



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA-UEPB
CAMPUS I-CAMPINA GRANDE
CENTRO INTEGRADO DE AULAS-CIA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA**

EPITACIO DE ANDRADE LIMA JUNIOR

**ANÁLISE DE TENDÊNCIA DO COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO NO
MUNICÍPIO DE SERRA BANCA-PB.**

CAMPINA GRANDE-PB

Dezembro de 2017

EPITACIO DE ANDRADE LIMA JUNIOR

**ANÁLISE DE TENDÊNCIA DO COMPORTAMENTO PLUVIOMÉTRICO NO
MUNICÍPIO DE SERRA BANCA-PB.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geografia da Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, como requisito para obtenção da graduação em licenciatura plena em Geografia.

Orientador: Profa. Dra. Valéria Raquel Porto de Lima

Coorientador: Prof. Me. Jorge Flávio Casé B. C. Silva

CAMPINA GRANDE-PB

Dezembro de 2017

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

L732a Lima Junior, Eptacio de Andrade.
Análise de tendência do comportamento pluviométrico no município de Serra Branca - PB [manuscrito] : / Eptacio de Andrade Lima Junior. - 2017.
35 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Educação, 2017.

"Orientação : Prof. Dr. Valéria Raquel Porto de Lima, Coordenação do Curso de Geografia - CH."

"Cooorientação: Prof. Dr. Jorge Flávio Casé B. C. Silva, UFPB - Universidade Federal da Paraíba"

1. Mann-Kendall. 2. Semiárido. 3. Gestão hídrica. 4. Precipitações.

21. ed. CDD 551.577

EPITACIO DE ANDRADE LIMA JUNIOR

**ANÁLISE DE TENDÊNCIA DO COMPORTAMENTO PLUVIMÉTRICO NO
MUNICÍPIO DE SERRA BRANCA-PB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Geografia da Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, como requisito para obtenção da graduação em licenciatura plena em Geografia.

Aprovada em: 14/12/2017.

BANCA EXAMINADORA

Valéria Raquel Porto de Lima

Profa. Dra. Valéria Raquel Porto de Lima (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

prof. Me. Jorge Flávio Casé B. C. Silva

Prof. Me. Jorge Flávio Casé B. C. Silva (Co-Orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Rafael Albuquerque Xavier

Prof. Dr. Rafael Albuquerque Xavier
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Alexandro Medeiros Silva

Prof. Me. Alexandro Medeiros Silva
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a *Deus*, por ter me guiado no caminho do estudo e ter me concedido paciência, força e perseverança para concluir este curso.

Agradeço em especial a minha *esposa*, *Kyonelly Queila Duarte Brito Andrade*, que esteve sempre ao meu lado e me incentivou a acreditar em meu potencial e me inspirou em ter esse desejo de estudar e adquirir mais conhecimento.

Agradeço a toda a minha *família*, sobretudo minha mãe, que sempre me incentivou a estudar e não mediu esforços para me apoiar nessa jornada.

A minha orientadora *Prof. Dra. Valéria Raquel Porto de Lima* e ao meu co-orientador *Prof. Me. Jorge Flávio Casé B.C. Silva*, pelos quais nutro grande admiração e gratidão por tudo que me ensinaram e pela sabedoria, paciência e dedicação com a qual me conduziram à conclusão desse trabalho.

A todos os *professores do Curso de Licenciatura Plena em Geografia* da UEPB, em especial a *Prof. Marília Quirino*, que contribuíram de forma significativa na minha formação acadêmica.

Aos *colegas de turma do Curso de Geografia*, com os quais compartilhei anos de aprendizado e estabeleci laços duradouros de amizade.

Por fim, *a todos* que contribuíram direta ou indiretamente na minha formação acadêmica.

RESUMO

LIMA JUNIOR, Epitacio de Andrade. **Análise de tendência do comportamento pluviométrico no município de Serra Branca-PB** (Monografia TCC). UEPB. CEDUC. DG. Curso de Geografia. Campus I. 2017.

Em regiões como o Semiárido Brasileiro, que sofre com a escassez de chuvas em determinadas épocas do ano, ter o conhecimento do regime de chuvas e sua variabilidade é de grande relevância no planejamento e na gestão hídrica. O uso de testes estatísticos não paramétricos tem surgido como uma importante ferramenta na detecção de tendências nas precipitações auxiliando as pesquisas a estimar épocas e áreas com variações pluviométricas. O presente estudo tem por objetivo analisar o regime pluviométrico e possíveis tendências nas precipitações no município de Serra Branca - PB e dessa forma sugerir caminhos para um melhor aproveitamento dessa água. Foi analisado um grupo de dados mensais de precipitação, coletados de seis postos pluviométricos, dentro e ao redor da área em estudo, no período compreendido entre 1963 a 1991. De posse dessas informações utilizamos o método da Ponderação Regional para preencher as falhas existentes nos dados mensais de precipitação e então aplicamos o método IDW para espacialização desses dados. Os métodos não-paramétricos de Mann-Kendall e Sen foram então utilizados para apontar a ocorrência de tendências negativas ou positivas nesses dados de precipitação, os resultados obtidos não apresentaram um nível de confiabilidade significativo para a maioria dos postos e por isso foram classificados como “sem tendência”, ainda assim podemos supor que há indícios de uma contínua redução do volume de chuvas nos postos observados ao longo do período em análise. Diante disso o fortalecimento da infraestrutura hídrica do município, através de técnicas e obras que minimizem o efeito de evaporação dos mananciais e solo, associado a captações e armazenamentos eficientes de águas superficiais, são caminhos para minimizar possíveis impactos no desenvolvimento econômico da cidade causados pela irregularidade pluvial da região.

Palavras-Chave: Mann-Kendall, Semiárido, Tendências.

ABSTRACT

LIMA JUNIOR, Epitacio de Andrade. **Trend analysis of rainfall behavior in the municipality of Serra Branca-PB** (TCC Monograph). UEPB. CEDUC. DG. Course of Geography. Campus I. 2017.

In regions such as the Brazilian Semi-Arid, which suffers from the scarcity of rainfall at certain times of the year, knowledge of the rainfall regime and its variability is of great relevance in water planning and management. The use of nonparametric statistical tests has emerged as an important tool in the detection of precipitation trends, helping the research to estimate times and areas with rainfall variations. The present study has the objective of analyzing the pluviometry regime and possible trends in precipitation in the municipality of Serra Branca-PB and in this way suggest ways for a better use of this water. A group of monthly precipitation data collected from eight pluviometry stations was analyzed in and around the study area from 1963 to 1991. With this information we used the Regional Weighting method to fill the existing flaws in this period and then we apply the IDW method for spatialization of this data. The non-parametric methods of Mann-Kendall and Sen were then used to point out the occurrence of negative or positive trends in these precipitation data, the results obtained did not present a significant level of reliability for most stations and therefore were classified as " without trend, "we can still assume that there is evidence of a continuous reduction in the volume of rainfall in the stations observed during the period under analysis. In view of this, the strengthening of the water infrastructure of the municipality, through techniques and works that minimize the effect of evaporation of water sources and soil, associated with efficient abstractions and storage of surface water, are ways to minimize possible impacts on the economic development of the city caused due to the irregularity of the region.

Keywords: Mann-Kendall, Semi-arid, Trends.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Localização geográfica do município de Serra Branca-PB | 13 |
| Figura 2: Localização dos postos pluviométricos utilizados no estudo | 22 |
| Figura 3: Distribuição espacial da precipitação média anual. | 27 |
| Figura 4: Localização dos postos pluviométricos de acordo com as tendências. | 29 |
| Figura 5: Distribuição espacial dos valores Zs (indicador de tendência) do teste de Mann-Kendall. | 30 |
| Figura 6: Precipitação média anual dos postos pluviométricos e resultado do teste de Sen...31 | |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1: Tipos de solo predominantes na Sub-região dos Cariris | 14 |
| Quadro 2: Postos Pluviométricos selecionados..... | 23 |
| Quadro 3: Percentual de falhas, Precipitações mínima, máxima, média e desvio padrão mensais dos postos pluviométricos..... | 28 |
| Quadro 4: Resultados dos testes não-paramétricos de Mann-Kendall e Sen | 29 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 13 |
| 3. FUNDAMENTAÇÃO..... | 15 |
| 3.1 Categoria Geográfica: Paisagem | 15 |
| 3.2 Semiárido Brasileiro | 15 |
| 3.3 Métodos de Captação e Armazenamento de Água..... | 17 |
| 3.4 Técnicas de Interpolação e Espacialização de dados de Precipitação..... | 18 |
| 3.5 Tendências de Precipitação | 20 |
| 4. METODOLOGIA..... | 21 |
| 4.1. Coleta de Dados Hidrológicos..... | 21 |
| 4.2 Análise Estatística e Espacial da Precipitação..... | 23 |
| 4.3 Análise das Tendências de Precipitação..... | 24 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 26 |
| 5.1 Análise Espacial das Precipitações..... | 26 |
| 5.2 Análises das Tendências de Precipitação | 28 |
| 6. CONCLUSÃO..... | 31 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 33 |

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos mais importantes recursos oferecidos pela natureza, sendo essencial para a manutenção da vida humana e do meio ambiente, sendo o recurso natural mais necessário à sociedade em seu processo de evolução, estando presente no desenvolvimento industrial e agrícola além de estar ligado a princípios culturais e religiosos.

Apesar dessa importância, segundo Montenegro e Montenegro (2012), a disponibilidade da água em algumas regiões é irregular e essa escassez se torna uma barreira no desenvolvimento socioeconômico de uma região, prejudicando inclusive a subsistência populacional, além disso, fenômenos como desertificação e a migração das populações rurais para os grandes centros tem sido um dos impactos causados por essa escassez hídrica. Rebouças (1997) ainda destaca que alguns fatores como a alta demanda por água, a degradação dos mananciais, urbanização e industrialização em áreas com problemas hídricos, uso inadequado do solo e a má gestão dos recursos hídricos só agravam esse problema.

