

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II**

Engenharia Agrícola e Ambiental

**ANÁLISE DE TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS.**

LUCAS TADEU ALVES CARNEIRO



**Lucas Tadeu Alves Carneiro**

**ANÁLISE DE TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso II  
apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da  
Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito  
parcial, para a obtenção do título de Bacharel em  
Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Edson de Oliveira Vieira

Montes Claros

**Lucas Tadeu Alves Carneiro. ANÁLISE DE TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS NA  
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS**

Aprovada pela banca examinadora constituída por:

---

Prof<sup>o</sup>. Edson de Oliveira Vieira – Orientador ICA/UFMG

---

Prof<sup>a</sup>. Júlia Ferreira da Silva ICA/UFMG

---

Prof<sup>a</sup>. Flávia Mazzer Rodrigues da Silva ICA/UFMG

Montes Claros  
2019

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo sustento e pela força nos momentos difíceis que vivi durante esta caminhada. Agradeço a meus pais pelo apoio, a minha mãe Edileuza pelas palavras de apoio e fortaleza e a meu pai, Geraldo, pelo exemplo de humildade. A minhas irmãs e sobrinha pelo afeto. A todos os professores e mestres que passaram seus conhecimentos e a dedicação a esta arte que é ensinar, mesmo em tempos de crise. Em especial ao meu orientador Edson e ao Ricardo Santim, que foram essenciais para mim nesta jornada.

Aos amigos e colegas, pelos momentos de descontração e apoio nessa caminhada espetacular que foi a graduação. Essa vitória não é apenas minha, mas, de todos que me acompanharam na caminhada.

## **Resumo – ANÁLISE DE TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS**

O conhecimento de variáveis climáticas como precipitação e temperatura, assim como o comportamento do clima de determinada bacia hidrográfica é de fundamental importância, pois contribui para o planejamento do uso e preservação dos seus recursos ambientais. Entretanto, cenários futuros estimam a ocorrência de mudanças climáticas que causaram diversos impactos nos ecossistemas e no comportamento do ciclo hidrológico, acarretando na diminuição da disponibilidade do recurso hídrico e aumentando o grau de competição pelo mesmo. Diante destas perspectivas alarmantes faz-se necessário o estudo com intuito de se obter uma perspectiva sobre o futuro e medidas a serem tomadas para a diminuição de seus efeitos. O presente estudo utilizou-se de ferramentas de estatística não-paramétrica e regressão linear para avaliar a ocorrência de tendências de aumento de temperatura e precipitação na bacia do Rio das Velhas, um dos principais afluentes do rio São Francisco. Para a avaliação do fenômeno utilizou-se o teste não-paramétrico de Mann- Kendall e Regressão linear, as análises foram realizadas em ambiente computacional utilizando-se o *software* R. As análises apontaram a não ocorrência de tendências climáticas na bacia, tendo em vista que os valores de p-value para o teste Mann-Kendall foram muito superiores ao nível de significância de 5%.

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Latitude, Longitude, Estação e Período.....10

Tabela 2: Valores do p-value para o teste Mann-Kendall .....12

Tabela 3: Valores referentes ao coeficiente angular e coeficiente de determinação.....15

## LISTA DE FIGURAS

Gráfico 1: Precipitação Anual do município de Diamantina, MG .....	15
Gráfico 2: Precipitação Anual do município de Belo Horizonte, MG.....	15
Gráfico 3: Precipitação Anual do município de Curvelo, MG .....	16
Gráfico 4: Precipitação Anual do município de Pirapora, MG .....	16

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>2</b>
2.1	Mudanças Climáticas .....	2
2.2	Bacias Hidrográficas .....	3
2.3	Estatística Climática .....	5
2.4	Estatística não-paramétrica .....	5
2.5	Regressão linear .....	7
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>9</b>
3.1	Área de Estudo .....	9
3.2	Descrição experimental .....	10
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>17</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>18</b>



## 1 1 INTRODUÇÃO

O conhecimento de variáveis climáticas como precipitação, temperatura, umidade relativa do ar assim como o comportamento do clima de determinada bacia hidrográfica é de fundamental importância, pois contribui para um melhor planejamento do uso e preservação dos seus recursos hídricos e ambientais. Esse estudo, também, é ferramenta indispensável na pesquisa para a determinação de medidas visando estimar cenários futuros, afim de reduzir os efeitos adversos até mesmo para atividades econômicas exploradas na bacia.

Os panoramas estimados para o futuro sugerem que a mudança climática pode acarretar em mudanças gerando diversos impactos nos ecossistemas e no comportamento do ciclo hidrológico (LINARES *et al.*, 2013). Podem também, provocar alterações significativas nos padrões de chuva e temperatura, além da intensificação de eventos climáticos extremos, influenciando diretamente a dinâmica do ciclo hidrológico dentro das bacias hidrográficas. Essas mudanças dos padrões climáticos irão interferir na disponibilidade de água para os usuários da bacia, acarretando em problemas nos setores agrícolas, econômicos e sociais (WANDERLEY *et al.*, 2013).

Os principais impactos para a agricultura são a elevação das temperaturas o que acarretará em um aumento da energia do sistema climático planetário, intensificando fenômenos como: secas e a catalisação de incêndios florestais de maior magnitude, tempestades e precipitações mais agudas, elevando o potencial destrutivo desses fenômenos (BLAIN, 2010). De acordo com o IPCC (2007), este fenômeno gerará uma maior frequência de ondas de calor em áreas que sofreram um processo de urbanização, com uma elevação de intensidade e período. Além do que, prevê-se a deterioração da qualidade do ar e o aumento de áreas de risco, em especial nas cidades localizadas em zonas tropicais.

