
Dezembro	301,450,034.04	303,186,843.22	304,143,727.53	203,062,702.57	113,518,163.17	54,264,840.35	6,544,958.00	b
Teste tukey anos		a	a	b	c	d	e	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir COMPESA (2016) e APAC/CCO (2016).

O teste de tukey realizado para a capacidade média mensal (m³) do reservatório de Jucazinho constata que não existiu diferença significativa para os anos de 2010 e 2011. Os anos de 2012, 2013, 2014 e 2015 apresentaram diferença significativa, o teste de tukey admite que a partir de 2012 o reservatório não tem o mesmo comportamento, expondo série de mudanças significativas ao longo dos anos, confirmando também o mesmo resultado para as cota do reservatório.

Para os meses o teste de tukey apresentou poucas variações, na linha um entre os meses de janeiro a novembro de 2010 obtiveram o mesmo comportamento, já o mês de dezembro apresentou mudança. A linha dois a partir dos meses de fevereiro a dezembro de 2011 não apresentaram mudanças significativas, a partir da linha três os meses tiveram o mesmo comportamento sendo não significativos até o final do teste.

O Gráfico 7 apresenta a capacidade média mensal (m³) do reservatório de Jucazinho.

Gráfico 7 - Capacidade Média Mensal (m^3) do Reservatório de Jucazinho.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico demonstra que a última vez que o reservatório excedeu sua capacidade máxima de $327,045,336.00m^3$ foi entre os meses de junho a agosto de 2011, desde então, o reservatório só registrou queda, não conseguindo recuperar-se, chegando ao volume morto em dezembro de 2015 quando continha $6,544,958.00m^3$ de água. Uma série de fatores pode esclarecer esta situação, efeitos climáticos e meteorológicos principalmente anos com baixos índices pluviométricos na região, consumo desordenado caracterizado principalmente pelo desperdício de água, entre outros fatores que estão diretamente ligados a essa realidade.

Tabela 11 - Volume Médio Mensal (%) do Reservatório do Jucazinho.

Volume (%) do Reservatório								
MESES\ANO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Teste tukey meses
Janeiro		90.91	90.67	90.94	58.90	32.66	14.35	a
Fevereiro		88.63	90.46	93.83	57.18	31.12	12.38	a
Março		86.49	89.30	82.88	54.20	28.99	9.91	ab
Abril		84.93	87.97	80.64	51.56	28.74	8.06	ab
Maio		84.36	98.91	77.65	49.33	27.89	6.29	ab
Junho		91.33	100.23	76.14	47.27	27.41	4.84	ab
Julho		100.46	100.51	74.17	45.47	25.34	3.87	ab
Agosto		99.80	100.30	71.93	44.58	23.33	3.29	ab
Setembro		98.37	99.53	69.64	42.88	21.33	2.88	ab
Outubro		96.34	97.49	66.61	40.67	18.44	2.60	ab
Novembro		93.91	95.32	64.30	38.24	17.40	2.33	ab
Dezembro	92.17	92.70	92.99	62.09	34.71	16.59	2.00	b
Teste tukey anos		a	a	b	c	d	e	