Montenegro e Montenegro (2012) destacam que o Semiárido Brasileiro é uma das regiões no mundo que sofrem com a escassez hídrica, ela é uma região caracterizada principalmente, em termos hidrológicos, pela má distribuição das chuvas que ocorrem em um curto período do ano, geralmente de três a quatro meses, associado a isso, o alto índice de evapotranspiração faz com que o déficit hídrico nos períodos sem chuva seja realçado. Segundo Cirilo (2008) a região ainda possui uma grande rede de rios temporários, resultado da predominância de solos rasos e rochas cristalinas que dificultam a retenção de água pelo solo.

Apesar de ser um problema que tem seus efeitos conhecidos há bastante tempo na história do Semiárido Brasileiro e do avanço nas políticas de enfrentamento dessa situação, os estudos sobre o manejo desse recurso natural, para se opor a essa questão, ainda são pouco utilizados em comparação ao universo das regiões afetadas, o que torna as políticas públicas para a gestão de água ineficiente, não abrangendo o problema em sua totalidade, isso afeta diretamente as populações dessas regiões, que em tempos de secas prolongadas sofrem por não terem conhecimento e nem apoio necessário para se montar uma estrutura que os levem a fazer uma correta e apropriada captação e armazenamento de água (SANTOS, M.*et al.*, 2009).

Já existe uma preocupação crescente da comunidade acadêmica em torno de eventos de mudanças climáticas, como as estiagens prolongadas que acontecem no Semiárido Brasileiro; vários têm sido os estudos voltados para as análises dessas mudanças climáticas como os de Garcia, 2011; Guabiraba *et al*, 2016; Penereiro e Orlando, 2013 e Santos, C.*et al.*, 2009, no sentido de entender sua dinâmica e dessa forma buscar formas para diminuir os

impactos causados por essas oscilações climáticas, principalmente por que essas variações atingem diretamente grandes populações, sendo assim, saber como se comportam as precipitações é indispensável quando se pretende adotar providências para mitigar os efeitos causados pelas longas secas que se verificam no Semiárido Brasileiro.

A importância da medição dos índices pluviométricos e de como ela se distribui no espaço e no tempo se torna relevante devido a sua influência sobre setores essenciais da sociedade, de acordo com Costa *et al.*(2015), uma das principais ferramentas utilizadas nesses estudos são métodos estatísticos que calculam tendências em séries temporais ao longo do tempo a fim de observar o comportamento pluviométrico passado e prever futuras tendências de eventos extremos como um período de secas ou de grandes inundações. Com os dados obtidos ao utilizar essas ferramentas estatísticas torna-se possível conhecer essas tendências meteorológicas e assim é possível se adotar um planejamento para evitar ou diminuir os riscos causados por essas variações climáticas (SALVIANO, 2016).

A compreensão do regime de chuvas se torna importante no planejamento hídrico de qualquer cidade, principalmente em regiões semiáridas, assim como, conhecer possíveis tendências nas precipitações da região podem potencializar as estratégias adotadas para mitigação dos danos causados por épocas de estiagem prolongada. Com essas informações é possível, durante o período de chuvas previsto, adotar políticas públicas que apliquem técnicas apropriadas e efetivas de captação, de armazenagem e de proteção da água de forma que a quantidade seja suficiente para atender e suprir a demanda populacional nos períodos previstos de baixa ou nenhuma precipitação.

Desta forma, este trabalho se desenvolve a partir da hipótese de que existe uma tendência de diminuição das precipitações no município de Serra Branca e que a falta de projetos adequados de captação e armazenamento de água e de programas voltados à educação da população para evitar o desperdício, faz com que haja a escassez hídrica. Fazendo-se necessária a implantação de uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos pode suprir as necessidades hídricas do município.

Sendo assim, a pesquisa tem como objetivo geral, analisar o regime pluviométrico no município de Serra Branca, buscando identificar o comportamento pluviométrico do município. E pretende realizar essa análise através do seguinte objetivo específico:

- Calcular e analisar as tendências de séries temporais de chuva no período compreendido entre 1963 a 1991;

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado para o município de Serra Branca-PB, inserido na Microrregião do Cariri Ocidental e na Mesorregião da Borborema, sua sede municipal encontra-se nas coordenadas de 07°29'0'' S e 36°39'54'' O.

O município foi criado em 1959 e ocupa uma área de 687,535 km²(IBGE, 2017). Encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Paraíba, dividido entre a região do Alto Paraíba e a sub-bacia do rio Taperoá. Limita-se ao norte com o município de São João dos Cordeiros e Parari; ao leste, com São João do Cariri; ao oeste, com Sumé e ao sul, com Coxixola e Congo (Figura 1).

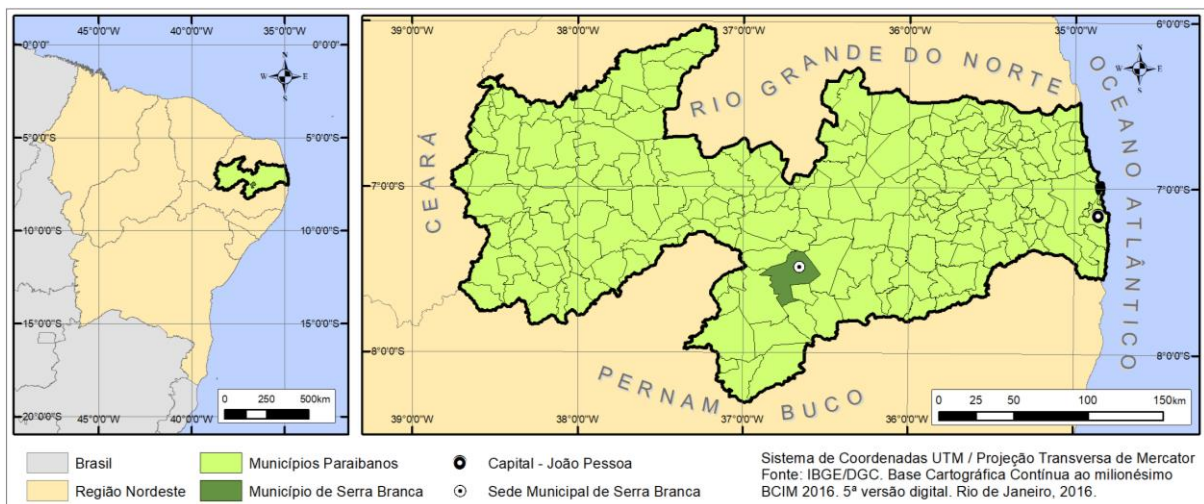


Figura 1: Localização geográfica do município de Serra Branca-PB.

Na região em que se encontra o município, o clima, segundo a classificação de KÖPPEN, é considerado do tipo BSh semiárido quente com uma temperatura média anual de 26°, suas precipitações variam entre 300 e 600 mm/ano e elas se caracterizam por serem irregulares ao longo do ano ocorrendo em poucos meses (SILVA, 2013). De acordo com Brasil (1972, apud FEITOSA, 2008), a vegetação dominante na região é a caatinga, com ocorrência de caatinga hiperxerófila e caatinga hiperxerófila arbustiva aberta, com presença de plantas espinhosas, cactáceas e bromeliáceas, todas elas com uma alta adaptação a longos períodos de insuficiência hídrica.

De acordo com Francisco (2010) o município encontra-se inserido dentro da sub-região dos Cariris do Paraíba que tem por características, ser uma área aberta, sobre o Planalto da Borborema, com um relevo de tipo suave ondulado e altitudes variando entre 400 e 600 m.

No Quadro 1 estão relacionados os principais tipos de solos que ocorrem na região em que se situa a área em estudo.

Quadro 1: Tipos de solo predominantes na Sub-região dos Cariris.

| Tipos de solo | | Característica | Locais de ocorrência |
|-----------------------|----------|---|---|
| Luvissole Vértico | Crômico | Fase pedregosa relevo suave ondulado. | Predominante em grande parte da região. |
| Vertissolo | | Relevo suave ondulado e ondulado. | No entorno de cursos de água. |
| Planossolo | Nátrico | Relevo plano e suave ondulado | Ao norte. |
| Neossolo Eutrófico | Litólico | Fase pedregosa substrato gnaisse e granito. | Nas áreas mais acidentadas. |

Fonte: Francisco (2010).

A população residente em 2017 no município de Serra Branca foi estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 13.707 habitantes distribuídos em 687,535 km² de área. Seu Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é de 0,628. A sua economia se baseia no funcionalismo público, o comércio também representa uma boa parcela de vínculos empregatícios, com várias lojas independentes de comércio varejista e uma feira local. Dentro da área da agricultura, principalmente a de subsistência, podemos citar as culturas do feijão e do milho, no setor da pecuária a criação de caprinos e ovinos predomina na região. Vale destacar as atividades desenvolvidas por associações de moradores de algumas comunidades como a de piscicultura artesanal e a de beneficiamento de castanha de caju (ARAÚJO e LIMA FILHO, 2014).

O município de Serra Branca encontra-se inserido na bacia hidrográfica do rio Paraíba, que é formado pelas sub-bacias do rio Taperoá, Alto Paraíba, Médio Paraíba e Baixo Paraíba. Suas nascentes situam-se nas proximidades do município de Sumé, na confluência dos rios do Meio e Sucurú e, a sua desembocadura, no Oceano Atlântico, na altura do município de Cabedelo. Os principais corpos de acumulação no município são os açudes: Público Serra Branca I (2.117.062m³), Público Serra Branca II (14.042.570m³), e as lagoas: da Maria Preta, do Cipó, do Velho, Maracajá e Panati. Todos os cursos d'água têm regime de escoamento intermitente e padrão de drenagem dendrítico (BELTRÃO *et al.*, 2005).

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Categoria Geográfica: Paisagem

Usaremos a Paisagem como categoria de análise geográfica, sabendo que esse estudo se propôs a analisar a variabilidade do regime pluviométrico na cidade de Serra Branca e que diante dessa inconstância climática ao longo dos anos, é possível observar alguns contrastes e impactos causados pela distribuição irregular da chuva no meio ambiente e na vida do homem.