Diante destas perspectivas preocupantes faz-se necessário estudos de caráter científico com o objetivo de determinar e analisar, por meio de ferramentas estatísticas não-paramétricas e regressão linear, possíveis alterações no comportamento de séries temporais de precipitação, temperatura média na bacia do Rio das Velhas, com intuito de gerar informações técnicas que auxiliem os órgãos competentes no processo de tomada de decisões minimizando os impactos das alterações climáticas na bacia hidrográfica (NONATO *et al.*, 2007).

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Mudanças Climáticas**

Para a sociedade moderna, conhecer e dominar as informações sobre o clima é fundamental para a previsão do tempo, das catástrofes climáticas e principalmente para o planejamento de atividades agrícolas (FOLHES, 2006). Essas últimas estão constantemente expostas a incertezas e riscos devido a variação espaço-temporal das variáveis climáticas (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007).

Estudos recentes, apresentados no quinto relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2014), apontam para uma possível mudança climática expressiva que pode afetar significativamente a situação do clima no Planeta. As evidências de que ocorrerão mudanças climáticas em escala global, em função da elevação na concentração de gases causadores do efeito estufa como o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>), o óxido-nitroso (N<sub>2</sub>O), além do vapor d'água (H<sub>2</sub>O), vem mostrando-se cada vez mais consistentes e acolhidas pela comunidade científica internacional

Esse cenário alarmante pode acarretar em mudanças significativas na dinâmica dos ecossistemas e causar variabilidade no ciclo hidrológico, mudando de forma expressiva o padrão de precipitação e temperatura em várias regiões ao redor do planeta (SALVIANO; GROppo; PELLEGRINO, 2016).

De acordo com Tucci (2002) essa variabilidade climática natural ou decorrente de ações antrópicas, devido a ocupação do solo e seus usos, podem gerar uma série de alterações em um sistema hidrológico. Uma vez que a intervenção humana altera as condições de funcionamento dos sistemas naturais, essas mudanças podem afetar de forma direta a qualidade, quantidade e a disponibilidade de água em uma bacia hidrográfica (GUIMARÃES DE CARVALHO, 2014).

Desta maneira conservar e revitalizar as bacias hidrográficas, compreendendo a sua importância para a dinâmica do ciclo da água e as relações que são presentes solo, água, flora e fauna ecossistematicamente organizados. Para tanto Carvalho (2014) salienta que se faz necessário construir uma política de gestão das bacias hidrográficas com apoio de todos os setores da sociedade.

## 2.2 Bacias Hidrográficas

A Bacia Hidrográfica é definida como sendo uma área drenada por um rio e seus afluentes, formada em regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas fluem superficialmente formando os rios e riachos, ou penetrando no solo formando nascentes e abastecendo o lençol freático (BARRELLA *et al.*, 2001).

De acordo com Araújo *et al.* (2009) diversos impactos como ocupação do solo indevida, desmatamento de matas ciliares, erosão, contaminação de mananciais hídricos dentre outras degradações tem colaborado para a redução do volume de rios e riachos, comprometendo o ciclo hidrológico e afetando o clima.

Essa interferência antrópica nos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica ocorre de maneira qualitativa e quantitativa. A interferência qualitativa ocorre quando a água após ser utilizada é lançada nos corpos hídricos naturais sem receber um tratamento prévio, dotada de má qualidade, causando a degradação da própria qualidade dos meios receptores, causando contaminação em aspectos físicos, químicos e biológicos da água. Já a interferência quantitativa ocorre devido ao desperdício, perdas em sistemas hidráulicos e usos consultivos em geral, gerando um impacto da diminuição do volume de água disponível dos corpos hídricos de uma bacia hidrográfica (PORTO, 2008).

De acordo com estudos da ONU para o ano de 2010, na última metade do século a disponibilidade hídrica para o ser humano diminuiu em cerca de 60%, enquanto houve um aumento populacional de aproximadamente 50%. Tal fator é de extrema preocupação devido ao aumento no grau de competição pela água, principalmente em zonas de baixa disponibilidade como África e Oriente Médio (LASCHEFSKI, 1992).

Esses aspectos têm aumentado os conflitos pela disponibilidade de recursos hídrico, tendo em vista que muitas bacias hidrográficas e aquíferos são partilhados por diferentes países (GOMES; BARBIERI, 2004).

Análises do Programa de Avaliação das Águas Transfronteiriças da ONU sugere que os riscos de conflito devem aumentar nos próximos 15 a 30 anos em quatro regiões principais: Oriente Médio, Ásia Central, a bacia Ganges-Brahmaputra-Meghna e as bacias Orange e Limpopo no sul da África.

Neste sentido é de primordial importância o conhecimento dos fatores ambientais que levam a variação da disponibilidade de água dentro das bacias hidrográficas afim de se tomar medidas visando amenizar tal situação (NATALINA *et al.*, 2007).

A bacia do Rio das Velhas localiza-se na região central do Estado de Minas Gerais, entre as latitudes 17° 15' e 20° 25' S e longitudes 43° 25' e 44° 50' W, apresentando uma forma alongada na direção norte-sul. Sua nascente está localizada no município de Ouro Preto, desaguardo a jusante do reservatório da barragem de Três Marias. Sendo um dos principais afluentes do Rio São Francisco, contribuindo com uma vazão média de 320,5 m<sup>3</sup>/s, representando cerca de 11,2% da contribuição do rio São Francisco no Estado de Minas Gerais.

