

NAÍMA SOLTAU FERRÃO

ESTUDO DA TENDÊNCIA NAS SÉRIES TEMPORAIS DE  
TEMPERATURA EM GUAXUPÉ/MG (1960-2008)

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Matemática e Estatística, para a obtenção do título de Especialista em Matemática e Estatística.

Orientadora  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thelma Sáfadi

Lavras  
Minas Gerais – Brasil  
2009

NAÍMA SOLTAU FERRÃO

ESTUDO DA TENDÊNCIA NAS SÉRIES TEMPORAIS DE  
TEMPERATURA EM GUAXUPÉ/MG (1960-2008)

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Matemática e Estatística, para a obtenção do título de Especialista em Matemática e Estatística.

Aprovada em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_ .

---

---

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>a</sup>. Thelma Sáfaci  
Universidade Federal de Lavras - UFLA  
(Orientadora)

Lavras  
Minas Gerais – Brasil

Dedico este trabalho ao meu esposo Samuel com quem pretendo compartilhar do amanhecer até findarem os meus dias.

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), por meio do Departamento de Ciências Exatas (DEX) pela oportunidade e apoio ao longo do curso.

À Professora Thelma Sáfadi, pela orientação e compreensão.

Aos professores, pelos ensinamentos.

Aos colegas, pelo convívio, amizade e momentos de descontração.

Aos funcionários do DEX, em especial a Joyce da Silva Avelino, pela eficiência e boa vontade.

Ao meu esposo Samuel Soltau pela paciência, compreensão, incentivo e pelo seu amor.

E, principalmente a Deus. A Ele toda a Glória e todo o Poder para sempre!

Muito Obrigada!!

## Resumo

A análise de séries temporais permite identificar e descrever o comportamento de uma variável no tempo. Este trabalho tem por objetivo empregar análise estatística para identificar as tendências anuais da temperatura mínima, máxima e média anual com base nos dados mensais dos anos de 1961 a 2008, registrados pela estação meteorológica da Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda. (Cooxupé), com o intuito de verificar se o comportamento dessas variáveis climáticas acompanha a tendência prevista nos relatórios oficiais do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), IPCC (2001). Os dados foram tratados com o *software* estatístico *R Project* RDCT (2009). Visando verificar a existência de tendências anuais na temperatura e interpretar tais resultados em termos de variabilidade climática, foram empregados a análise de regressão e o *teste de sequências* (Wald-Wolfowitz), Morettin (1985). O estudo investigou se o aumento global da temperatura pode ser detectado em âmbito regional e local e, em que ordem de magnitude. Os resultados indicam que houve tendência significativa no aumento da temperatura média anual de aproximadamente 0,018 °C/ano e em relação à temperatura máxima média anual e mínima média anual, os resultados apresentaram tendência crescente.

**Palavras-chave:** séries temporais, tendência, temperatura, análise de regressão, Wald-Wolfowitz, IPCC.

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>13</b>
3.1	Mudanças Climáticas . . . . .	13
3.2	Séries Temporais . . . . .	15
3.2.1	Representação de uma série temporal . . . . .	15
3.2.2	Análise de uma série temporal . . . . .	16
3.2.3	Tendência . . . . .	17
3.2.4	Equações da Tendência . . . . .	18
3.2.5	Sazonalidade . . . . .	19
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>22</b>
5.1	Análise da Série Temporal de Temperatura Mínima Média Anual . . . . .	23
5.2	Análise da Série Temporal de Temperatura Máxima Média Anual . . . . .	24
5.3	Análise da Série Temporal de Temperatura Média Anual . . . . .	25
5.4	Análise da Sazonalidade . . . . .	26
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>28</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>29</b>

## Lista de Figuras

1	Representação gráfica da série de temperatura mínima mensal em Guaxupé/MG (1960-2008) . . . . .	22
2	Representação gráfica da série de temperatura máxima mensal em Guaxupé/MG (1960-2008) . . . . .	22
3	Representação gráfica da série de temperatura média anual em Guaxupé/MG (1960-2008) . . . . .	23
4	Representação gráfica da reta de tendência da temperatura mínima anual de Guaxupé/MG (1960–2008) sobre a média dos dados observados . . . . .	24
5	Representação gráfica da reta de tendência da temperatura máxima anual - Guaxupé/MG (1960-2008) sobre a média dos dados observados . . . . .	25
6	Representação gráfica da reta de tendência da temperatura média anual - Guaxupé/MG (1960-2008) . . . . .	26
7	Gráfico Boxplot Tmin . . . . .	27
8	Gráfico Boxplot Tmax . . . . .	27
9	Decomposição da série da Tmin . . . . .	27
10	Decomposição da série da Tmax . . . . .	27

Lista de Tabelas

1	Estimativas dos parâmetros do modelo com seus erros padrões e teste da hipótese para $\beta_1 = 0$ da temperatura mínima média anual . . . . .	24
2	Estimativas dos parâmetros do modelo com seus erros padrões e teste da hipótese para $\beta_1 = 0$ da temperatura máxima média anual . . . . .	25
3	Estimativas dos parâmetros do modelo com seus erros padrões e teste da hipótese para $\beta_1 = 0$ da temperatura média anual . . . . .	26
4	Temperatura mínima medida em Guaxupé (1960–2008). . . . .	i
5	Temperatura máxima medida em Guaxupé (1960–2008). . . . .	ii
6	Temperaturas médias anuais calculadas para Guaxupé (1960–2008). . . . .	iii



## Lista de Abreviaturas e Siglas

<b>Cooxupé</b>	Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda
<b>DEX</b>	Departamento de Ciências Exatas
<b>GEE</b>	Gases de Efeito Estufa
<b><i>IPCC</i></b>	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
<b>MMQ</b>	Método dos Mínimos Quadrados
<b><i>OMM</i></b>	<i>Organização das Nações Unidas para o Meio Ambiente</i>
<b>TAR</b>	Terceiro Relatório de Avaliação
<b>Tmax</b>	Temperatura máxima média anual
<b>Tmed</b>	Temperatura média anual
<b>Tmin</b>	Temperatura mínima média anual
<b><i>UNEP</i></b>	<i>United Nations Environment Programme</i>
<b><i>WMO</i></b>	<i>World Meteorological Organization</i>

# 1 INTRODUÇÃO

Evidências sobre a possibilidade de mudança do clima em nível mundial e o comportamento das variáveis climáticas têm despertado o interesse na comunidade científica.

O relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) IPCC (1997; 2001;a), divulgado pela Organização Mundial de Meteorologia/*Intergovernmental Panel on Climate Change* Intergovernmental Panel on Climate Change/Programa da Organização das Nações Unidas para o Meio Ambiente (OMM/WMO-UNEP) indica uma situação inquietante quanto ao aumento da temperatura no planeta.

Segundo Marengo (2006; p. 19), no Terceiro Relatório de Avaliação (TAR), o IPCC concluiu que a temperatura média da atmosfera aumentou  $0,6^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$  ao longo de todo o século XX. O autor assinala ainda que os modelos globais empregados pelo IPCC mostram que entre 1900 e 2100, a temperatura global poderá aquecer entre  $1,4^{\circ}\text{C}$  e  $5,8^{\circ}\text{C}$  tendo como referência a média de 1990. Tal aquecimento é mais rápido do que aquele detectado no início do século XX e, aparentemente, não possui precedentes durante, pelo menos, os últimos 10.000 anos.

Através da análise de séries temporais podemos estudar as possíveis variações climáticas, num certo período, com a criação de estruturas matemáticas que representam o passado e que podem prever um comportamento futuro.

Com base nos dados mensais de temperatura mínima e máxima dos anos de 1961 a 2008, registrados pela estação meteorológica da Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda. (Cooxupé) pretende-se avaliar o comportamento da temperatura nos últimos 49 anos, como forma de identificar as possíveis tendências de variabilidades e mudanças no comportamento destes parâmetros, na cidade de Guaxupé/MG. E assim verificar se o comportamento dessas variáveis climáticas acompanha a tendência prevista nos relatórios oficiais do IPCC.

A organização deste trabalho é apresentada de forma resumida, a seguir.

Na Revisão de Literatura apresentam-se as principais considerações sobre mudanças climáticas e séries temporais.

Em Material e Métodos, descrevem-se as séries das temperaturas mínima média ( $T_{min}$ ), máxima média ( $T_{max}$ ) e média anual da cidade de Guaxupé/MG junto com a metodologia empregada para a determinação da existência de tendência nas séries.

Em Resultados e Discussões, apresentam-se a análise descritiva e gráfica dos dados das séries estudadas e resultados obtidos com a análise de regressão e o emprego do teste da tendência.