Quando observamos os aspectos físicos e climáticos do semiárido, podemos contemplar diversas marcas inerentes a esse espaço que sob a ótica da paisagem são reveladas. Dentre uma das características marcantes podemos mencionar, por exemplo, a caatinga, esse tipo de vegetação, que em tempos de longa estiagem, assume uma coloração mais acinzentada e suas espécies vegetais adquirem uma forma mais raquítica, em contrapartida em épocas de chuvas essa mesma vegetação ganha uma coloração mais verde e viva e a cobertura vegetal se torna mais robusta, isso nos remete a Santos (1994) quando o mesmo diz que a paisagem é tudo aquilo que nós vemos, o que nossa visão alcança e que ela pode ser definida como o domínio do visível, como aquilo que a vista abarca. Não é formada apenas de volumes, mas também de cores, odores, sons.

Para Santos (1994), a paisagem não é dada para todo o sempre, é objeto de mudança, resultados de adições e subtrações sucessivas, seja essas, naturais como também, artificiais, modelando a paisagem e a superfície terrestre de um modo geral. O semiárido passa por essas adições e subtrações constantemente, os impactos causados pela escassez de chuva são visíveis na paisagem desse espaço, influenciando de tempos em tempos na configuração da paisagem e no reordenamento do espaço geográfico, a dinâmica da população, o crescimento e desenvolvimento ficam dependendo de épocas em que a oferta de chuva seja maior e que possam suprir as demandas precisas, por isso Rocha (2008) afirma que acontece um processo de mudança da sociedade que precisa se adaptar a nova paisagem e conseqüentemente a paisagem se adaptar as novas necessidades da sociedade.

3.2 Semiárido Brasileiro

De acordo com a UNESCO (1979, apud GARCIA, 2011, p.13) uma região é considerada como sendo semiárida quando a precipitação anual varia entre 300 e 800 mm seguindo uma classificação que se baseia na relação entre a precipitação média anual e a evapotranspiração potencial média anual de Thornthwaite e apresenta como características,

altos níveis de radiação solar, alta variação de temperatura, estação chuvosa curta alternada com longos períodos de seca e alta variabilidade espacial e interanual das precipitações.

Segundo Garcia (2011), o Ministério da Integração Nacional, em 2005, criou parâmetros para redefinir o que seria considerado como região semiárida no Brasil, segundo ele se inserem na delimitação de semiárido as regiões que tiverem: a) precipitação média anual igual ou inferior a 800 mm, b) índice de aridez de Thornthwaite inferior a 0,5 (relação entre a precipitação e a evapotranspiração potencial) e c) risco de seca maior que 60%.

Conforme Medeiros *et al.* (2012) o Semiárido Brasileiro estende-se por oito Estados da região Nordeste (Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe) mais o Norte do Estado de Minas Gerais, possuindo uma extensão territorial total de 980.133,079 km². Considerando a dimensão territorial das grandes regiões, o Nordeste apresenta 56,46% de seu território na porção Semiárida.

A região Semiárida do Brasil contabiliza hoje 1.135 municípios divididos em nove unidades da Federação, ou seja, dos 5.565 municípios que atualmente o País possui, 20,4% se encontram na região semiárida, os resultados do Censo Demográfico realizado pelo IBGE, revelaram que a população residente no Semiárido Brasileiro alcançou a marca de 22.598.318 habitantes em 2010, representando 11,85% da população brasileira ou 42,57% da população nordestina (MEDEIROS *et al.*, 2012).

Um dos fatores que mais chama a atenção no Semiárido Brasileiro é o clima, que tem influência direta sobre outros aspectos da região como vegetação e relevo. Esse clima pode ser sintetizado em três características específicas: temperaturas altas, com médias entre 24 e 26°C; precipitações escassas e concentradas, entre 280 e 800 mm de médias anuais concentradas em três ou quatro meses no ano; déficit hídrico já que o potencial de evapotranspiração é bem maior do que o das precipitações (ARAÚJO, 2011).

De acordo com Montenegro e Montenegro (2012) o semiárido brasileiro é um dos mais chuvosos do planeta, com precipitação média anual de 750 mm, embora em algumas áreas a precipitação média não ultrapasse os 400 mm anuais.

No Semiárido Brasileiro a precipitação tem uma característica de grande variação, que ocorre no espaço e no tempo, essa variação pode ser observada no regime de chuvas, caracterizado pela escassez e pela irregularidade, com a concentração dessas precipitações ocorrendo em um curto período de tempo, de acordo com Montenegro e Montenegro (2012) o semiárido brasileiro é um dos mais chuvosos do planeta, com precipitação média anual de 750 mm, embora em algumas áreas a precipitação média não ultrapasse os 400 mm anuais.

Diversos fenômenos climáticos influenciam no regime das precipitações na região e aumentam essa variabilidade de chuvas, que pode provocar desde grandes enchentes até grandes secas, dentre os principais sistemas atuantes no Nordeste temos os sistemas Frontais, a Zona de Convergência Intertropical, os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior, os Distúrbios de Leste e os Sistemas Convectivos de Meso-escala, todos eles refletem diretamente na distribuição irregular das chuvas na região (GARCIA, 2011).

Segundo a Moura *et al.* (2007) as taxas de evaporação na região do semiárido nordestino tem representado uma perda hídrica significativa na região, essas taxas variam de 1000 a 2000 mm ano⁻¹, podendo chegar a 3000 mm em algumas regiões do interior, esse fato se deve principalmente a elevada radiação solar aliada a irregularidade das precipitações. Sobre esse alto índice de evaporação, Araújo (2011) comenta que o potencial de evapotranspiração na região semiárida é bem maior que o potencial de precipitação, isso afeta diretamente no balanço hídrico da região ocorrendo um déficit hídrico, ainda segundo ele essa situação adversa fez com que diversas espécies de plantas da região se adaptassem a essa condição se mantendo em estado latente, quase sem vida durante o período sem chuvas e com a volta das chuvas elas se apresentam de forma mais densa e viva.

3.3 Métodos de captação e armazenamento de água

Em regiões com escassez hídrica, ocasionadas pela baixa precipitação, chuvas irregulares ou pelas vazões de cursos de rios intermitentes, se faz necessário utilizar técnicas para o melhor aproveitamento dessa água. Alguns métodos de captação de água são usualmente utilizados para coletar a água de forma que em tempos de escassez as populações não sejam tão fortemente impactadas e aprendam a conviver com tal situação natural (FORTALEZA *et al.*, 2015).

Montenegro e Montenegro (2012) demonstram que a captação de águas de chuva tem elevada importância para a população difusa do semiárido, devendo estar voltada, prioritariamente, para o uso doméstico, a partir da captação em telhados. As técnicas de captação, armazenamento e manejo da água da chuva ganharam forte impulso a partir da década de 90, com o estabelecimento de Programas Governamentais e Não governamentais na construção de cisternas rurais, em particular a cisterna de placas, em todo o semiárido brasileiro.

A construção de cisternas para guardar água de chuva é natural e intuitiva e tem, por isso, sido praticada há milênios. Há registros de cisternas de mais de dois mil anos em regiões

como a China e o deserto de Negev, hoje território de Israel e Jordânia (GNADLINGER 2000).

No semiárido brasileiro já se verifica a existência de tecnologias que possibilitam, com sucesso, a captação e o armazenamento de água da chuva para uso humano, para criação de animais e produção de alimentos, cada uma com suas particularidades e adaptações feitas pelos próprios agricultores da região. Pode-se destacar, dentre as tecnologias existentes, aquelas atualmente exploradas pelo Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome (MDS), que vem desenvolvendo o programa Água para Todos, quais sejam: as Barragens Subterrâneas, as Barraginhas, Cisterna Calçada e Cisterna Enxurrada (MONTENEGRO e MONTENEGRO, 2012).

Lopes *et al.* (2002) demonstram alternativas de manejo do solo e da água com objetivo de captar e armazenar água da chuva que começaram a ser desenvolvidas, pela Embrapa Semiárido, desde a década de 1980. As principais alternativas tecnológicas desenvolvidas são: barragem subterrânea, captação de água de chuva “in situ”, cisterna rural, entre outras.

3.4 Técnicas de Interpolação e Espacialização de dados de Precipitação

Segundo Burrough (1986, *apud* RIGHI E BASSO, 2015) a Interpolação espacial é o procedimento utilizado para se estimar valores de propriedades de locais não amostrados, baseando-se em valores de dados observados em locais conhecidos. De acordo Righi e Basso (2015), os métodos de interpolação colaboram para a percepção da distribuição em um determinado espaço de certa variável a partir de dados pontuais, sem necessariamente ser preciso levantar todos os dados na área de interesse, isso torna os métodos de interpolação um instrumento importante para a elaboração da distribuição de variáveis em uma superfície.

Diante disso, Childs (2004, *apud* RIGHI E BASSO, 2015) afirma que cada método de interpolação pode ser útil para uma utilização específica, que depende principalmente do fenômeno estudado e da distribuição espacial dos pontos amostrais. Dentre os modelos mais utilizados para representação da distribuição da chuva temos o método de Krigagem, o Spline e o Inverso da Distância Ponderada (IDW). Davis (1986, *apud* MAZZINI e SCHETTINI, 2009), nos mostra que não existe uma maneira exata para a escolha de um interpolador espacial, um que seja mais apropriado ou superior a outro, e diz que isto depende de inúmeras variáveis, como por exemplo, a configuração espacial dos dados e o parâmetro a ser estudado.

No Rio de Janeiro, Soares *et al.*(2014) analisaram a distribuição espacial das chuvas através da interpolação de dados de 31 estações pluviométricas entre os anos de 1970 e 1999. Na elaboração da distribuição da precipitação foram utilizados os interpoladores Spline e

IDW, onde o Spline se apresentou mais apropriado para as particularidades da área estudada mostrando que a distribuição espacial anual, sazonal e mensal é fortemente influenciada pela topografia e pela distância do litoral.

Marcuzzo *et al.* (2011) estudaram os métodos de interpolação IDW, Krigagem, Spline de tensão e Topo-to Raster para espacializar os dados pluviométricos do estado do Mato Grosso. Eles apresentaram em mapas a distribuição espacial das chuvas usando esses métodos e concluíram que para a série histórica escolhida, de 1977 a 2006, a técnica de Topo to Raster obteve os melhores resultados para esses dados, seguido pela Krigagem, IDW e Spline de tensão.