Entretanto, estudos apontam a situação crítica na qual encontram-se as águas do Rio das Velhas, acusando problemas relacionados tanto a fontes pontuais de poluição, representadas pelos esgotos sanitários, atividades mineradoras e efluentes industriais, quanto a fontes difusas, representadas pela drenagem pluvial da área urbana e rural e por rejeitos de mineração. Isso se deve a boa parte do rio das Velhas, estar encaixada no Quadrilátero Ferrífero, uma das áreas com maior degradação ambiental em estado crítico do Estado devido aos inúmeros empreendimentos de mineração.

A situação de qualidade das águas da bacia vem piorando ao longo dos últimos anos, isto pode estar relacionado ao aumento do uso e ocupação do solo na região, fato que exige ações que visem o controle ambiental.

Tal situação é explicada devido a presença da região metropolitana de Belo Horizonte, que apesar de ocupar apenas 10% da área territorial da bacia, é a principal responsável pela degradação do Rio das Velhas, devido à sua elevada densidade demográfica (mais de 70,8% de toda a população da bacia), e ao contínuo processo de urbanização e aumento das atividades industriais.

### 2.3 Estatística Climática

A estatística é definida como um conjunto de métodos e técnicas que visam por meio do planejamento, observação, processamento, análise e interpretação de bases de informações para elucidar a frequência da ocorrência de determinados eventos, modelar a aleatoriedade e estimar o grau de incerteza de forma a estimar ou permitir a previsão de fenômenos futuros (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Os dados obtidos de diferentes variáveis climáticas em pesquisas observacionais de caráter ambiental geralmente têm como característica apresentarem grande variabilidade (BIELEFELDT *et al.*, 2012). Tal incerteza dificulta uma solução estatística que contemple e mantenha a natureza instável dos dados, sem interferência, porque desta forma ele pode fazer inferências e validar o fenômeno com mais segurança. Para a resolução de tal problema Assad (2004) salienta que o uso de métodos estatísticos mais robusto, como os teste de Mann-Kendall, Kolmogorov-Smirnov entre outros métodos que não sigam uma distribuição estatística específica.

De acordo com Leme (2003) a análise e o ajustamento de variáveis climatológicas contínuas como precipitação e temperatura necessita o conhecimento de modelos e distribuições probabilísticas teóricas visando avaliar-se a frequência e o mudança nos padrões.

Desta maneira a estatística é ferramenta de auxílio para o estudo comportamento climático e suas interações com o ciclo hidrológico (MARENGO; ALVES, 2005). Sendo de fundamental importância para gerar futuros cenários, bem como métodos de interferência que auxiliem na mitigação dos impactos deste fenômeno em escalas regionais e globais.

### 2.4 Estatística não-paramétrica

A estatística não-paramétrica parte do pressuposto que a distribuição da população seja caracterizada por certos parâmetros como tamanho da amostra, distribuição estatística, média e desvio-padrão. Assume-se que a distribuição de origem da amostra é indeterminada e que não apresenta uma distribuição normal. Entretanto faz-se necessário assumir que as amostras são independentes e provenientes de uma mesma distribuição estatística (REIS; ANDRADE, 2015).

O teste de Mann-Kendall foi proposto por Sneyers (1975), é indicado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para a determinação de tendências em séries temporais de elementos climáticos (Yu *et al.*, 2002). O método tem como princípio rejeitar ou não

a hipótese de nulidade ( $H_0$ ), de não existência de tendência nos dados, adotando-se um nível de significância ( $\alpha$ ). O nível de significância é a probabilidade de erro em se rejeitar a  $H_0$  quando a mesma for significativamente verdadeira (SALVIANO *et al.*, 2016).

Para o cálculo da estatística do teste Mann-Kendall ordena-se os dados de acordo com o critério de ocorrência, fazendo-se a comparação entre todos os dados presentes na série de forma pareada. Gerando-se a equação 1:

Equação 1: Somatório das diferenças entre os dados pareados da série

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sign}(x_j - x_k)$$

Após esta etapa usa-se o presente critério para avaliar-se a diferença entre o par ordenado dos dados ao longo da série representado na equação 2:

Equação 2: Critério de amostra

$$\text{sign}(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x > 0 \\ 0, & \text{se } x = 0 \\ -1, & \text{se } x < 0 \end{cases}$$

Após a adoção do critério, prossegue-se para o cálculo da variância, que é a medida de dispersão que representa a distância de cada valor de um determinado conjunto em relação à média. O valor da variância é obtido através da equação 3:

Equação 3: variância do teste Mann-Kendall

$$\sigma^2 = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^P t_j(t_j-1)(2t_j+5)}{18}$$

Em que  $n$  é o número de observações e  $t_j$  é o número de observações iguais no grupo  $j$ . Logo  $S$  e  $\sigma^2$  são empregados para o cálculo da estatística  $Z$  do teste Mann-Kendall. Considerando-se o tamanho amostral presente, usa-se a equação 4 para o cálculo da estatística:

Equação 4: Valor de  $Z$  para o teste Mann-Kendall

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma}, & \text{se } S < 0 \end{cases}$$

Para a análise da tendência utiliza-se valor de  $Z$ , em que se o valor obtido for positivo de  $Z > 0$  significa uma tendência significativa crescente e um valor negativo para  $Z < 0$ , uma tendência decrescente. Entretanto, como os testes serão executados em ambiente computacional adotara-se o  $p$ -valor como parâmetro de comparação, em que a probabilidade  $p$ -valor do Teste de Mann-Kendall for menor que o nível  $\alpha = 0,05$ , a tendência é significativa e  $p$ -valor  $> \alpha = 0,05$ , que a tendência é não-significativa para a presente série (PAZ, 2004).

## 2.5 Regressão linear

A regressão linear e a correlação são técnicas estatísticas empregadas para estimar a dependência linear entre duas variáveis em uma população, além de estabelecer a relação de casualidade (ROBERTO; OLIVEIRA, 2011).