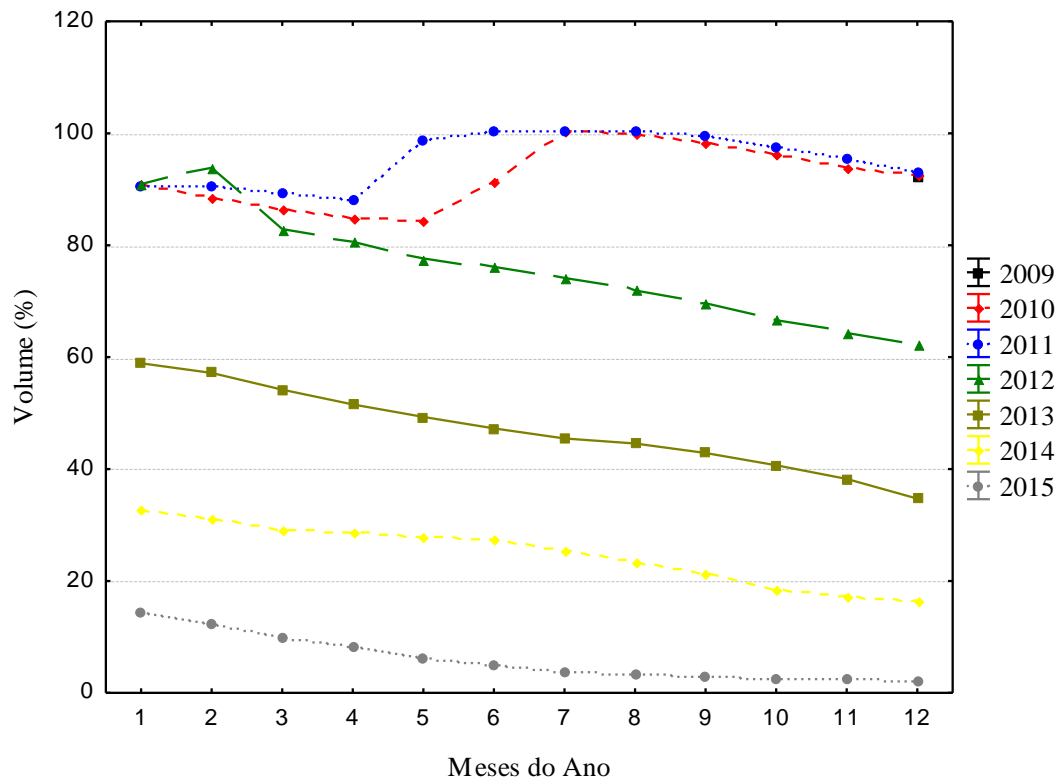
Fonte: Elaborado pelo autor a partir COMPESA (2016) e APAC/CCO (2016).

O teste de tukey executado para o volume (%) do reservatório de Jucazinho verifica que não teve diferença significativa para os anos de 2010 e 2011, havendo o mesmo comportamento, os anos de 2012, 2013, 2014 e 2015 retrataram diferença significativa em relação aos demais. O teste de tukey confirma que a partir de 2012 o reservatório não obteve o mesmo comportamento, mostrando que assim como os demais dados, o reservatório sofreu mudança a partir do ano de 2012, neste intervalo de tempo não houve recuperação do manancial.

Assim como os demais dados, os resultados do volume (%) apresentaram poucas variações, na linha um entre os meses de janeiro a novembro de 2010 obtiveram o mesmo comportamento não havendo mudanças significativas, já o mês de dezembro demonstrou mudança significativa. A linha dois, nos meses de fevereiro a novembro de 2011 não demonstraram mudanças significativas, porém, o mês de dezembro apresentou diferença significativa. A partir da linha três os meses tiveram o mesmo comportamento sendo não significativos até o final do teste.

O Gráfico 8 interpreta os dados do volume médio mensal (%) do reservatório de Jucazinho.

Gráfico 8 - Volume Médio Mensal (%) do Reservatório de Jucazinho.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir COMPESA (2016) e APAC/CCO (2016).

O gráfico mostra que a última vez que o reservatório excedeu seu volume foi no mês de julho de 2010, e entre os meses de junho a agosto de 2011. Após este período o reservatório registrou queda não conseguindo recuperar-se, chegando a 2% do seu volume em dezembro de 2015, devido às poucas chuvas registradas nos últimos anos, o manancial não conseguiu se restabelecer associada a grande demanda por parte da população que dependem diretamente do abastecimento de Jucazinho, fez com que o reservatório chegasse ao estado de colapso, afetando principalmente os municípios que dependem diretamente dele para abastecimento.

5.4 ADUÇÃO DE ÁGUA DOS DOIS RESERVATÓRIOS

Os dois principais reservatórios responsáveis pelo abastecimento de água em Caruaru são Prata e Jucazinho. Para conduzir a água captada nos mananciais até as Estações de Tratamento de Água (ETA's) a COMPESA utiliza um sistema de adução, composto pela adutora tramo sul responsável pela captação de água em Jucazinho que abastece o município, e pelo sistema Prata-Camevô, juntas são responsáveis pela distribuição de água à população da Cidade de Caruaru.

Na Tabela 12, estão descritos os dados de adução dos reservatórios do Prata e Jucazinho para os anos de 2009 a 2015, na qual, evidencia o quantitativo de água (L/s) que chegou aos dois reservatórios nas ETA's de Petrópolis e Salgado. Estas informações foram obtidas no CCO da Gerência Regional da COMPESA.