Finalmente, são apresentadas as Conclusões referentes à análise descritiva em relação aos modelos empregados.

## 2 OBJETIVOS

Este trabalho tem por objetivo usar análise estatística para estudar a variação mensal de temperatura atmosférica mínima, máxima e média anual do município de Guaxupé/MG.

Este estudo será feito através de uma análise das séries temporais visando verificar a existência de tendências anuais da temperatura interpretando tais resultados em termos de variabilidade climática.

## 3 REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1 Mudanças Climáticas

Mudanças climáticas, segundo o IPCC (2001), são mudanças temporais do clima, devido à variabilidade natural e ao resultado de atividades antrópicas.

Segundo Back (2000), há diferença entre mudança climática e tendência climática. Enquanto a primeira é uma mudança abrupta durante o período de registro, de um valor médio para outro, tendência climática é uma mudança caracterizada por um suave acréscimo ou decréscimo nos valores médios no período de registro.

Quando se fala em mudança climática e em aquecimento global, refere-se ao incremento, além do nível normal, da capacidade da atmosfera em reter calor. Conforme o IPCC (2001), o aumento da concentração dos gases de efeito estufa (GEE) aumenta a magnitude da interferência no sistema climático, aumentando a probabilidade de ocorrência de diversos impactos decorrentes das mudanças climáticas.

A alteração persistente da temperatura global tem potencial para provocar impactos nos sistemas ecológicos naturais e sistemas socioeconômicos.

Segundo Marengo (2006), a Terra sempre passou por ciclos naturais de aquecimento e resfriamento, da mesma forma que períodos de intensa atividade geológica lançaram à superfície quantidades colossais de gases que formaram de tempos em tempos uma espécie de bolha gasosa sobre o planeta, criando um efeito estufa natural.

Dashefsky (2001) define o aquecimento global como sendo o “aumento gradual da temperatura da superfície da Terra através do aumento da quantidade de gases-estufa na atmosfera desencadeado por ações antrópicas”.

Portanto, o grande desafio é investigar se o aumento global da temperatura da atmosfera já pode ser detectado em âmbito regional e local e em que ordem de magnitude.

Em geral, as mudanças climáticas locais são medidas por meio de análise de séries históricas de variáveis meteorológicas. De acordo com as tendências destas variáveis para um determinado local é observado se ocorreram mudanças no clima.

O estudo de séries temporais tem mostrado grande utilidade em várias áreas. Aplicado

a variáveis climáticas, o estudo das séries permite fazer a análise dos dados, destacando causas ou efeitos de possíveis irregularidades.

Back (2000) utilizou a análise de regressão e o teste de Mann-Kendal para identificar tendências anuais da temperatura e precipitação pluvial no estado de Santa Catarina.

Medeiros et al. (2005) obtiveram estimativas da temperatura do ar mínima, média e máxima, a partir de equações de regressão múltipla, com ajuste quadrático, gerando mapas temáticos a partir das equações ajustadas.

Silva et al (2008) descrevem o comportamento da série de temperatura média mensal da cidade de Uberlândia, MG por meio do seu modelo de decomposição, verificando a existência dos componentes sazonalidade e/ou tendência;

Berlato (1995) avaliando a tendência temporal da precipitação anual no Rio Grande do Sul, pela técnica dos mínimos quadrados, encontraram tendência negativa na precipitação pluviométrica no primeiro período analisado(1913–1951) e uma tendência positiva no segundo período analisado(1952–1990).

Winke et al (2008) estudou a distribuição temporal da precipitação total anual (mm) no município de Pelotas/RS, no período de 1931 a 2007 através por meio do teste de Mann-Kendall, detectando uma tendência significativa crescente das temperaturas mínimas médias anuais para o período.

## 3.2 Séries Temporais

Uma série temporal é definida como sendo um conjunto de observações a uma determinada variável avaliada ao longo do tempo Morettin (2004)

Segundo Morettin (2004), os objetivos de se analisar as séries temporais são:

- Investigar o mecanismo gerador da série temporal;
- Fazer previsões de valores futuros da série;
- Descrever apenas o comportamento da série; comportamento do gráfico, tendência, ciclos e variações sazonais.
- Procurar periodicidades relevantes nos dados.

De acordo com Chatfield (1996), os motivos para se realizar a análise de séries temporais são: descrição, explicação, previsão e controle.

### 3.2.1 Representação de uma série temporal

O modelo clássico para séries temporais é supor que uma série  $Z_1, Z_2, \dots, Z_N$  possa ser escrita como a soma de três componentes não observáveis: tendência ( $T_t$ ), sazonalidade ( $S_t$ ) e a variação aleatória denominada ruído branco ( $a_t$ ).

- Tendência ( $T_t$ ): Componente caracterizada por um movimento ascendente ou descendente de longa duração (períodos maiores de que um ano). Quando a componente tendência não está presente em uma série temporal recebe o nome de *série estacionária*.
- Sazonalidade ( $S_t$ ): É um movimento de repetição padrão nos dados; flutuações regulares que se repetem em períodos de curta duração.
- Ruído Branco ou Componente aleatória ( $a_t$ ): Um erro é chamado de ruído branco quando possui distribuição normal, sendo a média de seus componentes zero e a variância constante. É um movimento oscilatório de curta duração e de grande

instabilidade que exprime a influência de fatores casuais, como por exemplo, secas, enchentes, greves etc.

Quando uma componente não depende das outras, usualmente se utiliza o modelo aditivo, da forma:

$$Z_t = T_t + S_t + a_t, \quad t = 1, \dots, N \quad (1)$$

Quando existe uma dependência entre os componentes, é adequado utilizar-se o modelo multiplicativo, da forma:

$$Z_t = T_t \times S_t \times a_t, \quad t = 1, \dots, N \quad (2)$$

### 3.2.2 Análise de uma série temporal

Ao analisar uma série temporal, deve-se estudar cada um dos componentes separadamente, retirando-se o efeito dos outros. Esta análise pode ser feita no domínio do tempo e no domínio da frequência.

As análises de *domínio temporal* procuram caracterizar as séries de dados nos mesmos termos em que são observados e reportados. Considera-se que as observações presentes e futuras podem ser preditas, com certo grau de incerteza, pela soma da combinação linear de valores passados de uma série de ruídos e um componente determinístico ortogonal Coelho Junior et al. (2009).

As análises no *domínio de frequência* representam as séries de dados em termos de contribuições ocorrendo em diferentes escalas temporais, ou frequências características. Cada escala temporal é representada por um par de funções seno e cosseno. A série completa é considerada como uma soma ou superposição linear de ondas periódicas de senos e cossenos de diferentes períodos ou frequências.

Morettin (2004) salienta que a construção de um gráfico é o primeiro passo na análise de



uma série temporal. Uma inspeção revelaria características importantes como a existência de tendência, sazonalidade, variabilidade assim como variações atípicas (“*outliers*”) etc.

### 3.2.3 Tendência

Supondo-se a ausência de sazonalidade  $S_t$  e que o modelo é aditivo temos que

$$Z_t = T_t + a_t \quad (3)$$

Onde  $a_t$  é um ruído branco com média e variância constante.

Para analisar a tendência podemos citar dois métodos muito utilizados:

- ajuste de uma função polinomial do tempo que pode ser realizado por modelos de regressão polinomial;
- análise do comportamento da série ao redor de um ponto, estimando a tendência naquele ponto (modelos auto-regressivos).

Morettin (1985; p. 55), sugere o uso de testes estatísticos de hipóteses para verificar se existe tendência na série: *teste de sequências* (Wald-Wolfowitz), *teste do sinal* (Cox-Stuart) e o teste baseado no coeficiente de correlação de Spearman. A seguir descreveremos o *teste de sequências* (Wald-Wolfowitz) e o *teste do sinal* (Cox-Stuart).

#### Teste de Sequências (Wald-Wolfowitz)

Considere as  $N$  observações  $Z_t$ ,  $t = 1, \dots, N$ , de uma série temporal e seja  $m$  a mediana destes valores. Atribuímos a cada valor  $Z_t$  o símbolo  $A$ , se ele for maior ou igual a  $m$ , e  $B$  se ele for menor que  $m$ . Teremos, então,  $N = (n_1 \text{ pontos } A) + (n_2 \text{ pontos } B)$ . A estatística usada no teste é  $T = \text{número total de sequências}$ .

Rejeitamos a hipótese nula  $H_0$  se há poucas sequências, ou seja, se  $T$  for pequeno. Para um dado, rejeitamos  $H_0$  se  $T < w_\alpha$ , onde  $w_\alpha$  é o  $\alpha$  – *quantil* da distribuição de  $T$ , que é tabelado.