Segundo Neter (1996), o método estatístico de regressão linear utiliza-se da relação entre duas ou mais variáveis de modo que uma variável dependente pode ser predita a partir de uma independente. Para isso é necessário utilizar da equação 5:

Equação 5: Equação da regressão linear

$$Y_i = \beta + \alpha X$$

Em que  $\beta$  é o coeficiente linear, que é explicado por como sendo a representação do valor numérico por onde a reta linear passa pelo eixo das ordenadas, ou seja, quando  $\alpha = 0$ . Já o coeficiente angular  $\alpha$  é a inclinação da reta de Y em função da variável X. O seu valor é determinado através da equação 6.

Equação 6: Coeficiente de determinação

$$\alpha = \frac{\sum X_i \sum Y_i - \frac{\sum X_i Y_i}{n}}{\sum X_i^2 - \frac{\sum (X_i^2)}{n}}$$

A análise do coeficiente angular  $\alpha$ , demonstra se a tendência de aumento, declínio ou nulidade da variável mensurada em relação ao tempo. De tal forma que se possa estimar uma variação no intervalo de tempo estudado (BACK, 2001).



### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1 Área de Estudo**

A bacia Hidrográfica do Rio das Velhas é de fundamental importância para o cenário nacional, pois é caracterizado como sendo um dos principais afluentes do Rio São Francisco, sendo o maior afluente em extensão da bacia do Rio São Francisco. Possuindo aproximadamente 761 km de extensão, uma largura média de cerca de 38,4 m, com uma área de drenagem de 29.173 km<sup>2</sup> (Polignano *et al.*, 2001).

Segundo o censo do IBGE (2010) a região abrange 51 municípios, com área total estimada de 27.867,2 km<sup>2</sup> e abrigando uma população de aproximadamente 4,3 milhões de habitantes. Tais municípios têm uma grande importância econômica no contexto regional contribuindo com aproximadamente 42% do Produto interno bruto (PIB) mineiro devido à sua localização incluir grande parte da Região Metropolitana de Belo Horizonte, sendo esse aspecto um dos principais fatores da degradação de sua qualidade ambiental (LIMA *et al.*, 2011).

De acordo com a classificação de Köppen (Ayoade, 1991), preponderam dois tipos climáticos na região: o tropical de Altitude, nas áreas mais elevadas, e o tropical, nas áreas de menor altitude. Essa classificação climática é característica da região sudeste do país.

#### **3.2 Descrição experimental**

O estudo foi conduzido no laboratório de Hidráulica do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal de Minas Gerais. A área de estudo será a bacia hidrográfica do Rio das Velhas.

No presente estudo foi utilizado dados totais mensais e anuais da precipitação e temperatura do ar disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, em seu Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Foram utilizadas estações presentes dentro da área da bacia, que apresentaram dados de 1961 a 2016.

Tabela 1: Latitude, Longitude, Estação e Período

Municípios	Estação	Latitude	Longitude	Período
Belo Horizonte	83587	20°33'39.99" S	44°33'39.99" W	01/01/1961 a 31/12/2016
Curvelo	83536	19°15'00.00" S	44°45'00.00" W	01/01/1961 a 31/12/2017
Diamantina	83538	18°23'00.00" S	18°23'00.00" W	01/01/1961 a 31/12/2018
Pirapora	83483	17°35'00.00" S	45°31'39.99" W	01/01/1961 a 31/12/2016

**Fonte:** (Carneiro, 2019)

Inicialmente se fez a análise exploratória dos dados para se verificar se os mesmos possuíam uma distribuição normal através do teste de Shapiro-Wilk, este teste tem como objetivo determinar se um conjunto de dados de uma dada variável aleatória, possuem uma distribuição normal. Posteriormente se usou o método proposto pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) para a determinação de tendências em séries temporais de elementos climáticos (Yu *et al.*, 2002), que é um amplamente utilizado para a detecção de tendências climáticas, trabalhos como

A análise da tendência temporal dos totais anuais de precipitação, temperatura média do ar será feita por meio do teste não-paramétrico de Mann- Kendall para a determinação de possíveis tendências presentes na série de dados (SARTORIO, 2008). Posteriormente usou-se a regressão linear para gerar o modelo linear estatístico do comportamento dos dados em função do tempo, bem como a correlação. As análises foram realizadas em ambiente computacional, através do *software livre R* (SUZUKI; SHIMODAIRA, 2006).

O *software R* é amplamente utilizado pela comunidade científica com objetivo de análises estatísticas. Criado por Ross Ihaka e Robert Gentleman em 1993, este *software* pode ser utilizado, distribuído, alterado e melhorado de forma livre. Desde que seja as alterações sejam disponibilizadas livremente na forma de “pacotes”, que são um conjunto de algoritmos para a realização de tarefas em sequência lógica (MATCHING, 2011).

Os dados foram inseridos em planilhas eletrônicas utilizando o *software* Microsoft Excel, depois foram importados para o *software R*, utilizando a ferramenta “file.choose”, que permite a busca e importação de arquivos salvos no repositório computacional.

Atribuiu-se a independência entre às variáveis utilizando-se o comando “attach”. Posteriormente, se prosseguiu para a análise do teste Mann-Kendall, utilizando-se o pacote estatístico “Kendall”, que contem a ferramenta Mann-Kendall que gera o p-valor para o teste Mann-Kendall.