Tabela 12 - Adução de água em (L/s) dos reservatórios do Prata e Jucazinho.

Adução de água L/s (Jucazinho e Prata)							
MESES\ANO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Janeiro		629,235.00	647,586.00	763,547.00		66,511.00	768,899.00
Fevereiro	410,296.00	576,217.00	647,586.00	698,858.00		747400.00	755,406.00
Março	679,341.00	643,016.30	584,081.00	739,178.00		824,945.00	794,023.00
Abril	635,234.00	665,037.00	637,825.00	690,549.00		782,416.80	763,934.00
Maio		688,071.20	644,182.00	719,862.00		793,016.00	849,744.20
Junho	510,418.00	610,233.50	616,966.00	675,378.00			482,118.80
Julho	456,811.00	517,516.00		623,673.00		787,530.00	621,841.00
Agosto	611,518.00	638,375.00		166,778.00	177,642.00	755,682.00	469,709.00
Setembro	599,747.00	623,097.00	553,918.00		657,139.10	771,446.00	453,225.00
Outubro		621,312.00	595,199.00		748,837.10	787,115.00	397,860.10
Novembro	234,052.00	605,525.00	642,870.00		702,774.00	752,700.70	417,775.00
Dezembro	591,313.70	642,315.00	715,753.00		749,194.00	704,936.00	459,539.00

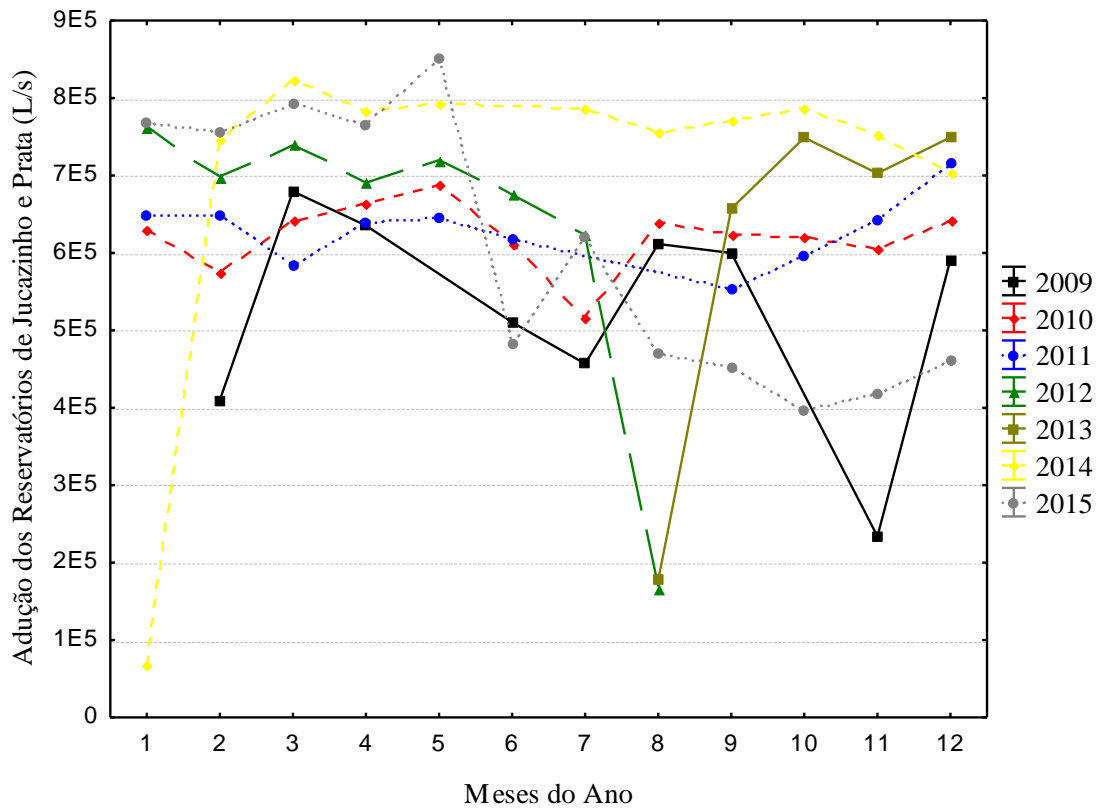
Fonte: Elaborado pelo autor a partir COMPESA (2016).