Para  $n_1$  ou  $n_2$  maior que 20 podemos usar a aproximação normal, isto é,  $T \sim N(\mu, \sigma^2)$  onde

$$\begin{aligned}\mu &= \frac{2n_1n_2}{N} + 1 \\ \sigma &= \sqrt{\frac{2n_1n_2(2n_1n_2 - N)}{N^2(N - 1)}}\end{aligned}$$

### Teste do Sinal (Cox-Stuart)

Segundo Morettin (1985; p. 55), o *teste do sinal* (Cox-Stuart), consiste em agrupar as observações em pares  $(Z_1, Z_{1+c}), (Z_2, Z_{2+c}), \dots, (Z_{N-c}, Z_N)$ . Sendo  $c = \frac{N}{2}$ , se  $N$  é par e  $c = \frac{N+1}{2}$ , se  $N$  é ímpar.

A cada par  $(Z_i, Z_{i+c})$  associa-se o sinal positivo (+), se  $Z_i < Z_{i+c}$  e o sinal negativo (-), se  $Z_i > Z_{i+c}$ , eliminando os empates, isto é, quando  $Z_i = Z_{i+c}$ .

Seja  $n$  o número de pares onde  $Z_i \neq Z_{i+c}$ . Testa-se a hipótese de nulidade (Teste bilateral).

$$H_0 : P(Z_i < Z_{i+c}) = P(Z_i > Z_{i+c}), \forall i : \text{não existe tendência}$$

$$H_1 : P(Z_i < Z_{i+c}) \neq P(Z_i > Z_{i+c}), \forall i : \text{existe tendência}$$

Um teste unilateral  $H_0$  : não existe tendência positiva contra  $H_1$  : existe tendência positiva, é dado substituindo  $=$  por  $\leq$  e  $\neq$  por  $>$ , respectivamente em  $H_0$  e  $H_1$  acima.

Seja  $T$  é o número de sinais positivos. Então, para  $n \leq 20$ , a regra de decisão é baseada na distribuição binomial e para  $n > 20$  podemos usar a aproximação normal.

Considere o teste unilateral mencionado acima. Valores grandes de  $T$  indicam que “+” é mais provável que “-”, portanto rejeitamos  $H_0$  se  $T > n - t$ , onde  $t$  é encontrado numa Tabela de distribuição binomial, com parâmetros  $p = \frac{1}{2}$  e  $n$ , para um dado nível de significância  $\alpha$ .

### 3.2.4 Equações da Tendência

Podemos representar a tendência de uma série temporal por meio de uma equação, que pode ser uma reta ou de uma curva, tomando como parâmetro a que melhor se adequar

aos dados. Este ajuste é obtido através do Método dos Mínimos Quadrados (MMQ).

Uma tendência polinomial é representada por:

$$T_t = \beta_0 + \beta_1 t + \dots + \beta_m t^m \quad (4)$$

onde o grau  $m$  do polinômio é bem menos que o numero de observações.

Se consideramos um polinômio de primeiro grau , o modelo se reduz a:

$$Z_t = \beta_0 + \beta_1 t + a_t \quad (5)$$

O MMQ pode ser utilizado para analisar a equação de uma reta ou curva de tendência. Este processo é utilizado para a obtenção dos coeficientes lineares de regressão. A análise de regressão pode indicar alterações climáticas por meio do teste de significância do coeficiente angular.

Os valores de  $\beta_0$  e de  $\beta_1$ , na equação linear de tendência podem ser calculados, através das seguintes fórmulas, obtidas, com base no MMQ:

$$\beta_0 = \bar{Z} - \beta_1 \bar{t} \quad (6)$$

$$\beta_1 = \frac{\sum_{t=1}^N t Z_t - \left[ \left( \sum_{t=1}^N t \right) \left( \sum_{t=1}^N Z_t \right) \right] / N}{\sum_{t=1}^N t^2 - \left( \sum_{t=1}^N t \right)^2 / N} \quad (7)$$

### 3.2.5 Sazonalidade

Muitas séries temporais exibem um comportamento que tende a se repetir a cada período de tempo.

Para verificar a existência de sazonalidade em uma série, encontramos em Morettin (2004) os testes de Kruskal-Wallis, de Friedman e o teste F para análise de variância.

## Teste de Fisher

Proposto por Priestley (1989; p. 407-415) para verificar a existência de periodicidade na série, por meio da estatística  $g$ .

As hipóteses a serem testadas são:

$H_0$ : não existe sazonalidade

$H_1$  : existe sazonalidade

A estatística  $g$  do teste é dada por:

$$g = \frac{\max I_p}{\sum_{p=1}^{N/2} I_p} \quad (8)$$

em que  $I_p$  é o valor de periodograma no período  $p$  e  $N$  é o número de observações da série.

A estatística do teste de Fisher,  $z_\alpha$ , é dada por:

$$z_\alpha = 1 - \left(\frac{\alpha}{n}\right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (9)$$

onde  $n = \frac{N}{2}$  e  $\alpha$  é o nível de significância do teste.

Se  $g > z_\alpha$ , rejeita-se  $H_0$ , ou seja, a série apresenta sazonalidade  $p$ .

## 4 MATERIAL E MÉTODO

As séries analisadas são da temperatura anual (mínima, máxima e média) do município de Guaxupé/MG. Foram usados dados da estação meteorológica da Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda. (Cooxupé), na cidade de Guaxupé/MG. A estação está localizada na latitude 21° 20' S, longitude 46° 45' W, altitude: 700 m. Os dados analisados foram divulgados no *website* da Cooperativa e abrangem o período de 1960 à 2008 formando uma série temporal com 588 observações (49 anos  $\times$  12 meses). Essas séries se encontram, respectivamente, nas Tabelas 4 e 5. (Anexo).

Com o auxílio do *software* estatístico *R Project* RDCT (2009), os dados foram organizados em Tabelas e gráficos para demonstrar as variações climáticas entre os últimos anos.

O mesmo *software* foi utilizado para o tratamento estatístico dos dados, determinação dos coeficientes das equações de regressão linear, teste da tendência e do coeficiente de determinação.

A metodologia aplicada obedece aos seguintes passos:

1. Cálculo das médias anuais da temperatura máxima, mínima e média e confecção de suas Tabelas.(ver Tabela 6).
2. Construção dos gráficos das séries para análise visual gráfica preliminar.
3. Aplicação dos teste de sequências (Wald-Wolfowitz)Morettin (2004) com o auxílio do *software* estatístico *R Project* RDCT (2009) para verificar a existência de tendência.
4. Determinar os coeficientes estatísticos das equações para um modelo de regressão linear dado por  $T_t = \beta_0 + \beta_1 t$  e construir um gráfico com a série original e a linha da tendência.
5. Interpretar os resultados em termos de variabilidade climática.

## 5 RESULTADOS

Os gráficos a seguir (Figuras 1, 2 e 3), confeccionados no *software* estatístico *R Project* RDCT (2009), representam a distribuição temporal das temperaturas anuais (mínima, máxima e média) no município de Guaxupé/MG no período de 1960–2008.

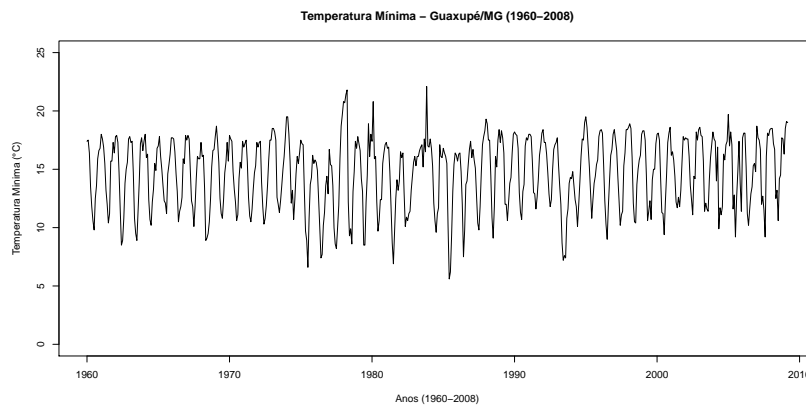


Figura 1: Representação gráfica da série de temperatura mínima mensal em Guaxupé/MG (1960-2008)

