



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

LUIS AUGUSTO DE MEDEIROS UGULINO FILHO

**TENDÊNCIA E CORRELAÇÃO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO E DE
TEMPERATURA DE REGIÕES DO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

POMBAL-PB
2017

**TENDÊNCIA E CORRELAÇÃO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO E DE
TEMPERATURA DE REGIÕES DO SEMIÁRIDO PARAIBANO**

LUIS AUGUSTO DE MEDEIROS UGULINO FILHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, como pré-requisito necessário para obtenção do título de Mestre em Sistemas Agroindustriais.

Orientador: Prof. D. Sc. Manoel Moisés F.de Queiroz

POMBAL-PB
2017

U27t Ugulino Filho, Luis Augusto de Medeiros.

Tendência e correlação de dados de precipitação e de temperatura de regiões do semiárido paraibano / Luis Augusto de Medeiros Ugulino Filho. – Pombal, 2021.

27 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2017.

“Orientação: Prof. Dr. Manoel Moisés F.de Queiroz”.

Referências.

1. Precipitação. 2. Temperatura. 3. Tendências hidrometeorológicas. 4. Variações hidrometeorológicas. 5. Teste de Mann-Kendall. 6. Bacia hidrográfica. 4. . I. Queiroz, Manoel Moisés F. de. II. Título.

CDU 551.577(043)



Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar



CAMPUS DE POMBAL

“TENDÊNCIA E CORRELAÇÃO PRECIPITAÇÃO DA TEMPERATURA EM REGIÃO SEMIÁRIDA”

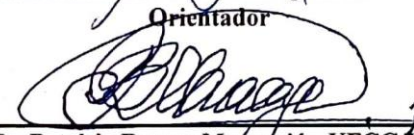
Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal-PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M. Sc.) em Sistemas Agroindustriais.

Aprovada em 03/03/2017

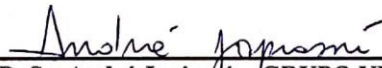
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. D. Sc. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz - UFCG/POMBAL
Orientador



Prof. D. Sc. Patrício Borges Maracajá - UFCG/POMBAL
Examinador Interno



Prof. D. Sc. André Japiassú - GRUPO VERDE
Examinador Externo

**POMBAL-PB
MARÇO-2017**

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

RUA: JAIRO VIEIRA FEITOSA, 1770 - CEP.: 58840-000 - POMBAL - PB

SECRETARIA DO PPGSA: 3431-4016 COORDENAÇÃO DO PPGSA: 3431-4069

TENDÊNCIA E CORRELAÇÃO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO E DE TEMPERATURA DE REGIÕES DO SEMIÁRIDO PARAIBANO

RESUMO

O efeito estufa e suas consequências tem sido tema de discussão nos mais diversos locais do planeta, isso devido à importância desse efeito nas mudanças climáticas das últimas décadas. Existem diferentes técnicas sendo usadas para diagnosticar tendências e/ou variações hidrometeorológicas, especialmente de temperatura e precipitação, que são os principais parâmetros envolvidos nas variações climáticas. O objetivo deste estudo é analisar a existência de tendência e correlação nos dados de precipitação e temperatura na bacia hidrográfica Piancó Piranhas Açú. O estudo será realizado na região da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu, para isso serão utilizadas séries históricas entre os anos de 1961 e 2016, disponíveis pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e pela Agência Nacional de Águas (ANA). Para realizar a análise preliminar de consistência dos dados será utilizado o programa HidroPlu, posteriormente para identificar tendências das séries históricas, será aplicado o teste de Mann-Kendall através de rotinas computacionais em Matlab, após isso será utilizado o coeficiente de Correlação de Spearman para identificar a correlação entre as séries históricas. Com isso espera-se analisar a existência de tendência e correlação nos dados de precipitação e temperatura na bacia hidrográfica Piancó Piranhas Açú e a existência de correlação entre as séries históricas com o intuito de determinar as causas de possíveis mudanças nos padrões de chuva e temperatura, que podem resultar em impactos na agricultura, no ciclo hidrológico, e conseqüentemente para o bioma da caatinga.

Palavras-chave: Mann-Kendall; Spearman Rho; Precipitação; Temperatura.

TENDÊNCIA E CORRELAÇÃO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO E DE TEMPERATURA DE REGIÕES DO SEMIÁRIDO PARAIBANO

ABSTRACT

The greenhouse effect and its consequences have been the subject of discourse in the most diverse places of the planet, due to the importance of this effect in the climatic changes of the last decades. There are different techniques being used to diagnose trends and / or hydrometeorological variations, especially temperature and precipitation, which are the main parameters involved in the climatic variations. The objective of this study is to analyze the existence of trend and correlation in precipitation and temperature data in the Piancó Piranhas Açú basin. The study will be carried out in the region of the Piranhas-Açu river basin, for that will be used historical series between the years of 1961 and 2016, available from the National Institute of Meteorology (INMET) and the National Water Agency (ANA). To perform the preliminary analysis of data consistency will be used the program HidroPlu, To perform the preliminary analysis of data consistency will be used the program HidroPlu, to identify trends in the historical series, the Mann-Kendall test will be applied, through computational routines in Matlab, after this will be used the Spearman Correlation coefficient to identify the correlation between the historical series. This is expected to analyze the existence of trend and correlation in the precipitation and temperature data in the Piancó Piranhas Açú basin and the existence of a correlation between the historical series in order to determine the causes of possible changes in rainfall and temperature patterns, which may result in impacts on agriculture, in the hydrological cycle, and consequently for the caatinga biome.