A ausência de dados na tabela é resultante da perda de informações que serviriam ao planejamento de racionamento de água, de acordo com o CCO, estes dados não constam no histórico da operadora, entretanto, ou ainda, por problemas de comunicação nas aquisições dos dados por meio dos equipamentos de telemetria, isto é, equipamentos ou instrumentos que consiste na obtenção de dados a distância. Em Caruaru o CCO monitora da ETA Salgado e as informações correspondentes do reservatório de Jucazinho sobre o monitoramento da cota, capacidade e volume do manancial.

O sistema de telemetria funciona por meio de sistema de transmissão via ondas de rádio, considerado um dos meios mais seguros para a transmissão de dados, os operadores são responsáveis por monitorar 24 horas por dia o sistema.

A distribuição de água dos reservatórios do Prata e Jucazinho em (L/s) no município de Caruaru – PE, nas ETA's do bairro Petrópolis e Salgado estão apresentados no Gráfico 9.

Gráfico 9 - Adução de Água dos Reservatórios de Jucazinho e Prata (L/s).



Fonte: Elaborado pelo autor a partir COMPESA (2016) e APAC/CCO (2016).

O site da APAC dispõe deste controle no Sistema de Geoinformações Hidrometeorológicas de Pernambuco, para todos os reservatórios, estações meteorológicas das cidades, dos rios, qualidade de água dos reservatórios, para todo o estado de Pernambuco.

6. PROPOSTAS PARA O GERENCIAMENTO DOS RECURSOS HÍDRICOS DA REGIÃO

A Região Nordeste há muitos anos sofre com grandes períodos de estiagens. Nos últimos anos, esses períodos de estiagens estão ficando cada vez mais severos, em decorrência dos efeitos climáticos que afetam diretamente o comportamento das chuvas na região. Alguns dos reservatórios do estado de Pernambuco estão em situação de atenção ou colapso a maioria deles está localizada no agreste e sertão do estado, a falta de conscientização por parte da maioria da população já sofre as consequências e efeitos da falta de água. É sabido que a água é um recurso natural essencial para manutenção da vida, entretanto, este recurso é esgotável, se não tomarmos medidas que reverta este cenário, cada vez mais teremos problemas de abastecimento, é importante conservar as matas, rios e lagos, é mais ainda não poluí-los com esgoto sanitário.

Várias campanhas sobre economia de água estão em vinculação, nas mais diversas formas de informação, além do mais, sabe-se da necessidade de reduzir o gasto de água, com: banhos curtos, fechar a torneira ao escovar os dentes, ao lavar louça ou roupas reaproveitando a água de lavagem para lavar a calçada, por exemplo, dar descarga no botão de economia e lavar automóveis com balde, isto ajuda a controlar o gasto de água e evita desperdícios.

As indústrias também sofrem com problemas de abastecimento, é necessário redução do consumo, através de ações positivas, visando à conservação das bacias hidrográficas, medidas como: reutilizar água nas operações industriais, promover um sistema de recirculação interna de água, usar fontes alternativas como captar água da chuva, tratar seus efluentes e devolve-los de forma que não poluam ou contaminem os corpos hídricos. Medidas estas de reaproveitamento, precaução e prevenção para com a disponibilidade dos recursos hídricos.

Além da população e das indústrias, os órgãos responsáveis pelo monitoramento e distribuição de água dos reservatórios devem ser mais cuidadosos na distribuição de água em Caruaru, uma vez que, o consumo de água nos últimos anos aumentou enquanto o nível dos reservatórios caiu, em decorrência de uma precipitação pluviométrica instável na região, que vem variando negativamente ao longo dos últimos anos, causando desta forma racionamento e rodízio no abastecimento.

Outro fator importante ligado à queda dos reservatórios é o consumo excessivo da indústria e população sobrecarregando o nível dos reservatórios, que estão associados diretamente com a variação de precipitação dos mesmos.

Com essa realidade, os reservatórios não conseguem recuperar-se dos períodos de estiagem, revertendo à situação atual, consequências não só da falta de chuva mais de um consumo, muita das vezes, desnecessário por parte da população que deveria economizar quando a situação começasse a complicar. As companhias de abastecimento deveriam ser responsáveis por esse controle, diminuindo o abastecimento de água quando o reservatório apresentasse sinais de queda de seu nível, assim controlaria o quanto de água distribuiria para a população.