Silva *et al.* (2011) selecionaram os métodos de interpolação Inverso da Potência da Distância (IPD) e a Krigagem (KR) para analisar a espacialização da precipitação mensal do Estado do Espírito Santo em uma série compreendida no período de 1977 a 2006, de 110 postos pluviométricos, sendo 94 do Espírito Santo e 16 de Estados vizinhos. Os resultados mostram que o método de Krigagem é mais eficiente para a interpolação espacial da precipitação mensal no Espírito Santo, em comparação ao método IPD, e apresenta erros médios percentuais entre 7,9 e 14,6%.

Com o objetivo de estudar a precipitação média da região norte do Estado do Espírito Santo, Magalhães *et al.* (2013) utilizaram os interpoladores Inverso da Distância Ponderada (IDW), Krigagem, Spline e Trend para comparar os dados obtidos e testar a eficiência de cada um deles. Com os dados de precipitação obtidos de um período de 30 anos (1975 a 2004) eles constataram que o IDW obteve os melhores resultados, sendo o mais eficiente na interpolação espacial da precipitação da região estudada seguido bem próximo pelo Spline, a Krigagem obteve um resultado inferior ao IDW e o método Trend obteve os piores resultados em relação as outras técnicas utilizadas.

Guabiraba *et al.* (2016) compararam os métodos de Krigagem, *Natural Neighbor*, Spline e Inverso da Distância Ponderada (IDW), afim de avaliar o comportamento de cada um. No estudo da precipitação na mesorregião do sertão alagoano foram utilizados dados de 41 postos em uma série histórica de 30 anos compreendidos entre os anos de 1963 e 1992. Os autores constataram que os métodos se comportaram de maneira similar, apesar disso o método IDW e suas variações, apresentou um melhor desempenho considerando-se os menores desvios em relação aos outros métodos.

Por ser um método que se utiliza do pressuposto de que valores amostrados à sua volta, mais próximos, terão um maior peso do que os valores mais distantes o método de interpolação espacial Inverso da Distância Ponderada (IDW) foi utilizado neste estudo por se

adequar às amostras que foram usadas. Esse é um método tido como exato e que se adequa a visualização ou interpretação preliminar da interpolação de uma superfície (JAKOB,2006).

3.5 Tendências de Precipitação

Vem surgindo ao longo dos últimos anos um grande interesse dos pesquisadores em analisar as variabilidades climáticas que vem ocorrendo a nível global e local, particularmente observações dos níveis de precipitação e a sua variabilidade ao longo do tempo e do espaço vem se intensificando nesses estudos. Bertoni e Tucci (2007) afirmaram que o conhecimento da precipitação durante o ano é o fator determinante para estimar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento de água doméstico e industrial.

De acordo com Lopes e Da Silva (2016) tem aumentado ao longo dos últimos anos o interesse em calcular as tendências de precipitação e temperatura, visando determinar possíveis variações que ocorreram ao longo do tempo, para isso diversas técnicas estatísticas vem sendo utilizadas para se chegar a um diagnóstico sobre essas variações que ocorrem, esse tipo de estudo é de grande importância para regiões como o Semiárido que tem um período de chuva diferente do normal em relação às estações do ano. Vale ressaltar ainda que a “análise espacial de tendências permite observar as mudanças no comportamento e determinar em quais regiões uma determinada variável vem sofrendo mudanças significativas ao longo do tempo” (SALVIANO *et al.*, 2016).

Thom (1966, *apud* QUEIROZ, 2013, p.6) apresenta uma série de recomendações para métodos de análises climatológicas de acordo com seu cenário específico. Na verificação de mudanças na média utilizam-se os testes da *Cumulativa Deviation* e *Worsley Likelihood Ratio* enquanto que para investigar a aleatoriedade em séries hidrológicas temporais usa-se o teste Run. Já para se constatar as mudanças ou tendências os testes mais recomendados são os de Regressão Linear e o de Mann-Kendall.

Silva *et al.* (2015) utilizaram os métodos de Mann-Kendall e Sen para analisar as tendências positivas ou negativas das precipitações anuais e do fluxo dos rios, na bacia do rio Cobre, no sul de Portugal, ao longo de 40 anos (1960-2000). Através dessa análise constatou-se que a precipitação tem uma alta variabilidade temporal e há uma diminuição no montante anual de precipitação para o período estudado, além disso, verificou-se uma redução significativa de chuvas, na bacia, durante o período estudado.

Os testes de Mann-Kendall foram utilizados por Salviano *et al.* (2016) na análise das tendências temporais da precipitação e da temperatura média no Brasil. Foram utilizadas séries mensais entre os anos de 1961 e 2011, extraindo dados de 290 estações. Os testes

mostram que não houve tendências significativas em mais de 70% do território brasileiro em todos os meses. O oeste da Amazônia apresentou tendência positiva no período mais chuvoso (janeiro a abril) e negativa no período mais seco (junho a setembro). Em contrapartida, nos meses mais secos foram constatadas tendências positivas na região Nordeste, principalmente no semiárido.

Alves *et al.* (2013) analisaram os totais mensais e anuais de precipitação pluvial no município de Caraúbas-PB entre os anos de 1931 e 2012 e aplicaram o teste de Mann-Kendall para avaliar a tendência da precipitação na região. Os resultados obtidos indicaram que a média anual ficou abaixo dos 500 mm e que ocorreu uma tendência positiva nesse período analisado, porém um aumento não tão significativo.

Diante disso, ao analisar a aplicação do teste de Mann-Kendall e Sen por diversos autores, visto que os mesmos evidenciaram a sua eficácia através da publicação de resultados consistentes, esse trabalho utiliza o referido método para analisar e identificar as possíveis tendências de precipitação na área em estudo.

4. METODOLOGIA

4.1. Coleta de Dados Hidrológicos

A princípio foram coletados dados diários de precipitação de seis postos pluviométricos, sendo um deles localizado dentro do território do município de Serra Branca e os demais localizados em municípios vizinhos. Obtiveram-se os dados junto a Agência Nacional de Águas – ANA, por meio do Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWEB).

Após a coleta dos dados pluviométricos, os mesmos foram submetidos a análises para se aferir o período de dados existentes em cada posto, a regularidade dos dados e também a possível existência de falhas nas séries obtidas. Em alguns casos pode haver períodos que apresentem lacunas nas informações, essas falhas podem ocorrer devido a erro do operador nas anotações da medição, falhas na transposição dos dados ou até mesmo a não coleta dos dados (RIGUI e BASSO, 2015; DANTAS, 2016).

Como existe a imprescindibilidade de que os dados das séries sejam contínuos é necessária que essas falhas sejam preenchidas, no processo de preenchimento dessas falhas foi utilizado o método da Ponderação Regional (Equação 1). Esse é um método relativamente simples de preenchimento de falhas que consiste em utilizar os dados de pelo menos três postos vizinhos (com dados de no mínimo dez anos) e que se situem em uma região que possua semelhanças climáticas com o posto observado (SILVA *et al.*, 2010).

$$P_x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{N_x}{N_i} P_i \quad (1)$$

sendo:

P_x = precipitação mensal da estação a ter a falha na série preenchida(mm);

P_i = precipitação mensal da estação vizinha de ordem “i” para o ano em que se verificou a falha(mm);

N_x e N_i = precipitações médias mensais dos postos a ter a falha na série preenchida e do vizinho de ordem “i”, respectivamente(mm);

n = número de postos vizinhos.

A Figura 2 apresenta a disposição espacial dos postos pluviométricos utilizados no estudo, onde apenas o Posto P3 encontra-se inserido dentro dos limites do município de Serra Branca, enquanto que o Quadro 2 apresenta as informações destes postos.

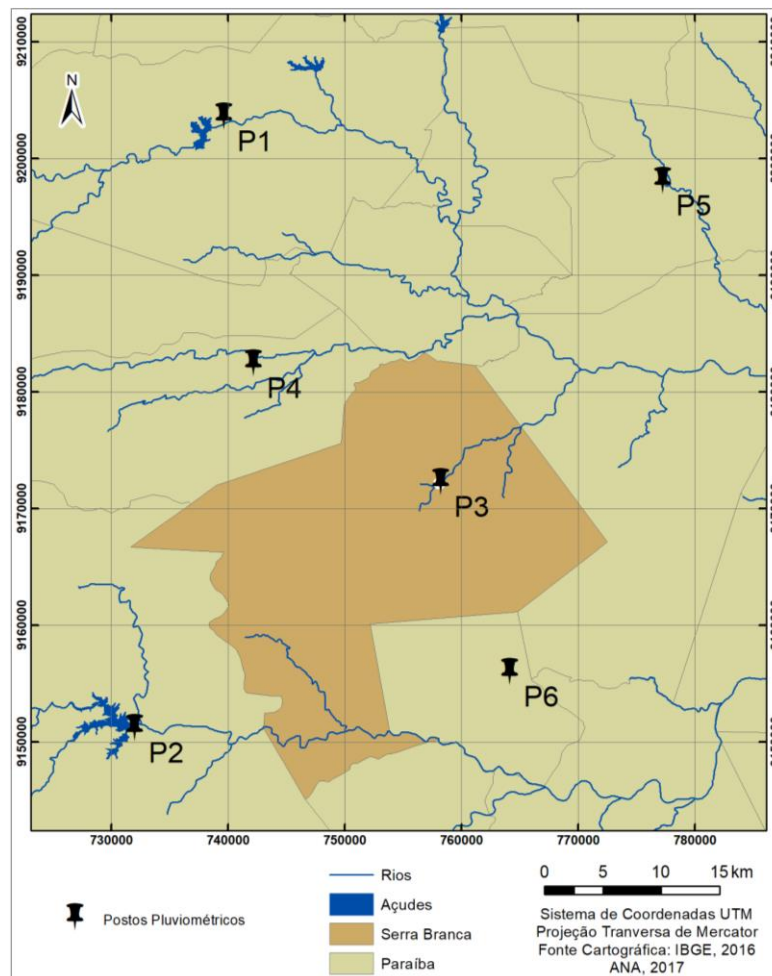


Figura 2: Localização dos postos pluviométricos utilizados no estudo.