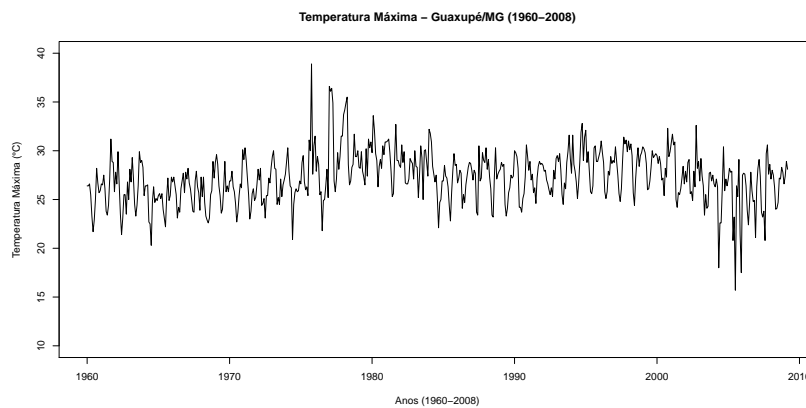


Figura 2: Representação gráfica da série de temperatura máxima mensal em Guaxupé/MG (1960-2008)

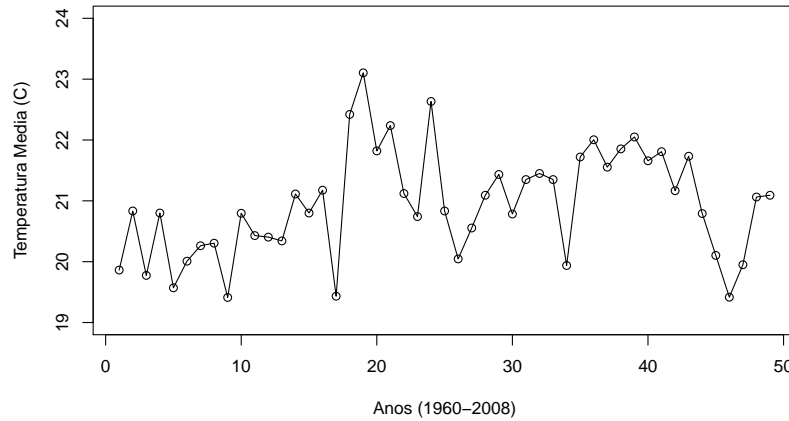


Figura 3: Representação gráfica da série de temperatura média anual em Guaxupé/MG (1960-2008)

Apenas com uma análise visual aos gráficos das temperaturas (Figuras 1, 2 e 3) não é possível afirmar a presença da componente tendência entre 1960–2008. Podemos estimar esta tendência através de uma análise de regressão nos dados observados ou com a aplicação dos testes de tendência Morettin (2004)

## 5.1 Análise da Série Temporal de Temperatura Mínima Média Anual

O teste da sequência foi realizado com o *software* estatístico *R*, usando o *script* descrito nos Anexos.

Adotando um nível de significância de  $\alpha = 0,05$ , observamos um  $p - valor = 0,667$ , valor este maior que a significância do teste adotado. Então, segundo o teste de sequência de Wald-Wolfowitz, não rejeita-se a hipótese nula, isto é, a série não apresenta tendência ao nível de significância de 0,05.

Através do *R* foram obtidos os valores dos coeficientes de  $\beta_0$  e  $\beta_0$  via MMQ.

Os resultados da análise de regressão estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Estimativas dos parâmetros do modelo com seus erros padrões e teste da hipótese para  $\beta_1 = 0$  da temperatura mínima média anual

Parâmetros	Estimativas	Erro padrão	$t_c$ para $H_0 : \beta_1 = 0$	$Pr >  t $	
$\beta_0$	14,255	0,263	54,122	$< 2e - 16$	
$\beta_1$	0,015	0,01	1,611	0,114	ns
ns: não significativo para um nível de significância de 95%					

Embora obtendo um coeficiente de regressão  $\beta_1 \neq 0$  seu valor não é significativo. Portanto, a série não apresenta tendência significativa.

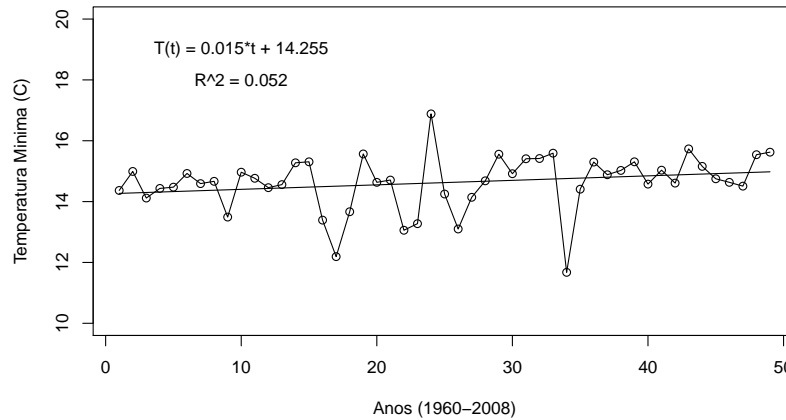


Figura 4: Representação gráfica da reta de tendência da temperatura mínima anual de Guaxupé/MG (1960–2008) sobre a média dos dados observados

## 5.2 Análise da Série Temporal de Temperatura Máxima Média Anual

O teste das Sequências se mostrou significativo ao nível de significância adotado com  $p - valor = 2,845 \cdot 10^{-5}$ , verificando assim a existência de tendência na série temporal da temperatura máxima média anual do município de Guaxupé de 1960–2008.

A análise de regressão apresentou resultado diferente do teste das Sequências, obtendo um coeficiente de regressão  $\beta_1 \neq 0$  mas não significativo.

Os resultados da análise de regressão podem ser vistos na Tabela 2.



Tabela 2: Estimativas dos parâmetros do modelo com seus erros padrões e teste da hipótese para  $\beta_1 = 0$  da temperatura máxima média anual

Parâmetros	Estimativas	Erro padrão	$t_c$ para $H_0 : \beta_1 = 0$	$Pr >  t $	
$\beta_0$	26,723	0,435	61,401	$< 2e - 16$	
$\beta_1$	0,022	0,015	1,423	0,161	ns

**ns:** não significativo para um nível de significância de 95%

A Figura 5 abaixo representa o gráfico da série Tmax na cidade de Guaxupé/MG e a linha contínua define a linha de tendência definida por  $T_t$ .

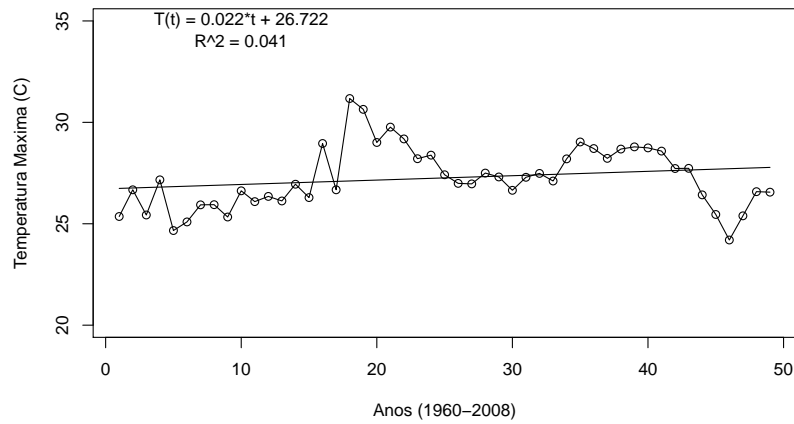


Figura 5: Representação gráfica da reta de tendência da temperatura máxima anual - Guaxupé/MG (1960-2008) sobre a média dos dados observados

### 5.3 Análise da Série Temporal de Temperatura Média Anual

Para um nível de significância de  $\alpha = 0,05$ , o teste de Sequência verificou-se a existência de tendência para a série temporal da temperatura média anual de Guaxupé/MG no período de 1960–2008. Observamos um  $p - valor = 0,03177$  que conforme o esperado, rejeita a hipótese nula de não tendência para um p-valor baixo.

Este resultado se comprova também, pela equação da tendência definida por  $T_t = 20,488 + 0,018t$  na Figura 6 com  $R^2$  igual a 0,087. O coeficiente de determinação,  $R^2$ , representa a porcentagem da variação total que é explicada pela equação de regressão.

A regressão linear apresentou um tendência positiva significativa para a temperatura média anual ao nível de significância adotado, mostrando um aumento na temperatura

Tabela 3: Estimativas dos parâmetros do modelo com seus erros padrões e teste da hipótese para  $\beta_1 = 0$  da temperatura média anual

Parâmetros	Estimativas	Erro padrão	$t_c$ para $H_0 : \beta_1 = 0$	$Pr >  t $
$\beta_0$	20,489	0,246	83,173	$< 2e - 16$
$\beta_1$	0,018	0,01	2,119	0,039

**ns:** não significativo para um nível de significância de 95%

de aproximadamente  $0,02^\circ C/ano$ .