Um sistema bem simples que evitaria o colapso dos mananciais, ou seja, quando nos períodos de estiagem o consumo deveria ser reduzido de acordo com a atual situação do reservatório, em vez de distribuir água nos sete dias da semana, isto cairia para três ou quatro dias, evitando uma sobrecarga nos mananciais, nos períodos de chuva o consumo da população aumentaria conforme o aumento capacidade do reservatório.

Não só a COMPESA mais as demais companhias de abastecimento, seguissem esse modelo simples de distribuição de água não teríamos problemas de racionamento e distribuição de água. No agreste Pernambucano, por exemplo, não teríamos Jucazinho nem os pequenos reservatórios que complementam o abastecimento de água em situação de colapso, sendo necessário captar água do volume morto, nem muito menos fazer um severo racionamento de água, onde as doze cidades que dependem diretamente deste reservatório, possuam calendário de distribuição com dois dias de água e vinte e oito sem, uma situação bastante preocupante para os governantes, órgãos gestores e principalmente para à sociedade.

Segundo os boletins informativos da APAC, a situação para o agreste e para o ano de 2016 não é nada animadora, segundo o órgão, o período de chuva deveria ter chegado mês de março, mais devido a influências do El Niño, as chuvas chegaram com bem menos intensidade do que o previsto, normalmente ocorre um índice superior de 100mm de chuva durante o período, mais as previsões indicam índices bem abaixo do esperado.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, os governos federais e estaduais assumiram efetivamente a prioridade desse recurso, assegurando o beneficiamento exclusivo da sociedade, conforme consta na Lei Federal nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1997 que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, menciona no Art 1º, inciso III da referida lei “em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais”, além dos instrumentos e diretrizes gerais de controle dos recursos hídricos.

A análise do comportamento da precipitação pluviométrica de uma região é essencial para a engenharia e o gerenciamento dos recursos hídricos. Um detalhamento dos processos hidrológicos exige uma extensa demanda para uma grande quantidade de informações.

O trabalho teve como finalidade analisar os dados de precipitação pluviométrica e cota dos reservatórios que abastecem a Cidade de Caruaru-PE, através da sequência hidrológica mensal e anual referente aos últimos dezesseis anos.

Este estudo comprova que o método da ponderação regional para correção de falhas em estações pluviométricas, é bastante eficiente, tendo em vista que os dados corrigidos apresentam-se semelhantes aos dados registrados nas estações vizinhas, comprovando que o método de Bertoni e Tucci (2013) é simplificado, entretanto, bastante eficiente para correções de falha.

As séries históricas de dados de precipitação tornam-se um importante instrumento para a gestão dos recursos hídricos e o seguimento de várias pesquisas baseadas em análises estatísticas coerentes e não abusivas.

O teste da Tukey ou teste de comparações de médias é utilizado para avaliar a diferença entre duas médias, mostrou-se eficiente, no sentido que, entre todos os procedimentos realizados, comprovou mudanças significativas entre os anos analisados das informações dos reservatórios. A estratégia de Tukey consiste principalmente em definir a menor diferença significativa entre os parâmetros analisados e, para os meses o teste mostrou que na maioria das análises realizadas eles não apresentaram grandes mudanças significativas, apenas apresentaram variações significativas para os dados analisados de Jucazinho.

Os dados dos reservatórios comprovam que nos últimos anos a captação de água foi intensa e o consumo sobrecarregou os mananciais que por falta de chuva não conseguiram se recuperar, acarretando sérios problemas para o abastecimento da região.

A pesquisa retratou as mudanças climáticas ocorridas na região do nordeste Brasileiro, que influenciam, intensificam e ameaça a disponibilidade hídrica da região, associada às alterações do clima na forma de grandes períodos de escassez de chuva, somadas ao consumo humano, as atividades industrial e agrícola que na maioria das vezes gera grande desperdício, vem acarretando o agreste pernambucano para uma crise potencialmente catastrófica. Mais isto, não implica somente a população urbana, como também a rural, devido à falta de chuva e altas temperaturas registradas na região, os pequenos agricultores não conseguem cultivar suas plantações, afetando a economia local e a disponibilidade de alimentos na região.