Quadro 2: Postos Pluviométricos selecionados.

| Id | Código | Nome | Período de Dados | Anos | Longitude (°) | Latitude (°) | Altitude (m) |
|----|--------|------------------------|------------------|------|---------------|--------------|--------------|
| P1 | 736002 | Taperoá | 1963 - 1991 | 29 | -36,83 | -7,20 | 500 |
| P2 | 736003 | Sumé | 1963 - 1991 | 29 | -36,93 | -7,65 | 510 |
| P3 | 736009 | Serra Branca | 1963 - 1991 | 29 | -36,67 | -7,48 | 450 |
| P4 | 736011 | São José dos Cordeiros | 1963 - 1991 | 29 | -36,82 | -7,38 | 610 |
| P5 | 736016 | Gurjão | 1963 - 1991 | 29 | -36,48 | -7,27 | 480 |
| P6 | 736017 | Coxixola | 1963 - 1991 | 29 | -36,62 | -7,62 | 465 |

4.2 Análise Estatística e Espacial da Precipitação

A análise espacial é um processo de pesquisa em que são utilizados dados coletados do local em estudo de forma que, em posse dessas informações, seja feita uma correlação desses dados com o espaço para analisar estatisticamente possíveis tendências ou padrões existentes. Nesse sentido a interpolação de dados surge como uma ferramenta eficiente na verificação da distribuição espacial de dados. De posse dos dados mensais e anuais de precipitação dos postos da área em estudo, com suas máximas, mínimas e médias, foram confeccionados mapas de interpolação de forma que fosse possível visualizar a disposição espacial dessas chuvas.

Foi utilizado o método Inverso da Distância Ponderada (*Inverse Distance Weighted*) para interpolação espacial dos dados de precipitação, pois segundo Amorim *et al.* (2008) ele apresenta menor margem de erro e uma melhor conexão com os dados observados. Esse método é expresso da seguinte forma (Equação 2):

$$f(x, y) = \frac{\sum_{j=1 \dots N} w(d_j) v_j}{\sum_{j=1 \dots N} w(d_j)} \quad (2)$$

sendo N o número de dados, v_j o valor do ponto j , d_j a distância entre os valores do ponto j , e $w(d)$ a função de ponderação. Para obter o valor de $w(d)$ utiliza-se a equação 3.

$$w(d) = \begin{cases} \frac{1}{d_{min}^2} & \text{se } d_{min} \leq d_{min} \\ \frac{1}{d^2} & \text{se } d_{min} < d < d_{max} \\ 0 & \text{se } d > d_{max} \end{cases} \quad (3)$$

sendo d_{min} a distância mínima e d_{max} a distância máxima. O d_{min} impede que aconteçam valores com $d=0$ e d_{max} evita o uso de pontos muito distantes.

Esse método de interpolação parte do pressuposto de que pontos mais próximos são mais semelhantes dos que os mais distantes, dessa forma ele atribui aos pontos mais próximos um peso maior e à medida que a distancia aumenta esse peso é reduzido. Assim os pontos que ficam mais ao extremo não têm uma influencia tão forte na correlação quanto aqueles pontos que estão mais próximos entre si. Para a melhor visualização da espacialização da precipitação com o uso do IDW foi utilizado o *software* ArcGIS 10.1[®].

4.3 Análise das Tendências de Precipitação

O estudo das tendências espaciais permite observar estatisticamente alterações comportamentais em variáveis e dessa forma identificar em quais locais tem ocorrido, ao longo do tempo, mudanças significativas, possibilitando assim, prever possíveis danos destas alterações nas dinâmicas sociais e econômicas da região (BACK, 2001).

Usualmente os testes estatísticos são divididos em dois grandes grupos; os testes paramétricos, que usam dados com distribuição normal e utilizam a média como medida de tendência central e os testes não paramétricos, que não seguem uma distribuição normal de dados e utilizam a mediana como medida de tendência central. Esse trabalho se propôs então a utilizar dois métodos não paramétricos de análises de tendências: o teste de Mann-Kendall (KENDALL, 1976; MANN 1945) e o teste de Sen (SEN, 1968).

O método de Mann-Kendall é utilizado em situações onde os valores de dados x_i de uma série temporal podem obedecer ao seguinte modelo (Equação 4).

$$x_i f(t_i) + \varepsilon_i \quad (4)$$

sendo $f(t_i)$ um aumento ou diminuição da função monótona e ε_i os resíduos assumidos como sendo a mesma distribuição com média igual a zero. Em seguida, assume-se que a variância da distribuição é constante.

Segundo Almeida *et al.* (2014) esse método assume a hipótese nula (H_0) como ausência de tendência e caso H_0 seja verdadeira, a distribuição de S pode ser observada usando a equação de variância de S (Equação 5).

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^P t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (5)$$

no qual n é o número de valores de dados, P representa o número de grupos com dados repetidos, e t_i é o número de valores de dados do p -ésimo grupo. Os valores de S são utilizados para calcular o teste Z_s (Equação 6).

$$Z_s = \left\{ \begin{array}{l} \frac{S - 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, \text{ se } S > 0 \\ 0, \text{ se } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, \text{ se } S < 0 \end{array} \right\} \quad (6)$$

Através do valor de Z_s é que constatamos se houve a existência de alguma tendência. Quando Z_s apresenta um valor positivo, significa que houve uma tendência ascendente na série, da mesma forma, quando ele apresenta um valor negativo, significa que houve uma tendência descendente. Se a hipótese nula for rejeitada é então calculada o nível de significância. Alguns trabalhos como os de Almeida et al.,2014 e Penereiro e Orlando, 2013, utilizaram em sua metodologia um nível de significância de apenas 0,05/95% para o teste de Mann-Kendall, para este trabalho utilizamos valores mais baixos e fragmentados para melhor entendimento dos resultados, dessa forma esse estudo adotou os seguintes níveis de significância (α): 0,001; 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09 e 0,1. Buscando uma melhor apresentação dos resultados obtidos com os testes de significância, esses valores foram convertidos em percentuais e passamos a considera-los como níveis de confiança, de acordo com os seguintes valores: 99,9%, 99%, 98%, 97%, 96%, 95%, 94%, 93%, 92%, 91% e 90% conforme os valores de α dos níveis de significância.

De forma a tornar mais fácil a compreensão dos resultados obtidos com o teste de Mann-Kendall, foi estabelecido um valor mínimo de significância/confiança, assim, valores inferiores a $\alpha=0,1$ (90%) foram classificados como “Sem Tendência”. Já os valores iguais ou superiores a $\alpha=0,1$ (90%) foram classificados de acordo com os resultados de Z_s que indicam se a tendência é positiva ou negativa.

Ainda na análise das tendências, utilizamos outro método não paramétrico, o teste de Sen, que estima a inclinação de uma tendência. Esse método é calculado com base na equação 7.

$$f(t) = Q + B \quad (7)$$

sendo Q a declividade e B uma constante.

Para obter a estimativa dada na equação acima, faz-se necessário calcular a inclinação de todos os pares de dados (Equação 8).

$$Q_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \text{ para } j > k \quad (8)$$

no qual x_j e x_k são valores de x nos períodos j e k , respectivamente, com $j > k$. Se existem n valores x_j na série temporal, obtêm-se $N=n(n-1)/2$ estimativas de inclinação Q_i . Assim a inclinação estimada pelo método de Sen é a mediana destes valores N e Q_i . Os valores N de Q_i são classificados do menor para o maior e a estimativa de Sen é dada pela equação 9:

$$Q = Q \left[\frac{N + 1}{2} \right], \text{ se } N \text{ é ímpar ou } Q = \frac{1}{2} (Q_{[N+2]} + Q_{[N+2/2]}), \text{ se } N \text{ é par} \quad (9)$$

Para estimar B na Eq. 5 são calculados os n valores da diferença $x_i - Q_{ti}$. Em seguida são calculados os intervalos de confiança em dois níveis diferentes no intuito de assegurar a confiabilidade do teste, onde $\alpha = 0,01$ (99%) e $\alpha = 0,05$ (95%). O método de Sen também possibilita identificar se houve, ou não, mudança de tendência e a magnitude da mesma, sendo uma técnica muito utilizada para esse tipo de análise (FERRARI, 2012).

Os testes combinados de Mann-Kendall e Sen foram ferramentas úteis na análise da existência de tendências e para localizar quando ela passou a existir, isso dentro da série de dados estudada (PENNEREIRO e ORLANDO, 2013).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos através da análise das tendências, observadas através dos dados de precipitação dos seis postos pluviométricos da pesquisa.

5.1 Análise Espacial das Precipitações

A distribuição espacial dos dados de precipitação média anual, de cada posto utilizado, foi obtida a partir da interpolação dos dados usando o método de interpolação IDW que auxiliou na visualização da distribuição das chuvas na área em estudo, esta espacialização pode ser visualizada na Figura 3.

Os resultados mostraram que o posto P3, inserido dentro da área de Serra Branca, apresentou uma precipitação média anual entre 486,14 e 538,96 mm/ano, sendo que ao leste o volume de chuvas apresentou os menores valores entre 486,14 e 499,34 mm/ano enquanto que ao oeste foram identificados os maiores índices de chuvas, entre 512,55 e 538,96 mm/ano.