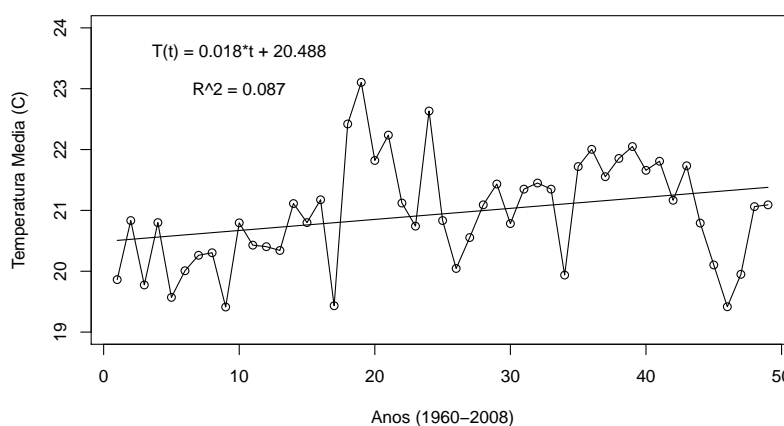


Figura 6: Representação gráfica da reta de tendência da temperatura média anual - Guaxupé/MG (1960-2008)

## 5.4 Análise da Sazonalidade

Na análise visual aos gráficos das temperaturas (Figuras 1, 2 e 3) suspeita-se que exista um componente sazonal. Em séries climatológicas, a presença da componente sazonal é considerado um aspecto comum e esperado. Normalmente a temperatura é maior no verão e menor no inverno mostrando claramente uma variação de período anual.

O gráfico boxplot (Figuras 7, 8) formado pelos valores mensais agrupados, confirma esta suspeita. A temperatura é em geral menor nos meses de abril a setembro e tende a ter valores maiores de outubro a março. Podemos detectar visivelmente uma periodicidade no comportamento das temperaturas.

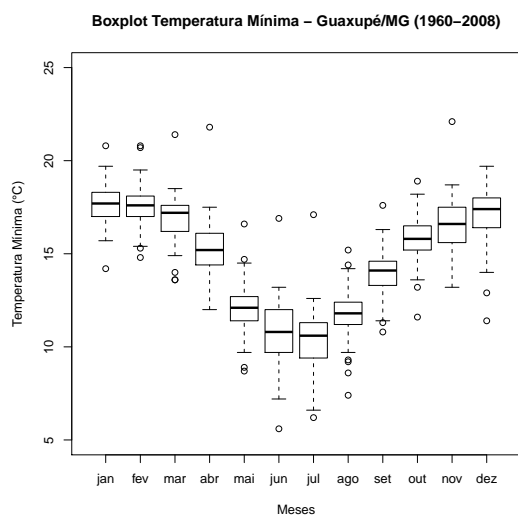


Figura 7: Gráfico Boxplot Tmin

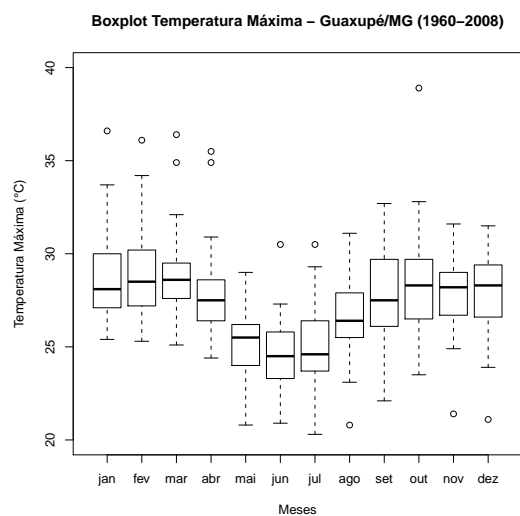


Figura 8: Gráfico Boxplot Tmax

Observando-se a decomposição da série das temperaturas (Figuras 9 e 10), podemos afirmar a presença de sazonalidade bem como o comportamento das componentes tendência e resíduos.

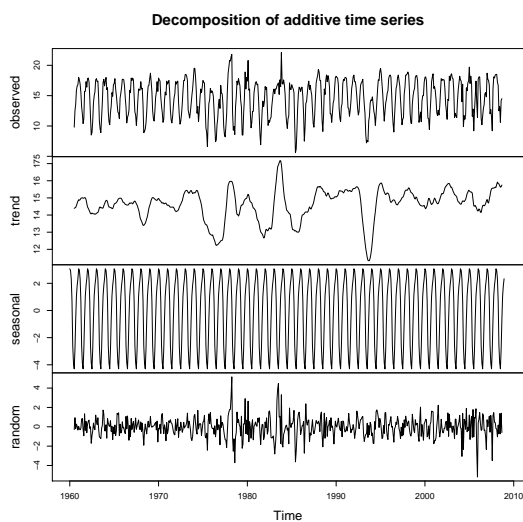


Figura 9: Decomposição da série da Tmin

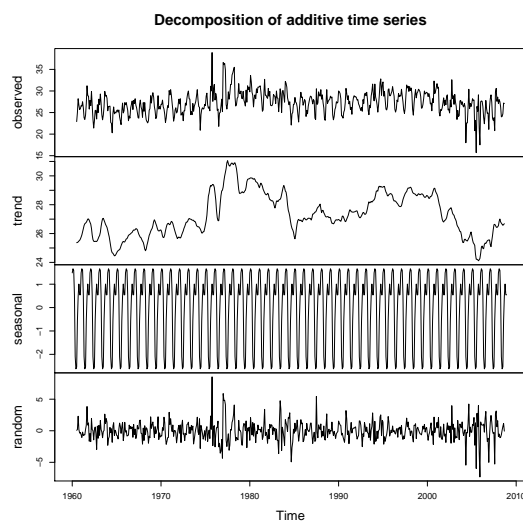


Figura 10: Decomposição da série da Tmax

## 6 DISCUSSÃO

Ao aplicar-se a técnica de regressão linear para determinar a reta da tendência das temperaturas máxima, mínima e média anual, verifica-se que a inclinação desta foi positiva. No entanto, Sant’anna Neto (1999) afirma que “o uso desta técnica demonstra, tão somente, a tendência passada sem, contudo, indicar uma projeção futura”.

O valor do coeficiente linear  $\beta_1$  encontrado com na análise de regressão para a temperatura mínima anual (aproximadamente 0,01), embora não significativo, está próximo dos resultados medidos no Centro Experimental do Instituto Agrônomo de Campinas, nos anos de 1890–2000, que mostram um acréscimo de cerca de  $0,02^\circ\text{C}/\text{ano}$  na temperatura média mínima anual. Assad; Pinto (2008)

Os mesmos autores mostram as variações das temperaturas médias mínimas em Sete Lagoas/MG e Pelotas/RS, com gradientes de aproximadamente  $0,02^\circ\text{C}/\text{ano}$  e  $0,008^\circ\text{C}/\text{ano}$  respectivamente.

Os resultados da média anual ficaram acima dos avaliados por Galina et al (2007) na cidade de Ribeirão Preto/SP onde a temperatura média anual verificou um aumento da ordem de  $0,5^\circ\text{C}$ .

Uma análise sobre o crescimento urbano na cidade de Guaxupé e as mudanças no uso do solo, assim como seus impactos no clima local, ainda se faz necessária, a fim de descrever em detalhes as diferenças gerais obtidas entre os resultados de Guaxupé com outras localidades e as possíveis mudanças climáticas anunciadas pelo IPCC (2001).

## 7 CONCLUSÃO

Este estudo investigou a possibilidade de tendência climática nas séries temporais da temperatura média, máxima e mínima do município de Guaxupé/MG, confirmando uma tendência significativa crescente na série da temperatura média anual nos anos de 1960–2008.

A análise de regressão confirmou a existência da componente tendência nas séries temporais da temperatura no município de Guaxupé/MG. O teste das sequências não foi adequado para determinar esta componente nas séries de Tmax e Tmin de Guaxupé/MG no período estudado.

As temperaturas mínima anual e máxima média anual e mínima média anual apresentaram tendência crescente, porém não significativa. A temperatura média anual apresentou aumento significativo de aproximadamente  $0,02^{\circ}\text{C}/\text{ano}$ .

Podemos caracterizar este aumento nos incrementos das temperaturas como uma tendência climática e não mudança climática no período observado, como definiu Back (2000).

A análise de séries temporais adequa-se ao estudo de séries climáticas.

A contribuição deste trabalho foi válida no intuito de termos uma análise do comportamento da temperatura na cidade de Guaxupé ao longo dos últimos quarenta e nove anos. Novos dados podem ser incorporados ao teste proporcionando uma maior confiabilidade de tendência climática, na medida em que a série for aumentando.

