

CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA – CEA
RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA – CÓDIGO 00P10

TÍTULO : Relatório de análise estatística sobre o projeto : “Variação da precipitação e das cotas fluviométricas de algumas localidades do clima tropical e subtropical do Brasil”.

PESQUISADORA : Luiza Luciana Salvi Sakamoto

INSTITUIÇÃO : Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – USP

FINALIDADE : Pesquisa

RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE : Clélia Maria de Castro Toloi
Marcos Antonio Coque Junior

REFERÊNCIA DESTE TRABALHO : TOLOI, C. M. C., COQUE Jr., M. A. (2000). **Variação da precipitação e das cotas fluviométricas de algumas localidades do clima tropical e subtropical do Brasil.** – São Paulo. IME-USP.

PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS :

- Excel for Windows 95
- Minitab 11
- SPSS 8.0
- SPLUS 4.5
- Statistica
- BMDP New System 1.12

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS :

- Análise Descritiva Unidimensional (03:010)
- Análise de Fourier (11:010)
- Teste de Periodicidade de Fisher (05:070)
- Análise de Intervenção (06:990)

ÍNDICE

Resumo.....	3
1. Introdução.....	3
2. Objetivo.....	3
3. Descrição do estudo e das variáveis.....	4
4. Análise Descritiva.....	5
5. Análise Inferencial.....	6
6. Conclusão.....	7
7. Apêndice A – Gráficos da série.....	12
8. Apêndice B – Gráficos dos índices sazonais.....	20
9. Apêndice C – Periodogramas.....	28
10. Apêndice D – Box Plots.....	39
11. Apêndice E – Definições.....	50
12. Apêndice F – Gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial das séries.....	54
13. Apêndice G – Gráficos das séries anuais e ajustada e estimativas.....	63
14. Apêndice H – Gráficos de autocorrelação do resíduos.....	76
15. Bibliografia.....	83

RESUMO

Neste estudo será analisado o comportamento das chuvas de algumas localidades do Brasil. Esses locais foram selecionados em uma faixa de transição entre o clima subtropical e tropical. Também é de interesse na pesquisa analisar o comportamento da altura de rios que estão próximos dos locais dos postos de chuvas.

Sabe-se que a chuva tem comportamento diferenciado ao longo do ano, e ao longo de anos, e que existem períodos muito secos, ou muito chuvosos. Portanto é de interesse da pesquisa estudar e quantificar a estrutura do comportamento das chuvas e os períodos secos e chuvosos.

1. INTRODUÇÃO

Em decorrência da sua vastidão territorial, das características morfológicas e das condições favoráveis de pluviosidade, o Brasil possui uma rede fluvial das mais ricas e extensas do mundo.

A maior parte dos rios brasileiros alimenta-se com água proveniente das chuvas e, como regra geral, podemos afirmar que o Brasil acha-se bem servido pelas chuvas, tendo seus índices pluviométricos médios anuais em torno de 1000 mm na maior parte do território. Entretanto, sabemos que as chuvas não são uniformemente distribuídas, seja do ponto de vista geográfico, seja no decorrer do ano, seja ao longo do ano.

A existência de uma longa série de dados sobre a precipitação, e sobre cotas fluviométricas em algumas localidades do Brasil, motivaram este projeto.

2. OBJETIVO

Este projeto tem como principal objetivo, estudar o regime pluviométrico e fluviométrico de algumas localidades da região tropical e subtropical do Brasil. Estudar o comportamento das chuvas no decorrer dos anos, encontrando períodos secos ou chuvosos. Verificando também quando esses períodos ocorrem e, quanto tempo duram.

3. DESCRIÇÃO DO ESTUDO E DAS VARIÁVEIS

Neste estudo as principais variáveis disponíveis são a precipitação e as cotas pluviométricas. A precipitação (em milímetros) foi medida diariamente em vários postos pluviométricos, e o valor mensal de cada posto é a soma dos valores diários durante aquele mês. A cota pluviométrica (em metros) foi medida diariamente em três postos pluviométricos, e o valor mensal de cada posto corresponde à cota média do mês.

Estes dados foram obtidos junto aos órgãos responsáveis por estas medições. São eles :

- IAG/USP – Instituto Astronômico e Geofísico
- IAC – Instituto Agrônomo de Campinas
- FCT/UNESP – Faculdade de Ciências e Tecnologia
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
- WWR – World Weather Records
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
- FAB – Força Aérea Brasileira

Os locais dos postos escolhidos para análise estão ao longo de uma faixa próxima ao Trópico de Capricórnio que coincide, a grosso modo, com a faixa de transição de climas tropicais para subtropicais. Outro critério de escolha, foram os locais onde haviam séries temporais longas e de institutos confiáveis. Segue abaixo as cidades onde se localizam os postos de coleta de dados pluviométricos :

- Rio de Janeiro
- Cananéia
- São Paulo
- Campinas
- Presidente Prudente
- Porto Murinho
- Ponta Porã
- Corumbá
- Cárceres
- Campo Grande
- Cuiabá

Foram escolhidos postos pluviométricos próximos aos locais de coleta de dados das chuvas. Esses postos estão localizados nas seguintes regiões :

- Rio Paraguai, próximo a cidade de Ladário
- Rio Paraguai, próximo a cidade de Porto Murinho
- Rio Cuiabá

Para fazermos a Análise Descritiva dos dados, é necessário fazer algumas correções, porque apesar dos institutos de medição serem confiáveis, algumas séries de chuva não tinham os dados completos. Além disso, algumas séries possuem períodos medidos por institutos diferentes, o que pode comprometer uma análise posterior.

Por isso, com a finalidade de corrigir essas falhas, algumas séries foram subdivididas em sub-séries, de tal forma que elas não contenham os períodos de dados ausentes e que todos os dados tenham sido medidos pelo mesmo instituto. O critério para essa divisão foi feito pela própria pesquisadora.

Uma observação a ser feita, é que São Paulo possui duas séries, medidas por institutos diferentes. Faremos a análise de ambas as séries.

Segue abaixo o início e fim de cada série e a subdivisão :

- Rio de Janeiro, de 1851 até 1980
- São Paulo 1, de 1933 até 1995
- São Paulo 2, de 1946 até 1997
- Presidente Prudente, de 1969 até 1994
- Campinas, de 1890 até 1993
- Cananéia, de 1956 até 1997
- Cuiabá (sub-série 1), de 1901 até 1910
- Cuiabá (sub-série 2), de 1911 até 1967
- Cuiabá (sub-série 3), de 1969 até 1997
- Cáceres (sub-série 1), de 1913 até 1965
- Cáceres (sub-série 2), de 1971 até 1988
- Cáceres (sub-série 3), de 1992 até 1997
- Corumbá (sub-série 1), de 1913 até 1963
- Corumbá (sub-série 2), de 1975 a 1988
- Porto Murtinho, de 1939 até 1972
- Campo Grande (sub-série 1), de 1934 até 1966
- Campo Grande (sub-série 2), de 1967 até 1973
- Campo Grande (sub-série 3), de 1974 até 1992
- Ponta Porã, de 1945 até 1990

A seguir será apresentada a análise descritiva de cada uma dessas séries.

4. ANÁLISE DESCRITIVA

Para a análise descritiva dos dados, foram construídos os gráficos das séries (Apêndice A), gráficos dos índices sazonais (gráficos do Apêndice B, e definição no Apêndice E), gráficos do periodograma (gráficos do Apêndice C, e definições no Apêndice E) e os BoxPlots (Apêndice D).

Os gráficos das séries foram utilizados para verificar o comportamento das séries de chuvas em todas as regiões. Analisando esses gráficos, verifica-se que temos um nível

de chuva maior nas cidades localizadas no litoral, do que nas cidades localizadas no interior. Além disso, as séries apresentam um comportamento aproximadamente periódico, que será melhor investigado construindo periodogramas de cada série.

Nos gráficos dos índices sazonais verifica-se a ocorrência de um nível de chuva maior do que a média geral no início e no fim do ano, enquanto no meio do ano, ocorre um nível de chuva menor que o geral. Esse comportamento é característico de todas as séries avaliadas.

Para todas as séries foram construídos periodogramas e seus picos foram testados utilizando o Teste de Fisher (Apêndice E). Segundo Wei (1990), para séries de chuvas o nível descritivo a ser considerado é de 5%. Todas as séries apresentaram periodicidade significativa ($p=0,000$) de 12 meses, ou seja, elas apresentam um padrão que se repete a cada 12 meses. Algumas séries, também apresentaram período significativo de 6 meses. Foram elas: São Paulo¹, São Paulo 2, Cananéia, Cuiabá (sub série 2), Campinas e Ponta Porã. O valor da estatística de Fisher e seu respectivo nível de significância estão no Apêndice C.

Através da análise dos boxplots (Bussab e Morettin 1987) podemos observar uma maior variabilidade dos dados no início e no final do ano, ou seja, nos períodos de maior chuva. No meio do ano, os dados apresentam uma menor variabilidade. As séries do interior, como Cuiabá, apresentam os dados do meio do ano muito menos dispersos do que as séries do litoral, como a de Cananéia. Vale ressaltar que algumas séries, como por exemplo a do Rio de Janeiro, apresentam muitos pontos discrepantes devido a um período longo de coleta de dados.

5. ANÁLISE INFERENCIAL

Na análise inferencial será ajustado um modelo para cada série de chuva e um modelo para a série de profundidade do rio.

Ficou decidido, juntamente com a pesquisadora, analisar as séries de precipitação anual, pois estes estavam mais de acordo com os objetivos da pesquisa. Entende-se pluviosidade anual como a soma do índice pluviométrico dos meses. Para a série do rio, será utilizado a série anual, onde a altura anual é a máxima altura entre todos os meses de um determinado ano. Além disso algumas séries foram eliminadas da análise pois estas séries apresentavam dados insuficientes para a técnica utilizada.

Analisaremos as seguintes séries :

- Rio de Janeiro, de 1851 até 1980
- Cananéia, de 1956 até 1997
- Campinas, de 1890 até 1997
- São Paulo, de 1888 até 1997
- Cuiabá, de 1911 até 1997
- Ponta Porã, de 1945 até 1990
- Porto Murtinho, de 1939 até 1972

- Cáceres, de 1913 até 1965
- Campo Grande, de 1934 até 1997
- Presidente Prudente, 1969 até 1997
- Corumbá, de 1913 até 1963
- Rio Paraguai, de 1900 até 1997

Para identificar o modelo de cada série, será construído gráfico de autocorrelação e autocorrelação parcial para cada série. Os gráficos estão no Apêndice F, para maiores detalhes sobre os gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial veja MORETTIN e TOLOI(1985).

Os gráficos sugerem o modelo AR(1) para as séries de São Paulo e Rio Paraguai. Como para as outras séries, os gráficos não apresentam nenhuma correlação significativa, então o modelo para essas séries será uma constante. Porém todas as séries apresentam anos em que as chuvas (altura no caso do Rio Paraguai) foram superior ou inferior ao padrão da série, por isso nesses anos foram colocados variáveis Dummy. Assim será verificado se esses anos são significativamente fora do padrão da série. Esse estudo é conhecido como análise de intervenção, para maiores detalhes veja MORETTIN e TOLOI (1989). Os anos para análise foram selecionados descritivamente, verificando os gráficos das séries e tomando pontos que teriam características fora do padrão da série. No Apêndice G encontra-se tabelas com os anos selecionados, as estimativas do modelo, desvio padrão da estimativa e os respectivos níveis descritivo. Além disso, nesse apêndice estão os gráficos das séries de chuvas e os gráficos das séries ajustadas, os pontos em vermelho foram os instantes onde ocorreram as intervenções, ou seja, onde ocorreram chuvas fora do padrão da série.

Após estimar o modelo temos que verificar se ele representa, ou não, adequadamente os dados. Para isso foram construídos gráficos de autocorrelação para os resíduos do modelo ajustado. Esses gráficos mostram que não existe nenhuma correlação significativa nos resíduos. Também foi feito o Teste de BOX-PIERCE, que esta descrito no Apêndice E, para cada série. Todos os testes aceitaram a hipótese de que os resíduos constituem um processo de ruído branco. Os gráficos de autocorrelação do resíduo e os resultados dos testes de BOX-PIERCE das séries estão no Apêndice H.

6. CONCLUSÃO

Nesta análise podemos verificar que todas as séries mensais de chuvas apresentam periodicidade de um ano, ou seja estas séries apresentam um padrão que se repete de ano em ano. Além disso nota-se que os meses do meio do ano apresentam um índice de chuva relativamente menor aos outros meses.

Com relação às séries anuais de chuvas foi verificado que a série de São Paulo apresenta uma estrutura de dependência de chuvas, tal que a chuva de um

determinado ano depende da chuva do ano passado. As outras séries não apresentam nenhuma estrutura de dependência com relação a anos anteriores. A série do Rio Paraguai apresenta uma dependência de tal forma que a altura de um determinado ano depende da altura do ano passado. A estimativa dessas dependências e o respectivo nível descritivo estão no Apêndice G.

Todas as séries anuais de chuvas apresentam anos em que a chuva não está de acordo com o padrão da série. Esses pontos foram testados, utilizando técnicas estatísticas adequadas, e com isso foi verificado se eram maiores ou menores ao padrão da série. Quando a estimativa é positiva esse ano possui um valor superior ao padrão da série e quando a estimativa é negativa esse ano possui um valor inferior ao padrão da série. A estimativa desses pontos e o respectivo nível descritivo estão no Apêndice G. Segue abaixo tabelas com os índices pluviométricos, medidos em milímetros, dos anos chuvosos e dos anos mais secos das séries de chuvas.

<i>Rio de Janeiro</i>			
Periodos Chuvosos		Periodos Secos	
Ano	Índice pluviométrico	Ano	Índice pluviométrico
1862	1556.0	1933	666.9
1916	1664.9	1934	614.6
1924	1585.2	1963	643.8
1966	1820.9		
1967	1723.6		

<i>Cananéia</i>			
Periodos Chuvosos		Periodos Secos	
Ano	Índice pluviométrico	Ano	Índice pluviométrico
1967	3018.1	1985	1452.3
1995	3410.9		

<i>Campinas</i>			
Periodos Chuvosos		Periodos Secos	
Ano	Índice pluviométrico	Ano	Índice pluviométrico
1891	1937.6	1921	923.8
1899	1949.5	1924	886.2
1931	1984.5	1944	836.5
1970	1891.2	1968	939.1
1976	1856.4	1978	917.5
1983	2112.7		

São Paulo

Periodos Chuvosos		Periodos Secos	
Ano	Índice pluviométrico	Ano	Índice pluviométrico
1907	1932.9	1893	899.1
1911	1990.0	1913	894.4
1976	1948.7	1924	847.0
1983	2236.1	1933	849.8
1991	1918.7	1963	866.4
1996	1924.2		

Cuiabá

Periodos Chuvosos		Periodos Secos	
Ano	Índice pluviométrico	Ano	Índice pluviométrico
1912	1850.2	1936	1020.6
1989	1789.9	1941	976.0
1994	1781.2	1946	1062.8
1995	1906.7	1961	1169.2
1996	1920.9	1962	1148.3
		1963	1096.5
		1964	1146.0
		1966	1064.8
		1969	999.3

Ponta Porã

Periodos Chuvosos		Periodos Secos	
Ano	Índice pluviométrico	Ano	Índice pluviométrico
1946	2444.9	1948	1027.5
1947	2348.9	1950	882.7
1965	2076.0	1978	1016.8
1976	2213.7		
1982	2220.5		
1983	2370.9		

Porto Murtinho

Periodos Chuvosos		Periodos Secos	
Ano	Índice pluviométrico	Ano	Índice pluviométrico
1940	1590.1	1948	782.2
1946	1519.5	1962	812.5
1956	1548.8	1967	742.6
1957	1555.0	1970	675.5
1958	1610.0		

Cáceres

Periodos Chuvosos		Periodos Secos	
Ano	Índice pluviométrico	Ano	Índice pluviométrico
1919	1580.7	1938	852.2
1929	1629.5	1944	883.2
1956	1738.0	1955	966.8
		1963	847.3
		1964	995.0
		1965	885.0

Campo Grande

Periodos Chuvosos		Periodos Secos	
Ano	Índice pluviométrico	Ano	Índice pluviométrico
1956	2193.6	1938	1100.7
1965	1858.6	1985	1126.2
1977	1971.0	1988	1079.6

Presidente Prudente

Periodos Chuvosos		Periodos Secos	
Ano	Índice pluviométrico	Ano	Índice pluviométrico
1972	1783.2	1985	841.9
1989	1802.4	1991	938.1

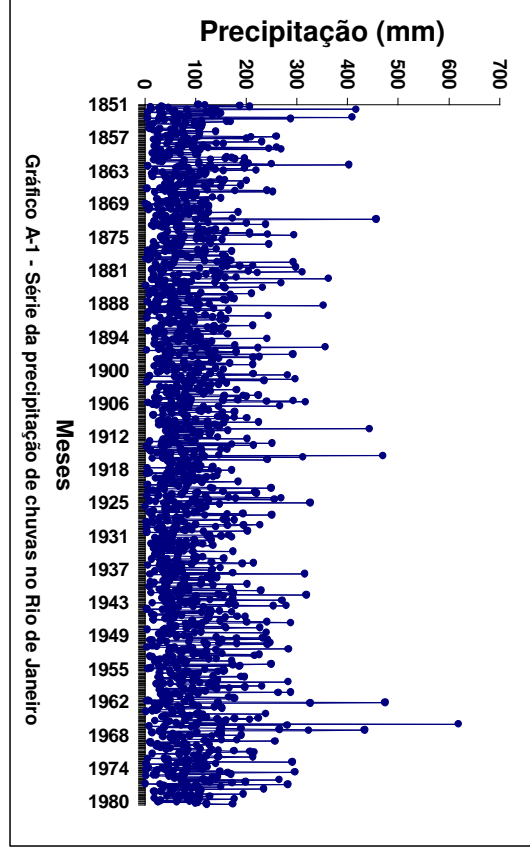
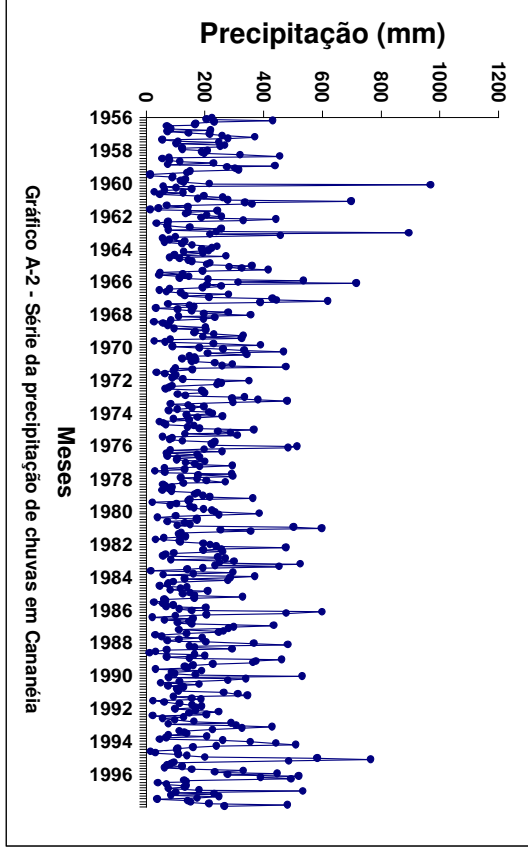
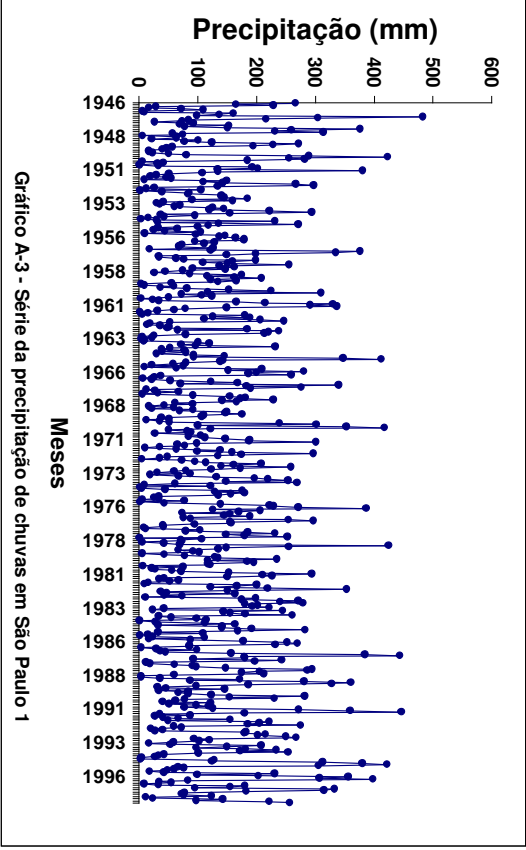
Corumbá

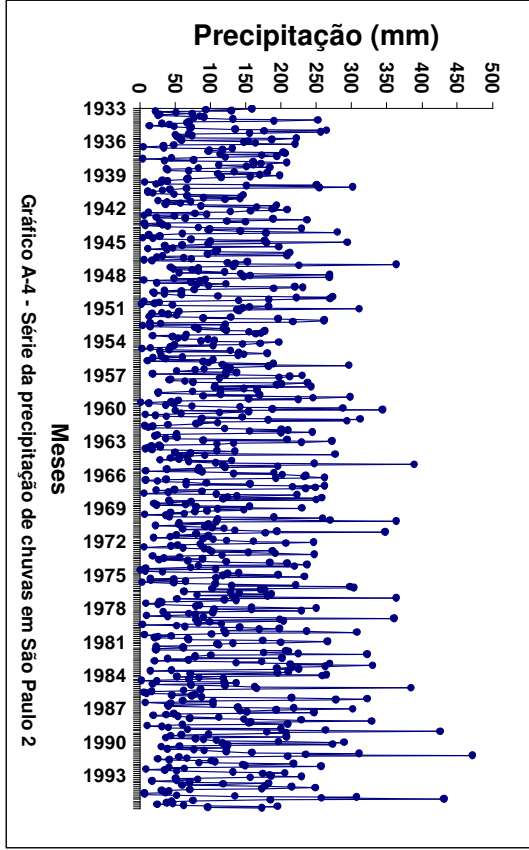
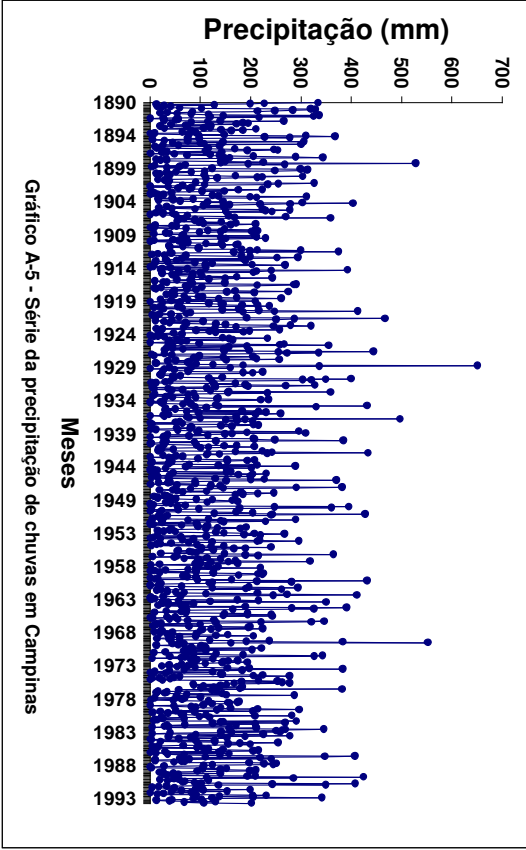
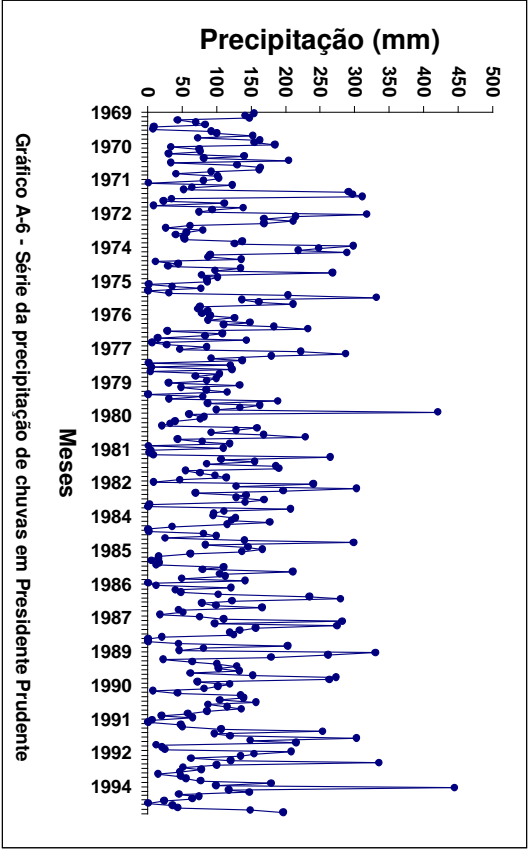
Periodos Chuvosos		Periodos Secos	
Ano	Índice pluviométrico	Ano	Índice pluviométrico
1920	1554.6	1924	754.8
1956	1399.6	1934	624.6
1957	1393.7	1944	768.1
		1953	761.3
		1961	856.6
		1962	730.9
		1963	784.5