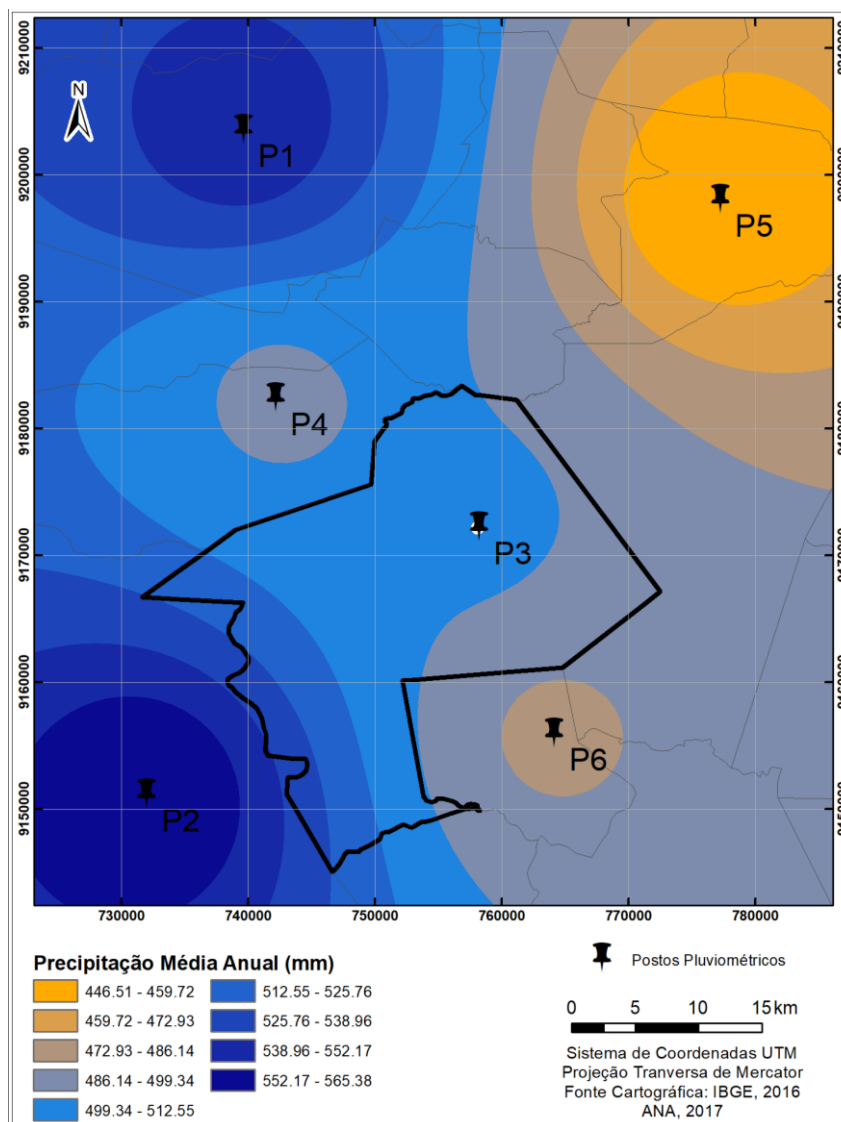


Figura 3: Distribuição espacial da precipitação média anual.

Em relação aos postos vizinhos ao posto P3, os postos P1 e P2 mostraram as maiores médias anuais de precipitação (525,76-565,38 mm/ano, respectivamente). O posto P5, que fica mais próximo a região leste do posto P3, exibiu os menores índices médios anuais de precipitação, entre 446,51 e 472,93 mm/ano.

O Quadro 3 mostra as precipitações mensais, mínimas, máximas e médias além do desvio padrão dos postos inseridos no estudo. O posto P3 possui, no período em observação,

uma precipitação máxima de 1.172,20 mm, mínima de 154,60 mm e a uma média de 509,75 mm, o seu desvio padrão é de 256,70 mm e o percentual de falha para o posto foi de 5,47%. Quanto aos postos vizinhos ao posto P3, o posto P2 registrou o menor valor de precipitação mínima e o maior valor de precipitação média como também o maior desvio padrão como também o maior percentual de falhas, enquanto que o posto P6 apresentou o maior valor de precipitação máxima e o menor percentual de falhas dentre os seis postos.

Quadro 3: Percentual de falhas, Precipitações mínima, máxima, média e desvio padrão mensais dos postos pluviométricos.

| Id | Código | Nome | Percentual de Falhas | Precipitação Anual (mm) | | | Desvio Padrão |
|----|--------|------------------------|----------------------|-------------------------|---------|--------|---------------|
| | | | | Mínima | Máxima | Média | |
| P1 | 736002 | Taperoá | 20.71% | 99.01 | 1138.52 | 552.93 | 212.79 |
| P2 | 736003 | Sumé | 37.10% | 52.67 | 1210.10 | 571.00 | 320.34 |
| P3 | 736009 | Serra Branca | 5.47% | 154.60 | 1172.20 | 509.75 | 256.70 |
| P4 | 736011 | São José dos Cordeiros | 7.45% | 96.69 | 910.60 | 496.57 | 220.65 |
| P5 | 736016 | Gurjão | 4.02% | 171.74 | 932.90 | 449.18 | 177.15 |
| P6 | 736017 | Coxixola | 1.16% | 124.00 | 1312.80 | 487.64 | 255.35 |

5.2 Análises das Tendências de Precipitação

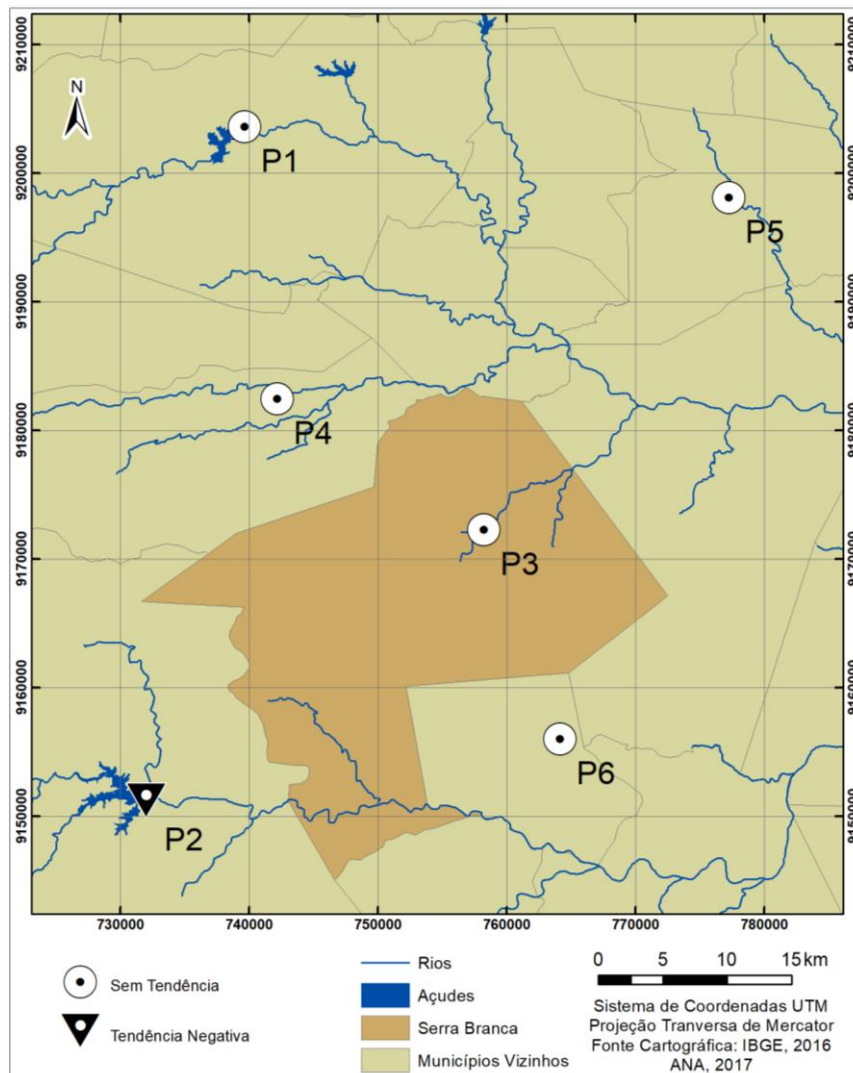
De posse da série de dados disponível em cada um dos postos pluviométricos mostrados no Quadro 3, foram aplicados os testes não paramétricos de Mann-Kendall e Sen para identificar possíveis tendências positivas ou negativas na série histórica. Dessa forma objetivamos conhecer o comportamento hidrológico da região em estudo através do conhecimento dessas tendências.

Dos seis postos observados apenas o posto P2, obteve um nível de confiança maior ou igual a 90% para o teste de Mann-Kendall, onde o posto citado apresentou tendência negativa. Em relação aos postos restantes, um deles, posto P6, obteve um valor de Z_s positivo, mas não alcançou um nível de confiança aceitável e foi classificado com sem tendência. Os demais postos observados mesmo com um valor de Z_s negativo, indicando uma possível tendência negativa, obtiveram níveis de confiança abaixo de 90% para o teste de Mann-Kendall e foram assim classificados como “Sem Tendência”.

O Quadro 4 apresenta os resultados obtidos através dos testes de Mann-Kendall e Sen, já na Figura 4 podemos visualizar a localização dos postos utilizados e suas tendências observadas.

Quadro 4: Resultados dos testes não-paramétricos de Mann-Kendall e Sen.

| Id | Código | Nome | Z _s | Confiança | Resultado | Teste de Sen |
|----|--------|------------------------|----------------|-----------|--------------------|--------------|
| P1 | 736002 | Taperoá | -1,07 | < 90% | Sem Tendência | -5,710 |
| P2 | 736003 | Sumé | -2,91 | 99% | Tendência Negativa | -22,108 |
| P3 | 736009 | Serra Branca | -1,07 | < 90% | Sem Tendência | -5,040 |
| P4 | 736011 | São José dos Cordeiros | -0,43 | < 90% | Sem Tendência | -1,727 |
| P5 | 736016 | Gurjão | -0,28 | < 90% | Sem Tendência | -1,050 |
| P6 | 736017 | Coxixola | 0,69 | < 90% | Sem Tendência | 3,484 |

**Figura 4:** Localização dos postos pluviométricos de acordo com as tendências.

A Figura 5 apresenta a distribuição espacial dos valores de tendência (Zs) obtidos através do teste de Mann-Kendall para o período em análise. Avaliando a escala de graduação

das cores, pode-se considerar que quanto mais “quente” for a cor maior será a tendência negativa do posto em questão, conforme a cor fica mais “fria” a tendência negativa diminui gradualmente. Conforme demonstrado, dos seis postos analisados, foram detectadas tendências negativas em cinco deles, o posto P3, localizado dentro da área em estudo no trabalho, se insere no grupo dos postos que apresentaram tendências negativas, apenas o posto P6 mostrou tendência positiva, apesar disso, como foi observado no Quadro 4, apenas os postos P2, dentre os seis postos analisados, obteve um nível de confiança seguro dentro dos limites estabelecidos. No geral a região como um todo sofre com uma tendência negativa, destacando a forte tendência negativa apresentada pelo posto P2.