## Referências

- ASSAD, E.; PINTO, H. S. **Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção agrícola no Brasil**. São Paulo, ago. 2008.
- BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 36, n. 5, 2000. p.717-726.
- BERLATO, M. A., FONTANA, D. C., BONO, L. Tendência Temporal da Precipitação Pluvial Anual no Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, RS, v. 3, p. 111-113, 1995
- CHATFIELD, C. **The Analysis on Time Series – An Introduction**. Chapman & Hall, fifth edition, New York, 1996.
- COELHO JUNIOR, L. M., REZENDE, J. L. P. de, BORGES, L. A. C., OLIVEIRA, A. D. de. **Análise Temporal da Borracha Natural Brasileira**. Cerne, Lavras, v. 15, n. 1, p. 19-26, jan./mar. 2009.
- COOXUPE. **Dados meteorológicos de 1960 à 2008**. Disponíveis em <<https://www.cooxupe.com.br/meteorologia/>>, Acesso em: 13-mai-2009.
- DASHEFSKY, H. S. **Dicionário de educação ambiental: um guia de A a Z**. 2ed. São Paulo: Gaia, 2001.
- EHLERS, R. S. **Análise de séries temporais**. Universidade Federal do Paraná. Disponível em: [www.est.ufpr.br/~ehlers/](http://www.est.ufpr.br/~ehlers/), 2007. Acesso em: 13-mai-2009.
- GALINA, M. H.; AMARAL, R.; RIBEIRO, R.R.FERRAZ, **Mudanças Climáticas de Curto Prazo: Análise da Variabilidade Térmica e Hídrica e do Balanço Hídrico na localidade de Ribeirão Preto (SP)**. In: Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 2007. <<http://www.seb-ecologia.org.br/viiiiceb/pdf/1035.pdf>>
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **An introduction to simple climate models used in the IPCC second assessment report**. OMM/WMO – PNUE/UNEP, Feb., 1997.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Working Group II. TAR: Summary for Policymakers. <[http://www.meto.gov.uk/sec5/CR\\_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf](http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf)>

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2001. Working Group I. **Third Assessment Report. Summary for Policymakers**. WMO. [http://www.meto.gov.uk/sec5/CR\\_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf](http://www.meto.gov.uk/sec5/CR_div/ipcc/wg1/WG1-SPM.pdf)

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. Brasília: MMA: 2006.

MEDEIROS, S. S.; CECILIO, R. A.; MELO JÚNIOR, J. C. F.; SILVA, J. L. C. Estimativas e espacialização das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.2, p.247-255, 2005.

MORETTIN, P.A; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2006.

MORETTIN, P.A; TOLOI, C. M. C. **Previsão de séries temporais**. São Paulo: Atual, 1985.

PINDYCK, R. S.; RUBENFIELD, D. L. **Econometric models and economic forecasts**. 3. ed. New York: McGrawHill, 1991.

PRIESTLEY, M. **Spectral analysis and time series**. 6 ed. New York: Academic Press, 1989.

R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <<http://www.r-project.org>>. version 2.6.1., 2009.

SANT'ANNA NETO, J.L. **Avaliação das mudanças no regime das chuvas no Estado de São Paulo durante um século (1888 - 1993)**. Acta Scientiarum (UEM), Maringá, v. 21, n. 4, p. 915-921, 1999.

SANSIGOLO, R.; RODRIGUES, R. C. M.; ETCHICHURY, P. C. **Tendências nas Temperaturas médias do Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 7. ed., São Paulo, 1992. Anais. São Paulo. Sociedade Brasileira de Meteorologia, p. 20-27

SILVA, M. I. S.; GUIMARÃES, E. C.; TAVARES, M. Previsão da temperatura média mensal de Uberlândia, MG, com modelos de séries temporais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 480-485, 2008.

WINKE, L.O.; DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A.; MACHADO, A. A.; ROSSKOFF, J.L.C. **Caracterização climática e estudo de tendências nas séries temporais de temperatura e precipitação em Pelotas/RS**. In: XVII congresso de Iniciação Científica e X Enpos: conhecimento sem fronteiras, 2008, Pelotas, 2008.<[http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CE/CE\\_00422.pdf](http://www.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CE/CE_00422.pdf)>



# ANEXOS

Tabela 4: Temperatura mínima medida em Guaxupé (1960–2008).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1960	17,4	17,5	16,4	13,5	11,8	10,6	9,8	12,5	13,6	15,9	16,6	16,8
1961	18,0	17,6	16,9	15,5	13,2	12,0	10,4	11,2	15,7	15,7	17,3	16,4
1962	17,8	17,9	17,3	14,7	11,5	8,5	8,9	10,8	13,8	15,0	15,6	17,6
1963	17,8	17,3	17,4	14,7	10,8	9,5	8,9	11,4	13,9	17,2	17,7	16,6
1964	17,4	18,0	16,0	16,3	12,4	10,7	10,2	12,2	13,3	15,5	14,9	16,8
1965	17,0	17,8	16,1	15,0	13,6	12,3	12,1	11,2	14,6	15,4	16,3	17,7
1966	17,7	17,6	16,5	14,6	13,1	10,5	11,4	11,8	12,6	15,9	15,5	17,9
1967	17,5	17,9	17,6	14,9	12,3	11,8	10,1	11,8	14,2	16,1	15,9	15,9
1968	17,3	16,1	16,2	13,4	8,9	9,1	9,5	10,5	12,4	15,2	16,6	16,7
1969	17,8	18,7	17,3	15,6	12,5	11,2	10,8	12,4	14,7	15,6	17,3	15,7
1970	17,9	17,6	17,4	14,8	13,3	12,2	10,6	11,1	14,2	15,6	15,1	17,4
1971	16,9	17,2	17,5	15,6	12,6	11,0	10,5	11,6	13,3	14,7	15,3	17,3
1972	16,9	17,3	17,4	13,9	11,8	10,3	10,8	11,9	13,6	15,8	17,5	17,5
1973	18,5	18,5	18,2	17,5	12,6	12,0	11,3	12,3	13,6	15,0	16,1	17,7
1974	19,5	19,5	18,0	15,7	12,1	13,2	10,7	12,4	14,6	16,1	15,5	16,4
1975	17,5	17,2	17,1	13,2	9,7	8,9	6,6	10,8	13,7	14,3	16,2	15,5
1976	15,8	15,6	14,9	12,5	10,0	7,4	7,7	10,2	11,3	13,6	14,4	12,9
1977	16,7	15,4	15,3	13,6	10,0	8,6	8,2	10,0	11,9	15,9	18,7	19,7
1978	20,8	20,7	21,4	21,8	12,2	9,3	9,9	8,6	13,1	14,8	17,4	16,8
1979	17,8	17,2	16,6	14,2	13,1	8,5	8,5	12,2	14,5	18,9	16,1	18,0
1980	17,4	20,8	15,9	16,1	12,2	9,7	10,6	12,4	12,4	15,5	16,4	17,1
1981	17,3	16,8	16,9	14,8	11,8	8,7	6,9	9,7	12,5	14,1	13,2	14,0
1982	16,5	16,0	16,4	13,0	10,1	10,9	10,6	11,2	11,4	13,2	14,4	15,6
1983	16,1	15,3	16,1	16,1	16,6	16,9	17,1	15,2	17,6	16,5	22,1	17,0
1984	16,9	17,6	16,8	15,3	12,1	10,6	9,6	11,2	11,7	17,1	16,1	16,0
1985	16,8	16,4	16,1	15,5	10,2	5,6	6,2	9,3	13,1	15,4	16,4	16,2
1986	15,7	16,3	16,4	14,8	12,0	7,5	9,8	13,7	14,0	15,4	16,7	17,4
1987	16,0	16,7	15,8	15,1	12,7	10,4	9,8	11,8	14,7	17,1	17,8	18,3
1988	19,3	18,9	17,5	17,5	14,5	10,9	9,1	11,8	16,1	15,2	17,5	18,4
1989	17,3	18,3	17,7	16,4	12,0	12,0	10,6	12,2	13,8	14,3	16,4	18,0
1990	18,2	18,0	17,9	16,8	13,0	11,3	10,7	13,1	13,7	17,0	17,7	17,5
1991	18,0	18,0	17,8	15,7	13,0	12,9	11,6	12,6	14,1	16,2	17,0	18,1
1992	18,4	17,3	17,3	16,3	14,7	12,9	11,8	12,4	14,9	16,7	17,1	17,3
1993	17,7	15,4	13,6	12,0	8,7	7,2	7,6	7,4	10,8	11,6	13,8	14,3
1994	14,2	14,8	13,6	12,4	11,8	10,1	11,9	13,9	16,1	17,6	17,5	19,0
1995	19,5	18,6	16,9	15,2	13,0	10,8	12,4	13,8	14,4	15,4	15,8	17,8
1996	18,3	18,4	18,1	15,4	12,3	10,3	9,0	11,8	14,1	16,2	16,7	18,0
1997	18,4	17,5	16,6	14,3	12,3	10,2	11,1	11,4	15,3	16,4	18,4	18,4
1998	18,6	18,9	18,5	16,0	12,1	10,5	10,4	13,7	15,0	15,8	16,2	18,0
1999	18,3	18,3	17,5	14,5	10,6	11,4	12,3	10,7	14,1	15,0	15,0	17,2
2000	18,0	18,1	17,5	14,2	11,3	11,2	9,4	12,2	14,5	17,3	18,1	18,6
2001	16,2	16,5	15,8	14,4	12,2	11,7	12,6	11,8	13,2	15,6	17,8	17,5
2002	17,7	17,6	17,6	16,1	13,6	12,4	11,1	14,4	14,2	18,2	17,5	18,4
2003	18,6	17,9	17,8	15,7	11,4	12,1	11,6	11,4	14,1	16,0	17,1	18,2
2004	17,6	17,4	14,0	16,9	9,9	11,7	11,1	11,8	16,3	15,8	17,1	17,4
2005	19,7	17,0	18,2	17,1	11,6	12,8	9,2	12,6	14,8	17,4	13,8	11,4
2006	17,7	18,1	18,1	15,2	11,2	10,2	11,6	12,9	13,5	15,3	15,5	14,8
2007	18,7	17,7	17,5	16,7	12,0	12,7	11,5	9,2	16,1	18,1	17,9	18,4
2008	18,5	18,5	17,2	16,7	12,5	13,2	10,6	14,2	14,5	17,7	17,6	16,3