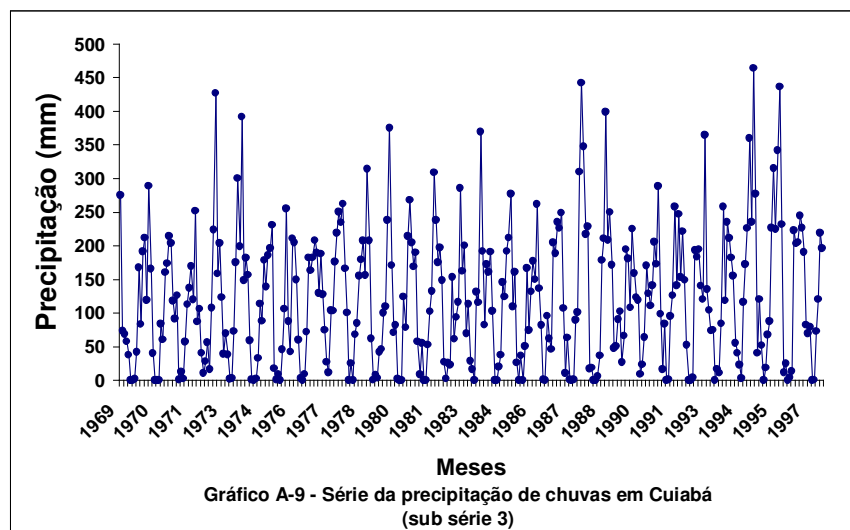
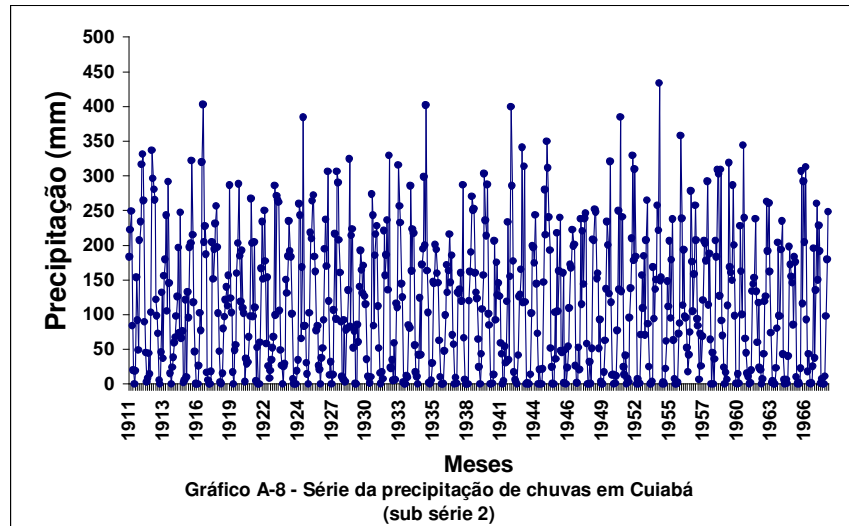
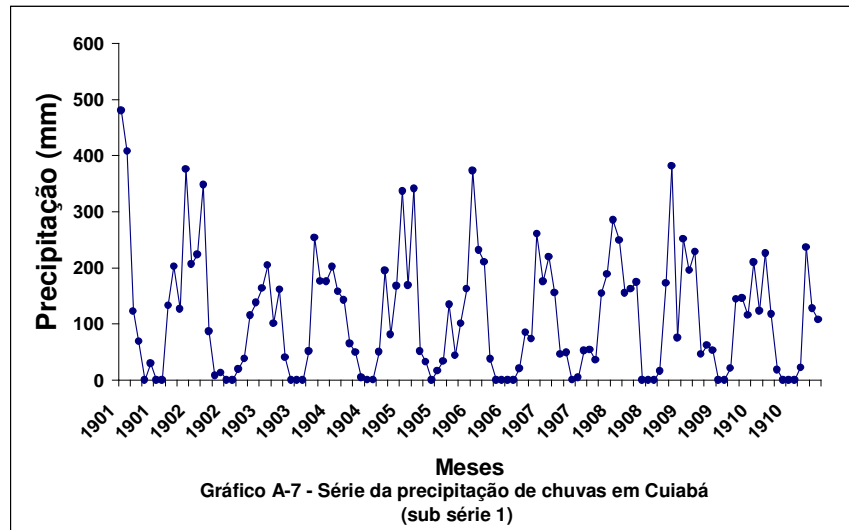
Quanto à série anual do índice fluviométrico do Rio Paraguai temos que ela apresenta anos em que a profundidade do rio não está de acordo com o padrão da série. Esses pontos foram testados, utilizando técnicas estatísticas adequadas, e com isso foi verificado se eram maiores ou menores ao padrão da série. Como citado anteriormente, quando a estimativa é positiva esse ano possui um valor superior ao padrão da série e quando a estimativa é negativa esse ano possui um valor inferior ao padrão da série. A estimativa desses pontos e o respectivo nível descritivo estão no Apêndice G. Segue abaixo a tabela com o índice fluviométrico, medido em metros, dos anos de cheias e dos anos de estiagem da série do Rio Paraguai.

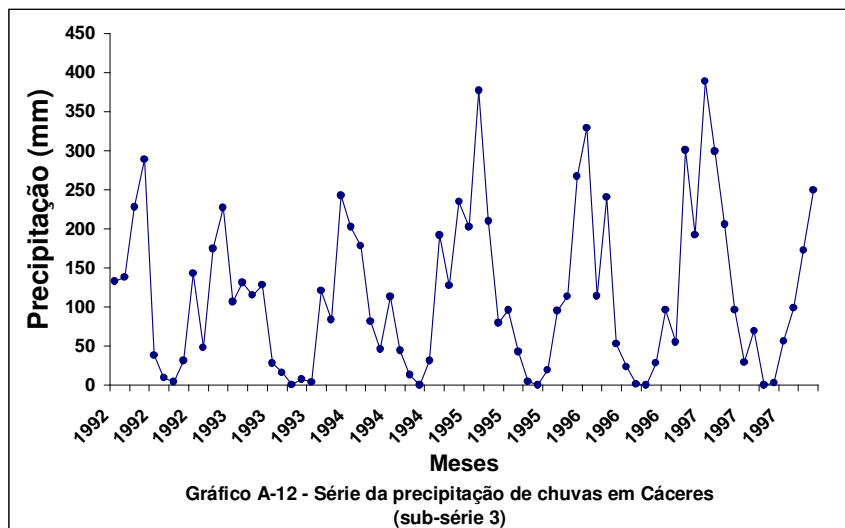
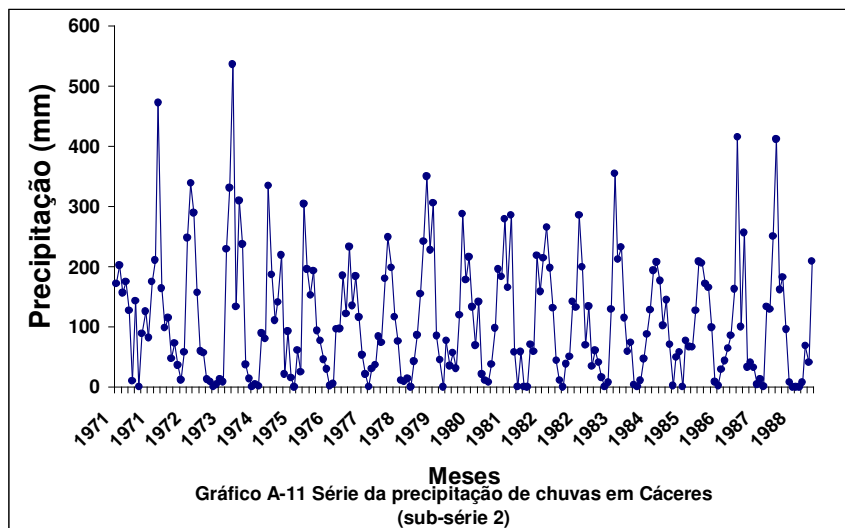
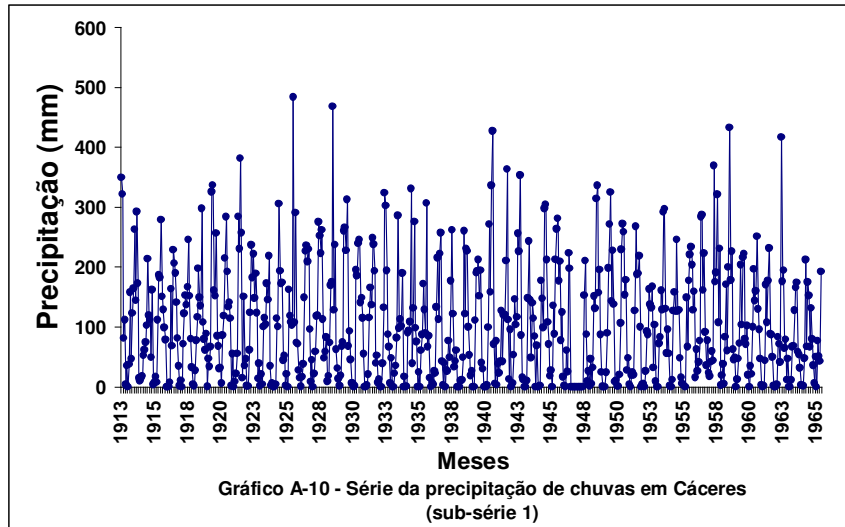
<i>Rio Paraguai</i>			
Periodos de cheia		Periodos de estiagem	
Ano	Índice fluviométrico	Ano	Índice fluviométrico
1905	662	1915	151
1913	639	1938	160
1920	637	1964	133
1982	652	1965	274
1988	664	1966	248
1995	656	1967	163
		1968	205
		1969	180
		1970	213
		1971	111
		1972	187
		1973	209

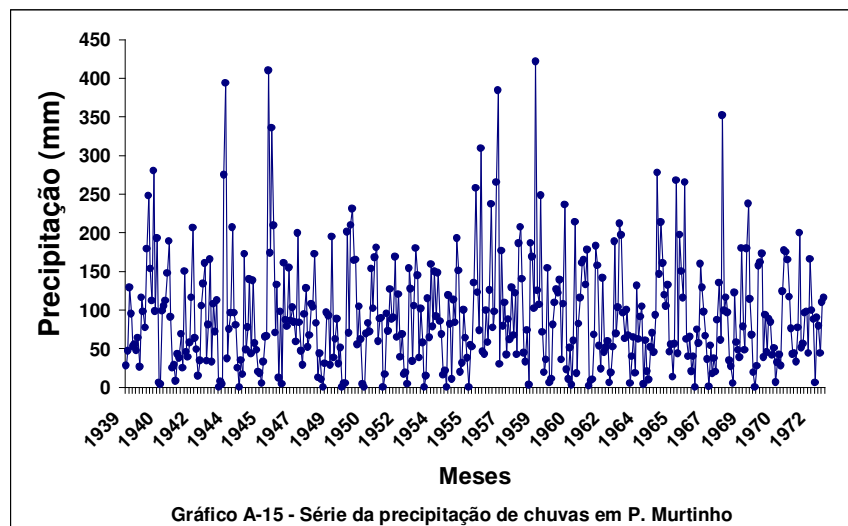
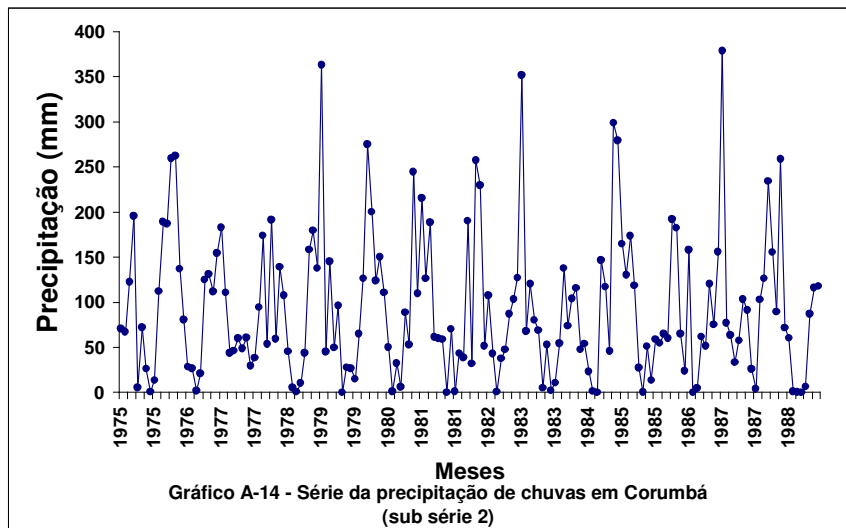
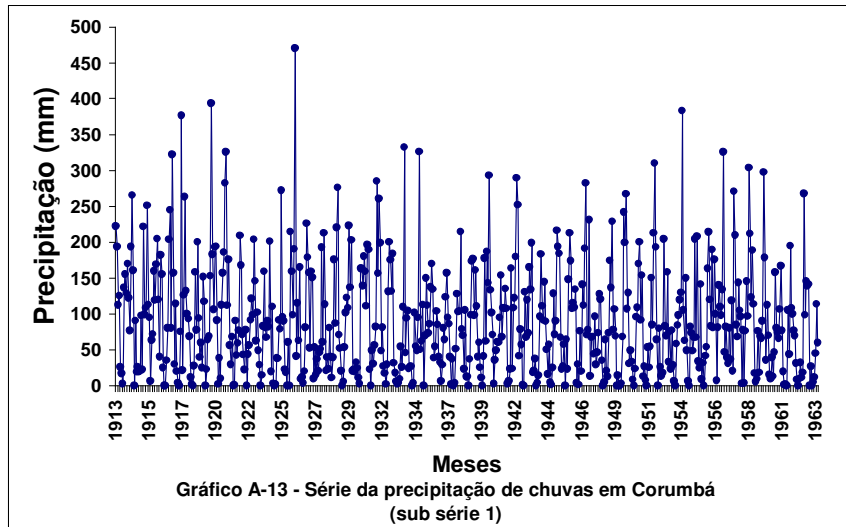
APÊNDICE A
Gráficos das séries

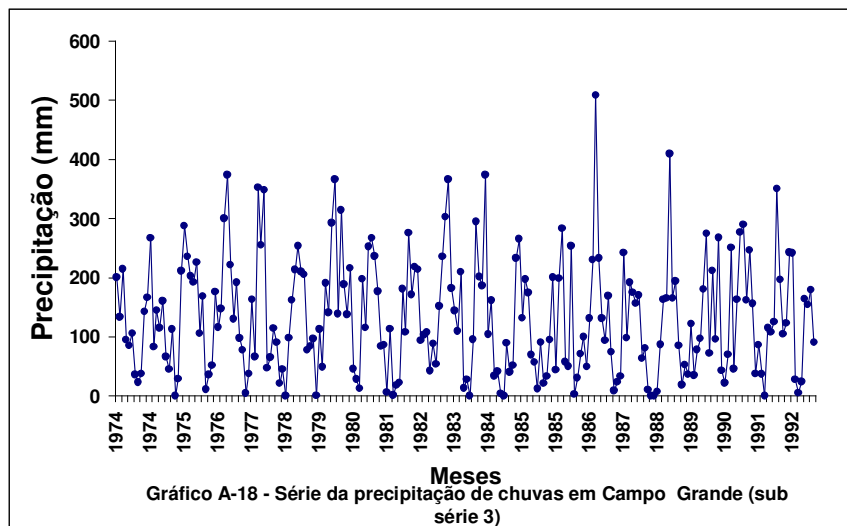
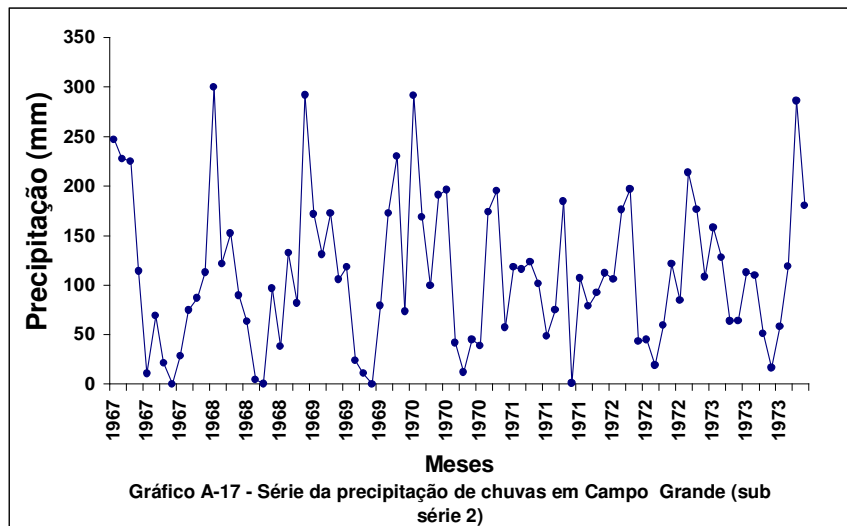
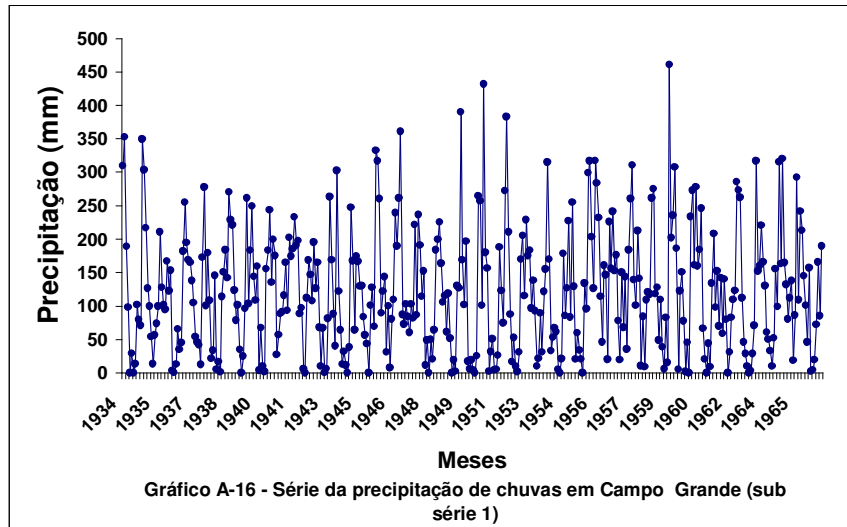