Para a análise de regressão linear, utilizou-se a ferramenta *lm*, que aplicação à equação nº 5 para gerar o modelo estatístico da regressão linear dos dados das variáveis precipitação e temperatura, também gerando o valor do coeficiente de Correlação (MARTINS, 2012).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk, com intuito de avaliar se os dados possuem uma distribuição normal. Tal fato foi negado tendo em vista que todos os dados avaliados não apresentaram distribuição normal, possuindo característica de dados com irregularidade do tipo heterogênea. Isso se deve ao fato de dados climáticos assumirem valores com alto grau de aleatoriedade, excluindo a possibilidade de distribuição normal (COSTA DOS SANTOS *et al.*, 2009).

Através do teste Mann-Kendall foi possível obter o p-value associado aos dados das variáveis em estudo, a fim de ser confirmar a hipótese da possível existência de tendências de aumento na condição climática na região de abrangência da bacia do Rio das Velhas. Os valores obtidos foram representados na tabela nº 2:

Tabela 2: Valores do p-value para o teste Mann-Kendall

Município	Precipitação	Temperatura
Belo Horizonte	0,48748	0,3879
Curvelo	0,6743	0,5983
Diamantina	0,77754	0,80173
Pirapora	0,83681	0,874

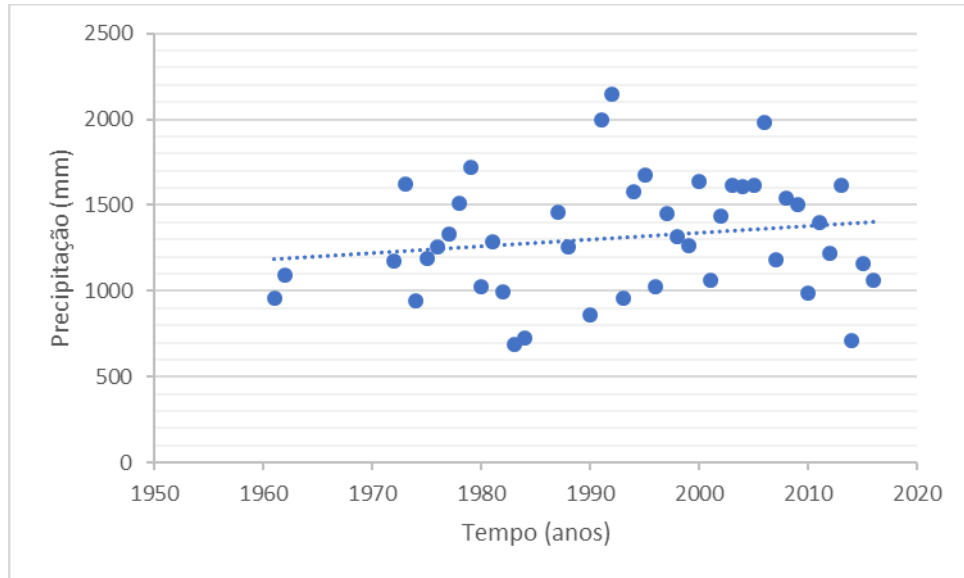
Fonte: Carneiro, 2019)

O p-value é definido como a probabilidade de se observar um valor da estatística de teste maior ou igual ao encontrado (FERREIRA *et al.*, 2015). Desta maneira, pode ser inferir que é o valor máximo a ser obtido através de um teste para que a hipótese de alternativa seja aceita.

Na comparação em relação a  $\alpha=0,05$ , pode-se concluir que todas as estações apresentaram valores superiores ao nível de significância estabelecido, tanto para a variável precipitação quanto para a temperatura média. Desta forma pode-se inferir que a região não apresentou tendências significativas de aumento de temperatura e precipitação.

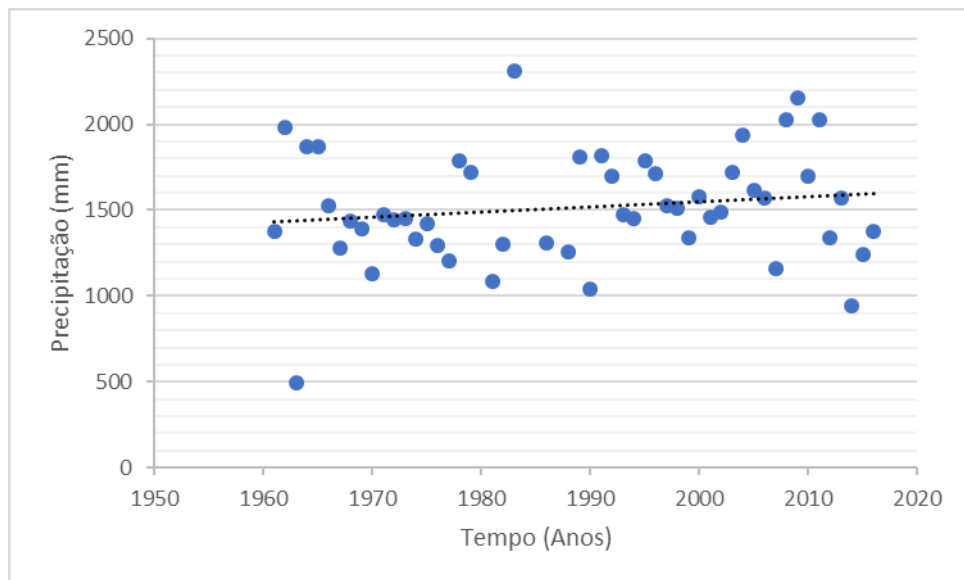
Entretanto o regime de chuvas comportou-se de forma análoga no período em estudo. Mostrando-se homogênea, não sendo detectado pontos de descontinuidade ao longo da série. Como pode-se verificar nos gráficos nº 1, 2, 3 e 4:

Gráfico 1: Precipitação Anual do município de Diamantina, MG.