Keywords: Mann-Kendall; Spearman Rho; Precipitation; Temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa da localização das sub -bacias da bacia hidrográfica Piancó Piranhas Açú	12
Figura2.	Mapa da localização da Bacia do Rio Piranhas-Açu.....	13

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	08
2. OBJETIVOS	10
2.1 OBJETIVO GERAL	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA PIRANHAS AÇU.....	11
3.2 TESTE DE MANN-KENDALL	13
3.3 MÉTODO DE PONDERAÇÃO DOS COEFICIENTES.....	15
3.4 TESTE SPEARMAN' RHO.....	17
4. MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 ÁREA DO ESTUDO	19
4.2 OBTENÇÃO DOS DADOS.....	19
4.3 ANÁLISE PRELIMINAR DE CONSISTÊNCIA DOS DADOS DAS SÉRIES HISTÓRICAS.....	19
4.4 IDENTIFICAÇÃO DAS TENDÊNCIAS.....	21
4.5 CORRELAÇÃO ENTRE AS SÉRIES.....	21
5. RESULTADOS ESPERADOS	22
6. CRONOGRAMA	23
7. ORÇAMENTO	24
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

1. INTRODUÇÃO

O planeta terra sempre esteve em constantes mudanças de temperatura, em ciclos de milhares de anos de aquecimento e glaciação causados por fenômenos naturais. Ainda assim, após a Revolução Industrial, constatam-se mudanças de temperatura causadas pela atividade humana. O aquecimento global resulta principalmente da descarga excessiva de gases de efeito estufa (GEEs), principalmente o dióxido de carbono (CO₂), na atmosfera (RICCI, 2009).

O efeito estufa e suas consequências tem sido tema de discussão nos mais diversos locais do planeta. Isso devido à importância desse efeito nas mudanças climáticas das últimas décadas. A temperatura tem se elevado de forma sensível ao passar dos anos, estudos apontam que a temperatura média global tem um aumento de 2°C por ano (IPCC, 2007).

Algumas fontes que provocam a variabilidade do clima no Brasil são os eventos El Niño e La Niña, juntamente com os modos de variabilidade dos Oceanos Pacífico e Atlântico, este último em particular no Sul e na região do trópico. Essa variação, em escalas de 25 a 30 anos, apresenta menor diferença entre fases opostas, mas são relevantes em termos de adaptações, pois causam secas prolongadas e eventos extremos de chuvas espalhadas pela América do Sul (PBMC, 2012).

Segundo Nobre et al., (2011) Os impactos associados às mudanças climáticas serão sentidos em todo o mundo e, provavelmente, terão implicações profundas para a população humana. Nos últimos anos há uma grande preocupação de pesquisadores em analisar as variabilidades climáticas que estão acontecendo no planeta, principalmente no que se refere a um possível aumento de eventos de precipitações intensas sobre e próximo aos grandes centros urbanos. 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 afirmam (BERTONI & TUCCI, 1993).

A detecção de alterações nas séries temporais de precipitações diárias é importante para ampliar o conhecimento sobre os fenômenos envolvidos, mas, também, por contribuir para a percepção e a compreensão das alterações climáticas e dos seus efeitos (VAZ, 2008). O aumento da temperatura acarretará vários impactos nos ecossistemas e no ciclo hidrológico, com alteração nos padrões de chuva e temperatura, além da intensificação de eventos climáticos extremos. Podendo causar impactos em diversos segmentos socioeconômicos do Brasil (Pinto *et al.*, 2001). como geração de energia (de Lucena *et al.*, 2010), abastecimento

de água e a ocorrência de desastres naturais (Marengo, 2010), impactos significantes na fauna e flora (PBMC, 2013), podendo afetar diretamente a redução da produtividade ou ainda favorecer a ocorrência de pragas e enfermidades para diversas culturas.

Diante disso no Brasil, principalmente na região Nordeste, estudos investigando a variabilidade de precipitações intensas tem-se tornado cada vez mais relevantes devido aos benefícios causados pelos resultados podendo assim aplicá-los em nosso dia-a-dia. Os estudos de tendências em séries temporais são importantes por causa da necessidade de se compreender o impacto que o homem pode ter sobre o mundo natural. A urbanização, o desmatamento, as emissões de gases de efeito estufa e mudanças na prática agrícola são apenas alguns exemplos de atividades antrópicas que podem alterar aspectos importantes do ciclo hidrológico. (QUEIROZ, 2013).