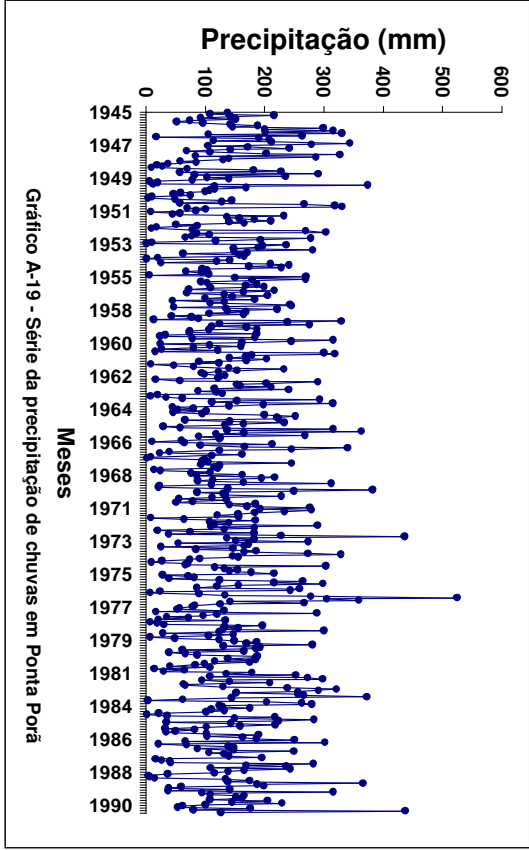




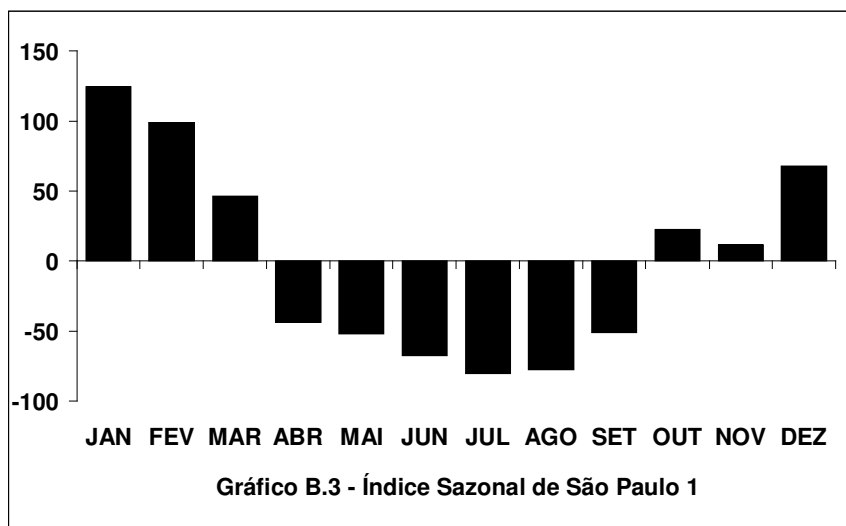
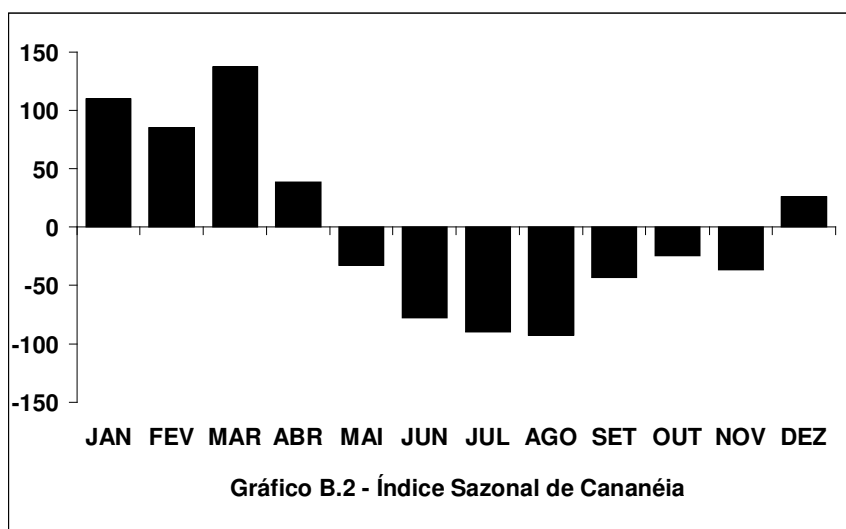
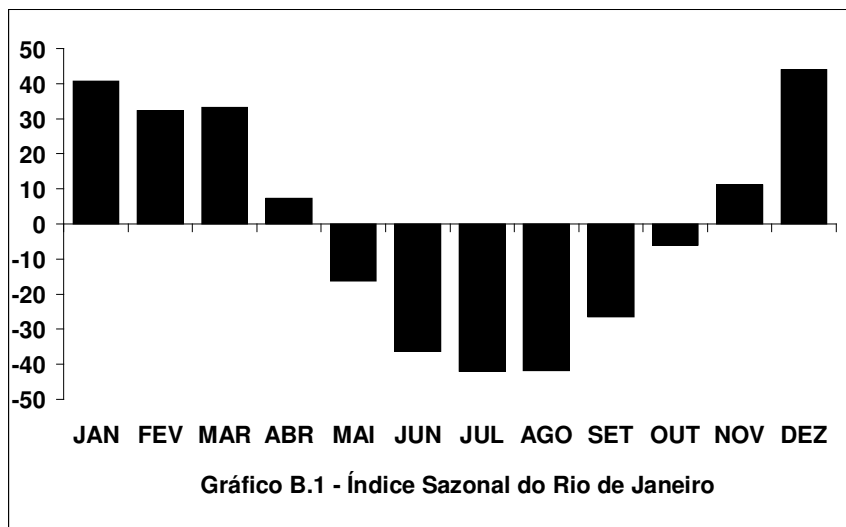


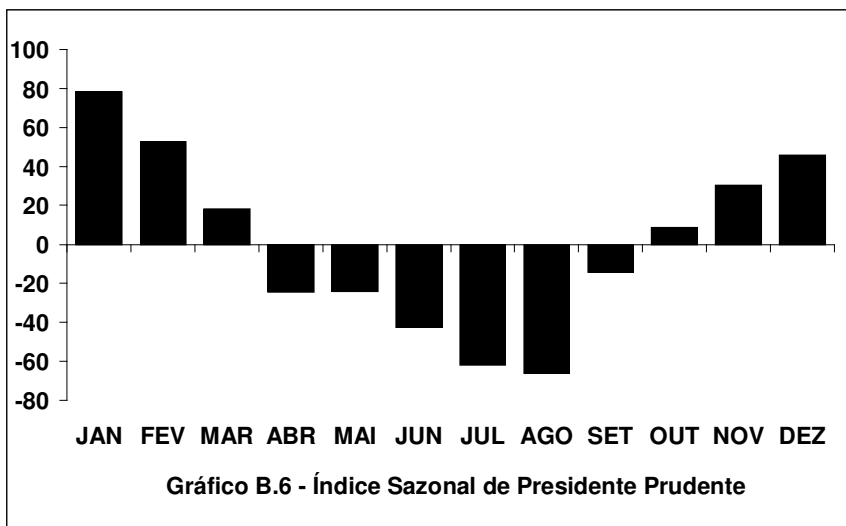
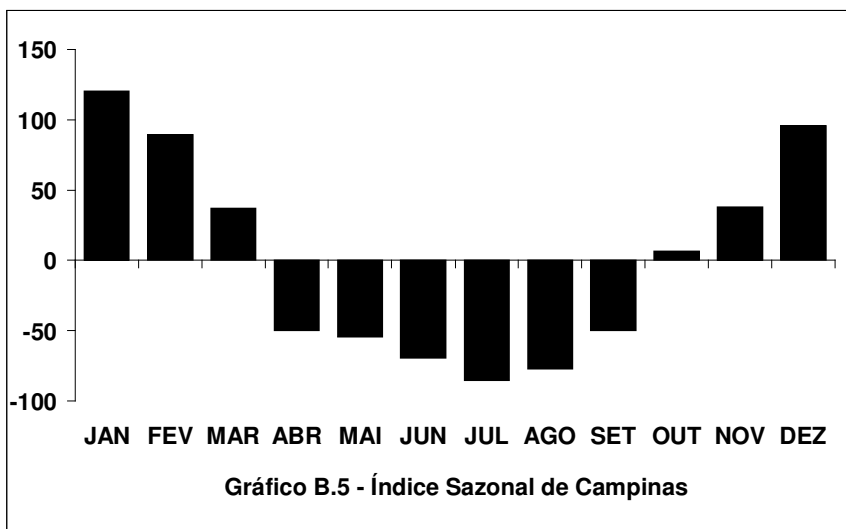
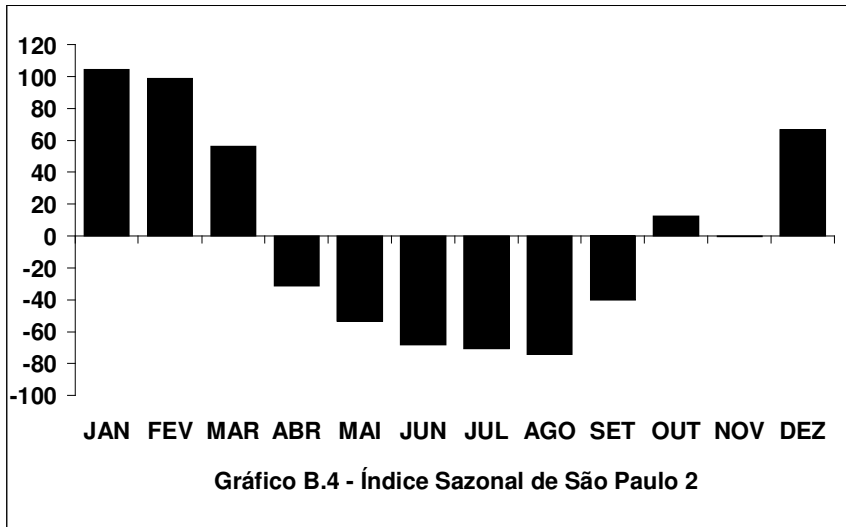


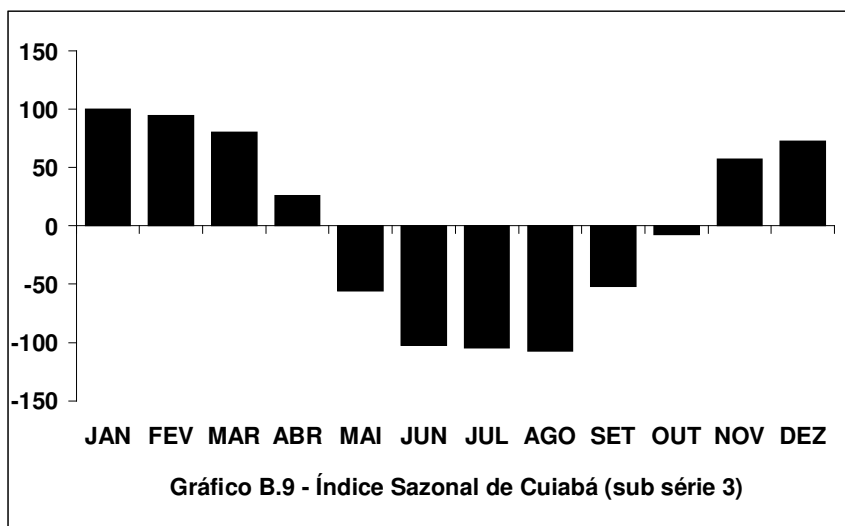
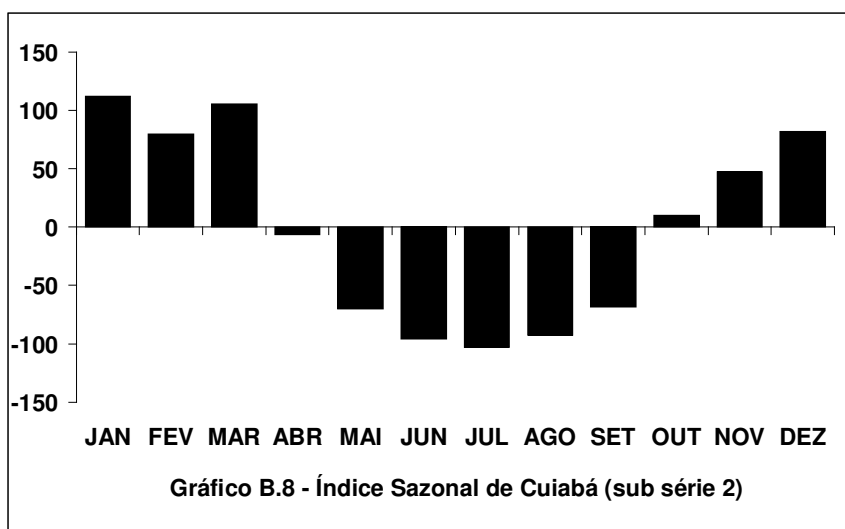
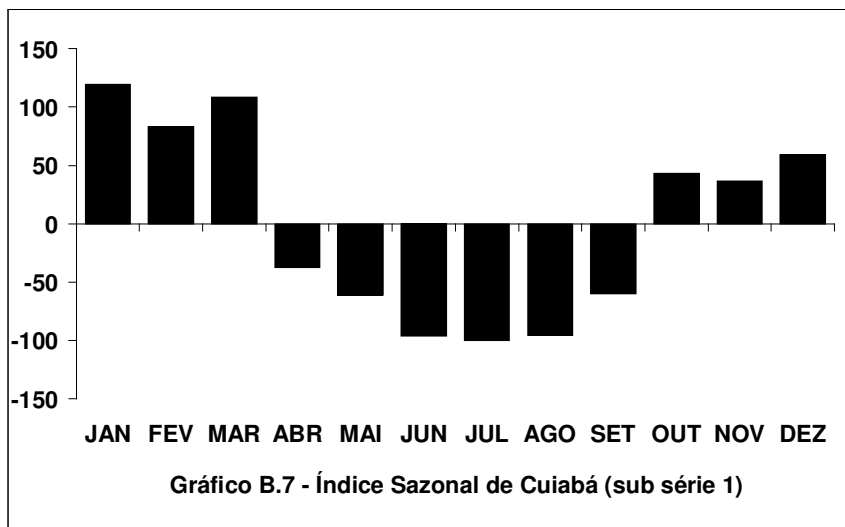


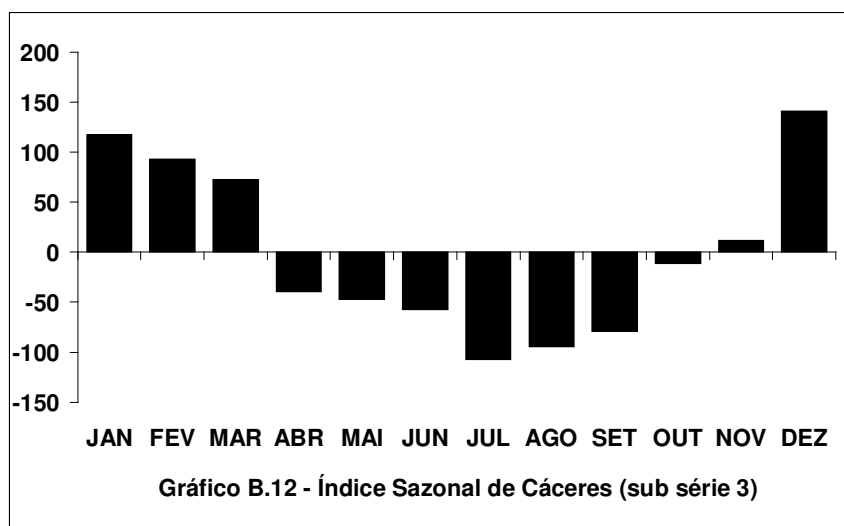
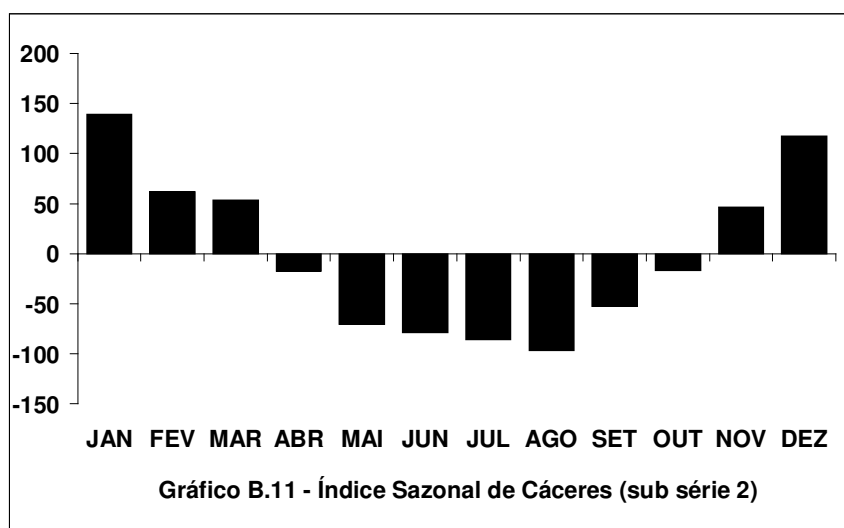
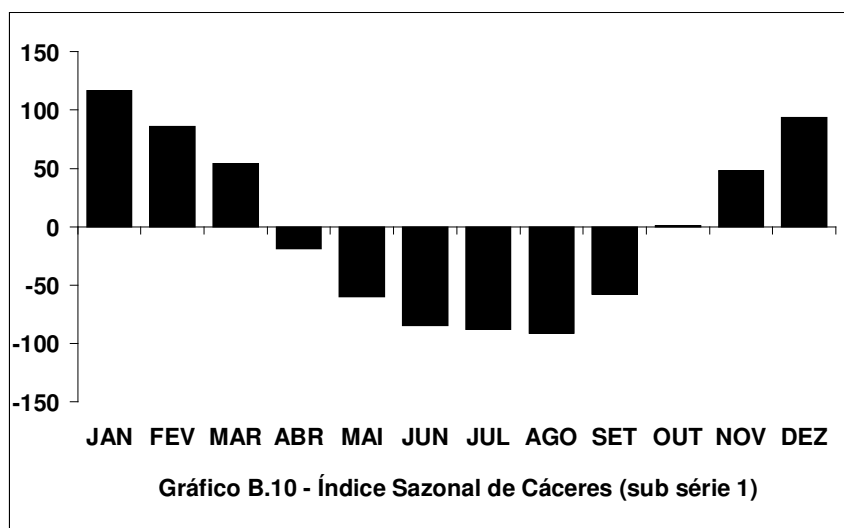


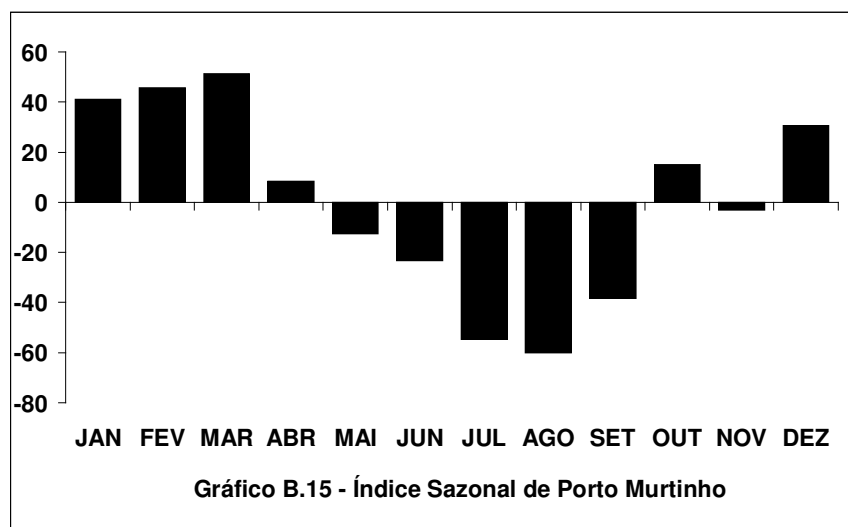
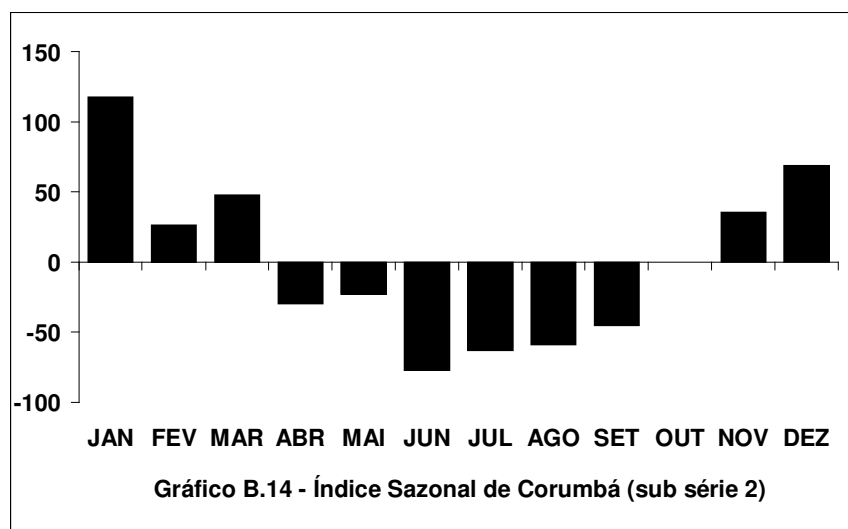
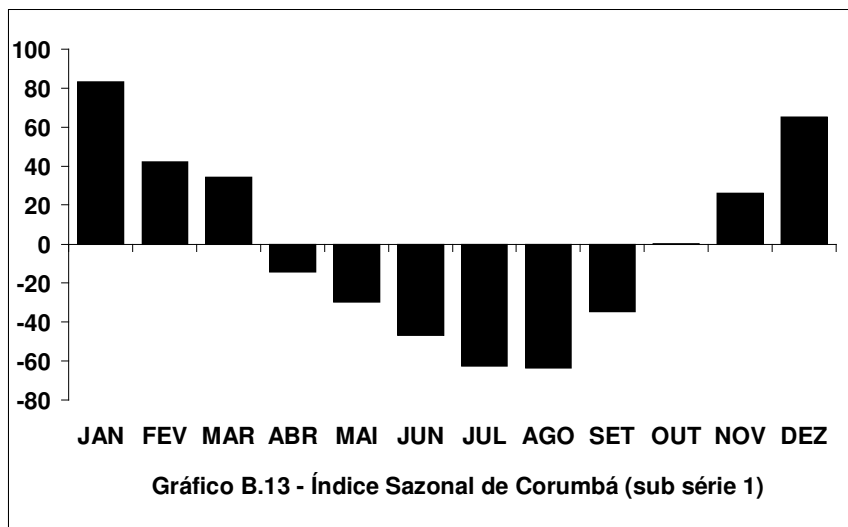
APÊNDICE B
Índices Sazonais

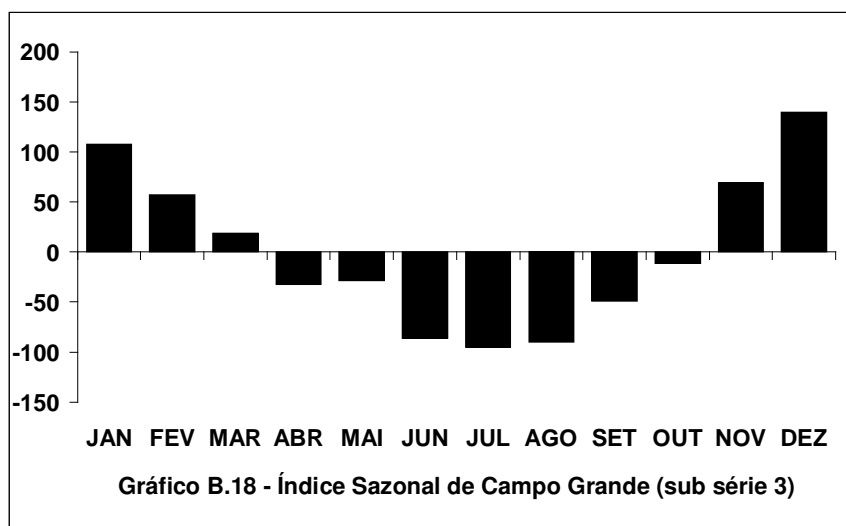
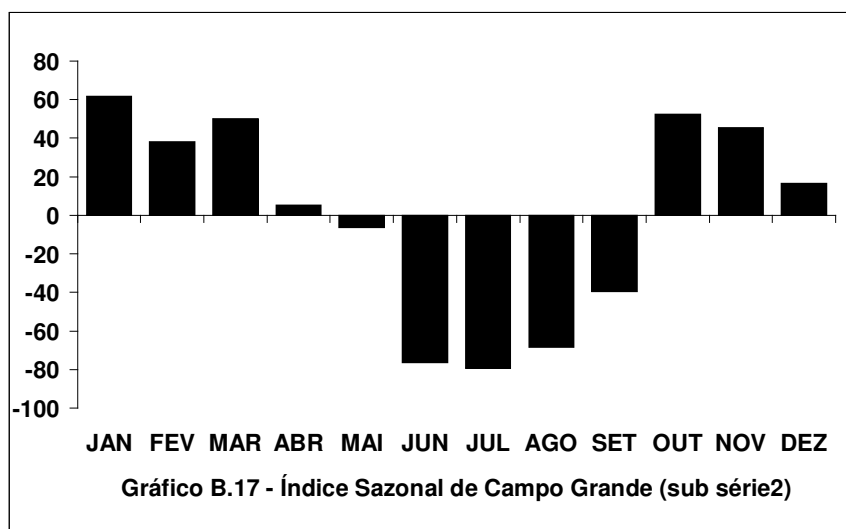
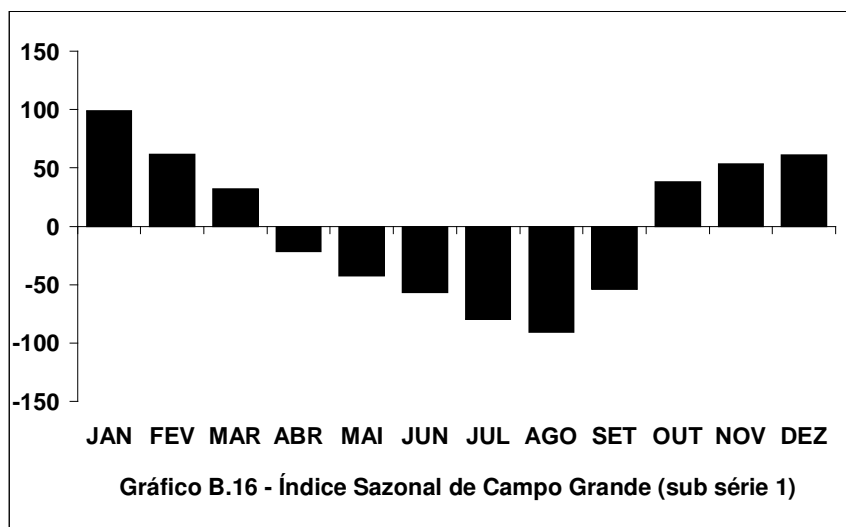