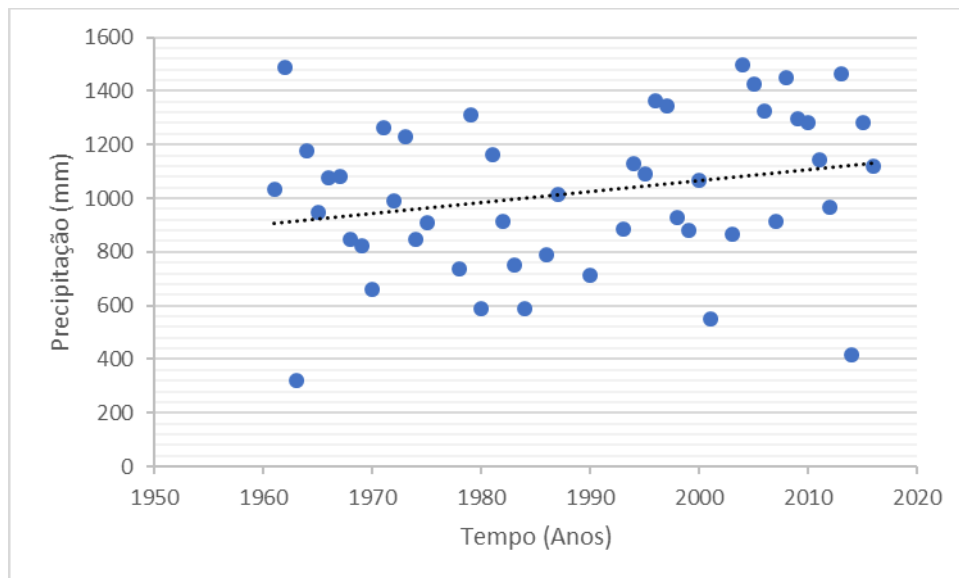
Fonte: (Carneiro, 2019).

Gráfico 2: Precipitação Anual do município de Belo Horizonte, MG.



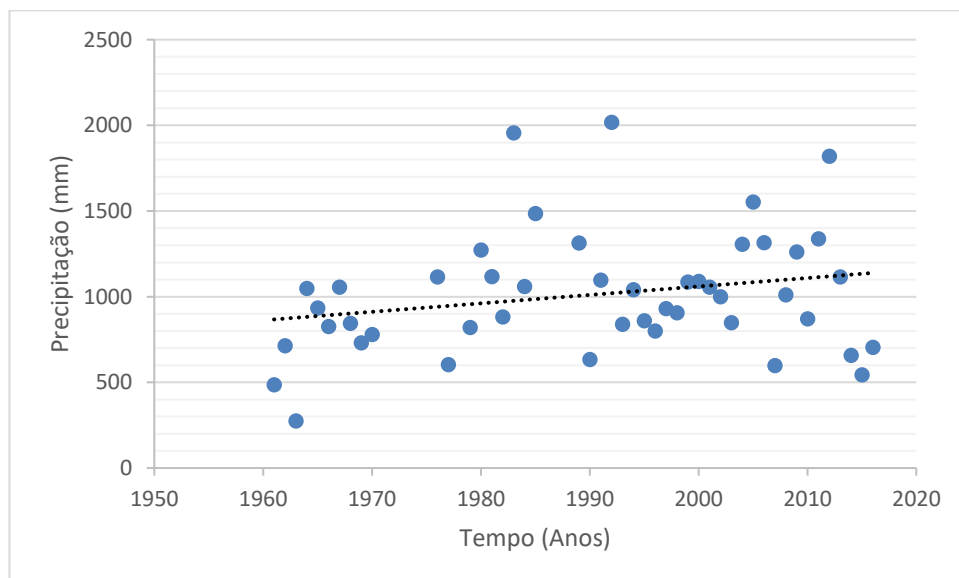
Fonte: (Carneiro, 2019).

Gráfico 3: Precipitação Anual do município de Diamantina, MG.



Fonte: (Carneiro, 2019).

Gráfico 4: Precipitação Anual do município de Pirapora, MG.



Fonte: (Carneiro, 2019).

Salviano (2016) obteve resultados semelhantes, tendo como principal epílogo a não ocorrência de tendências climáticas significativas em mais de 70% do território brasileiro, sendo reforçado por Wagner (1996) que não obteve resultados significativos para a precipitação no Estado do Ceará, situado na região Nordeste do Brasil.

Outro parâmetro avaliado foi o coeficiente angular da equação de regressão linear. Que expressa a relação entre duas variáveis através de um modelo matemático, que associa uma variável dependente com a variável independente. E o coeficiente de determinação é definido como sendo uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear, ou seja, qual o percentual da variável dependente é explicado em relação a variável independente. Os valores obtidos foram representados na tabela nº 3:

Tabela 3: Valores referentes ao coeficiente angular e coeficiente de determinação

Município	Precipitação	R	Temperatura	R
Belo Horizonte	0.0187	0,0012733	0,0937	0,004
Curvelo	0.0117	0,037595	0,0086	0,051
Diamantina	0.00832	0,000829	0,0142	0,032
Pirapora	0.00594	0,029013	0,4358	0,00002

**Fonte:** (Carneiro, 2019)

A temperatura média anual constitui-se como uma grandeza relacionada diretamente com o balanço local de radiação, massas de ar, topografia e troca de energia de áreas naturais, com a vegetação e de áreas modificadas por processos como urbanização, reflorestamento e uso agrícola. Essa variável afeta diretamente o perfil de precipitação de uma determinada área tendo em vista que a precipitação constitui um dos mais importantes componentes do ciclo hidrológico, sendo um elo de ligação entre a água presente na atmosfera e a água armazenada no solo.