Segundo Lopes e Silva, (2013) existem diferentes técnicas sendo usadas para diagnosticar tendências e/ou variações hidrometeorológicas, especialmente de temperatura e precipitação, que são os principais parâmetros envolvidos nas variações climáticas, e o interesse pelas técnicas estatísticas tem aumentado consideravelmente, entre elas está o teste estatístico de Mann- Kendall.

Com isso levando em consideração a importância de estudos desta natureza o objetivo deste estudo é analisar a existência de tendência e correlação nos dados de precipitação e temperatura na bacia hidrográfica Piancó Piranhas Açú.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar a existência de tendência e correlação nos dados de precipitação e temperatura na bacia hidrográfica Piancó Piranhas Açú.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a consistência das séries históricas de chuva e temperatura;
- Proceder análises estatísticas para identificar mudanças de tendências das séries históricas;
- Analisar a existência de correlação entre as séries históricas;

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA PIRANHAS AÇU

A bacia hidrográfica do rio Piranhas Açú abrange um território de 42.900 km² distribuído entre os Estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, onde vivem aproximadamente 1.552.000 mil habitantes. Está totalmente inserida em território semiárido, com precipitações médias variando entre 400 e 800 mm anuais concentradas entre os meses de Fevereiro a Maio.

O Semiárido está localizado próximo à linha do Equador e por isso possui altas incidências de raios solares, com temperaturas elevadas e baixa umidade do ar (FIGUEREDO, 2010). A concentração das chuvas em poucos meses do ano, conjugada a geomorfologia da região, caracterizada por solos rasos formados sobre um substrato cristalino, com baixa capacidade de armazenamento, é responsável pelo caráter intermitente dos rios da região. Além disso, o padrão de precipitação tende a apresentar uma forte variabilidade inter anual, ocasionando a alternância entre anos de chuvas regulares e anos de acentuada escassez hídrica, levando à ocorrência de secas hídricas.

A Bacia Hidrográfica do rio Piancó Piranhas Açú é a maior unidade hidrográfica da Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental com 15% de sua área, que corresponde a uma área de drenagem de 43.681,50 Km². Localiza-se entre as latitudes -5025'17'' e -7052'14'' e entre as longitudes -3608'4.6'' e -38047'32.6', abrangendo parte dos estados do Rio Grande do Norte (40%) e Paraíba (60%).

É constituída por sete sub-bacias: Piancó, Peixe, Alto Piranhas, Médio Piranhas, Espinharas, Seridó e Baixo Piranhas. As três primeiras estão totalmente inseridas em território paraibano, a sub-bacia do Baixo Piranhas situa-se totalmente no estado do Rio Grande do Norte e as demais estão compreendidas nos dois estados (figura 1).

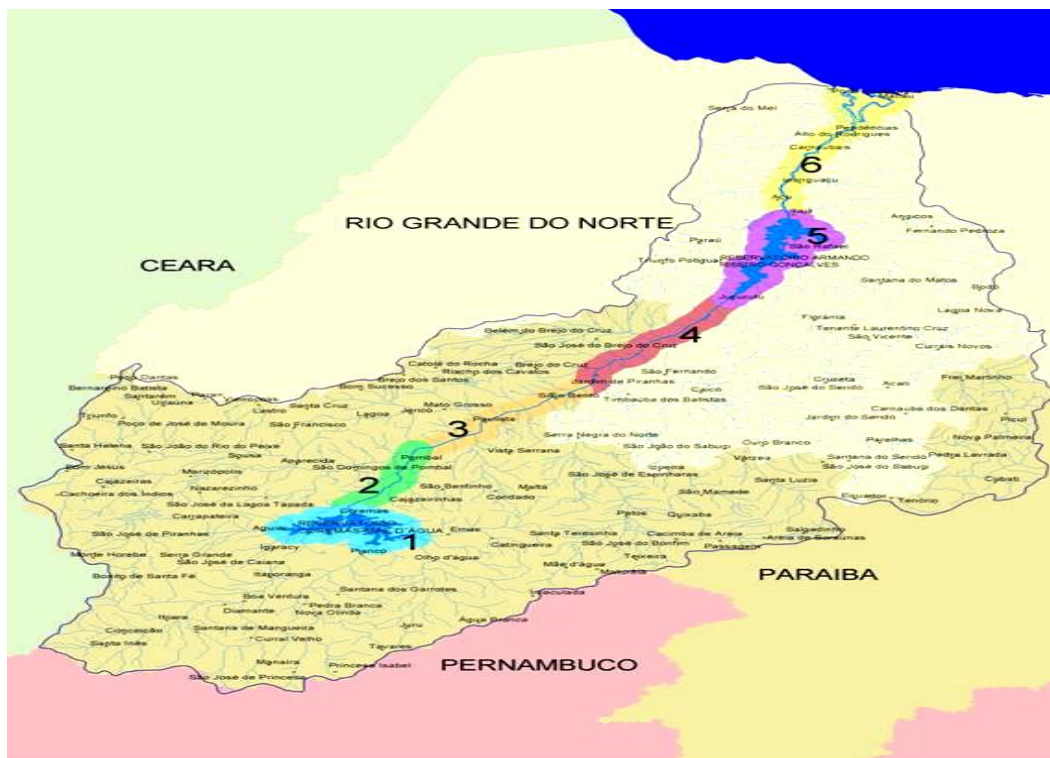


Figura 01. Mapa da localização das sub -bacias da bacia hidrográfica Piancó Piranhas Açú.