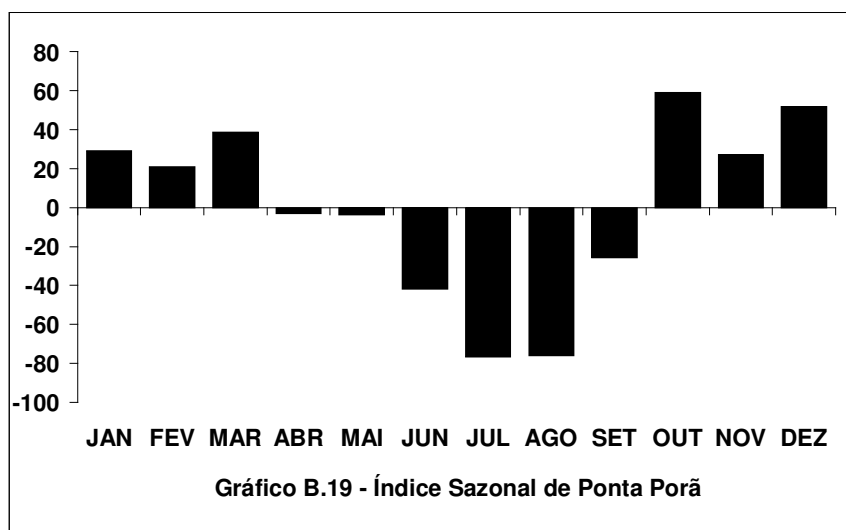




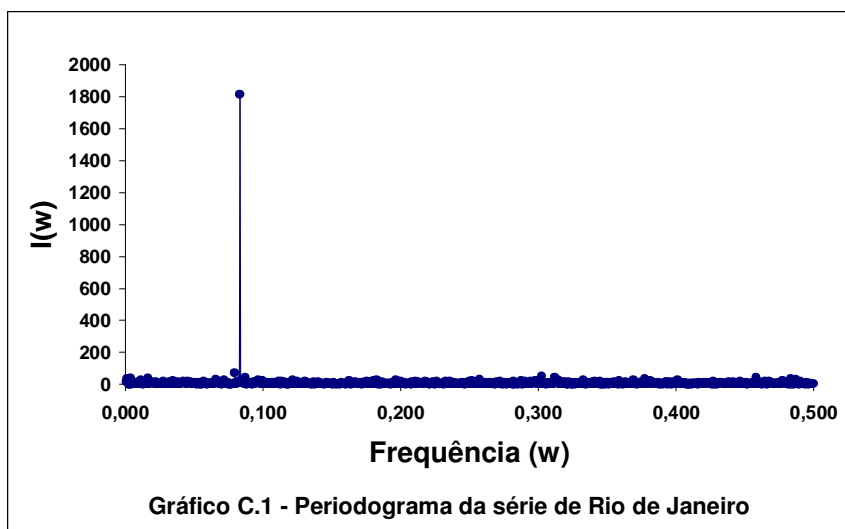




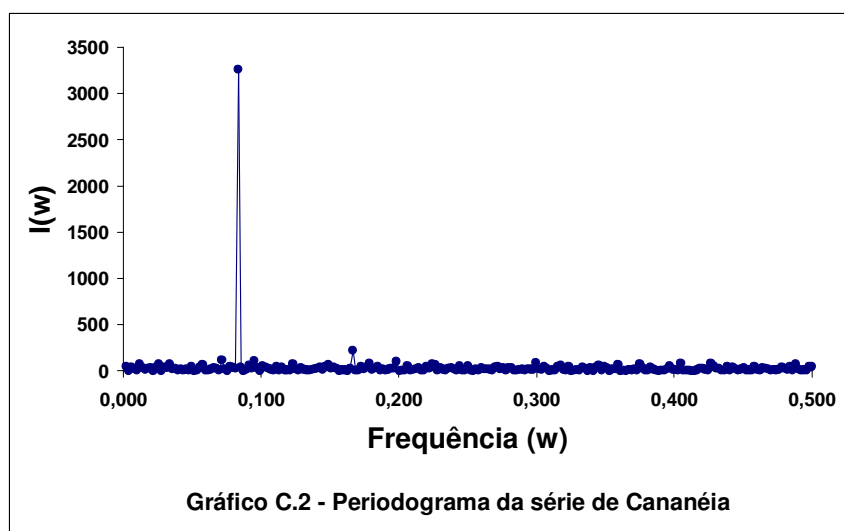




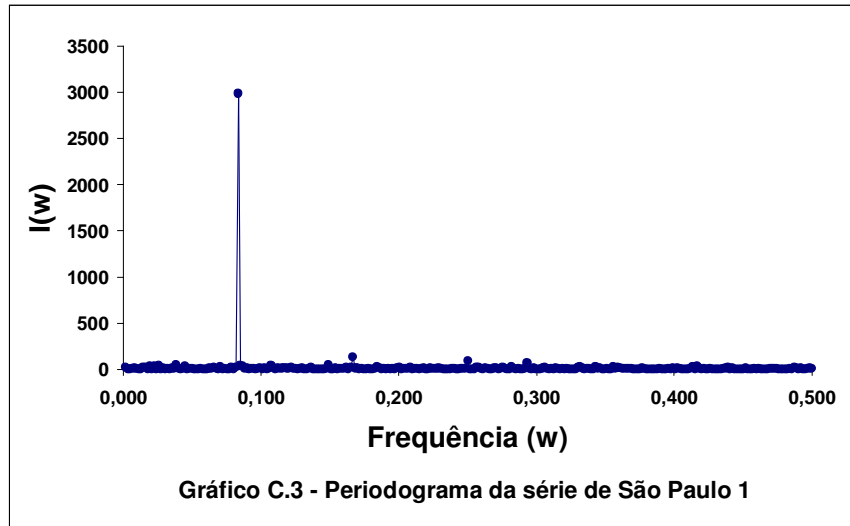
APÊNDICE C
Periodogramas



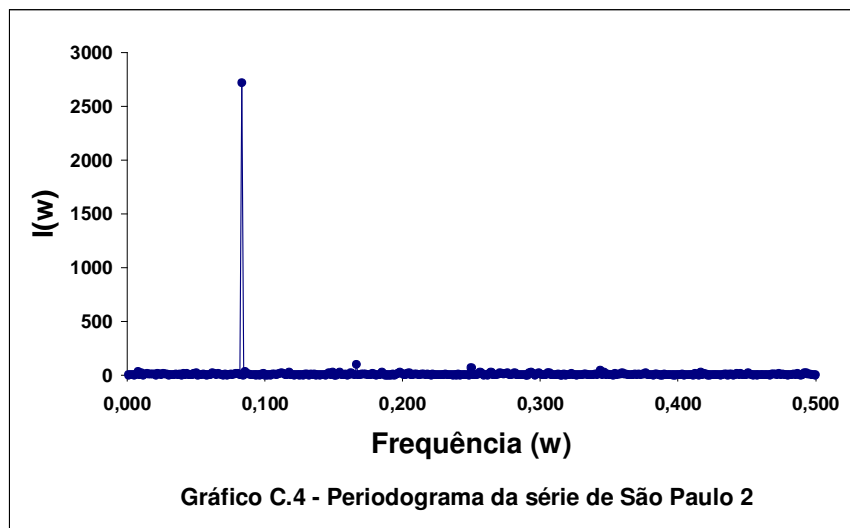
$T^{(1)}$	p-value
0,509	0,000



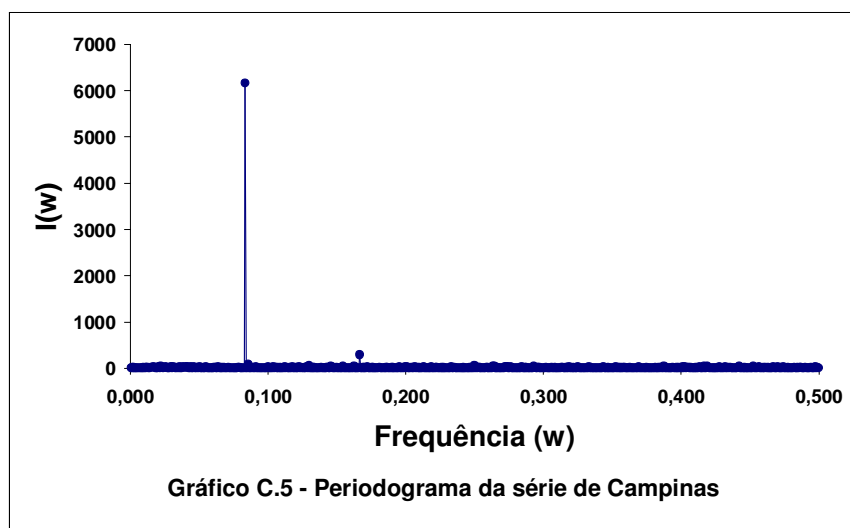
$T^{(1)}$	p-value	$T^{(2)}$	p-value
0,348	0,000	0,036	0,025



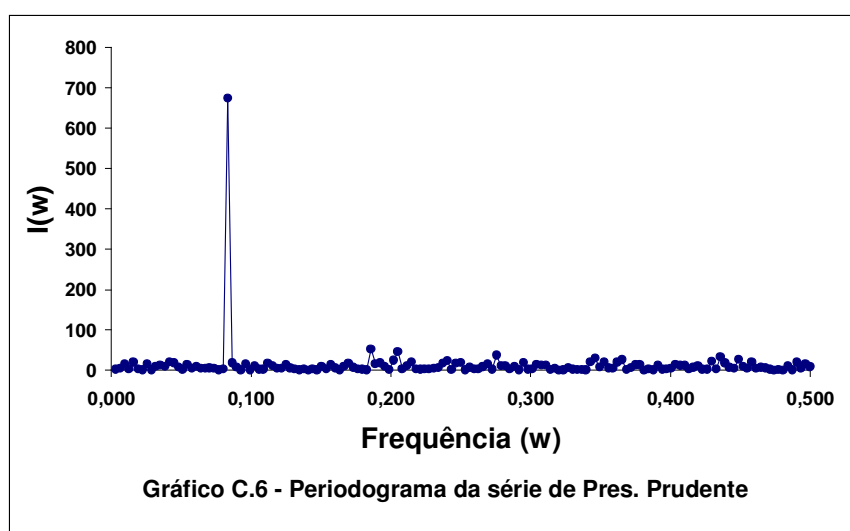
$T^{(1)}$	p-value	$T^{(2)}$	p-value
0,518	0,000	0,048	0,000



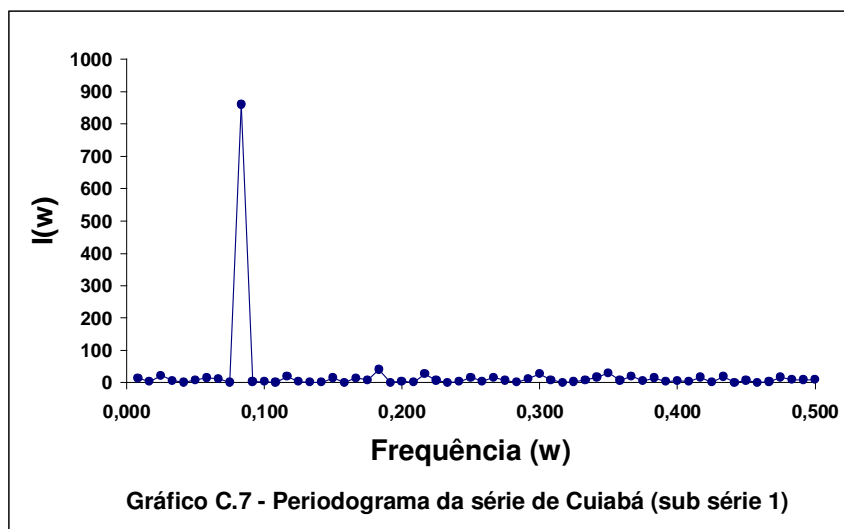
$T^{(1)}$	p-value	$T^{(2)}$	p-value
0,503	0,000	0,036	0,000



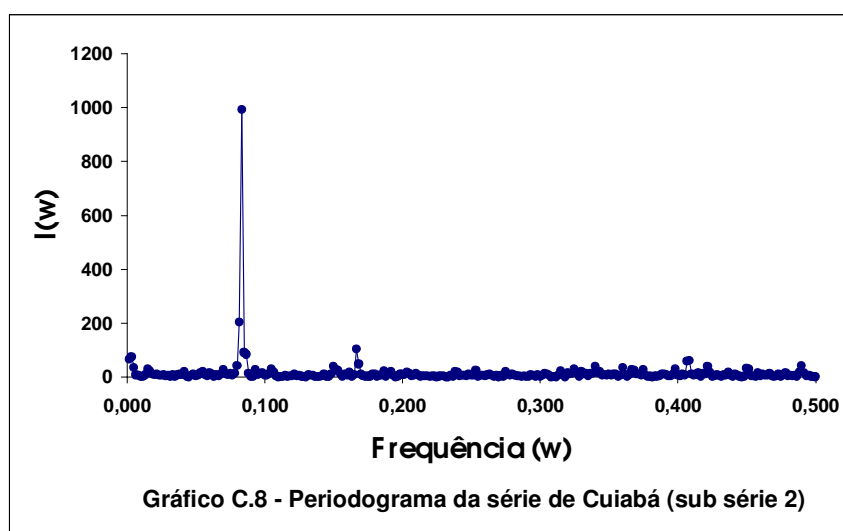
$T^{(1)}$	p-value	$T^{(2)}$	p-value
0,509	0,000	0,048	0,000