Diante do contexto, pode-se deduzir que a sociedade não tem consciência que os recursos naturais são finitos e são de extrema importância para a conservação da vida no planeta, que a falta de água não traz consequências apenas para o abastecimento de uma região, como também causa sérios problemas econômicos. É preciso que se faça o uso consciente dos recursos, que as empresas invistam em tecnologias sustentáveis que reduzam o consumo natural desenfreado e respeitem as legislações e diretrizes do Meio Ambiente Brasileiro, e os cidadãos aprendam a serem responsáveis ao consumirem somente o necessário, e o governo em todas as esferas controle o uso e invistam cada vez mais nos recursos hídricos.

Não esquecendo a educação ambiental de nossas crianças que elas saiam das escolas, com visão de responsabilidade de apenas consumir o que se faz necessário, que principalmente aprendam a respeitar o meio ambiente. É a totalidade dessas pequenas ações que podemos fazer diferente, que podemos modificar os problemas atuais que abrangem nossa região.

REFERÊNCIAS

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Climas. Outorga. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/outorga/>>. Acesso em: 12. mai. 2016.

ÁVILA et al. Geoprocessamento da informação hidrológica. ASFAGRO: trabalhos técnicos, 2007.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.A importância relativa do atlântico tropical sul e pacífico leste na variabilidade de precipitação do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 22, n. 1, p. 63-74, 2007.

BERTONI, J.C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4ed. 5ª reimp. Porto Alegre: UFRGS, c. 5, v. 4, p. 177-241, 2013. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos).

BRASIL. **Lei Federal de Nº 9.433 de 08 de Janeiro de 1997**. Lei das Águas. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 31. ago. 2015.

_____. **Lei Federal Nº 9.984 de 17 de Julho de 2000**. Lei de Criação da Agência Nacional das Águas (ANA). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9984.htm>. Acesso em: 02. set. 2015.

_____. **Manual de procedimento técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos da agência nacional de águas (ANA)**. Brasília – DF. 2013.

CALDEIRA, T.L.; ARAÚJO, M.M.F.; BESKOW, S. Análise de série hidrológica de precipitação no sul do Rio Grande do Sul para aplicação na gestão e monitoramento de recursos hídricos. **IV Encontro Sul - brasileiro de Meteorologia**. Anais, Pelotas. 2011.

CAVALCANTE, P. G1. Barragem de Jucazinho em setembro de 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2016/01/barragem-de-jucazinho-atinge-menor-volume-desde-o-ano-2000-diz-apac.html>>. Acesso em: 13. mai. 2016.

CIRILO et al. Processamento Integrado de Dados para Análise Hidrológica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 15-28, 1997a.

CIRILO et al. Sistema de informações de recursos hídricos do estado de Pernambuco: subsistema de informações ao usuário. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 29-43, 1997b.

DA SILVA DIAS, M.A.F. Efeito estufa e mudanças climáticas regionais. **Revista USP**, n. 71, p. 44-51, 2006.

DA SILVA PAZ, V.P.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.

G1. Caruaru e Região. “Barragem de Jucazinho atinge 1% do volume total, apontam dados da Apac”. 2016a. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pe/caruaru->

regiao/noticia/2016/04/barragem-de-jucazinho-atinge-1-do-volume-total-apontam-dados-da-apac.htm>. Acesso em: 08 mai. 2016.

G1 Caruaru e Região. “Barragem do Prata pode abastecer por no máximo 9 meses, diz Compesa”. 2016b. Barragem do Prata tem capacidade para armazenar 42 milhões de m³ (Foto: Reprodução/ TV Asa Branca). Disponível em: <<http://g1.globo.com/pe/caruaru-regiao/noticia/2015/09/barragem-do-prata-pode-abastecer-por-no-maximo-9-meses-diz-compesa.html>>. Acesso em: 08 mai. 2016.

GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.C. **Hidrologia**. 2ed. 7^a reimpressão. São Paulo: Edgard Blücher Ltda. 2012. 290p.

GEO BRASIL. **Recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Ministério do Meio Ambiente/Agência Nacional de Águas/Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007. (GEO Brasil Série Temática: GEO Brasil Recursos Hídricos).

HESPANHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=260410>>. Acesso em: 02. maio. 2016.