Para Blain (2009) ressalta que fatores de escala local parecem causar sobreposição a possíveis fatores de influência global, no aumento médio dos valores de variáveis climáticas. Desta maneira investigações a respeito de possíveis interferências de fenômenos atmosféricos no clima fazem-se necessárias, afim de se estabelecer em que parâmetros as variações climatológicas podem ser consideradas de ordem normal (FERREIRA, DENISE HELENA LOMBARDO; PENNEREIRO, 2011).

Observa-se, portanto, a necessidade de avaliar e isolar fenômenos locais, relativos à urbanização na região, com finalidade de se avaliar a influência deste fenômeno nos parâmetros climatológicos regionais, antes que investigações de ordem global sejam realizadas em séries históricas de postos meteorológicos (BARBOSA SILVA; VIEIRA DE AZEVEDO, 2008).

Também se observou uma grande falha de dados e ocorrência de dados discrepantes com a realidade. A existência dessas falhas presentes nas séries históricas se deve-se basicamente, à ausência de observadores, falhas no aparelho de registro, perda de anotações ou equívoco nas transcrições de registros pelos operadores (Streck *et al.*, 2009; Bertoni & Tucci, 2007).

De acordo Baba (2014) essas falhas diminuem o grau de confiabilidade estatístico, tendo em vista que o número de amostras validas diminui. Já Ventura (2012) propõem métodos para validar essas falhas utilizando medias ponderadas, interpolação ou medias geométricas.



## **5 CONCLUSÃO**

O estudo aponta para a tendência de não ocorrência de mudanças nos padrões de precipitação e na temperatura média na bacia do Rio das Velhas, sendo tal fato comprovado pela análise estatística não-paramétrica através do teste Mann-Kendall. O uso de regressão linear apontou que não houve acréscimos nos parâmetros em estudo.

A ocorrência de falhas e de valores discrepantes em relação a realidade, tal fato ocorre devido a inúmeras causas como ausência de observadores, falhas nos aparelhos de registro, falhas nas transcrições de registros, dificultando a solidez estatística do estudo.

## 6. REFERÊNCIAS

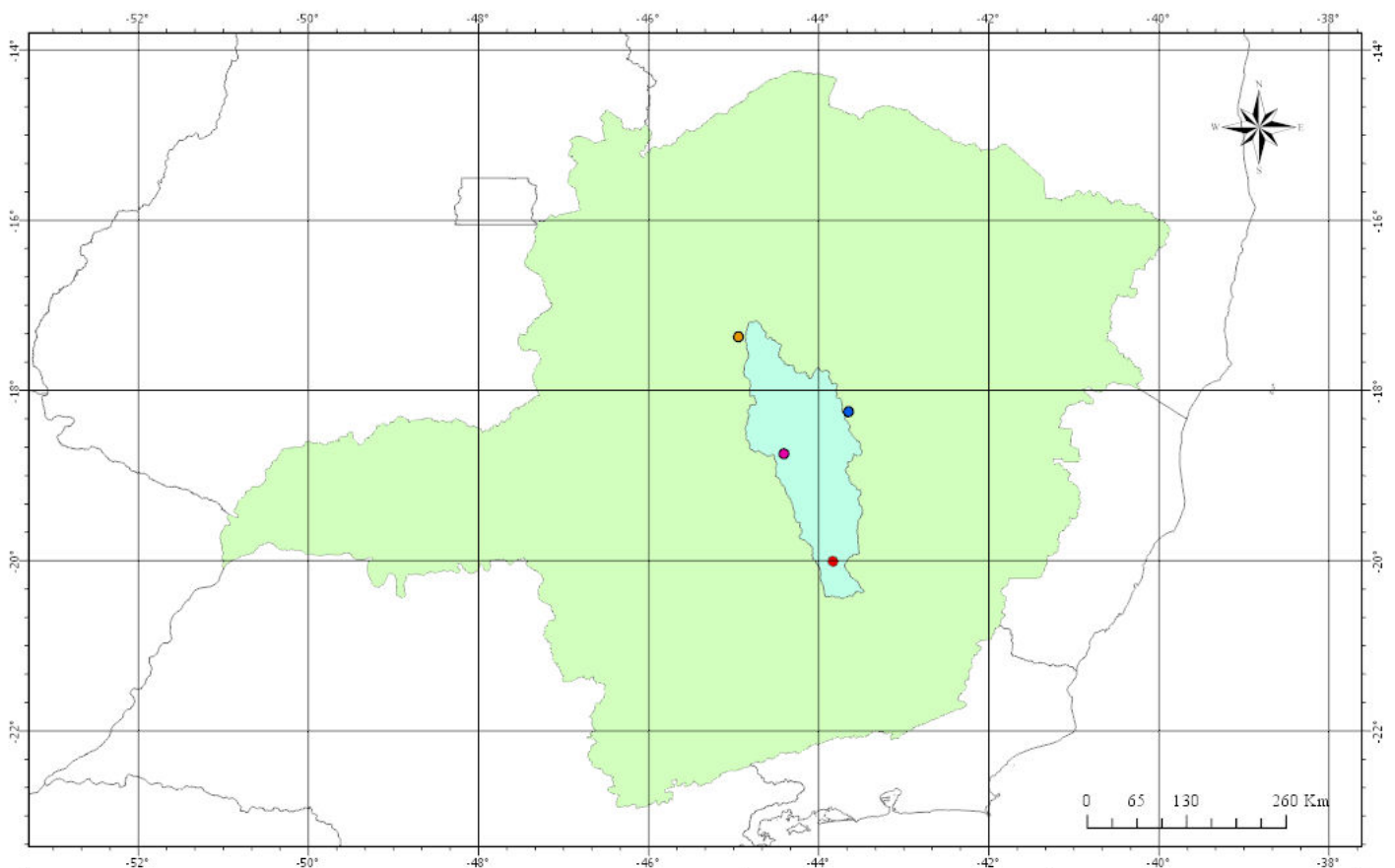
- ARAÚJO, Lincoln Eloi De et al. Bacias Hidrográficas E Impactos Ambientais. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 8, n. 1, p. 1–18, 2009.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Editora Bertrand Brasil, 3ª Edição, 1991.
- BABA, R. K. Correlação de Dados Agrometeorológicos utilizando Métodos Estatísticos. Ponta Grossa, 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em computação aplicada a agricultura), Universidade Estadual de Ponta Grossa.
- BARBOSA SILVA, Gildarte; VIEIRA DE AZEVEDO, Pedro. Índices de Tendências de mudanças climáticas no estado da Bahia. *Engenharia Ambiental – Espírito Santo do Pinhal*, v. 5, n. 3, p. 141–151, 2008.
- BLAIN, Gabriel Constantino. Séries anuais de temperatura máxima média do ar no Estado de São Paulo: variações e tendências climáticas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 25, n. 1, p. 114–124, 2010.
- COSTA DOS SANTOS, Carlos *et al.* Tendências dos índices de precipitação no estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 24, n. 1, p. 39–47, 2009.
- DANTAS, Antonio Augusto Aguilar; CARVALHO, Luiz Gonsaga De; FERREIRA, Elizabeth. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- FOLHES, Marcelo. Caracterização climática e estudo de tendências nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). **Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 1, n. 1, p. 61–71, 2006.
- FERREIRA, Denise Helena Lombardo; PENEREIRO, Júlio César. Estatística apoiada pela tecnologia: uma proposta para identificar tendências climáticas. p. 87–105, 2011.
- FERREIRA, Juliana Carvalho; PATINO, Cecilia Maria. Educação continuada: Metodologia científica O que realmente significa o valor-p? *J Bras Pneumol*, v. 41, n. 5, p. 485–485, 2015.
- GOMES, Jésus de Lisboa; BARBIERI, José Carlos. Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no Estado de São Paulo: um novo modelo de política pública. **Cadernos BAPE.BR**, v.2, n.3, p.01-21, 2004.
- GUIMARÃES DE CARVALHO, Rodrigo. As Bacias Hidrográficas Enquanto Unidades De Planejamento E Zoneamento Ambiental No Brasil Watersheds As Units of Planning and Environmental Zoning in Brazil Las Cuencas Hidrográficas Como Unidades De