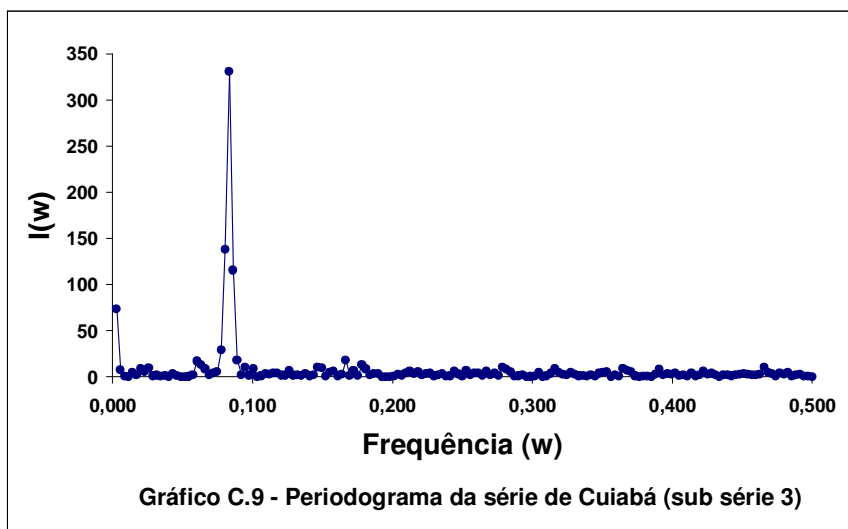
$T^{(1)}$	p-value
0,329	0,000



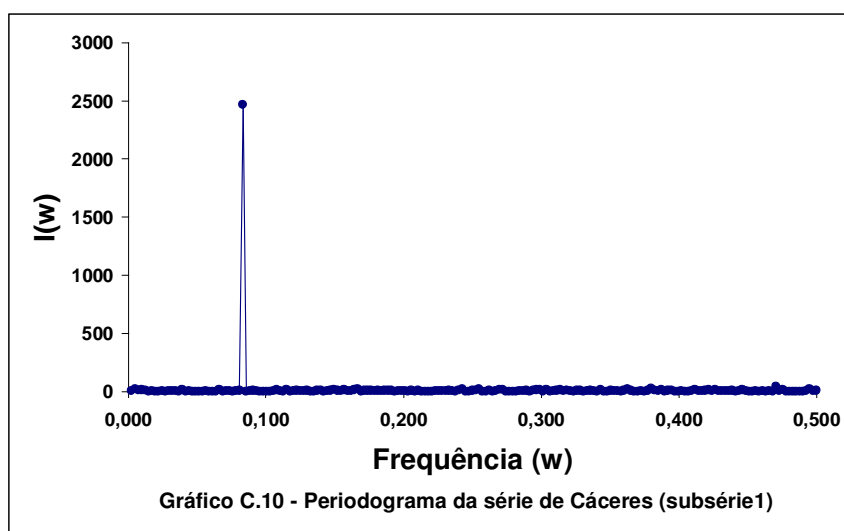
$T^{(1)}$	p-value
0,614	0,000



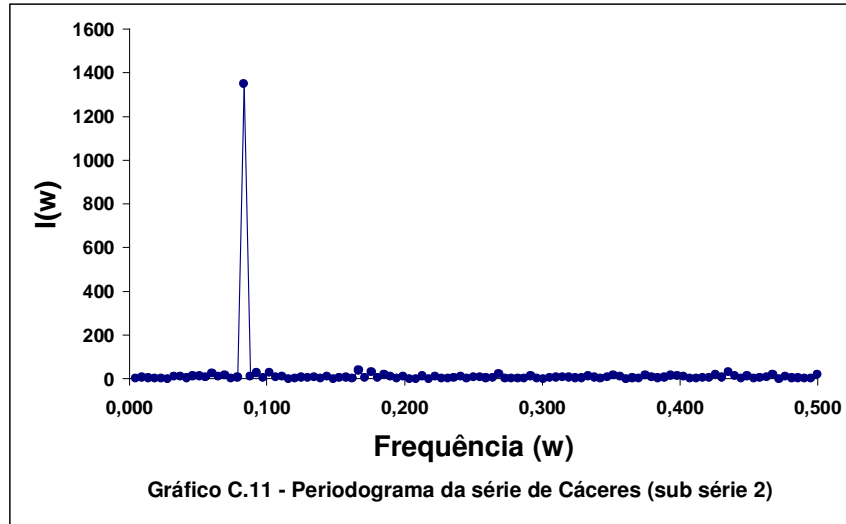
$T^{(1)}$	p-value
0,233	0,000



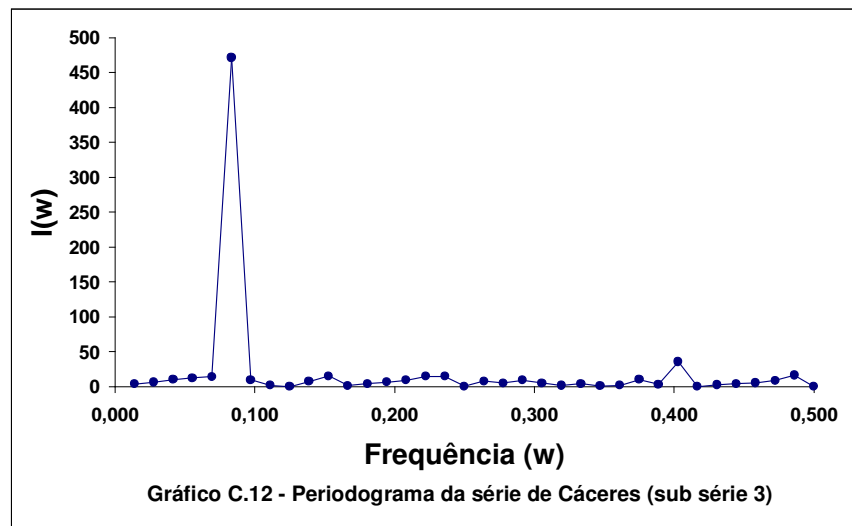
$T^{(1)}$	p-value
0,265	0,000



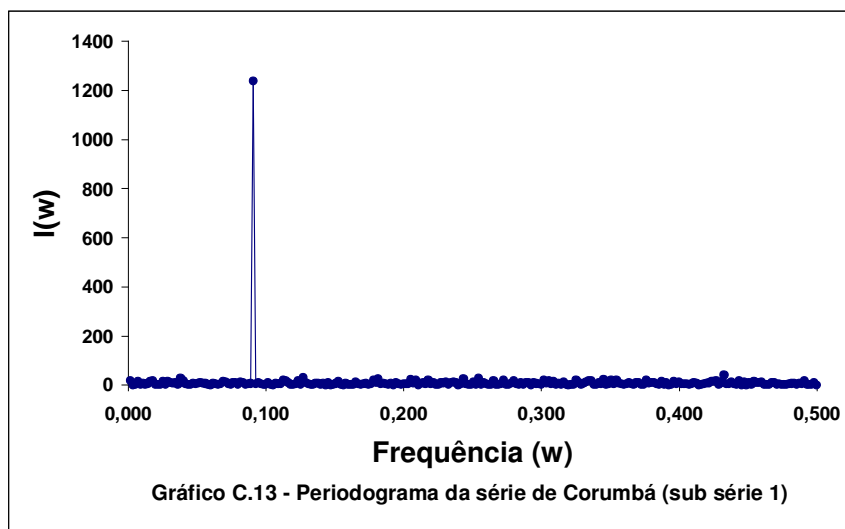
$T^{(1)}$	p-value
0,628	0,000



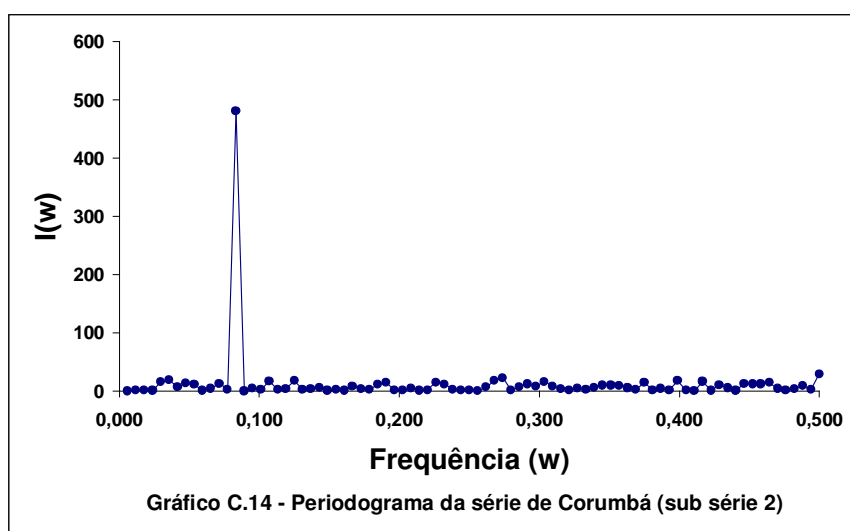
$T^{(1)}$	p-value
0,606	0,000



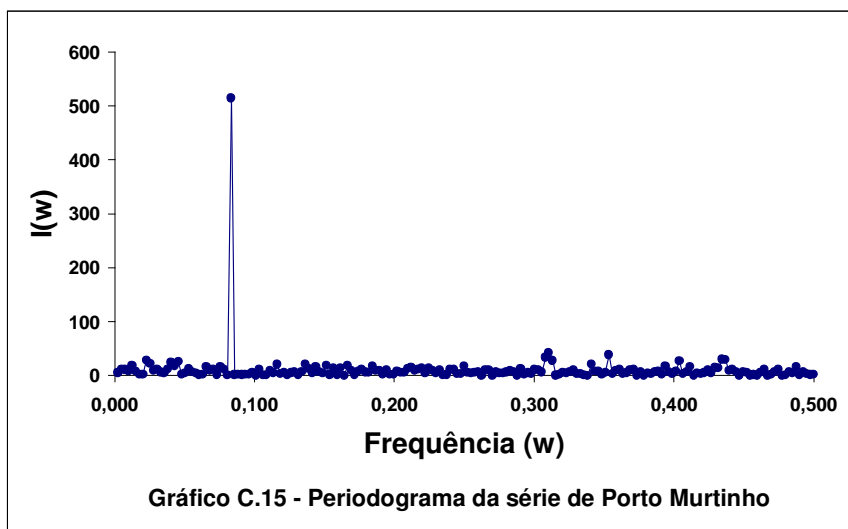
$T^{(1)}$	p-value
0,652	0,000



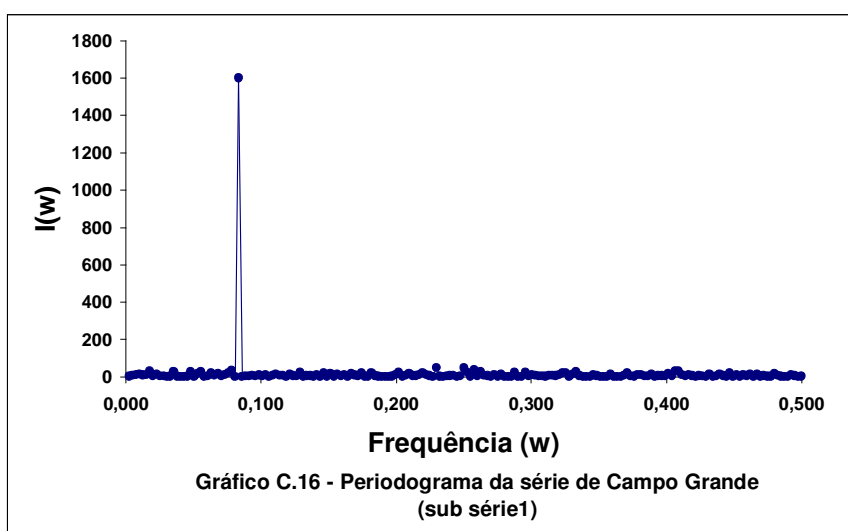
$T^{(1)}$	p-value
0,398	0,000



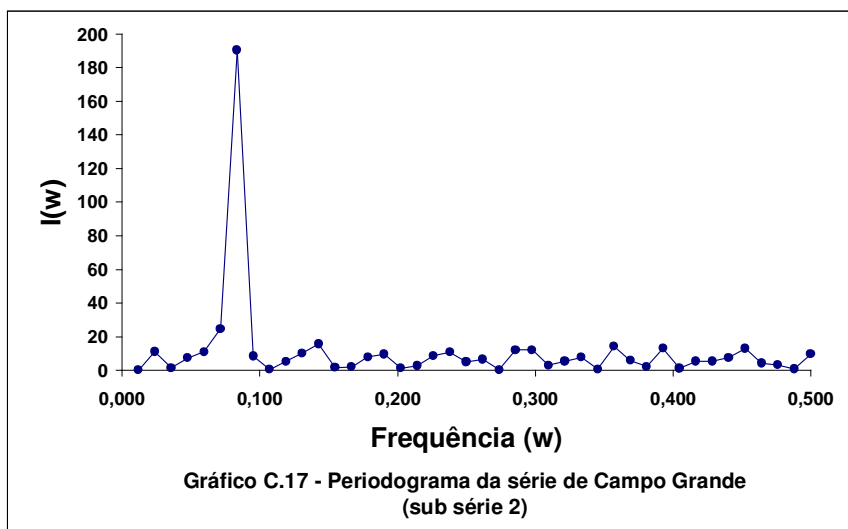
$T^{(1)}$	p-value
0,453	0,000



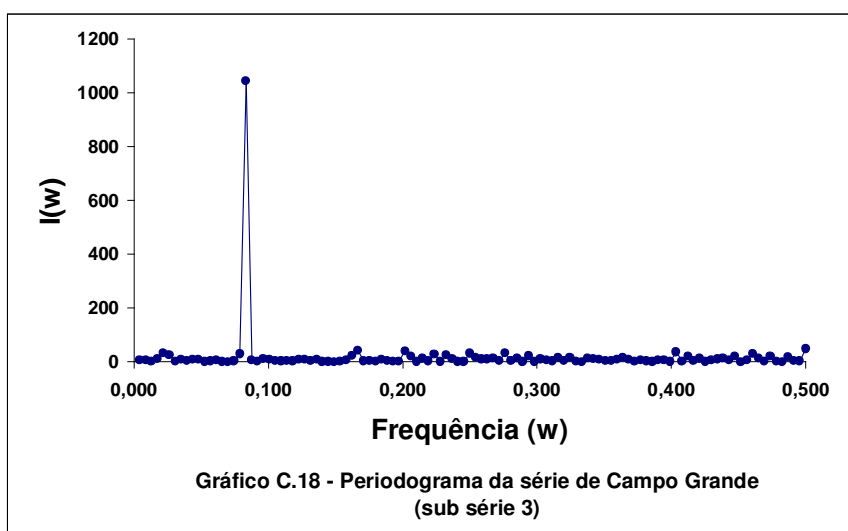
$T^{(1)}$	p-value
0,241	0,000



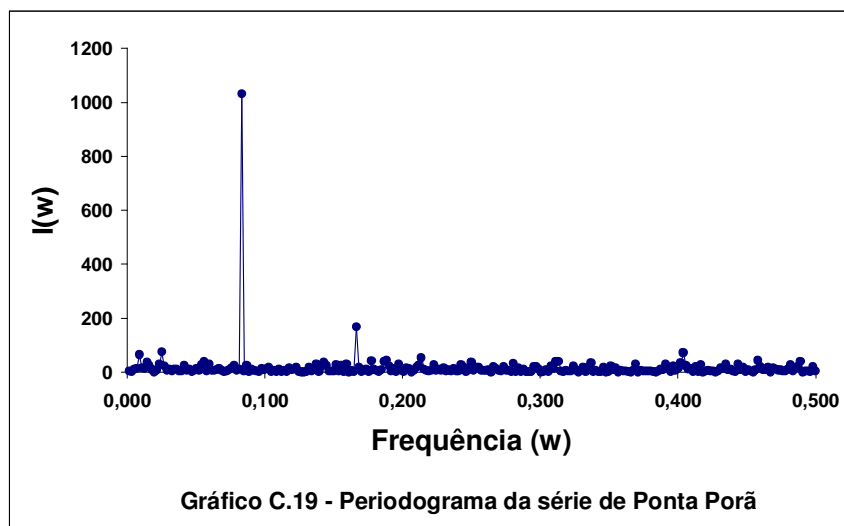
$T^{(1)}$	p-value
0,475	0,000



$T^{(1)}$	p-value
0,405	0,000



$T^{(1)}$	p-value
0,483	0,000



$T^{(1)}$	p-value	$T^{(2)}$	p-value
0,237	0,000	0,051	0,000

APÊNDICE D
Box Plots

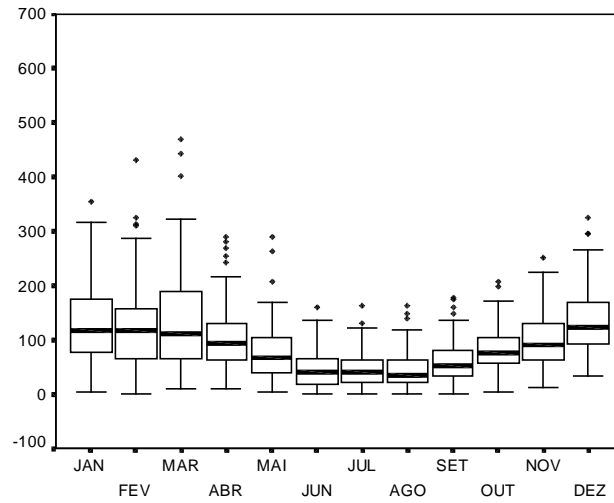


Gráfico D.1 – Box Plot para precipitação do Rio de Janeiro

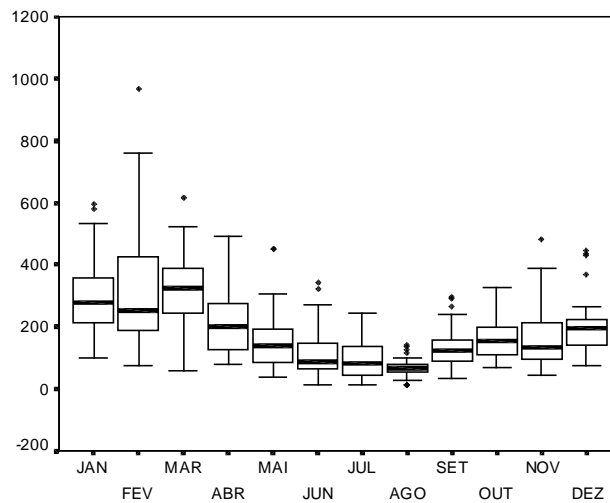


Gráfico D.2 – Box Plot para precipitação de Cananéia

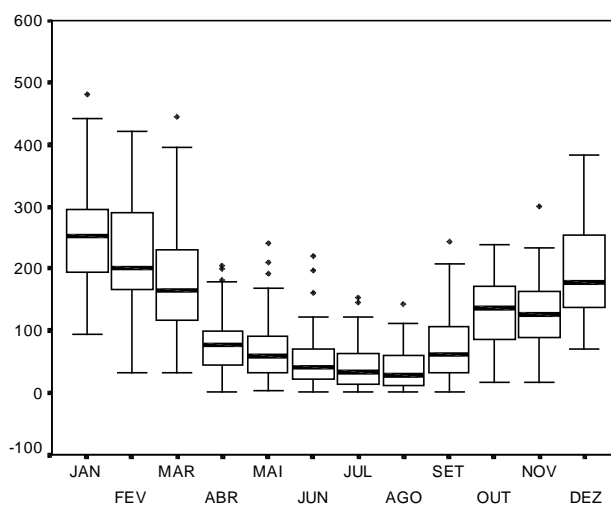


Gráfico D.3 – Box Plot para precipitação de São Paulo 1

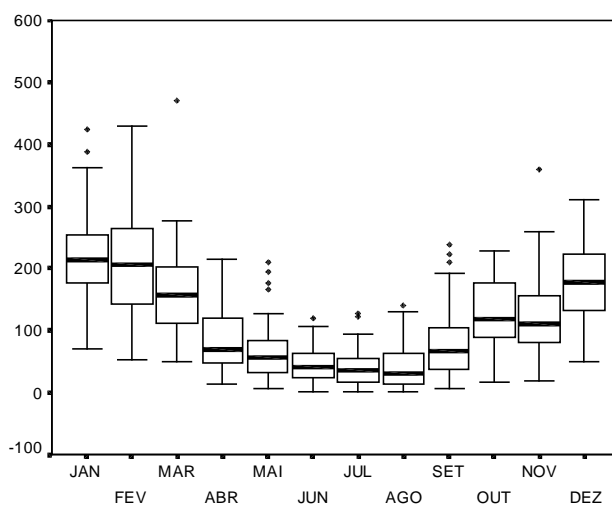


Gráfico D.4 – Box Plot para precipitação de São Paulo 2

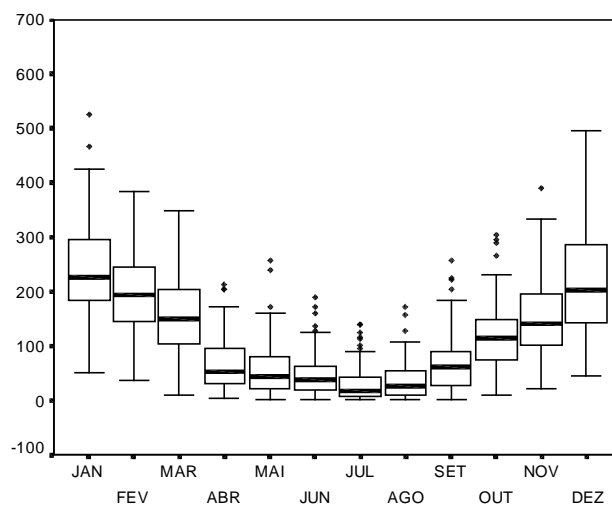


Gráfico D.5 – Box Plot para precipitação de Campinas

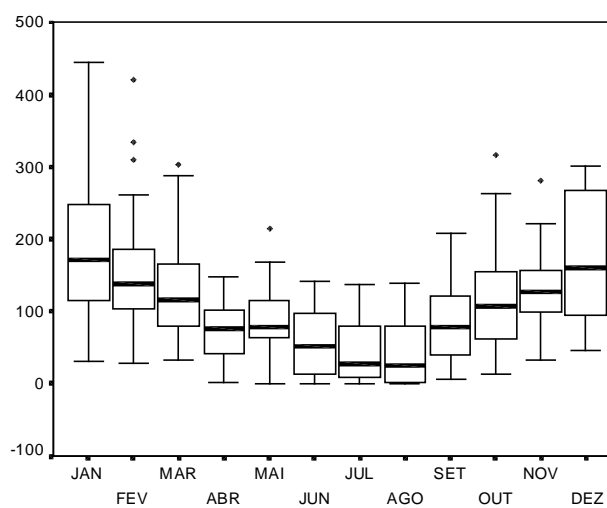


Gráfico D.6 – Box Plot para precipitação de Presidente Prudente

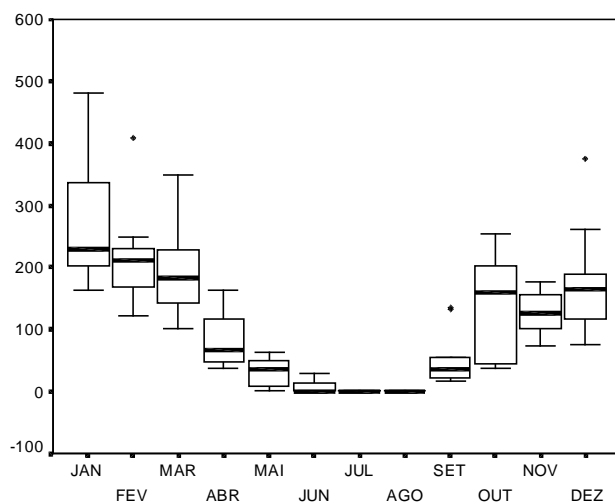


Gráfico D.7 – Box Plot da precipitação de Cuiabá (sub série 1)

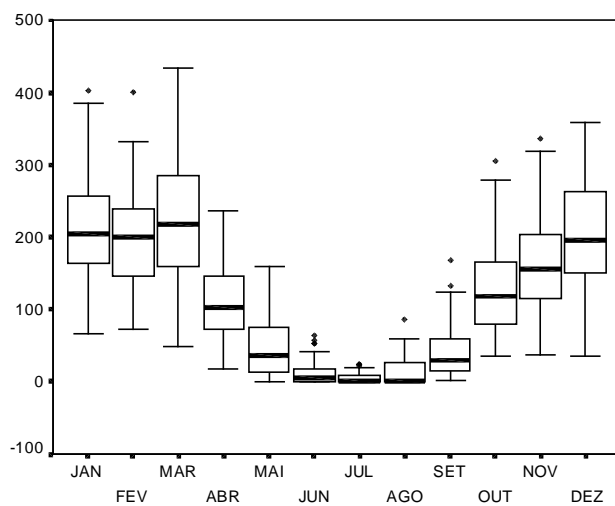


Gráfico D.8 – Box Plot da precipitação de Cuiabá (sub série 2)

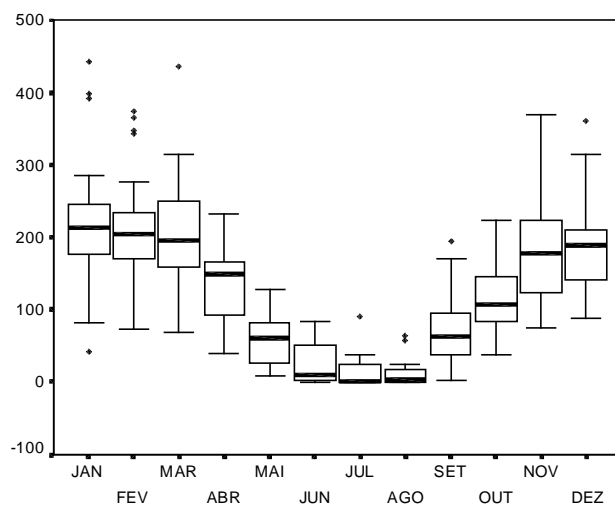


Gráfico D.9 – Box Plot da precipitação de Cuiabá (sub série 3)

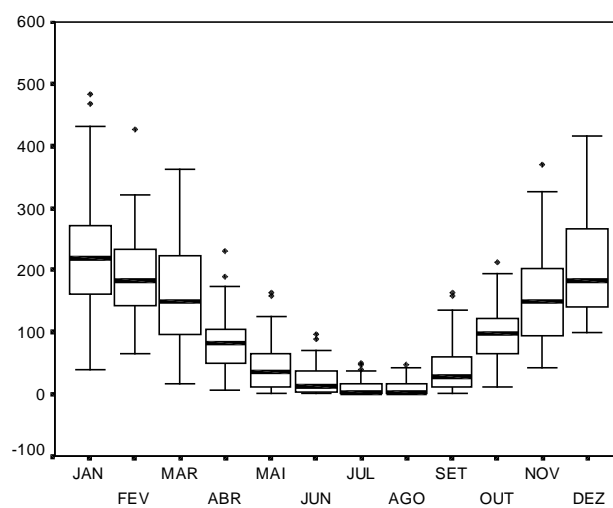


Gráfico D.10 – Box Plot da precipitação de Cáceres (sub série1)

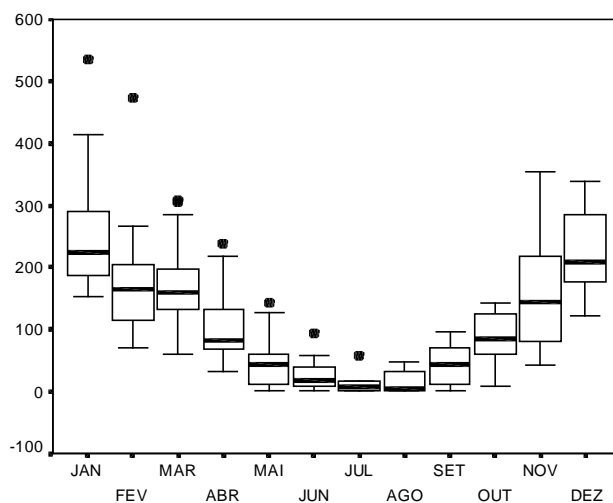


Gráfico D.11 – Box Plot da precipitação de Cáceres (sub série 2)

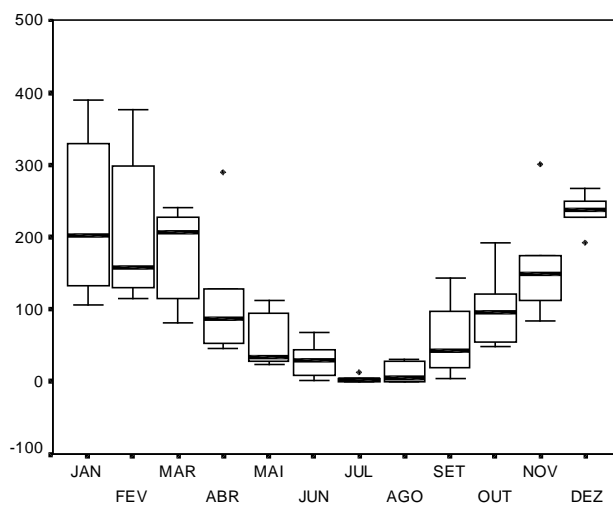


Gráfico D.12 – Box Plot da precipitação de Cáceres (sub série 3)

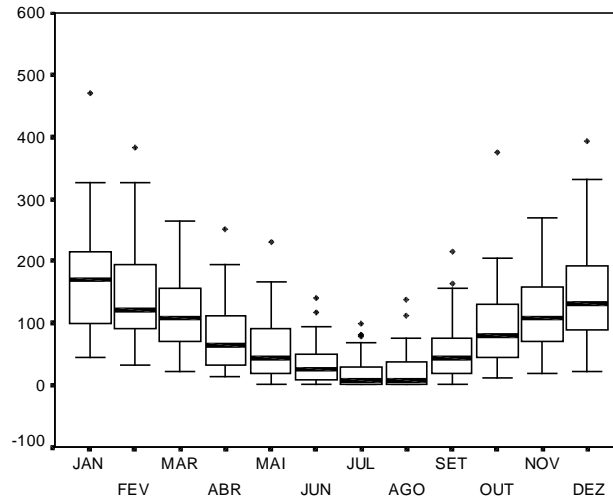


Gráfico D.13 – Box Plot da precipitação de Corumbá (sub série 1)

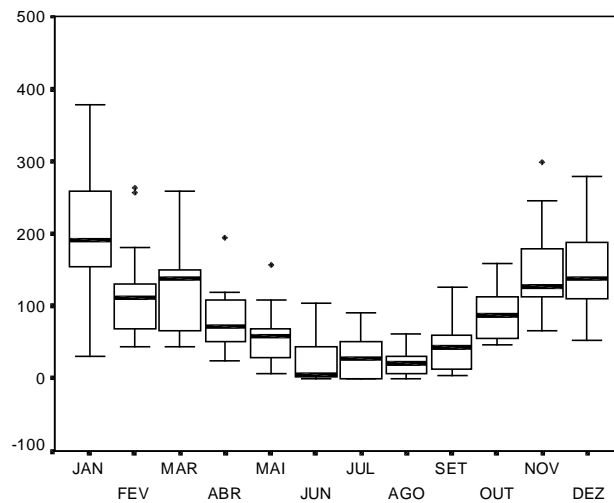


Gráfico D.14 – Box Plot da precipitação de Corumbá (sub série 2)