**Fonte:** Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda. (Cooxupé)

Tabela 5: Temperatura máxima medida em Guaxupé (1960–2008).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1960	26,4	26,4	26,6	25,5	23,3	21,7	22,9	25,0	28,2	26,7	25,7	25,9
1961	26,6	26,5	27,5	26,1	23,8	23,4	24,4	27,1	31,2	28,9	28,8	25,8
1962	27,8	26,6	29,9	26,6	23,5	21,4	23,1	25,5	25,5	23,5	26,8	25,0
1963	28,1	26,8	29,3	27,2	24,5	23,3	24,4	26,4	29,9	28,8	29,0	28,3
1964	25,4	26,4	26,4	26,5	22,7	22,5	20,3	24,8	26,3	24,7	25,1	24,9
1965	25,4	25,6	25,1	25,6	24,0	23,1	22,2	25,3	27,2	24,9	25,4	27,3
1966	26,8	27,3	26,4	25,5	23,1	24,2	23,7	26,1	26,9	27,7	25,7	27,8
1967	27,1	28,2	26,7	26,1	25,0	23,8	23,7	26,9	27,9	26,3	25,7	23,9
1968	27,3	25,3	27,3	24,7	23,3	22,9	22,6	23,1	25,5	25,9	28,9	27,2
1969	28,8	29,6	28,6	26,4	25,4	23,6	24,0	26,2	28,9	25,8	26,4	25,8
1970	26,9	26,9	27,9	26,3	25,8	24,6	22,7	23,7	25,4	26,6	26,2	30,1
1971	29,1	30,3	29,0	27,2	25,5	23,0	23,8	25,6	26,1	24,9	25,2	26,5
1972	28,1	27,0	28,2	24,4	24,6	25,1	23,1	25,4	25,4	27,2	26,7	28,3
1973	29,4	30,0	28,2	28,1	24,5	25,2	24,5	27,1	25,3	26,5	27,0	27,6
1974	28,9	30,3	27,9	26,4	26,2	20,9	24,5	25,7	26,1	25,8	25,9	26,9
1975	26,6	28,8	29,5	26,8	26,0	26,3	25,4	31,1	30,0	38,9	27,6	30,5
1976	31,5	27,9	29,4	28,6	25,5	25,8	21,8	24,9	25,0	26,4	28,1	25,2
1977	36,6	36,1	36,4	34,9	26,9	25,8	27,1	29,8	28,1	29,4	31,5	31,5
1978	33,7	34,2	34,9	35,5	28,6	26,5	26,9	28,3	28,6	31,7	29,4	29,4
1979	30,0	28,3	28,2	29,9	27,9	27,3	26,5	30,2	27,4	31,2	30,3	30,9
1980	29,8	33,6	32,1	29,7	29,0	26,3	28,4	29,1	28,2	30,5	29,6	30,9
1981	30,9	31,0	31,2	29,8	27,9	25,3	25,6	29,3	32,7	29,0	29,0	28,5
1982	28,3	30,6	28,8	29,9	26,7	26,6	26,6	27,1	29,2	28,9	28,7	27,1
1983	30,0	28,4	28,3	25,2	27,6	30,5	29,3	25,0	30,0	30,1	28,8	27,4
1984	32,2	31,8	30,9	28,4	27,6	26,8	27,5	25,1	22,1	24,7	25,0	26,9
1985	26,9	28,5	27,4	27,2	26,3	24,4	22,8	25,7	27,9	29,7	28,5	28,6
1986	26,7	27,2	28,0	27,7	24,1	25,5	24,7	26,5	27,4	28,3	28,8	28,7
1987	28,0	27,0	28,0	27,7	23,7	23,4	30,5	26,9	27,2	29,8	29,0	28,8
1988	30,3	28,1	29,1	27,3	26,1	23,4	23,2	27,3	30,3	27,1	27,6	27,9
1989	28,1	28,8	28,4	28,6	24,5	23,3	24,1	25,7	26,2	27,5	27,2	27,4
1990	30,0	29,8	29,4	28,2	24,2	24,2	23,7	25,1	25,6	27,3	30,6	29,4
1991	28,0	28,9	27,0	27,6	25,7	26,2	24,6	27,2	28,4	28,9	28,6	28,7
1992	28,5	27,9	28,0	27,0	26,6	26,0	25,5	26,2	25,3	28,0	27,1	29,2
1993	29,5	28,9	29,7	28,0	25,5	24,5	26,7	26,1	28,8	29,9	31,6	29,2
1994	27,7	31,6	28,6	27,9	26,8	25,1	26,7	28,9	31,9	32,8	29,0	31,4
1995	32,1	28,8	29,9	27,9	25,8	25,6	26,4	30,3	30,5	28,9	28,9	29,4
1996	29,9	31,0	29,8	28,8	25,8	25,1	25,8	27,9	27,5	29,4	28,7	29,0
1997	28,8	30,4	28,9	27,5	25,6	24,8	26,1	29,0	31,4	30,7	31,1	29,9
1998	31,0	30,1	30,7	29,5	25,7	24,4	27,1	29,0	30,3	28,4	29,5	29,8
1999	30,4	30,2	29,8	28,7	26,0	26,1	26,9	28,3	30,0	29,3	29,5	29,7
2000	29,5	28,7	29,4	28,7	27,0	27,2	25,4	28,2	27,3	32,3	29,4	29,9
2001	30,8	31,7	30,6	30,9	25,0	24,2	25,7	25,5	26,1	27,2	28,4	26,6
2002	27,9	26,8	28,8	29,1	25,6	25,8	24,9	27,9	26,3	32,6	28,2	28,9
2003	26,9	29,2	27,4	26,4	23,4	25,5	24,1	24,3	27,7	27,8	26,9	27,5
2004	26,6	26,3	27,1	26,3	18,0	22,6	22,6	26,2	30,4	25,9	27,1	26,4
2005	27,1	28,2	27,8	27,9	20,8	23,2	15,7	26,4	25,3	29,1	21,4	17,5
2006	27,5	27,7	27,6	26,4	23,9	22,4	24,7	27,8	25,9	24,8	24,9	21,1
2007	26,3	28,2	29,1	27,4	23,7	23,2	23,8	20,8	29,7	30,6	27,6	28,6
2008	27,1	28,0	27,5	26,3	24,0	24,1	24,7	27,2	27,1	28,3	27,8	26,6

**Fonte:** Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé Ltda. (Cooxupé)

Tabela 6: Temperaturas médias anuais calculadas para Guaxupé (1960–2008).