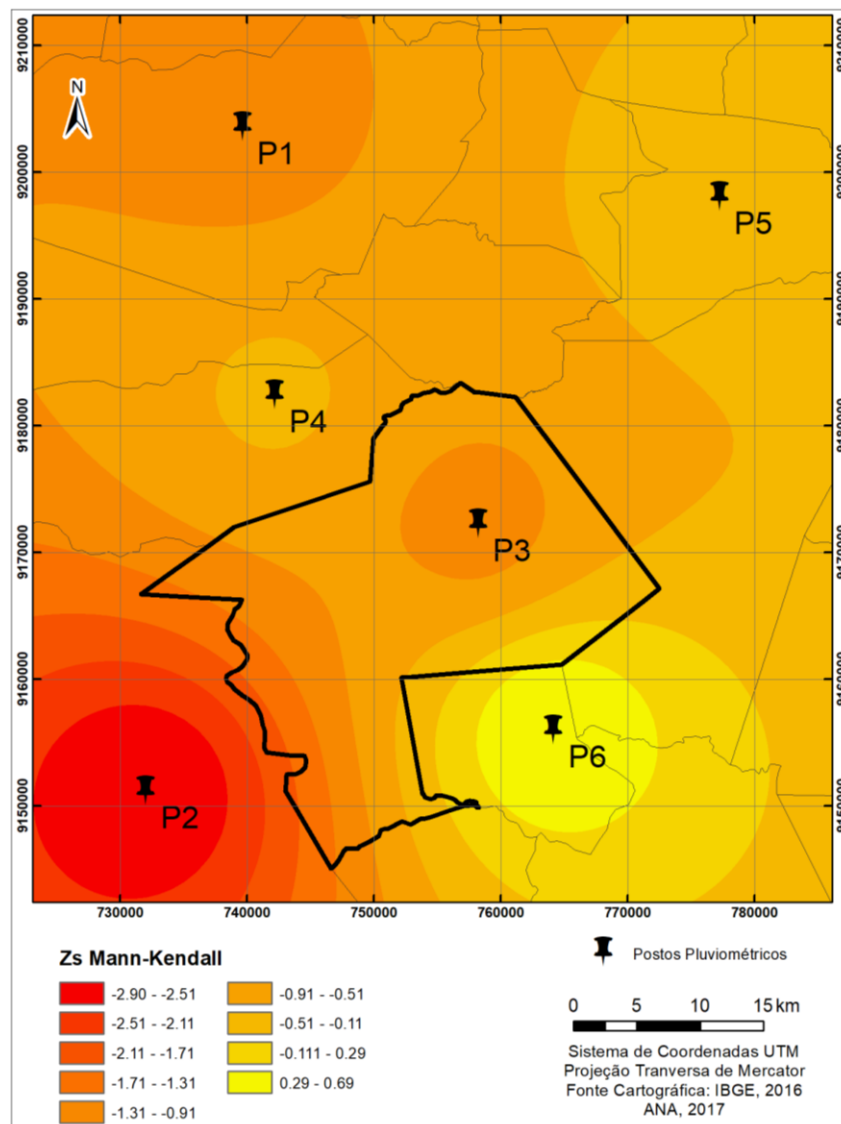


Figura 5: Distribuição espacial dos valores Zs (indicador de tendência) do teste de Mann-Kendall.

As Figuras 6a-f mostram os gráficos dos postos pluviométricos e suas respectivas retas de tendências, obtidas depois do uso do teste de Sen que estima a declividade da tendência.

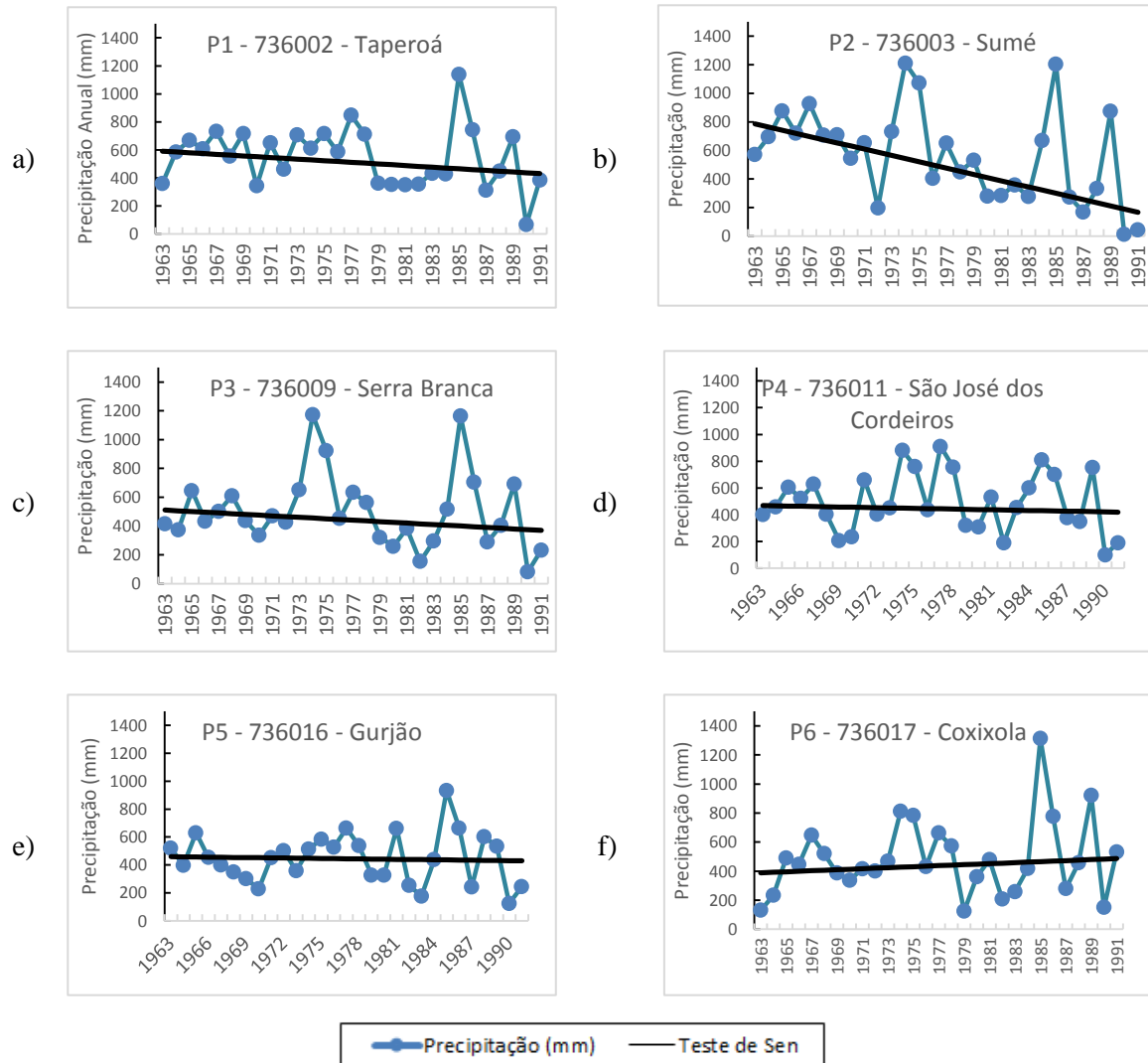


Figura 6: Precipitação média anual dos postos pluviométricos e resultados do teste de Sen.

O declive na reta de tendência na maioria dos postos observados, com exceção do posto P6, que apresenta uma ligeira tendência positiva, evidência as informações encontradas através dos resultados dos testes de Mann-Kendall e Sen. A reta da Figura 6c, que representa o posto P3, apresenta uma visível declividade ao longo dos anos, mas não tão acentuada como a vista na Figura 6b. Ainda na Figura 6c, podemos observar dois grandes picos de precipitação nos anos de 1974 e 1985 que destoam do padrão observado nos outros anos, assim como dois pontos nos anos de 1982 e 1990 que mostram níveis de precipitação bem abaixo do normal para o posto. Nota-se que esses contrastes verificados nesses anos citados também foram percebidos nos outros postos do estudo, o que pode nos levar a entender que nesses anos houve uma anormalidade nos níveis de precipitação.

6. CONCLUSÃO

Este estudo utilizou várias informações extraídas da base de dados da ANA, através do sistema HidroWEB, com o propósito de verificar a ocorrência de possíveis tendências nos níveis de precipitação da área em estudo através do uso de testes estatísticos. Dessa forma analisando os resultados obtidos através dos testes de Mann-Kendall e do teste de Sen, nos períodos abordados, conclui-se que, de maneira geral, ocorreu uma possível tendência de diminuição no regime anual de chuvas nos postos utilizados, mas que essas não se mostraram significativas ou confiáveis, pois o próprio teste de Mann-Kendall nos mostra que cinco dos seis postos pluviométricos analisados, obtiveram um nível de significância abaixo de 90%, sendo classificados assim como sem tendência, exceção feita ao posto P2.

Em relação ao posto da cidade em estudo, posto P3, é entendido que o mesmo apresentou um nível de confiança menor que 90%, sendo classificado como sem tendência, apesar disso, observamos através da curvatura obtida com o teste de Sen, uma ligeira diminuição da precipitação ao longo dos anos, que pode ser levada em consideração para futuros estudos, entendendo que períodos com baixa pluviosidade se tornam um grave problema para as populações tanto do semiárido como da cidade em estudo.

Diante dessa possível redução, recomenda-se que os poderes públicos priorizem a utilização de sistemas de captação de água eficientes para melhor aproveitamento da demanda hídrica do município. Como um dos principais problemas no armazenamento de água é a evaporação dos mananciais que já existem, técnicas que minimizem essa perda devem ser tomadas, além disso, a captação da água por outros meios mais modernos deve ser implantada. Dentre essas técnicas podemos citar as barragens subterrâneas, a barragem com pneus, também conhecida como BAPUCOSA e o Terraceamento que propiciam a exploração agrícola em sua bacia hidráulica e tem um reduzido índice de evaporação e de infiltração, ocasionando assim pouca perda de água. Além dessas técnicas, a ampliação da construção de Cisternas se torna uma válida alternativa em tempos de pouca chuva.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, B. M. DE; JOSÉ, J. V.; DUARTE, S. N.; FRIZZONE, J. A.; ARRAES, F. D.; PERBONE, A.; **Análise de tendência temporal da precipitação diária máxima no Estado de São Paulo**. Water Resources and Irrigation Management, v 3, n. 1, p. 1-12, 2014.

ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; **Análise da distribuição decadal e tendência da precipitação pluvial no município de Caraúbas-PB**. In: I Workshop Internacional sobre a água no semiárido brasileiro, 2013, Campina Grande - PB. I WISASB, 2013.

ARAÚJO, K. M. S.; LIMA FILHO, G. D.; **A Dependência Financeira do Município de Serra Branca-Pb ao Repasse do Fundo de Participação dos Municípios**. Revista Científica Semana Acadêmica, v. 01, p. 01-13, 2014.

ARAÚJO, S. M. S. DE.; **A Região semiárida do nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos**. Rios Eletrônica (FASETE), v. 5, p. 89-98, 2011.

BACK, Á. J.; **Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas**. Pesquisa Agropecuária Brasileira (1977. Imprensa), Brasília, v. 36, n.5, p. 717-726, 2001.

BELTRÃO, B. A.; MORAIS, F. DE.; MASCARENHAS, J. DE C.; MIRANDA, J. L. F. DE.; SOUZA JUNIOR, L. C. DE.; MENDES, V. A.; **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado de Paraíba: diagnóstico do município de Serra Branca**. Atlas Digital dos Recursos Hídricos Subterrâneos. Recife: CPRM, 2005.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M.; **Precipitação**. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia: Ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 2007. p. 177-241.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento exploratório – reconhecimento dos solos do Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro, 1972.

CIRILO, J. A.; **Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido**. Estudos Avançados (USP. Impresso), v. 22, p. 61-82, 2008.

CORREIA, R. C.; KIILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B. DE; CUNHA, T. J. F.; JESUS JUNIOR, L. A.; ARAÚJO, J. L. P.; **A região Semiárida Brasileira**. In: Voltolini, T.V.. (Org.). Produção de caprinos e ovinos no semiárido. 1ed.Petrolina-PE: Embrapa Semiárido, v. 1, p. 21-48, 2011.

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

DANTAS, J. C.; **Processos hidrossedimentológicos na baía do rio Taperoá**. Departamento de geociências, p, 80, 2016.

FEITOSA, P. H. C.; ANDRADE, K. DE S.; BARBOSA, M. P.; RIBEIRO, G. DO N.; **Avaliação do processo de degradação da cobertura vegetal em Serra Branca e Coxixola - PB**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró, RN, Brasil, p.

01 - 07, 01 jan. 2010. Disponível em:
<<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/264/264>>.

FEITOSA, P. H. C.; **Gestão dos riscos nos municípios de Serra Branca e Coxixola, Brasil e Concelho de Mirandela, Portugal.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

FERRARI, A. L.; **Variabilidade e tendência da temperatura e da pluviosidade nos municípios de Pirassununga, Rio Claro, São Carlos e São Simão (SP): estudo sobre mudança climática de curto prazo em escala local.** 2012. Tese e Doutorado, Escola de Eng^a de São Carlos, São Carlos, 2012.

FORTALEZA, L. D.; SILVA, S.O. **Técnicas para captação de água de chuva no Nordeste Brasileiro.** II Workshop Internacional sobre água no Semiárido Brasileiro, 2015. Disponível em:
<http://www.editorarealize.com.br/revistas/aguanosemiarido/trabalhos/TRABALHO_EV044_MD4_SA6_ID762_15102015223738.pdf>.

FRANCISCO, P. R. M. **Classificação e Mapeamento das Terras para Mecanização Agrícola do Estado da Paraíba utilizando Sistema de Informações Geográficas.** Dissertação – Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, 2010.

GARCIA, J. F. C.; **Análise da precipitação no Semiárido Potiguar.** Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental; Meio Ambiente; Recursos Hídricos e Hidráulica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011.

GNADLINGER, J.; **A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro – uma abordagem focalizando o povo.** In: Simpósio Brasileiro de captação de água de chuva no semiárido, 3., 2001. Campina Grande-PB. Anais eletrônicos. Campina Grande: ABCMAC, 2001.

GUABIRABA, D. K. D.; LEMOS, I. S.; PEREIRA, T. A. S.; **Uso dos métodos de interpolação de chuvas intensas na Mesorregião do Sertão Alagoano.** In: XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2016, Aracaju. XIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2016.

IBGE. **Cidades@.** Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/serra-branca/panorama>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F.; **O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas.** In: XV Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 2006, Caxambu. Anais do XV Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Populacionais, 2006.

KENDALL, M. G.; **Rank correlation methods.** 4. ed. London: Hodder Arnold, 1976.

LOPES, J. R. F.; DA SILVA, D. F.; **Trends and spatial distribution of the climate variables of the Ceará state.** *Ambiência (UNICENTRO)*, v. 12, p. 127-145, 2016.

MAGALHÃES, I. A. L.; ALMEIDA, K. L.; THIAGO, C. R. L.; GARDIMAN JUNIOR, B. S.; ZANETTI, S. S.; CECÍLIO, R. A.; **Análise de métodos de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na região Norte do estado do Espírito Santo,**

Brasil. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. São José dos Campos: INPE, p. 5651-5657, 2013.

MANN, H. B.; **Nonparametric Tests Against Trend.** *Econometrica*, v. 13, n. 3, p.245-259, 1945.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R.; **Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso.** *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 4, p. 793-804, 2011.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F.; **Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos.** *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology (Impresso)*, v. 13, p. 53, 2009.

MEDEIROS, S. DE S.; CAVALCANTE, A. DE M. B.; MARIN, A. M. P.; TINÔCO, L. B. DE M.; SALCEDO, I. H.; PINTO, T. F.; **Sinopse do censo demográfico para o Semiárido Brasileiro.** Campina Grande, PB, Brasil: INSA, 2012.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; **Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido.** *Recursos hídricos em regiões semiáridas: Estudos e aplicações*, p 1-27, 2012.

MOURA, M. S. B.; GALVÍNCIO, J. D.; BRITO, L. T. de L.; SOUZA, L. S. B. de ; SÁ, I. I. S.; SILVA, T. G. F. da., **Clima e água de chuva no Semi-Árido.** In: BRITO, L.T.L.; MOURA, M.S.B.; GAMA, G.F.B.. (Org.). *Potencialidades da água de chuva no Semi-Árido brasileiro*. 1ed.Petrolina: Embrapa Semi-Árido, v. 1, p. 37-59, 2007.

PADILHA, J. A.; ORTEGA, E.; ZANGHETIN, M. F. DE L.; **O uso da água nas micro-bacias hidrográficas do semi-árido do nordeste brasileiro e o conceito base zero.**In: *Proceedings of IV Biennial International Workshop "Advances in Energy Studies"*, Campinas, pages 65-72. 2004.

PENEREIRO, J. C.; ORLANDO, D. V.; **Análises de tendências em séries temporais anuais de dados climáticos e hidrológicos na Bacia do Rio Parnaíba entre os estados do Maranhão e Piauí / Brasil.** *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 7, p. 5-21, 2013.

QUEIROZ, M. A.; **Avaliação de tendências em séries de precipitação diária máxima anual na faixa central do Estado de Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

REBOUÇAS, A. D. C.; **Água na região Nordeste: desperdício e escassez.** *Estudos Avançados*, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v11n29/v11n29a07.pdf>>.

RIGHI, E.; BASSO, L. A.; **Application and analysis of interpolation techniques for spatialization of rainfall.** *Âmbio (UNICENTRO)*, v. 12, p. 101-117, 2016.

ROCHA, J. C.; **Diálogo entre as categorias da geografia: espaço, território e paisagem.** In: *Caminhos da geografia*. Uberlândia, v. 9, n. 27, p.128-142, 2008.

SALVIANO, M. F.; GROppo, J. D.; PELLEGRINO, G. Q.; **Análise de Tendências em Dados de Precipitação e Temperatura no Brasil**. Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso), v. 31, p. 64-73, 2016.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B. DE.; RAMANA RAO, T. V. ; MENEZES, H. E. A.; **Tendências dos índices de precipitação no Estado do Ceará**. Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso), v. 24, p. 39-47, 2009.

SANTOS, M. J.; ARAUJO, L. E.; OLIVEIRA, E. M.; SILVA, B. B.; **Seca, Precipitação e Captação de Água de Chuva no Semiárido de Sergipe**. Engenharia Ambiental (Online), v. 6, p. 55-73, 2009.

SANTOS, M.; **Metamorfoses do espaço habitado**. Fundamentos teóricos e metodológicos da geografia. São Paulo, 1994.

SEN, P. K.; **Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's Tau**. Journal of the American Statistical Association, v. 63, n. 324, p. 1379-1389, 1968.

SILVA, K.R; CECILIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; GARCIA, G. O.; **Interpolação Espacial da Precipitação no Estado do Espírito Santo**. FLORAM - Revista Floresta e Ambiente, v. 18, p. 417-427, 2011.

SILVA, P. C. G.; MOURA, M. S. B.; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; SA, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, T. J. F.; GUIMARÃES FILHO, C.; **Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos**. In: Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos, 2010. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. Petrolina: Embrapa Semiárido. p. 18-48, 2010.

SILVA, R. M. DA.; **Análise da perda de solos na bacia do rio tapacurá mediante previsão climática e modelo de erosão**. p. 32, 2010.

SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G.; MOREIRA, M.; CORTE-REAL, J.; BARBOSA, R. C.; **Rainfall trends over 40 years in the Cobres River basin, Portugal: variability and impacts**. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, v. 366, p. 127-128, 2015.

SOARES, F. S.; FRANCISCO, C. N.; SENNA, M. C. A.; **Distribuição Espaço-Temporal da Precipitação na Região Hidrográfica da Baía da Ilha Grande - RJ**. Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso), v. 29, p. 125-138, 2014.