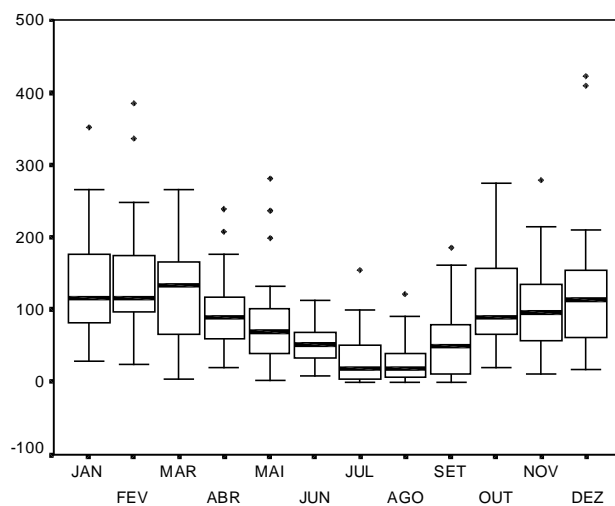


Gráfico D.15 – Box Plot da precipitação de Porto Murtinho

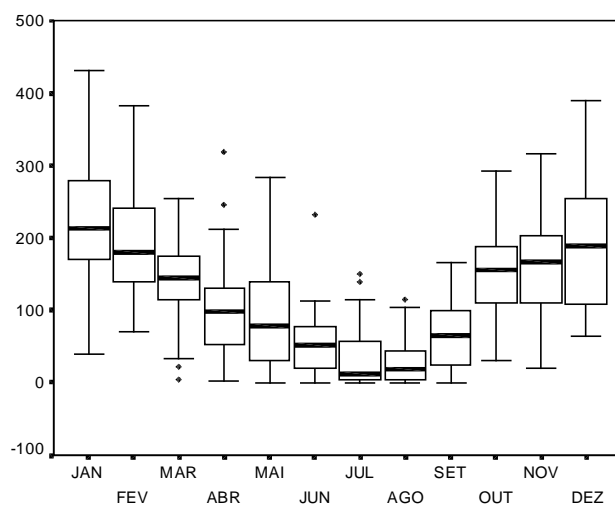


Gráfico D.16 – Box Plot da precipitação de Campo Grande (sub série 1)

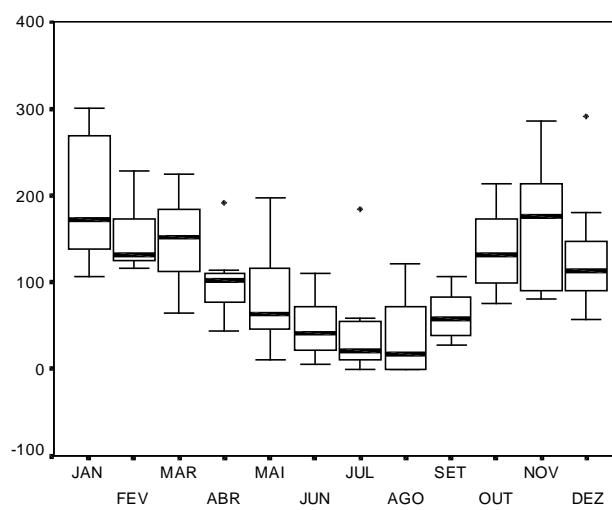


Gráfico D.17 – Box Plot da precipitação de Campo Grande (sub série 2)

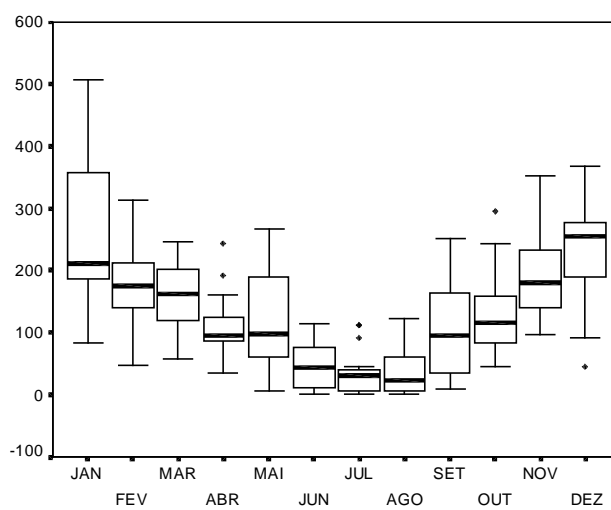


Gráfico D.18 – Box Plot da precipitação de Campo Grande (sub série 3)

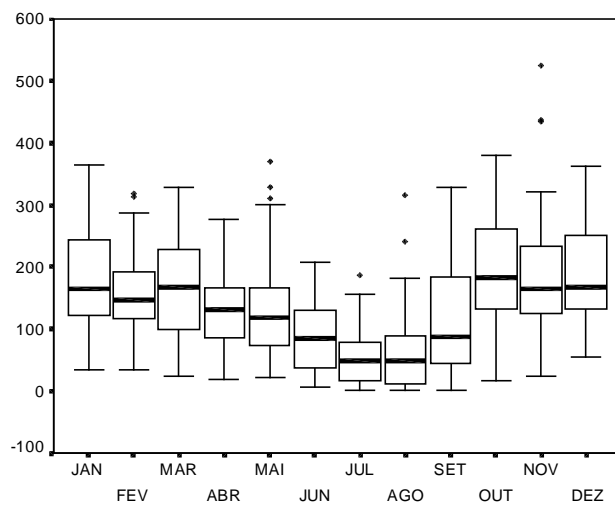


Gráfico D.19 – Box Plot da precipitação de Ponta Porã

APÊNDICE E
Definições

E.1 – ÍNDICE SAZONAL

Definimos :

Y_{ij} = i -ésima observação do j -ésimo mês.

$i=1,\dots,n$ e $j=1,\dots,12$

Supondo sazonalidade de 12 meses, temos:

$$\bar{Y} = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} \bar{Y}_{.j}, \text{ denominada média geral}$$

$$\bar{Y}_{.j} = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} Y_{ij}, \quad j=1,\dots,12 \text{ média do } j\text{-ésimo mês.}$$

Temos então o índice sazonal do j -ésimo mês

$$\bar{S} = \bar{Y}_{.j} - \bar{Y}$$

Para maiores detalhes, ver Morettin (1986)

E.2 – PERIODOGRAMA

Dada uma série temporal de n observações, nós podemos representar as n observações como uma soma de senos e cosenos dada por :

$$Z_t = \sum_{k=0}^{\lfloor n/2 \rfloor} (a_k \cos w_k t + b_k \sin w_k t), \quad t=1,\dots,n$$

em que $w_k = 2\pi k / n$, $k=0,1,\dots,\lfloor n/2 \rfloor$ são as frequências de Fourier, e

$$a_k = \begin{cases} \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Z_t \cos w_k t, & k=0 \text{ e } k=\frac{n}{2} \\ \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n Z_t \cos w_k t, & k=1,2,\dots,\left[\frac{n-1}{2}\right] \end{cases}$$

$$b_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n Z_t \sin w_k t, \quad k=1,2,\dots,\left[\frac{n-1}{2}\right]$$

são denominados coeficientes de Fourier.

Definimos agora a seguinte estatística :

$$I(w_k) = \begin{cases} na_0, & k = 0 \\ \frac{n}{2}(a_k^2 + b_k^2), & k = 1, \dots, (n-1)/2 \\ na_{n/2}^2, & k = \frac{n}{2} \end{cases}$$

denominada de periodograma.

Esta estatística é bastante útil para detectar periodicidades na série. No caso de existência de um componente periódico, este vai se refletir como um pico no gráfico $I(w_k) \times w_k$.

E.3 – TESTE DE FISHER PARA PERIODICIDADES

Fisher (1929) desenvolveu um teste de significância para o maior pico do periodograma. Este teste foi estendido para incluir o segundo maior pico.

As hipóteses do teste são :

H_0 : Não existe componente periódica na série

H_1 : Existe componente periódica na série

Rejeitamos a hipótese H_0 se observarmos um valor para a estatística de Fisher maior que o valor crítico do teste.

A estatística do teste proposto por Fisher é a maior das ordenadas do periodograma nas frequências de Fourier dividida pela soma dessas ordenadas, ou seja:

$$T^{(1)} = \frac{I^{(1)}(w_{(1)})}{\sum_{k=1}^{\lfloor n/2 \rfloor} I(w_k)}$$

A decisão será baseada no nível descritivo do teste, que será :

$$p \cong \frac{n}{2}(1-T^{(1)})^{\frac{n-1}{2}}, \text{ onde } n \text{ é o número de observações.}$$

A estatística para o teste do segundo pico é a Segunda maior das ordenadas do periodograma nas freqüências de Fourier dividida pela soma dessas ordenadas subtraída da maior das ordenadas, seja:

$$T^{(2)} = \frac{I^{(2)}(w_{(2)})}{\left\{ \sum_{k=1}^{\lfloor n/2 \rfloor} I(w_k) \right\} - I^{(1)}(w_{(1)})}$$

O nível descritivo neste caso será:

$$p \cong \left(\frac{n}{2} - 1\right)(1-T^{(2)})^{\frac{n-2}{2}}$$

Para maiores detalhes, ver Wei (1990).

E.4 - TESTE DE BOX-PIERCE

Box e Pierce (1970) sugeriram um teste para as autocorrelações dos resíduos estimados, que pode indicar se esses valores são muito altos.

Se o modelo for apropriado, a estatística :

$$Q = n(n+2) \sum_{k=1}^K \frac{r_k^2}{(n-k)}$$

Tem uma distribuição Qui-Quadrado com K-p-q graus de liberdade, onde K é o número de r_k , p é a ordem da componente autoregressiva e q é a ordem da componente da diferença. Em geral basta tomar os 20 primeiros resíduos estimados.

Essa estatística testa a seguinte hipótese:

Ho : Os resíduos constituem um processo de ruído branco

Onde ruído branco são variáveis aleatórias independentes, com média zero e variância sigma ao quadrado.

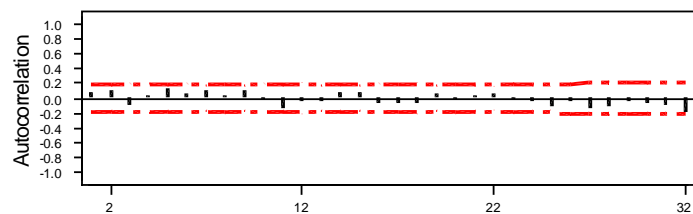
Para maiores detalhes veja MORETTIN e TOLOI (1985).

APÊNDICE F

Gráficos de Autocorrelação e Autocorrelação Parcial das
Séries de chuvas e do Rio Paraguai

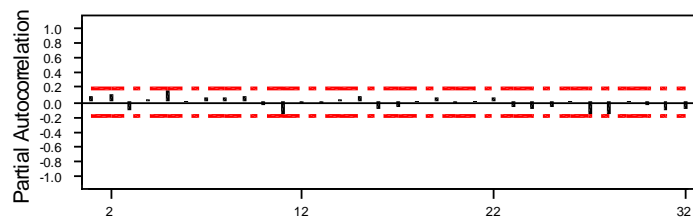
1) Séries de índices pluviométrico

Gráfico F.1.a - Autocorrelação da série do Rio de Janeiro



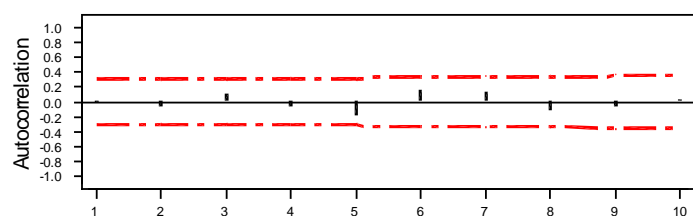
Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.08	0.90	0.83	10	-0.01	-0.05	10.28	19	0.06	0.62	17.77	28	-0.11	-1.12	26.33
2	0.12	1.31	2.61	11	-0.13	-1.41	12.81	20	-0.01	-0.06	17.78	29	-0.04	-0.40	26.61
3	-0.10	-1.07	3.86	12	-0.03	-0.30	12.93	21	0.03	0.35	17.96	30	-0.07	-0.64	27.34
4	0.03	0.35	3.99	13	-0.03	-0.35	13.10	22	0.06	0.63	18.57	31	-0.09	-0.89	28.78
5	0.13	1.43	6.29	14	0.09	0.94	14.28	23	-0.02	-0.21	18.64	32	-0.18	-1.78	34.66
6	0.06	0.61	6.72	15	0.09	0.98	15.60	24	-0.05	-0.49	19.01				
7	0.10	1.13	8.22	16	-0.06	-0.64	16.19	25	-0.12	-1.19	21.28				
8	0.04	0.47	8.49	17	-0.06	-0.66	16.80	26	-0.03	-0.33	21.46				
9	0.11	1.21	10.28	18	-0.05	-0.52	17.20	27	-0.13	-1.28	24.19				

Gráfico F.1.b - Autocorrelação parcial do Rio de Janeiro



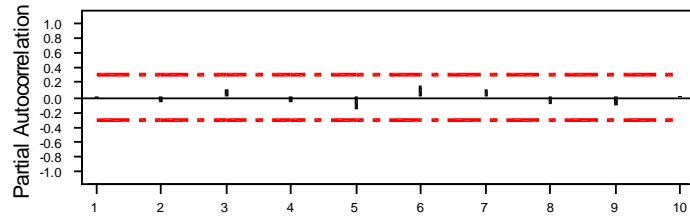
Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.08	0.90	10	-0.03	-0.37	19	0.07	0.75	28	-0.16	-1.86
2	0.11	1.25	11	-0.17	-1.91	20	-0.01	-0.12	29	0.01	0.06
3	-0.11	-1.31	12	-0.01	-0.07	21	0.02	0.26	30	-0.03	-0.38
4	0.04	0.41	13	-0.02	-0.27	22	0.07	0.84	31	-0.10	-1.15
5	0.15	1.75	14	0.03	0.30	23	-0.05	-0.59	32	-0.09	-1.07
6	0.01	0.16	15	0.09	1.08	24	-0.10	-1.11			
7	0.07	0.84	16	-0.08	-0.90	25	-0.06	-0.64			
8	0.06	0.63	17	-0.05	-0.62	26	0.01	0.09			
9	0.09	1.02	18	0.02	0.20	27	-0.17	-1.97			

Gráfico F.2.a - Autocorrelação da série de Cananéia



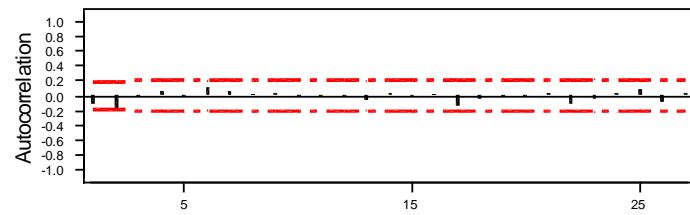
Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.01	-0.04	0.00	8	-0.12	-0.73	5.77
2	-0.07	-0.47	0.25	9	-0.05	-0.32	5.93
3	0.11	0.74	0.87	10	0.04	0.22	6.01
4	-0.07	-0.42	1.08				
5	-0.18	-1.13	2.68				
6	0.17	1.03	4.12				
7	0.13	0.75	4.94				

Gráfico F.2.b - Autocorrelação parcial de Cananeia



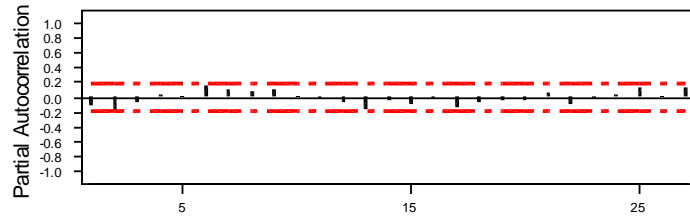
Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	-0.01	-0.04	8	-0.08	-0.55
2	-0.07	-0.47	9	-0.11	-0.69
3	0.11	0.74	10	0.00	0.01
4	-0.07	-0.46			
5	-0.17	-1.07			
6	0.15	0.99			
7	0.12	0.80			

Gráfico F.3.a - Autocorrelação da série de Campinas



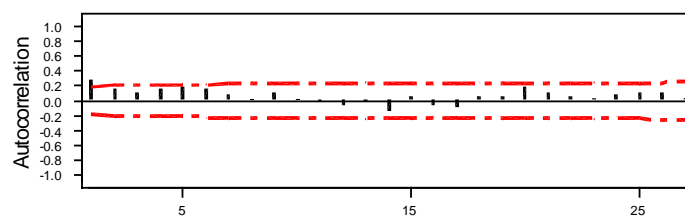
Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.11	-1.19	1.45	8	0.01	0.12	8.02	15	-0.01	-0.06	9.26	22	-0.12	-1.10	13.64
2	-0.18	-1.86	5.12	9	0.04	0.36	8.18	16	0.01	0.05	9.26	23	-0.05	-0.43	13.93
3	-0.01	-0.06	5.12	10	-0.01	-0.11	8.20	17	-0.13	-1.24	11.43	24	0.03	0.32	14.10
4	0.07	0.73	5.74	11	-0.02	-0.19	8.24	18	-0.03	-0.33	11.59	25	0.09	0.85	15.29
5	-0.00	-0.03	5.74	12	-0.02	-0.24	8.32	19	-0.01	-0.08	11.61	26	-0.09	-0.80	16.37
6	0.12	1.22	7.50	13	-0.07	-0.69	8.96	20	-0.02	-0.22	11.68	27	0.05	0.45	16.72
7	0.07	0.64	8.00	14	0.05	0.47	9.25	21	0.03	0.26	11.78				

Gráfico F.3.b - Autocorrelação parcial de Campinas



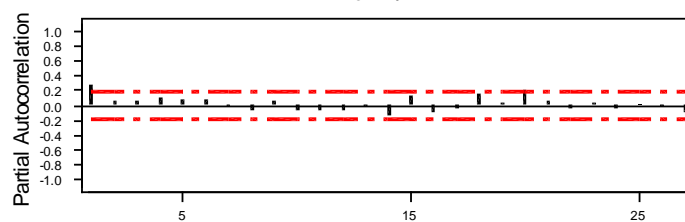
Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	-0.11	-1.19	8	0.10	1.00	15	-0.09	-0.93	22	-0.08	-0.88
2	-0.20	-2.04	9	0.10	1.06	16	-0.02	-0.20	23	-0.02	-0.19
3	-0.06	-0.58	10	0.02	0.19	17	-0.14	-1.44	24	0.04	0.40
4	0.03	0.32	11	-0.01	-0.12	18	-0.07	-0.73	25	0.13	1.32
5	0.00	0.01	12	-0.07	-0.72	19	-0.03	-0.34	26	0.02	0.19
6	0.15	1.57	13	-0.15	-1.60	20	-0.03	-0.35	27	0.12	1.29
7	0.12	1.21	14	-0.05	-0.49	21	0.07	0.68			

Gráfico F.4.a - Autocorrelação da série de São Paulo



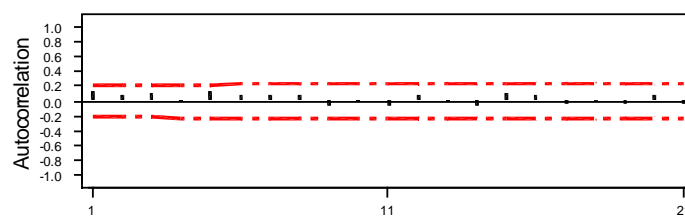
Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.29	3.05	9.53	8	0.02	0.17	25.13	15	0.05	0.43	29.56	22	0.05	0.42	39.65
2	0.15	1.47	12.16	9	0.10	0.89	26.40	16	-0.06	-0.55	30.11	23	0.04	0.33	39.88
3	0.12	1.17	13.90	10	0.02	0.17	26.44	17	-0.10	-0.82	31.34	24	0.09	0.74	41.05
4	0.17	1.58	17.19	11	-0.02	-0.21	26.52	18	0.07	0.59	31.99	25	0.11	0.93	42.96
5	0.18	1.63	20.88	12	-0.06	-0.50	26.94	19	0.06	0.50	32.47	26	0.10	0.80	44.42
6	0.16	1.48	24.08	13	-0.02	-0.19	27.00	20	0.19	1.58	37.29	27	0.05	0.39	44.77
7	0.09	0.80	25.08	14	-0.13	-1.14	29.24	21	0.12	0.99	39.28				

Gráfico F.4.b - Autocorrelação parcial de São Paulo



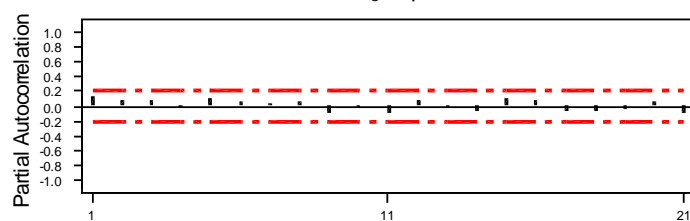
Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.29	3.05	8	-0.06	-0.59	15	0.14	1.47	22	-0.04	-0.38
2	0.07	0.78	9	0.07	0.75	16	-0.08	-0.83	23	0.03	0.34
3	0.07	0.70	10	-0.07	-0.72	17	-0.03	-0.35	24	-0.04	-0.46
4	0.12	1.25	11	-0.06	-0.68	18	0.17	1.80	25	0.00	0.01
5	0.10	1.04	12	-0.06	-0.66	19	0.05	0.48	26	-0.00	-0.00
6	0.08	0.79	13	-0.00	-0.04	20	0.22	2.33	27	-0.08	-0.82
7	-0.00	-0.05	14	-0.14	-1.45	21	0.06	0.63			

Gráfico F.5.a - Autocorrelação da série de Cuiabá



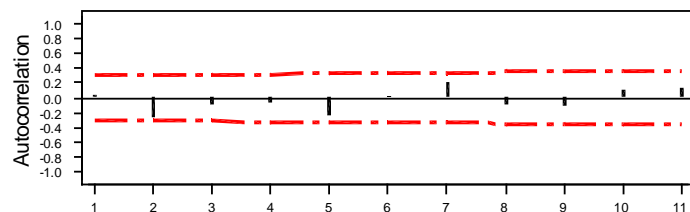
Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.13	1.20	1.49	8	0.10	0.85	7.23	15	0.10	0.88	10.13
2	0.10	0.90	2.36	9	-0.06	-0.49	7.54	16	0.08	0.72	10.92
3	0.10	0.93	3.32	10	0.02	0.13	7.57	17	-0.03	-0.27	11.03
4	0.02	0.19	3.37	11	-0.06	-0.53	7.95	18	-0.01	-0.11	11.05
5	0.13	1.15	4.92	12	0.08	0.70	8.63	19	-0.04	-0.36	11.27
6	0.09	0.82	5.74	13	0.02	0.19	8.68	20	0.08	0.69	12.04
7	0.08	0.68	6.31	14	-0.06	-0.48	9.01	21	-0.05	-0.41	12.32