De acordo com dados do Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas-Açú. A Bacia abrange, completa ou parcialmente, 147 municípios sendo 102 na Paraíba e 45 no Rio Grande do Norte. Nesses municípios vivem aproximadamente 1.280.000 habitantes, 67% deles na Paraíba. A taxa média de urbanização na bacia fica em torno de 66% e a grande maioria dos municípios (75%) tem menos de 10.000 hab.

A maior cidade da Bacia é Patos (88.000 hab.). Outras cidades importantes são Sousa, Cajazeiras e Pombal na Paraíba, e Caicó, Assu e Currais Novos no Rio Grande do Norte. O IDH médio dos municípios da Bacia está em torno de 0,66. A população urbana da bacia conta com bons índices de atendimento de abastecimento de água, 96% de atendimento na Paraíba e 92% no Rio Grande do Norte, a par de baixos índices de cobertura por redes de coleta de esgotos (2,46% na Paraíba e 13,95% no Rio Grande do Norte).

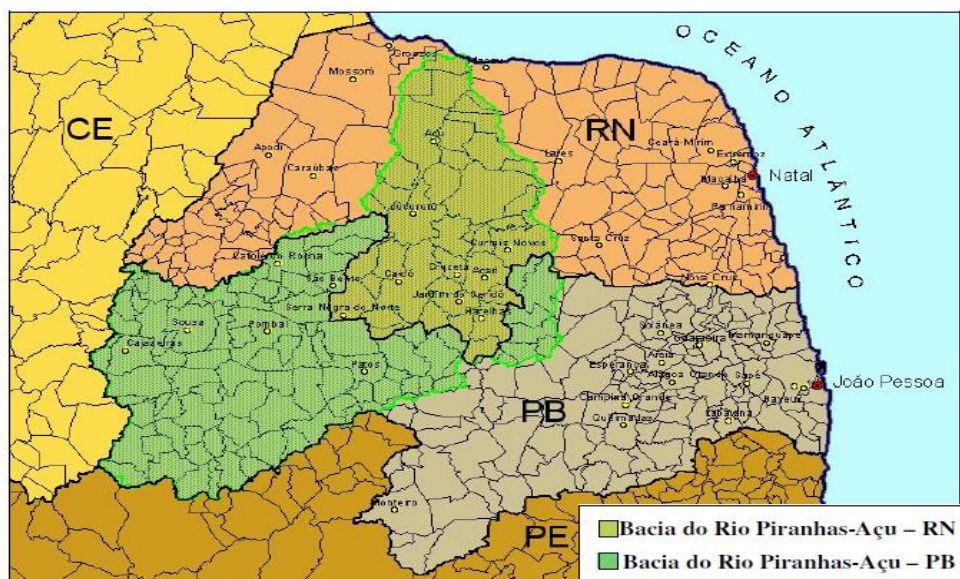


Figura 02. Mapa da Bacia do Rio Piranhas-Açu.

3.2 TESTE DE MANN-KENDALL

Conforme o relatório do IPCC (2007), tendência climática é caracterizada por uma elevação ou diminuição suave e monótona nos valores médios em uma série meteorológica. Segundo Lopes e Silva (2011), diferentes técnicas vem sendo utilizadas para diagnosticar tendências e/ou variações climáticas e o uso de técnicas paramétricas e não paramétricas têm aumentado consideravelmente.

O objetivo de um teste de tendência é determinar se os valores de uma variável aleatória tendem a aumentar ou diminuir durante algum período de tempo, em termos estatísticos (HELSEL, HIRSCH, 1992). Segundo a literatura, o teste de aleatoriedade de Run, a regressão linear simples, o teste de Mann-Kendall e o teste de ruptura de Pettitt, são os mais empregados e úteis para verificação de possíveis tendências em séries históricas climatológicas, além de possibilitar inferir se seus parâmetros estão inter-relacionados (GARCIA, PENNEREIRO, 2013).

O teste não paramétrico de Mann kendall foi criado por Mann (1945) e reformulado por Kendall (1948). É um método robusto, sequencial e não paramétrico utilizado para determinar se determinada série de dados possui uma tendência temporal de alteração estatisticamente significativa. Por tratar-se de um método não paramétrico, ele não requer distribuição normal dos dados (Yue et al., 2002). Outra vantagem deste método é o fato de ser

pouco influenciado por mudanças abruptas ou séries não homogêneas (Zhang et al., 2009). No entanto, este método exige que os dados sejam independentes e aleatórios (Neeti & Eastman, 2011).