JACOBINA, J. Diário de Pernambuco. “Mananciais em situação de colapso em Pernambuco”. Barragem de Jucazinho, no Agreste, região que aguarda a elevação do nível dos reservatórios com as chuvas. (Foto: /DP/D.A.Press). Disponível em: <http://www.diariodepernambuco.com.br/app/noticia/vida-urbana/2015/04/02/interna_vidaurbana,569537/mananciais-em-situacao-de-colapso-em-pernambuco.shtml>. Acesso em 10 mai. 2016.

MARENCO, J.A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade** - caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v. 1, p. 214, 2007.

MARENCO, J.A. Água e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 83, 2008.

MARENCO et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Instituto Nacional do Semiárido, p. 1-40, 2011.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia**: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206p.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O. Dinâmica das chuvas no Nordeste Brasileiro. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Anais. (CD-ROM). Rio de Janeiro. 2000.

NOVELINO, R. “Agreste Pernambucano enfrenta grave crise de abastecimento de água”. **G1 Pernambuco**. Recife, 02 mar. 2016. 1 figura d. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pernambuco/noticia/2016/03/agreste-pernambucano-enfrenta-crise-de-abastecimento-de-agua.html>>. Acesso em: 09 mai.2016.

OLIVEIRA L.C.K., CANELLAS A.V.B. **Importância de dados hidrometeorológicos confiáveis no gerenciamento de recursos hídrico.** Simpósio de Gestão de Recursos Hídricos de Gramado, Gramado/RS, Brasil.1999.

OTTONI et al. **Análise da influência do reservatório no regime de chuva regional e no rendimento hidrológico de uma bacia degradada: estudo de caso do reservatório da Usina Hidrelétrica de Furnas no Rio Grande MG.** Universidade Federal de Itajubá, Itajubá/MG, 2005.

PERNAMBUCO. Lei Estadual nº 12.984 de 30 de dez. 2005. Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/.../lei_das_aguas_n_12984_de_30_de_dezembro_de_2005.pdf>. Acesso em: 12. mai. 2016.

PERNAMBUCO. Lei Estadual nº 14.028 de 26 de mar. 2010. Lei de Criação da Agência Pernambucana de Águas e Climas (APAC). Disponível em: <http://www.apac.pe.gov.br/legislacao/lei_14028_2010.pdf>. Acesso em: 12. mai. 2016.

PINTO et al. **Hidrologia básica.** São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 279p.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação.** 4ed. 5ª reimp. Porto Alegre: UFRGS, c. 1, v, 4, p. 25-35, 2013. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos).

PANAROTTO, C. **O meio ambiente e o consumo sustentável: Alguns Hábitos que Podem Fazer a Diferença.** Revista relações de consumo, 2008. Disponível em: <http://procon.caxias.rs.gov.br/site/_uploads/publicacoes/publicacao_5.pdf>. Acesso em: 02. set. 2015.

SALGUEIRO, J.H.P.B. **Avaliação de rede pluviométrica e análise de variabilidade espacial da precipitação: estudo de caso na bacia do Rio Ipojuca em Pernambuco.** 2005. 139f. 2005. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE.

SAMPAIO, G.O.O. **El Niño e você: o fenômeno climático.** São José dos Campos: Transtec. 2001. 116p.

SCARE, R.F. **Escassez de água e mudança institucional: análise da regulação dos recursos hídricos no Brasil.** Dissertação (Mestre em Administração) - Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2003. 135p.

SILVA et al. Análise da variabilidade espaço-temporal e identificação do padrão da precipitação na bacia do rio Tapacurá, Pernambuco. **Sociedade & Natureza**, v. 22, n. 4, p. 357-372, 2010.

THOMAS, J.M.; CALLAN, S.J. **Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações.** São Paulo: Cengage Learning, 2010. 556p.

TORRES, F.T.P.; DE OLIVEIRA MACHADO, P.J. **Introdução à climatologia.** São Paulo: Cengage Learning, 2011. 256p.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4ed. 5ª reimp. Porto Alegre: UFRGS, c. 1, v. 4, p. 25-35, 2013. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos).

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. **Recursos hídricos no século XXI**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 328p.

WALDMAN, M. Recursos hídricos e a rede urbana mundial: dimensões globais da escassez. **Anais do XIII Encontro Nacional de Geógrafos da AGB**. João Pessoa–PB, 2002. [ISSN: 0103-0884].

YASSUDA, E.R. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. **Revista de Administração Pública**, v. 27, n. 2, p. 5-18, 1993.