Gráfico F.5.b - Autocorrelação parcial de Cuiabá



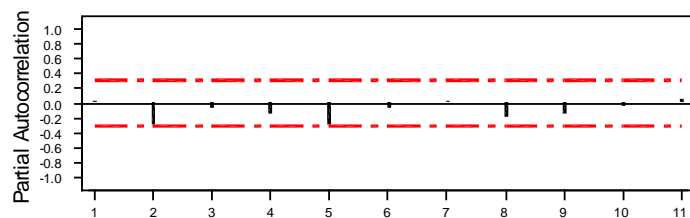
Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.13	1.20	8	0.06	0.52	15	0.11	1.02
2	0.08	0.77	9	-0.10	-0.90	16	0.09	0.88
3	0.08	0.76	10	-0.00	-0.01	17	-0.06	-0.52
4	-0.01	-0.07	11	-0.08	-0.79	18	-0.05	-0.46
5	0.11	1.07	12	0.10	0.90	19	-0.03	-0.27
6	0.06	0.55	13	-0.02	-0.15	20	0.07	0.66
7	0.04	0.41	14	-0.06	-0.52	21	-0.08	-0.73

Gráfico F.6.a - Autocorrelação da série de Ponta Pora



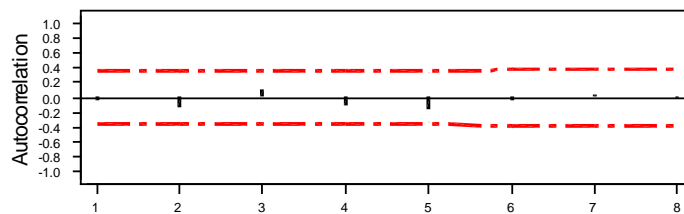
Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.04	0.29	0.09	8	-0.09	-0.51	9.85
2	-0.27	-1.84	3.80	9	-0.12	-0.71	10.74
3	-0.08	-0.49	4.11	10	0.10	0.58	11.37
4	-0.06	-0.38	4.30	11	0.14	0.82	12.68
5	-0.23	-1.44	7.14				
6	0.01	0.06	7.15				
7	0.20	1.20	9.41				

Gráfico F.6.b - Autocorrelação parcial de Ponta Pora



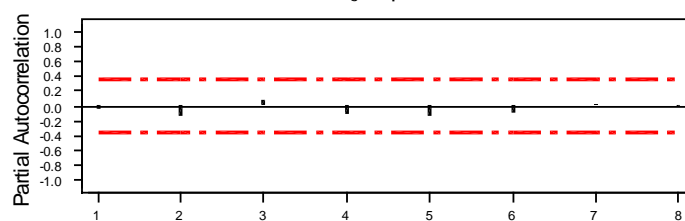
Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.04	0.29	8	-0.19	-1.30
2	-0.27	-1.86	9	-0.13	-0.90
3	-0.05	-0.37	10	-0.03	-0.18
4	-0.14	-0.95	11	0.06	0.44
5	-0.29	-1.95			
6	-0.05	-0.37			
7	0.03	0.23			

Gráfico F.7.a - Autocorrelação da série de P. Murtinho



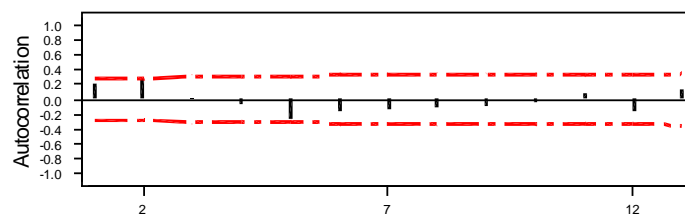
Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.03	-0.20	0.04	8	-0.02	-0.11	2.79
2	-0.14	-0.81	0.79				
3	0.11	0.61	1.24				
4	-0.11	-0.60	1.70				
5	-0.15	-0.86	2.70				
6	-0.03	-0.16	2.73				
7	0.03	0.17	2.77				

Gráfico F.7.b - Autocorrelação parcial de P. Murtinho



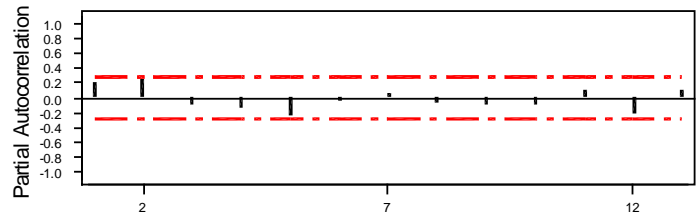
Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	-0.03	-0.20	8	-0.02	-0.13
2	-0.14	-0.82			
3	0.10	0.58			
4	-0.12	-0.72			
5	-0.14	-0.79			
6	-0.08	-0.49			
7	0.01	0.04			

Gráfico F.8.a - Autocorrelação da série de Cáceres



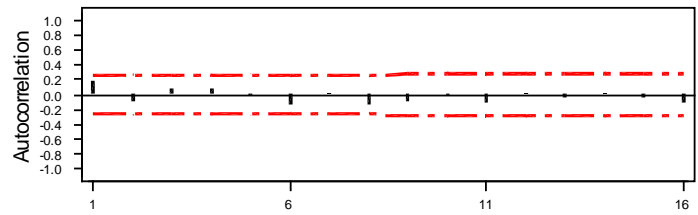
Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.21	1.49	2.36	8	-0.11	-0.65	14.34
2	0.28	1.95	6.81	9	-0.08	-0.50	14.80
3	0.02	0.15	6.85	10	-0.04	-0.27	14.94
4	-0.06	-0.39	7.05	11	0.09	0.51	15.46
5	-0.26	-1.70	11.20	12	-0.16	-0.95	17.29
6	-0.15	-0.93	12.60	13	0.13	0.77	18.58
7	-0.12	-0.76	13.59				

Gráfico F.8.b - Autocorrelação parcial de Cáceres



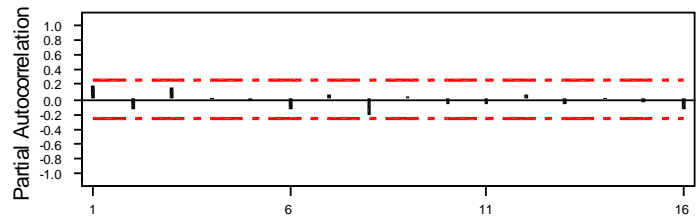
Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.21	1.49	8	-0.05	-0.38
2	0.25	1.80	9	-0.09	-0.69
3	-0.08	-0.57	10	-0.07	-0.54
4	-0.13	-0.97	11	0.12	0.88
5	-0.25	-1.79	12	-0.22	-1.61
6	-0.03	-0.21	13	0.11	0.82
7	0.05	0.38			

Gráfico F.9.a - Autocorrelação da série de Campo Grande



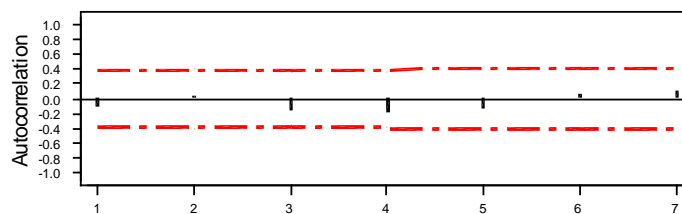
Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.19	1.50	2.35	8	-0.14	-1.03	6.94	15	-0.03	-0.18	8.75
2	-0.10	-0.76	3.02	9	-0.09	-0.69	7.62	16	-0.12	-0.87	10.05
3	0.10	0.75	3.69	10	-0.02	-0.12	7.64				
4	0.08	0.62	4.15	11	-0.11	-0.78	8.56				
5	-0.02	-0.16	4.18	12	0.02	0.14	8.59				
6	-0.13	-1.00	5.45	13	-0.03	-0.25	8.69				
7	0.02	0.15	5.49	14	0.01	0.04	8.69				

Gráfico F.9.b - Autocorrelação parcial de Campo Grande



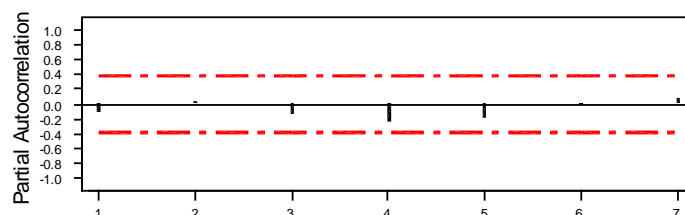
Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.19	1.50	8	-0.21	-1.70	15	-0.05	-0.39
2	-0.14	-1.11	9	0.04	0.30	16	-0.14	-1.10
3	0.15	1.23	10	-0.06	-0.48			
4	0.01	0.11	11	-0.07	-0.58			
5	-0.01	-0.10	12	0.07	0.53			
6	-0.13	-1.08	13	-0.07	-0.55			
7	0.07	0.55	14	0.02	0.18			

Gráfico F.10.a - Autocorrelação da série de P. Prudente



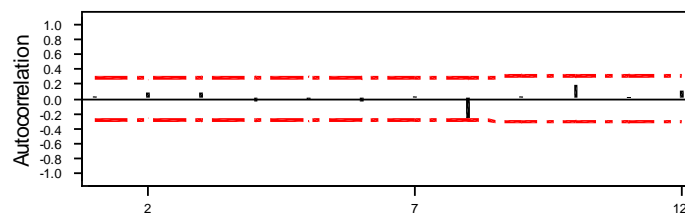
Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.10	-0.53	0.32
2	0.05	0.25	0.39
3	-0.15	-0.79	1.15
4	-0.19	-1.01	2.50
5	-0.13	-0.65	3.13
6	0.05	0.25	3.23
7	0.12	0.59	3.82

Gráfico F.10.b - Autocorrelação parcial de P. Prudente



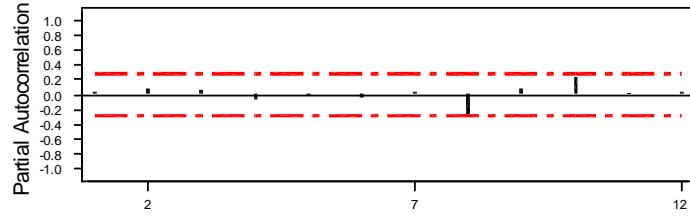
Lag	PAC	T
1	-0.10	-0.53
2	0.04	0.20
3	-0.14	-0.77
4	-0.23	-1.23
5	-0.18	-0.97
6	0.00	0.00
7	0.08	0.42

Gráfico F.11.a - Autocorrelação da série de Corumbá



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.04	0.30	0.10	8	-0.26	-1.81	5.31
2	0.09	0.63	0.52	9	0.05	0.32	5.45
3	0.08	0.56	0.87	10	0.19	1.23	7.74
4	-0.04	-0.27	0.96	11	0.00	0.01	7.74
5	-0.01	-0.04	0.96	12	0.11	0.68	8.51
6	-0.04	-0.29	1.07				
7	0.03	0.21	1.12				

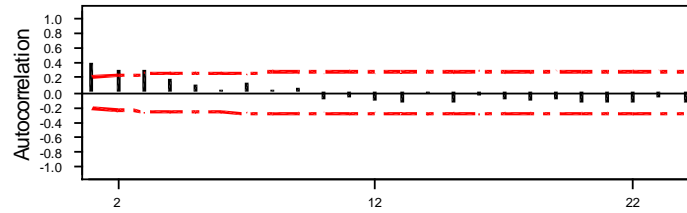
Gráfico F.11.b - Autocorrelação parcial de Corumbá



Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.04	0.30	8	-0.26	-1.85
2	0.09	0.62	9	0.07	0.53
3	0.07	0.52	10	0.23	1.67
4	-0.05	-0.37	11	0.02	0.11
5	-0.02	-0.12	12	0.03	0.21
6	-0.04	-0.28			
7	0.04	0.30			

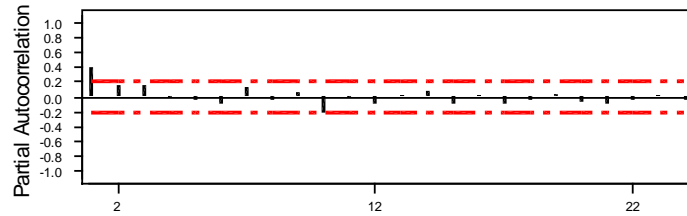
2. Série de índice fluviométrico

Gráfico F.12.a - Autocorrelação da série do Rio Paraguai



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.41	4.09	17.21	8	0.04	0.28	43.43	15	-0.13	-0.90	50.67	22	-0.14	-0.95	61.20
2	0.31	2.62	26.82	9	0.06	0.44	43.82	16	-0.04	-0.28	50.85	23	-0.06	-0.42	61.71
3	0.31	2.48	36.75	10	-0.09	-0.63	44.67	17	-0.10	-0.69	52.02	24	-0.14	-0.96	64.40
4	0.18	1.38	40.24	11	-0.07	-0.50	45.21	18	-0.11	-0.75	53.44				
5	0.11	0.80	41.48	12	-0.11	-0.80	46.60	19	-0.07	-0.52	54.14				
6	0.03	0.20	41.56	13	-0.14	-0.98	48.75	20	-0.13	-0.89	56.20				
7	0.13	0.93	43.27	14	-0.02	-0.12	48.78	21	-0.14	-0.97	58.71				

Gráfico F.12.b - Autocorrelação parcial do Rio Paraguai



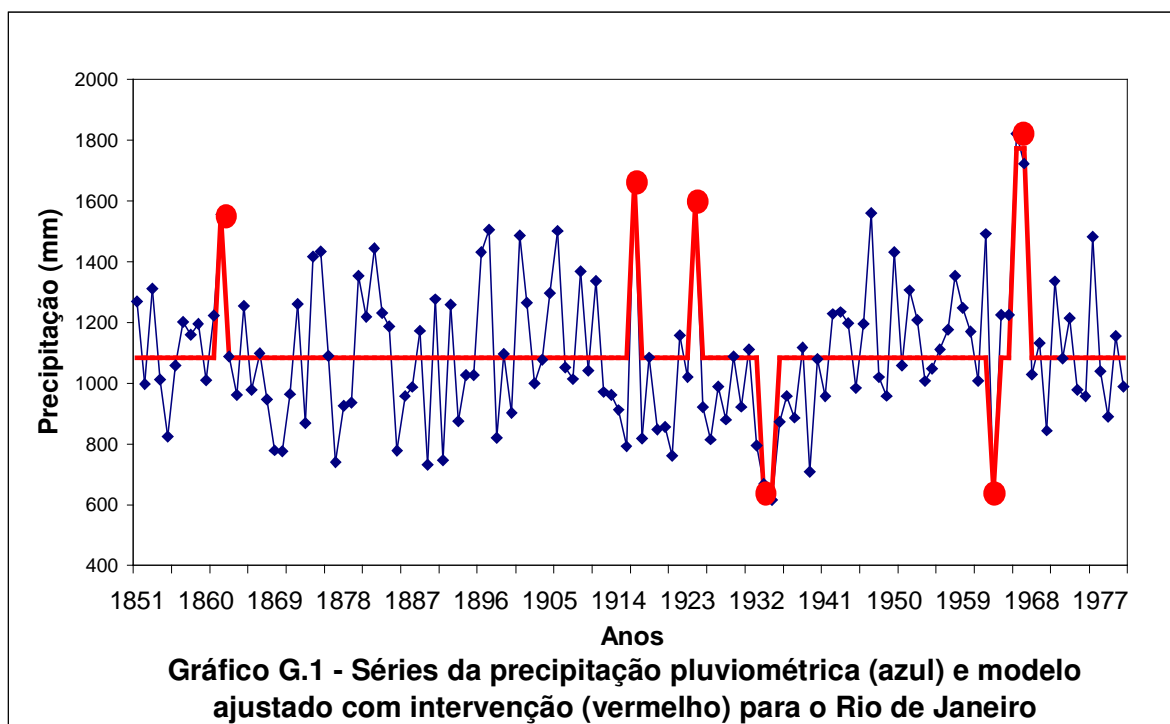
Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T	Lag	PAC	T
1	0.41	4.09	8	-0.04	-0.42	15	-0.09	-0.91	22	-0.04	-0.37
2	0.16	1.63	9	0.06	0.57	16	0.02	0.20	23	0.01	0.06
3	0.17	1.68	10	-0.21	-2.09	17	-0.09	-0.85	24	-0.04	-0.38
4	-0.02	-0.23	11	-0.01	-0.06	18	-0.03	-0.33			
5	-0.04	-0.36	12	-0.10	-0.97	19	0.04	0.38			
6	-0.08	-0.84	13	0.02	0.24	20	-0.06	-0.58			
7	0.14	1.37	14	0.10	0.96	21	-0.09	-0.93			

APÊNDICE G

Gráficos das séries anuais e ajustada e estimativas

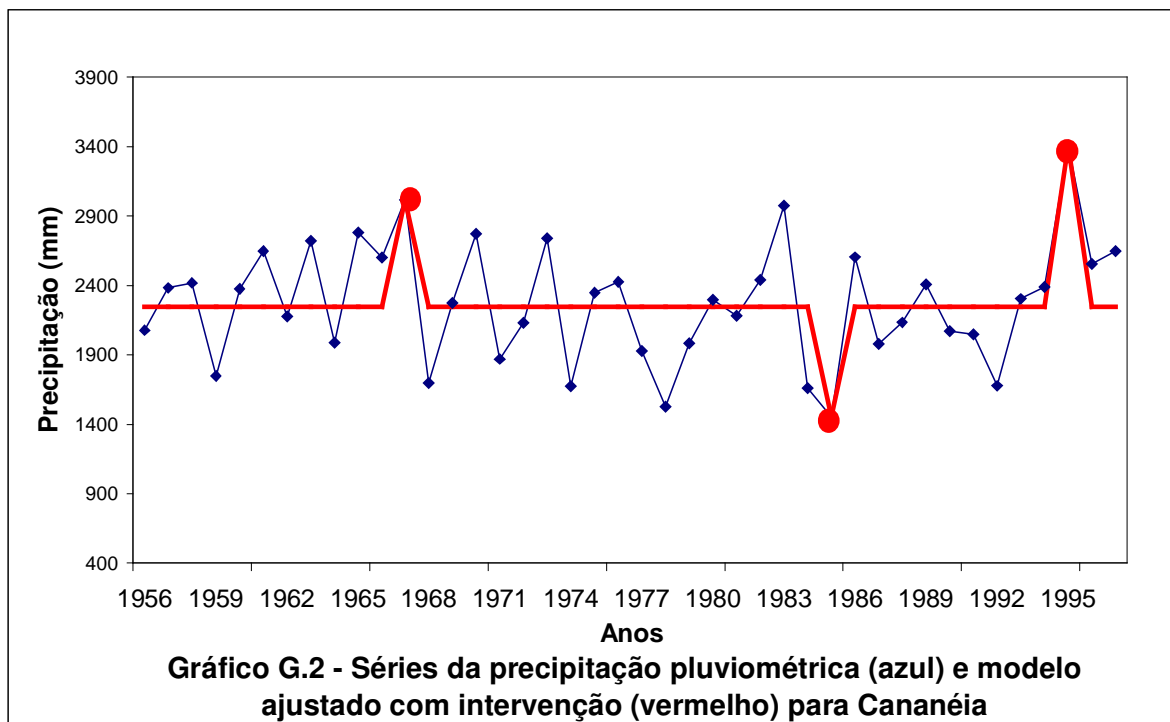
Ano	Variável	Tipo	Estimativa	Desvio Padrão	p-value
		CONSTANTE	1083.000	18.040	0.000
1862	X1	DUMMY	473.200	200.072	0.009
1916	X2	DUMMY	582.100	200.078	0.002
1924	X3	DUMMY	502.400	200.073	0.006
1933 e 1934	X4	DUMMY	-442.000	142.046	0.001
1963	X5	DUMMY	-439.000	200.078	0.014
1966 e 1967	X6	DUMMY	689.500	142.050	0.000

Tabela G.1 - Estimativas do modelo com intervenção do Rio de Janeiro



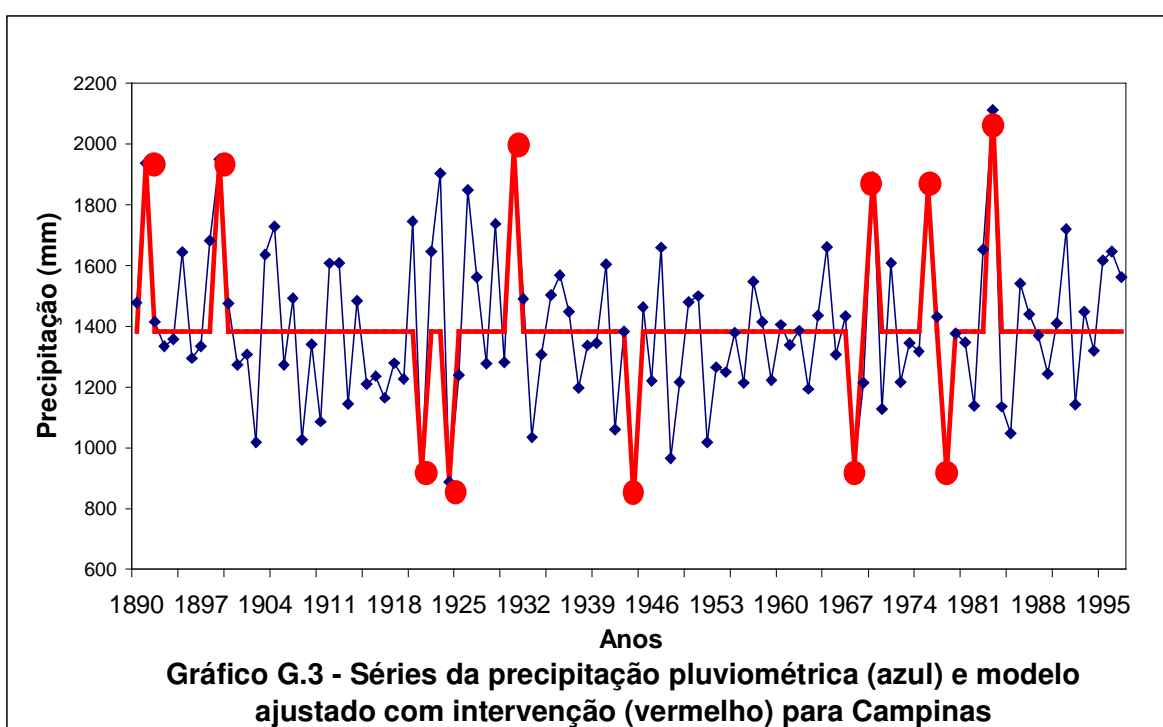
Ano	Variável	Tipo	Estimativa	Desvio Padrão	p-value
		CONSTANTE	2248.000	58.557	0.000
1967	X1	DUMMY	770.600	370.357	0.019
1985	X2	DUMMY	-795.200	370.357	0.016
1995	X3	DUMMY	1163.000	370.347	0.001