Santos (2008) avaliou as condições climáticas atuais da região Nordeste do Brasil e elaborou cenários climáticos para os anos de 2050 e 2100, com base em observações de superfície. Foram utilizadas séries temporais da temperatura do ar (máxima, mínima e média), correspondentes ao período de 1961 a 2007, bem como as médias climatológicas de precipitação pluvial de 89 localidades no Nordeste do Brasil. Os resultados obtidos indicam tendências crescentes, nas séries temporais de temperatura do ar, estatisticamente significativas pelo teste de Mann-Kendall, tanto para o período estudado como para os cenários de 2050 e 2100.

Goossen e Berger (1986, apud BACK, 2001) afirmam que o teste de Mann Kendall é o método mais apropriado para analisar mudanças climáticas em séries climatológicas, porque permite também a detecção e localização aproximada do ponto inicial de tendência. O teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) consiste em comparar cada valor da série temporal com os valores restantes, sempre em ordem sequencial.

De acordo Silva et al., (2010) A estatística do teste é a seguinte:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(x_i - x_j)$$

Em que: x_j são os dados estimados da sequência de valores, n e o comprimento da série temporal e o sinal $(x_i - x_j)$ é igual a -1 para $(x_i - x_j) < 0$, 0 para $(x_i - x_j) = 0$, e 1 para $(x_i - x_j) > 0$.

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1; & \text{se } x_j > x_i \\ 0; & \text{se } x_j = x_i \\ -1; & \text{se } x_j < x_i \end{cases}$$

Kendall (1975) mostrou que S é normalmente distribuída com media $E(S)$ e variância $\text{Var}(S)$, para uma situação na qual pode haver valores iguais de x , são calculadas pelas equações:

$$E[S] = 0$$

$$\text{Var}[S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18}$$

Em que: t_p e número de dados com valores iguais num certo grupo (p th) e q é o número de grupos contendo valores iguais na série de dados num certo grupo p . O segundo termo representa um ajuste para dados censurados.

Segundo Salviano, (2015) O índice ZMK segue a distribuição normal, na qual a sua média é igual a zero, Essa estatística é usada para testar a hipótese nula, ou seja, que nenhuma tendência existe. valores positivos indicam uma tendência crescente e negativos tendências decrescentes. De acordo com o sinal de S , o índice ZMK da distribuição normal é calculado a partir da equação:

$$Z_{MK} = \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; \text{ para } S > 0$$

$$Z_{MK} = 0; \text{ para } S = 0$$

$$Z_{MK} = \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; \text{ para } S < 0$$

Por se tratar de um teste bi-caudal, para rejeitar a H_0 é preciso que o valor absoluto de ZMK seja superior a $Z_{\alpha/2}$. Por exemplo, para $\alpha = 5\%$, $Z_{0,05/2} = Z_{0,025} = 1,96$ portanto será considerada que a série tenha uma tendência significativa ao nível de 5% caso $ZMK > 1,96$.

3.3 MÉTODO DE PONDERAÇÃO DOS COEFICIENTES

O método da ponderação regional é definido como um método simplificado normalmente utilizado para o preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitações, visando à homogeneização do período de informações e à análise estatística das precipitações e o preenchimento das falhas nas séries mensais. (BERTONI & TUCCI, 2013). Sendo este classificado segundo o tipo de estatística utilizado na ponderação do peso das estações: médias ou correlação. RHA (2009) descreve o método da seguinte forma:

Ponderação por Médias

Considera-se um grupo de N postos, X_1, X_2, \dots, X_{N-1} e Y (pelo menos 3 (três) estações com no mínimo 10 (dez) anos comuns de observação), este último representando a série

dependente do grupo homogêneo. O valor proposto para preenchimento ou extensão da série do posto “Y”, em determinado mês, é definido pela seguinte equação:

$$y = \frac{1}{N-1} \cdot \left[\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}_1} \right) \cdot x_1 + \left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}_2} \right) \cdot x_2 + \dots + \left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}_{N-1}} \right) \cdot x_{N-1} \right]$$

onde,

y = total mensal precipitado, estimado (preenchido ou estendido) para o posto “Y”, no referido mês;

\bar{y} = total médio precipitado na estação “Y”, no mês em referência, correspondente ao período comum de observação;

\bar{x}_i = total médio precipitado para a estação “Xi” do grupo homogêneo, no mês em referência, correspondente ao período comum de observação;

x_i = total mensal observado na estação “Xi”, no mês em que o total de precipitação na estação “Y” deve ser preenchido ou estendido.