Ordem	Ano	T. Mínima	T. Máxima	T. Média
1	1960	14,37	25,36	19,86
2	1961	14,99	26,68	20,83
3	1962	14,12	25,43	19,78
4	1963	14,43	27,17	20,80
5	1964	14,48	24,67	19,57
6	1965	14,93	25,09	20,01
7	1966	14,59	25,93	20,26
8	1967	14,67	25,94	20,30
9	1968	13,49	25,33	19,41
10	1969	14,97	26,63	20,80
11	1970	14,77	26,09	20,43
12	1971	14,46	26,35	20,40
13	1972	14,56	26,13	20,34
14	1973	15,28	26,95	21,11
15	1974	15,31	26,29	20,80
16	1975	13,39	28,96	21,18
17	1976	12,19	26,68	19,43
18	1977	13,67	31,18	22,42
19	1978	15,57	30,64	23,10
20	1979	14,63	29,01	21,82
21	1980	14,71	29,77	22,24
22	1981	13,06	29,18	21,12
23	1982	13,28	28,21	20,74
24	1983	16,88	28,38	22,63
25	1984	14,25	27,42	20,83
26	1985	13,10	26,99	20,05
27	1986	14,14	26,97	20,55
28	1987	14,68	27,50	21,09
29	1988	15,56	27,31	21,43
30	1989	14,92	26,65	20,78
31	1990	15,41	27,29	21,35
32	1991	15,42	27,48	21,45
33	1992	15,59	27,11	21,35
34	1993	11,68	28,20	19,94
35	1994	14,41	29,03	21,72
36	1995	15,30	28,71	22,00
37	1996	14,88	28,23	21,55
38	1997	15,03	28,68	21,85
39	1998	15,31	28,79	22,05
40	1999	14,58	28,74	21,66
41	2000	15,03	28,58	21,81
42	2001	14,61	27,73	21,17
43	2002	15,73	27,73	21,73
44	2003	15,16	26,43	20,79
45	2004	14,75	25,46	20,10
46	2005	14,63	24,20	19,42
47	2006	14,51	25,39	19,95
48	2007	15,54	26,58	21,06
49	2008	15,63	26,56	21,09

```

# Script 01

# Plota Temperatura Mínima Observada - Guaxupé/MG (1960-2008)

tmin <- scan(file="temp_minima-1960-2008.txt")

media_tmin <- matrix(data=NA,nr=49, nc=1)

mi = 1

mf = 12

for(i in 1:length(media_tmin)) {
  media_tmin[i] <- mean(tmin[mi:mf])
  mi = mf+1
  mf = mf+12
}

x <- 1:length(media_tmin)

plot(x, media_tmin, main = "", xlab="Anos (1960-2008)",
      ylim=c(10,18), ylab="Temperatura Mínima (C)")

lines(x, media_tmin)


# Script 02

# Plota Temperatura Máxima Observada - Guaxupé/MG (1960-2008)

# Execute: source("script-02.R")

tmax = scan(file = "temp_maxima-1960-2008.txt")

media_tmax <- matrix(data=NA,nr=49, nc=1)

mi = 1

mf = 12

for(i in 1:length(media_tmax)) {
  media_tmax[i] <- mean(tmax[mi:mf])
  mi = mf+1
  mf = mf+12
}

x <- 1:length(media_tmax)

plot(x, media_tmax, main = "", xlab="Anos (1960-2008)",

```

```

ylim=c(20,35), ylab="Temperatura Maxima (C)")
lines(x, media_tmax)

# Script 03

# Plota Temperatura Média - Guaxupé/MG (1960-2008)
tmin <- scan(file = "temp_minima-1960-2008.txt")
tmax <- scan(file = "temp_maxima-1960-2008.txt")
media <- matrix(data=NA,nr=49, nc=1)

mi = 1
mf = 12

for(i in 1:length(media)) {
  tmin_media = mean(tmin[mi:mf])
  tmax_media = mean(tmax[mi:mf])
  media[i] = (tmin_media + tmax_media)/2
  mi = mf+1
  mf = mf+12
}

x <- 1:length(media)

plot(x, media, main = "", xlab="Anos (1960-2008)",
ylim=c(19,24), ylab="Temperatura Media (C)")
lines(x, media)

```

```

# Script 04

# Plota Ajuste Linear da Temperatura Mínima - Guaxupé/MG (1960-2008)
tmin <- scan(file="temp_minima-1960-2008.txt")
media_tmin <- matrix(data=NA,nr=49, nc=1)

mi = 1
mf = 12

for(i in 1:length(media_tmin)) {
  media_tmin[i] <- mean(tmin[mi:mf])
  mi = mf+1

```

```

mf = mf+12
}
x <- 1:length(media_tmin)
linear <- lm(media_tmin ~ x)
summary(linear)
plot(x, media_tmin, ylim=c(10,20), xlab="Anos (1960-2008)",
ylab="Temperatura Minima (C)")
lines(x, 0.01477*x+14.25519)
lines(x, media_tmin)
text(10,18,"R^2 = 0.05232")
text(10,19,"y = 0.01477*x+14.25519")

# Script 05

# Plota Ajuste Linear da Temperatura Máxima - Guaxupé/MG (1960-2008)
tmax <- scan(file="temp_maxima-1960-2008.txt")
media_tmax <- matrix(data=NA,nr=49, nc=1)
mi = 1
mf = 12
for(i in 1:length(media_tmax)) {
media_tmax[i] <- mean(tmax[mi:mf])
mi = mf+1
mf = mf+12
}
x <- 1:length(media_tmax)
linear <- lm(media_tmax ~ x)
summary(linear)
plot(x, media_tmax, ylim=c(20,35), xlab="Anos (1960-2008)",
ylab="Temperatura Maxima (C)")
lines(x, 0.02157*x+26.72190)
lines(x, media_tmax)

```

```

text(10,34,"R^2 = 0.04132")
text(10,35,"y = 0.02157*x+26.72190")

# Script 06

# Plota Temperatura Média - Guaxupé/MG (1960-2008)

tmin <- scan(file = "temp_minima-1960-2008.txt")
tmax <- scan(file = "temp_maxima-1960-2008.txt")

media <- matrix(data=NA,nr=49, nc=1)

mi = 1
mf = 12

for(i in 1:length(media)) {
  tmin_media = mean(tmin[mi:mf])
  tmax_media = mean(tmax[mi:mf])
  media[i] = (tmin_media + tmax_media)/2
  mi = mf+1
  mf = mf+12
}

x <- 1:length(media)

linear <- lm(media ~ x)

summary(linear)

plot(x, media, main = "", xlab="Anos (1960-2008)", ylim=c(19,24),
ylab="Temperatura Media (C)")

lines(x, 0.018169*x+20.488542)

lines(x, media)

text(10,23,"R^2 = 0.08717")
text(10,23.6,"y = 0.018169*x+20.488542")

# Script 07

# Calcula o Ajuste Linear para as Temperaturas Mínimas Anuais

require(tseries)

tmin <- scan(file="temp_minima-1960-2008.txt")

```



```

tmin_anual <- matrix(data=NA,nr=49, nc=1)

mi = 1
mf = 12

for(i in 1:length(tmin_anual)) {
  tmin_anual[i] <- mean(tmin[mi:mf])
  mi = mf+1
  mf = mf+12
}

ts_tmin <- ts(tmin_anual, frequency=1, start=c(1960,1))
is.ts(ts_tmin)

tmin_f <- factor(ifelse(ts_tmin >= median(ts_tmin), "A", "B"))
tmin_f
runs.test(tmin_f)

# Script 08
# Calcula o Ajuste Linear para as Temperaturas Máximas Anuais
require(tseries)

tmax <- scan(file="temp_maxima-1960-2008.txt")
tmax_anual <- matrix(data=NA,nr=49, nc=1)

mi = 1
mf = 12

for(i in 1:length(tmax_anual)) {
  tmax_anual[i] <- mean(tmax[mi:mf])
  mi = mf+1
  mf = mf+12
}

ts_tmax <- ts(tmax_anual, frequency=1, start=c(1960,1))
is.ts(ts_tmax)

tmax_f <- factor(ifelse(ts_tmax >= median(ts_tmax), "A", "B"))
tmax_f

```

```

runs.test(tmax_f)

# Script 09

# Calcula o Ajuste Linear para as Temperaturas Médias Anuais
require(tseries)

tmin <- scan(file = "temp_minima-1960-2008.txt")
tmax <- scan(file = "temp_maxima-1960-2008.txt")

media <- matrix(data=NA,nr=49, nc=1)

mi = 1
mf = 12

for(i in 1:length(media)) {
  tmin_media = mean(tmin[mi:mf])
  tmax_media = mean(tmax[mi:mf])
  media[i] = (tmin_media + tmax_media)/2
  mi = mf+1
  mf = mf+12
}

ts_tmed <- ts(media, frequency=1, start=c(1960,1))
is.ts(ts_tmed)

tmed_f <- factor(ifelse(ts_tmed >= median(ts_tmed), "A", "B"))
tmed_f

runs.test(tmed_f)

```