- Planificación Y Zonificación Ambiental En Brasil. **Caderno Prudentino De Geografia**, v. 36, p. 26–43, 2014.
- IPCC. **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers and Technical Summary**. Cambridge Univ. Press, Cambridge., 2014.
- LEME, Edson J A. hidrologia Estatística da Vazão Mínima do Rio Jaguari Mirim. **Revista Ecosistema**, v. 27, p. 77–82, 2003.
- MARENGO, José A.; ALVES, Lincoln Muniz. Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 215–226, 2005.
- MÉNDEZ, J., NÁVAR J., Y González V. Analysis of rainfall trends ( 1920-2004 ) in Mexico. *Investigaciones Geográficas*, v. 65, n. 900, p. 38–55, 2008.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, É. J. A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007.
- NATALINA, Alexandra et al. Períodos De Retorno Para O Rio Paraguai. **Revista de Geociências**, v. 26, p. 369–378, 2007.
- NÓBREGA, Ranyére Silva; SANTIAGO, Gabriela Ayane Chagas Felipe; SOARES, Deivide Benicio. **Tendências Do Controle Climático Oceânico Sob a Variabilidade Temporal Da Precipitação No Nordeste Do Brasil** (Control Trends Oceanic Climate Under Temporary Variability of Rainfall in Northeast Brazil). *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 18, p. 9–26, 2016.
- NETER, J. et al. **Applied Linear Statistical Models**. McGraw Hill, 1996
- ROBERTO, Célio; OLIVEIRA, Isidio De. Utilização da análise de regressão na estimação do comportamento dos custos: um estudo em oficina multimarcas. p. 32–44, 2011.
- SALVIANO, Marcos Figueiredo; GROppo, Juliano Daniel; PELLEGRINO, Giampaolo Queiroz. Análise de tendências em dados de precipitação e temperatura no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, n. 1, p. 64–73, 2016.
- STRECK, N. A.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; GABRIEL, L. F.; PAULA, G. M. de. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a oscilação decadal do Pacífico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.12, p.1553-1561, 2009. Tucci, C. E. M. Regionalização de vazão. Porto Alegre: UFRGS, 2002, 256p.
- TUCCI, C. E. M., **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, Editora UFRGS, Porto Alegre - RS, 1995.
- VENTURA, T. M. Preenchimento de falhas de dados micrometeorológicos utilizando técnicas de inteligência artificial. Dissertação (Dissertação em Física Ambiental) –UFMT, 2012.

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.

# **Anexo I**





**BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS  
MINAS GERAIS**

**BASE CARTOGRÁFICA**

Malha Municipal do IBGE (2010) -  
Base Vetorial de Minas Gerais  
Sistema de Coordenadas Geográficas  
Datum Horizontal SIRGAS 2000 Zona 23S  
Junho/2019

**LEGENDA**

- Limites do Estado de Minas Gerais
- Estação: 83587 - Belo Horizonte -MG
- Estação: 83536 - Curvelo -MG
- Estação: 83538 - Diamantina -MG
- Estação: 83583 - Pirapora -MG