Ponderação por Correlação

O método de ponderação regional por correlação consiste em estabelecer regressões lineares entre o posto com dados a serem preenchidos ou estendidos (posto Y), e cada um dos postos vizinhos (postos Xi, $i = 1, 2, \dots, N-1$). Para o período comum de observação, determina-se para cada mês do ano o correspondente vetor de correlação, composto por N-1 valores determinados pela respectiva correlação linear (r_i) entre a série da estação Y com as correspondentes séries das estações Xi. Ou seja, obtêm 12 vetores de correlação, um para cada mês do ano, de forma a levar em consideração os eventuais efeitos de sazonalidade da série em análise. Para um mês específico qualquer, o método é representado pela seguinte equação:

$$y = \frac{s_y}{N-1} \cdot \left[r_1 \cdot \frac{x_1 - \bar{x}_1}{s_{x_1}} + r_2 \cdot \frac{x_2 - \bar{x}_2}{s_{x_2}} + \dots + r_{N-1} \cdot \frac{x_{N-1} - \bar{x}_{N-1}}{s_{x_{N-1}}} \right] + \bar{y}$$

onde,

y = total mensal precipitado, estimado (preenchido ou estendido) para o posto “Y”, no referido mês;

\bar{y} = total médio precipitado na estação “Y”, no mês em referência, correspondente ao período comum de observação;

s_y = desvio padrão do total precipitado na estação “Y”, no mês em referência, correspondente ao período comum de observação;

\bar{x}_i = total médio precipitado para a estação “ X_i ” do grupo homogêneo, no mês em referência, correspondente ao período comum de observação;

s_{xi} = desvio padrão do total precipitado na estação “ X_i ”, do grupo homogêneo, no mês em referência, correspondente ao período comum de observação;

x_i = total mensal observado na estação “ X_i ”, no mês em que o total de precipitação na estação “Y” deve ser preenchido ou estendido;

r_i = correlação linear entre a série de total precipitado na estação “Y” e a correspondente série na estação “ X_i ”, considerando o período comum de observação no mês em referência.

3.4 TESTE SPEARMAN’ RHO

Este coeficiente é o mais antigo e também o mais conhecido para variáveis mensuradas em nível ordinal, chamado também de Coeficiente de Correlação por Postos de Spearman, designado “rho” e representado por ρ^s . (LIRA, 2004). A correlação entre duas variáveis, medidas num mesmo indivíduo, é calculada com o intuito de verificar se existe inter-relacionamento entre essas variáveis. Dadas duas variáveis, X e Y, cujos valores são X_i e Y_i , $i = 1, 2, \dots, n$, pode-se buscar relacionar essas variáveis mediante o uso do coeficiente de correlação.

É uma medida de correlação não paramétrica, isto é, ele avalia uma função monótona arbitrária que pode ser a descrição da relação entre duas variáveis, sem fazer nenhuma suposição sobre a distribuição de frequências das variáveis. Segundo Queiroz (2013) Determina se esse teste a correlação entre duas variáveis é significativa. Na análise de tendência, uma variável é tomada como o próprio tempo (anos) e o outro como os dados de série de tempo correspondente.

Segundo SIEGEL (1975), o Coeficiente de Correlação de Spearman é uma medida que exige que as duas variáveis se apresentem em escala de mensuração pelo menos ordinal, de forma que os elementos (indivíduos ou objetos) em estudo formem duas séries ordenadas.

Como no teste de Mann Kendall, os valores são reorganizados. O teste estatístico ρ_s é o coeficiente de correlação: (QUEIROZ, 2013).

$$\rho_s = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_x S_y}}$$

Na qual:

$$S_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2$$

$$S_y = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})$$

E x_i (tempo) e y_i (variável de interesse) e \bar{X} e \bar{Y} referem-se às médias x_i e y_i .

De acordo com o mesmo autor Para grandes amostras, a quantidade $\rho_s \sqrt{(n-1)}$ é normalmente distribuída com média 0 e variância 1. Os valores críticos de testes estatísticos para vários níveis de significância podem ser obtidos por meio de tabelas de probabilidade normal.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

O estudo será realizado na região da bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu, que está situada no Nordeste do Brasil, pertencente ao território dos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba, totalmente inserida no clima semiárido nordestino. Possui uma área total de drenagem de 43.681,50 Km², sendo 26.183,00 Km², correspondendo a 60% da área no Estado da Paraíba, e o restante no Estado do Rio Grande do Norte.



Figura 2- Localização da Bacia do Rio Piancó Piranhas Açu na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental. Fonte ANA, (2007).

4.2 OBTENÇÃO DOS DADOS

Para o presente estudo, serão utilizadas séries históricas entre os anos de 1961 e 2016. Este período foi determinado pelos dados disponíveis do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Para isso, serão extraídos dados de 02 estações meteorológicas, localizadas nos municípios de são Gonçalo e Cajazeiras. Sendo primeira pertencente ao INMET e a segunda a Agencia Nacional de águas (AESAs).

4.3 ANÁLISE PRELIMINAR DE CONSISTÊNCIA DOS DADOS

Para realizar a análise preliminar de consistência dos dados será utilizado o programa HidroPlu, este baseia-se na formulação matemática desenvolvida por Holanda & Oliveira

(1979), com o objetivo de auxiliar na análise de consistência de dados pluviométricos. O programa visa analisar a consistência dos totais pluviométricos mensais ou anuais da série de observações realizadas, utilizando o método da ponderação regional com base em regressões lineares, para realizar as críticas e sugestões de correções e preenchimento de falhas. Este método consiste em estabelecer regressões lineares entre os postos com dados a serem preenchidos, P_x , e cada um dos postos vizinhos, P_1, P_2, \dots, P_N . De cada uma das regressões lineares efetuadas obtém-se o coeficiente de correlação. Para isto há algumas etapas e procedimentos a serem implementados para a realização da análise de consistência com a utilização do HidroPlu. (GEINF- SGH, 2014).

Para a utilização do HidroPlu na análise de consistência faz-se necessário a implementação de algumas etapas e procedimentos:

Escolha do período de estudo:

Deve-se escolher o período que será utilizado para realização dos cálculos, esse período terá influência direta nos parâmetros, como coeficientes de correlação ou até mesmo o valor estimado para algum dado criticado.

Escolha do tipo de processamento:

O processamento pode ser mensal ou anual, sendo o processamento mensal o mais usual.

Escolha do tipo de média de teste:

Podem ser feitos com base em médias de longo período ou mensais. Na utilização da média de longo período a crítica é feita comparando-se os dados de todos os meses das séries referentes à estação em análise e a cada estação de apoio.

Parâmetros de calibragem:

No HidroPlu, são utilizados três parâmetros para a calibração do modelo (G1, G2 e G5). Esses parâmetros têm influência direta na averiguação da qualidade dos dados. G1 e G2 correspondem aos parâmetros de calibragem para homogeneização de dados em primeira e segunda crítica, respectivamente. Já o G5 corresponde ao parâmetro de calibragem correspondente à variação proporcional entre o valor de dados testado e o da sua aceitabilidade.

4.4 IDENTIFICAÇÃO DAS TENDÊNCIAS

Será utilizado o teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) que consiste em comparar cada valor da série temporal com os valores restantes, sempre em ordem sequencial. Com o objetivo de identificar as tendências. O teste de Mann-Kendall é um teste não-paramétrico (Mann, 1945; Kendall, 1975), sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para avaliação da tendência em séries temporais de dados ambientais (LOPES E SILVA, 2013). Para realizar a análise e organização dos dados serão desenvolvidas rotinas computacionais em Matlab.

4.5 CORRELAÇÃO ENTRE AS SÉRIES

Será utilizado o coeficiente de Correlação de Spearman para identificar a correlação entre as séries históricas. Este teste é uma medida de correlação não paramétrica, isto é, ele avalia uma função monótona arbitrária que pode ser a descrição da relação entre duas variáveis.

5. RESULTADOS ESPERADOS

Com este estudo espera-se analisar a existência de tendência e correlação nos dados de precipitação e temperatura na bacia hidrográfica Piancó Piranhas Açú e a existência de correlação entre as séries com o intuito de determinar as causas de possíveis mudanças nos padrões de chuva e temperatura, que podem resultar em impactos na agricultura, no ciclo hidrológico, e conseqüentemente para o bioma da caatinga e toda a população.

6. CRONOGRAMA

ATIVIDADES	ANO DE 2017			
	MAIO	JUNHO	JULHO	AGOSTO
Levantamento bibliográfico	X	X		X
Montagem do projeto	X	X		
Qualificação		X		
Análise estatística dos dados		X	X	
Montagem e revisão final		X	X	
Defesa da dissertação				X

7. ORÇAMENTO

Discriminação do item	Quantidade	Valor Unitário	Valor total
Canetas esferográficas	05	1,50	7,50
Lápis grafite	10	1,00	10,00
Aquisição de papel A4	05	15	75,00
Fotocopias	50	0,10	5,00
Prancheta	03	5,00	15,00
Encadernação	10	2,50	25,00
CD	05	1,00	5,00
Pen-drive	01	20,00	20,00
TOTAL GERAL			162,50

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Águas, Ministério do Meio Ambiente; LEGISLAÇÃO BÁSICA 2ª edição Superintendência de Administração, Finanças e Gestão de Pessoas Brasília-DF2007.

BACK, A.J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília. V.36, n.5, p. 717-726, maio 2001.

BERTONI, J.C. & TUCCI, C.E.M. Precipitação. In.: Hidrologia: Ciência e Aplicação, Org. Carlos E. M. Tucci, 4ª ed., 5. Reimpr., Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2013. 943 p.

Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Piranhas Açu. Disponível em: <http://www.cbhpiancopiranhasacu.org.br>

DE LUCENA, A. F. P; SCHAEFFER, R; SZKLO, A. A Vulnerabilidade do Sistema de Energia Elétrica à Mudança Climática no Brasil. FBDS (org) Mudanças Climáticas Eventos Extremos no Brasil. p: 20-33. FDBS & LLOYD'S. 2010.

FIGUEIREDO, V. S; SILVA, E. C; GOMES FILHO, M. S. Sustentabilidade ambiental para o Semiárido paraibano: á busca de estratégias para o município de Juazeirinho – PB. Anais XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, 2010.

GARCIA, V. F. V; PENEIREIRO, J. C. Implementações de softwares para análises de tendências temporal em dados de temperatura, precipitações e vazões de rios para algumas localidades paulistas. Anais de iniciação científica – PUC, 2013.

GERÊNCIA DE INFORMAÇÕES HIDROMETEOROLÓGICAS – GEINF; SUPERINTENDÊNCIA DE GESTÃO DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA – SGH. Procedimentos para consistência de dados pluviométricos. Brasília, Setembro de 2014

HELSEL, D. R. HIRSCH, R. M. Statistical Methods in Water Resources. Elsevier, Amsterdam, 1992.

HOLANDA, C.V.M, OLIVEIRA, E. Programa para Homogeneização de Dados – PROHD. In: Simpósio de Hidrologia, 3, 1979, Brasília. **Anais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 810-845, 1979.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller Eds., Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp. 2007.

LIRA, S. S. Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. Dissertação apresentada ao Curso de Pós Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia dos Setores de Ciências Exatas e de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2004

LOPES, J. R. F., SILVA, D. F. Análise de Tendência para Pluviometria nas Quatro Macrorregiões do Centro e Sul Cearense. IV SIC – Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa – PB, 2011.

LOPES, J. R. F., SILVA, D. F. Aplicação do teste de mann-kendall para análise de tendência pluviométrica no estado do Ceará. Revista de Geografia (UFPE) V. 30, No. 3, 2013.

MARENGO, J. A., TOMASELLA, J., UVO, C. R. B.— On the Suitability of Non Parametric Tests for Detection of Trends in Brazilian Rivers, Congresso Brasileiro Meteorologia, 1492-1495, 1996.

MORAES, J. M.; PELLEGRINO, G.; BALLESTER, M. V.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L. Estudo preliminar da evolução temporal dos componentes do ciclo hidrológico da bacia do Rio Piracicaba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11; SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2., 1995, Recife. Anais... Recife: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995. p. 27-32.

NEETI, N; EASTMAN, J.R. A Contextual Mann-Kendall Approach for the Assessment of Trend Significance in Image Time Series. Transactions in GIS, 15(5): 599-611. 2011.

NOBRE, C; YOUNG, A. F; SALDIVA, P. H. N. ;MARENGO, J. A.; NOBRE, A. D; OGUERA, A. T; THOMAZ, O. ; OBREGON, G.; MOREIRA DA SILVA, G. C; VALVERDE, M; SILVEIRA, A. C; RODRIGUES, G. O. Vulnerability of Brazilian Megacities to Climate Change: the São Paulo Metropolitan Region (RMSP). Climate Change in Brazil: economic, social and regulatory aspects. Brasília: IPEA., v. , p. 197-219. 2011.

PBMC. Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo do GT2. PBMC, Rio de Janeiro, Brasil. 28 p. 2013.

PINTO, H.S; ASSAD, E.D; ZULLO, J.R; BRUNINI, O; EVANGELISTA, B.A. Impacto do Aumento da Temperatura no Zoneamento Climático do Café nos Estados de São Paulo e Goiás. Avaliação dos cenários do IPCC. XII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia; pp: 605-606. Fortaleza. 2001.

QUEIROZ, M. A. Avaliação de tendências em séries de precipitação diária máxima anual na faixa central do estado de Minas Gerais. Universidade Federal de Minas Gerais Escola de Engenharia Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Belo Horizonte, 2013.

SALVIANO, M. F; GROppo, D. J; PELLEGRINO, G. Q. Análise de tendências em dados de precipitação e temperatura no Brasil. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n. 1, 64-73, 2016.

SANTOS, D. N. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. 2008. 84f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande – PB. 2008.

SANTOS et al. Manejo da Palma Forrageira. 2º Congresso Brasileiro de Palmas e outras cactáceas. Pernambuco, 2011.

SIEGEL, S. Estatística não-paramétrica: Para as ciências do comportamento. São Paulo: mcgraw-hill do Brasil, 1975. 350 P.

SILVA, R. A.; SILVA, V. P. R.; CAVALCANTI, E. P.; SANTOS, D. N. Estudo da variabilidade da radiação solar no Nordeste do Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n.5, p. 501-509, 2010.

VAZ, C. M. Análise de tendência em séries de precipitação diária máxima anual. 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de pós Graduação em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico- Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

YUE, S; PILON, P; CAVADIAS, G. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. Journal of Hydrology 259:254-271. 2002.

ZHANG, W; YAN, Y; ZHENG, J; LI, L; DONG, X; CAI, H. Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, China. Global and Planetary Change 69:35-47. 2009.