Tabela G.2 - Estimativas do modelo com intervenção de Cananéia



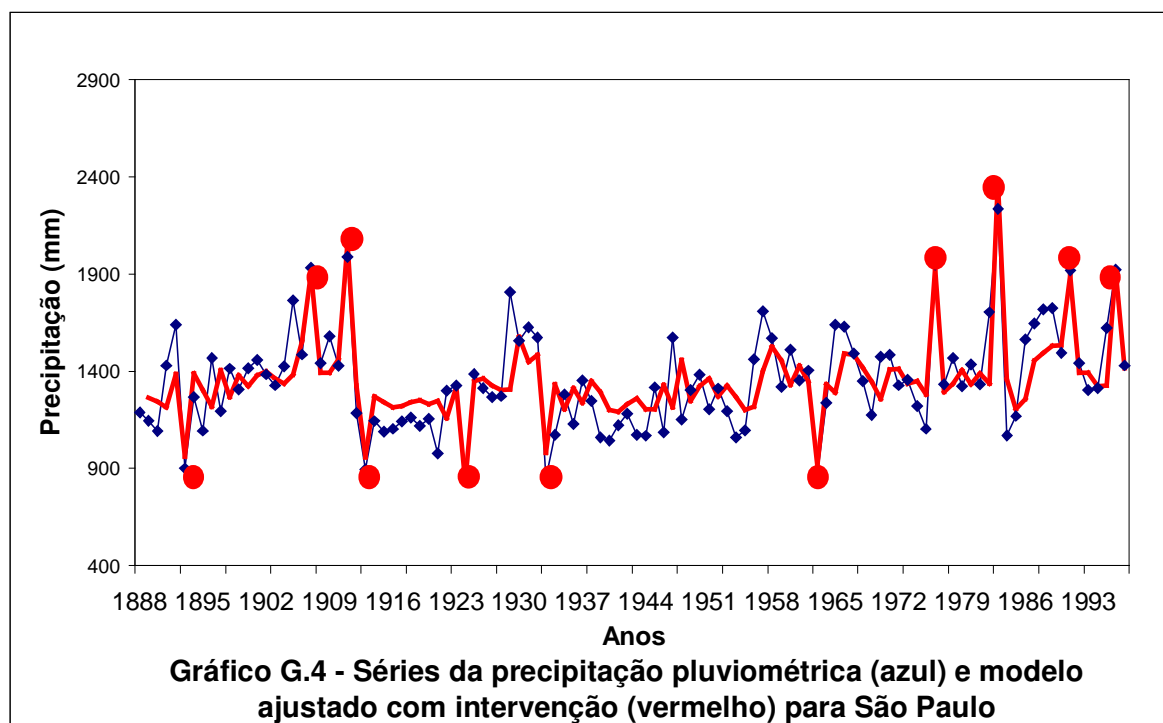
Ano	Variável	Tipo	Estimativa	Desvio Padrão	p-value
		CONSTANTE	1382.000	20.527	0.000
1891	X1	DUMMY	555.600	203.206	0.003
1899	X2	DUMMY	567.500	203.205	0.003
1921	X3	DUMMY	-458.200	203.207	0.012
1924	X4	DUMMY	-495.800	203.208	0.007
1931	X5	DUMMY	602.500	203.202	0.002
1944	X6	DUMMY	-545.500	203.205	0.004
1968	X7	DUMMY	-442.900	203.205	0.015
1970	X8	DUMMY	509.200	203.205	0.006
1976	X9	DUMMY	474.400	203.201	0.010
1978	X10	DUMMY	-464.500	203.208	0.011
1983	X11	DUMMY	730.700	203.206	0.000

Tabela G.3 - Estimativas do modelo com intervenção de Campinas



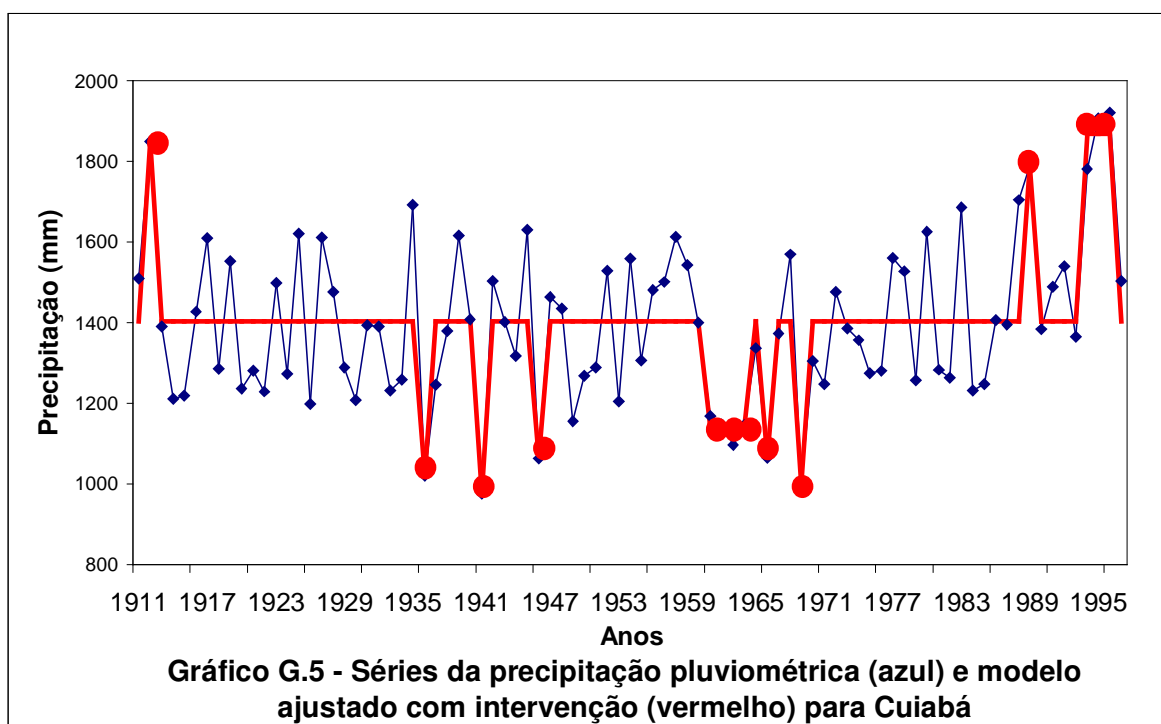
Ano	Variável	Tipo	Estimativa	Desvio Padrão	p-value
		AR(1)	0.503	0.091	0.000
		CONSTANTE	1342.000	33.165	0.000
1893	X1	DUMMY	-532.900	155.637	0.000
1907	X2	DUMMY	492.800	154.673	0.001
1911	X3	DUMMY	675.500	154.695	0.000
1913	X4	DUMMY	-306.000	154.625	0.024
1924	X5	DUMMY	-507.000	154.515	0.001
1933	X6	DUMMY	-477.000	155.521	0.001
1963	X7	DUMMY	-458.900	154.601	0.001
1976	X8	DUMMY	706.200	155.096	0.000
1983	X9	DUMMY	857.500	156.563	0.000
1991	X10	DUMMY	475.600	154.698	0.001
1996	X11	DUMMY	434.500	155.255	0.003

Tabela G.4 - Estimativas do modelo com intervenção de São Paulo



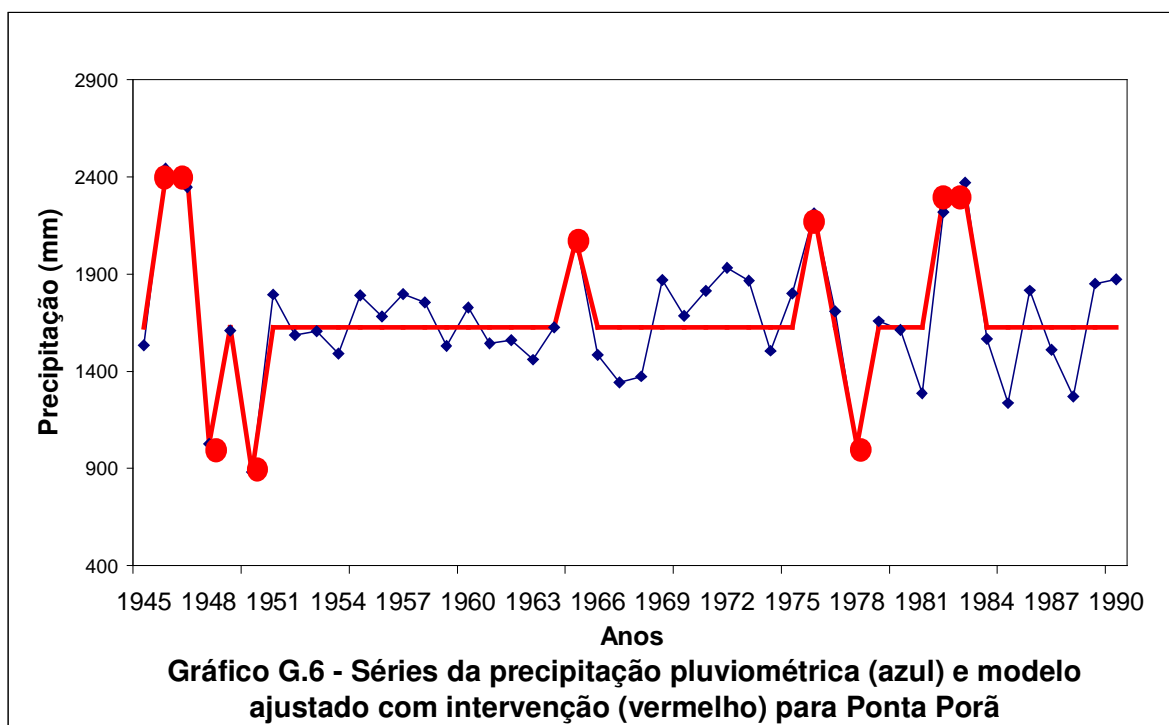
Ano	Variável	Tipo	Estimativa	Desvio Padrão	p-value
		CONSTANTE	1403.000	16.422	0.000
1912	X1	DUMMY	447.000	141.269	0.001
1936	X2	DUMMY	-382.600	141.268	0.003
1941	X3	DUMMY	-427.200	141.271	0.001
1946	X4	DUMMY	-340.400	141.273	0.008
1961 a 1964	X5	DUMMY	-263.200	72.054	0.000
1966	X6	DUMMY	-338.400	141.269	0.008
1969	X7	DUMMY	-403.900	141.272	0.002
1989	X8	DUMMY	386.700	141.270	0.003
1994 a 1996	X9	DUMMY	466.400	82.656	0.000

Tabela G.5 - Estimativas do modelo com intervenção de Cuiabá



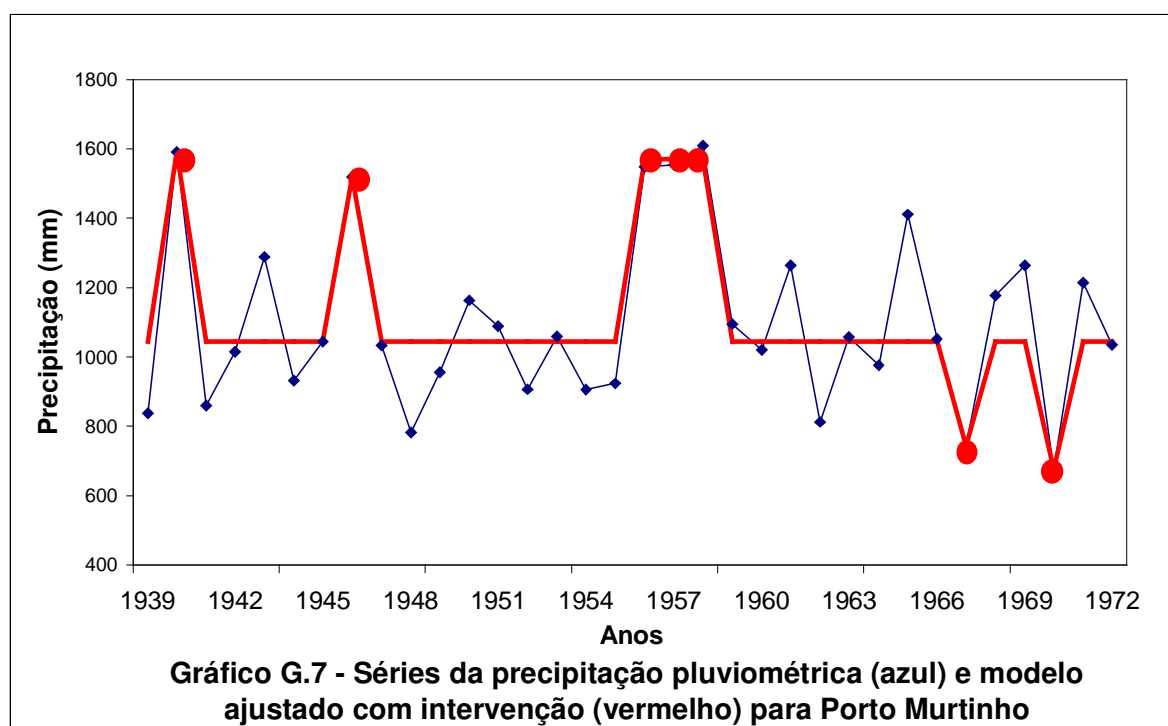
Ano	Variável	Tipo	Estimativa	Desvio Padrão	p-value
		CONSTANTE	1626.000	29.676	0.000
1946 e 1947	X1	DUMMY	770.600	131.047	0.000
1948	X2	DUMMY	-598.800	182.937	0.001
1950	X3	DUMMY	-743.600	182.937	0.000
1965	X4	DUMMY	449.700	182.936	0.007
1976	X5	DUMMY	587.400	182.938	0.001
1978	X6	DUMMY	-609.500	182.935	0.000
1982 e 1983	X7	DUMMY	669.400	131.046	0.000

Tabela G.6 - Estimativas do modelo com intervenção de Ponta Porã



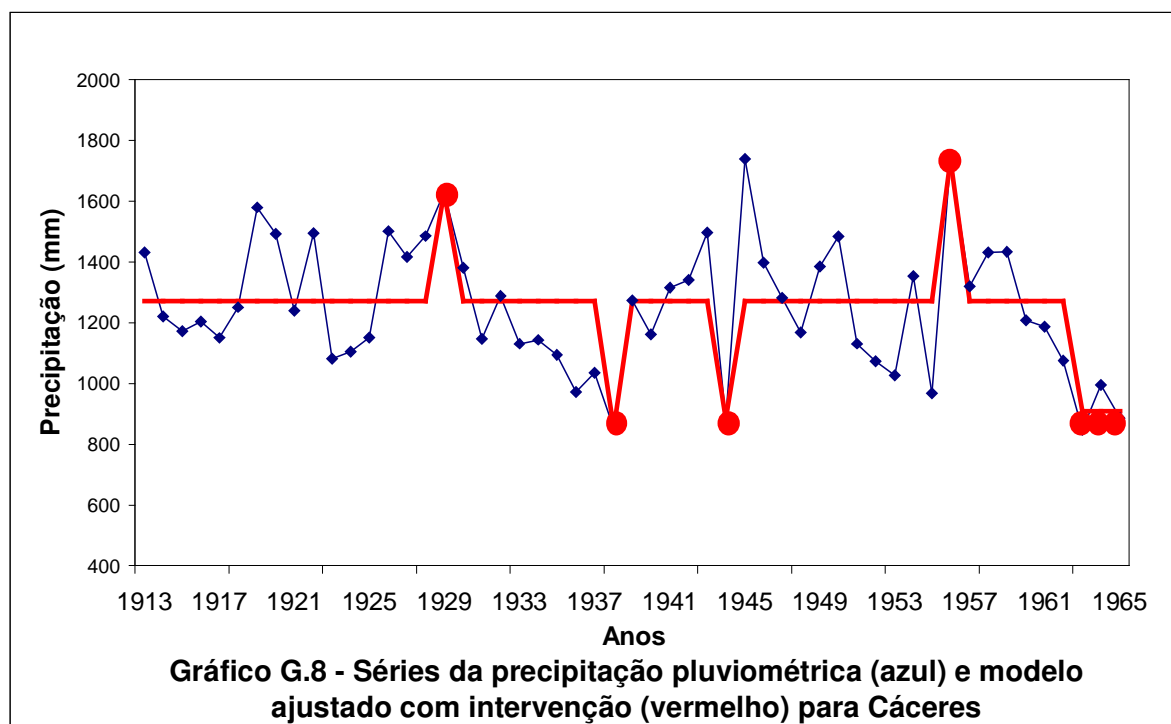
Ano	Variável	Tipo	Estimativa	Desvio Padrão	p-value
		CONSTANTE	1044.000	29.048	0.000
1940	X1	DUMMY	546.500	153.708	0.000
1946	X2	DUMMY	475.900	153.710	0.001
1948	X3	DUMMY	-271.400	147.675	0.033
1956 a 1958	X4	DUMMY	527.700	91.859	0.000
1962	X5	DUMMY	-250.800	142.338	0.039
1967	X6	DUMMY	-301.000	153.710	0.025
1970	X7	DUMMY	-368.100	153.709	0.008

Tabela G.7 - Estimativas do modelo com intervenção de Porto Murtinho



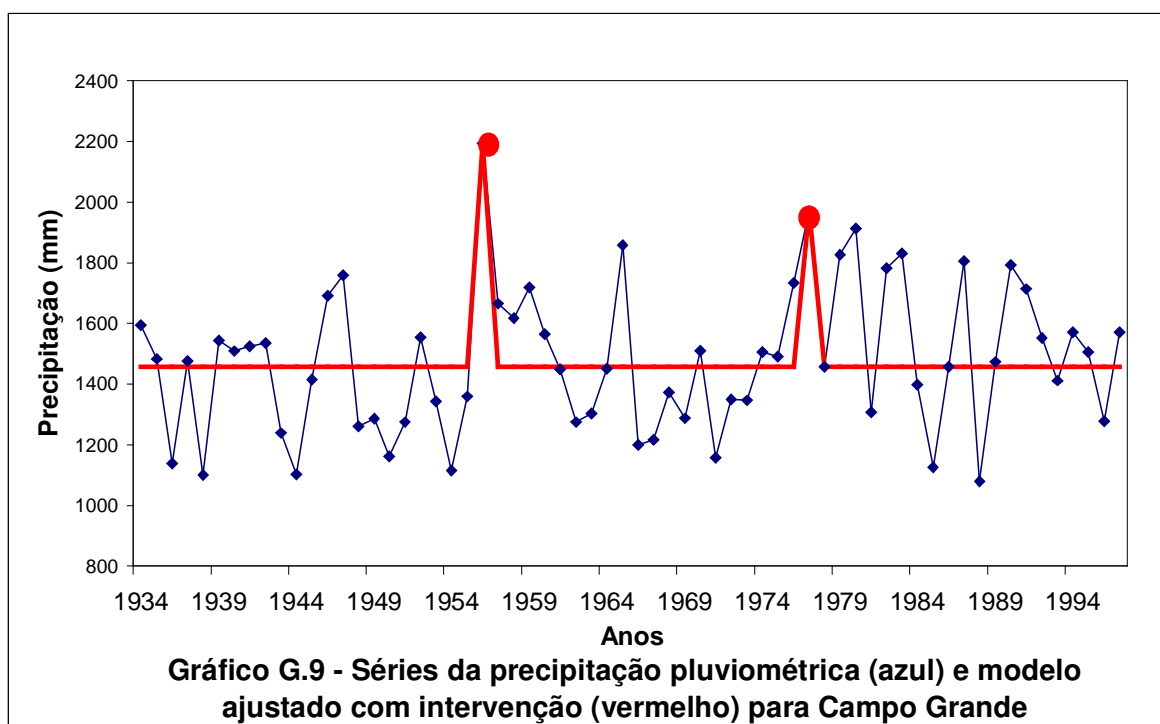
Ano	Variável	Tipo	Estimativa	Desvio Padrão	p-value
		CONSTANTE	1270.000	25.439	0.000
1919	X1	DUMMY	310.700	165.875	0.031
1929	X2	DUMMY	359.400	174.401	0.020
1938	X3	DUMMY	-417.900	174.398	0.008
1944	X4	DUMMY	-386.900	174.406	0.013
1955	X5	DUMMY	-303.200	165.876	0.034
1956	X6	DUMMY	467.900	174.402	0.004
1963 a 1965	X7	DUMMY	-361.000	102.809	0.000

Tabela G.8 - Estimativas do modelo com intervenção de Cáceres



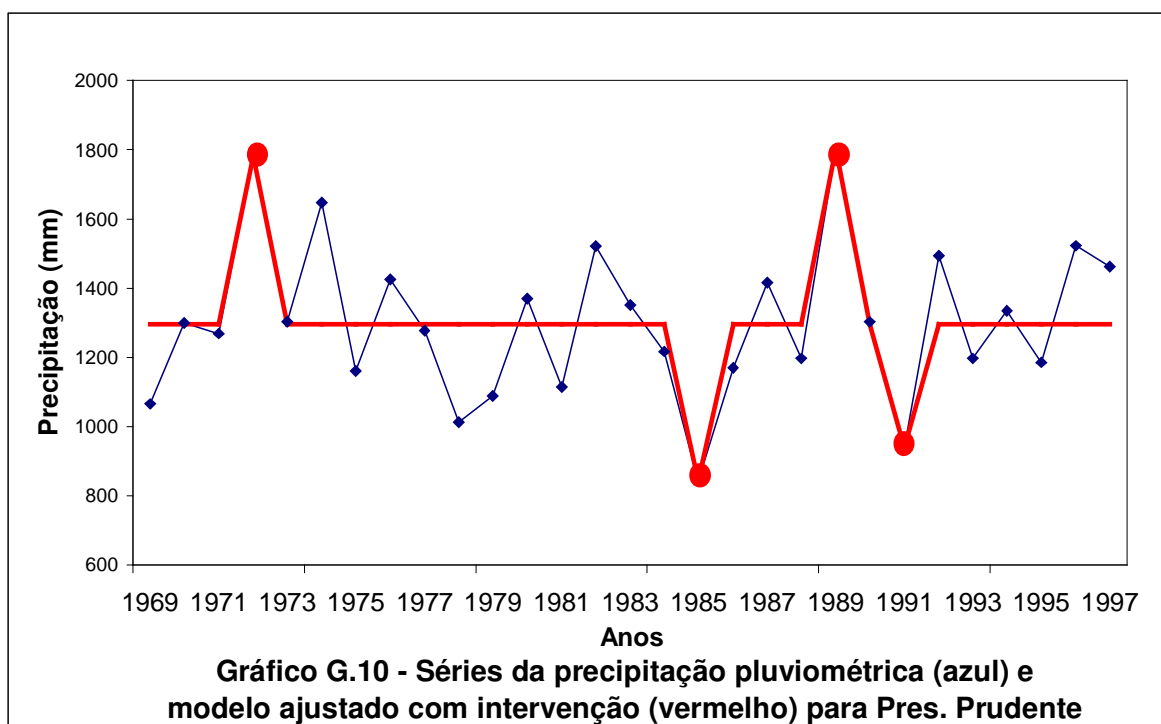
Ano	Variável	Tipo	Estimativa	Desvio Padrão	p-value
		CONSTANTE	1458.000	27.640	0.000
1938	X1	DUMMY	-368.900	204.354	0.035
1956	X2	DUMMY	735.500	219.384	0.000
1965	X3	DUMMY	389.000	204.355	0.029
1977	X4	DUMMY	512.900	219.383	0.010
1985	X5	DUMMY	-343.400	204.354	0.046
1988	X6	DUMMY	-390.000	204.350	0.028

Tabela G.9 - Estimativas do modelo com intervenção de Campo Grande



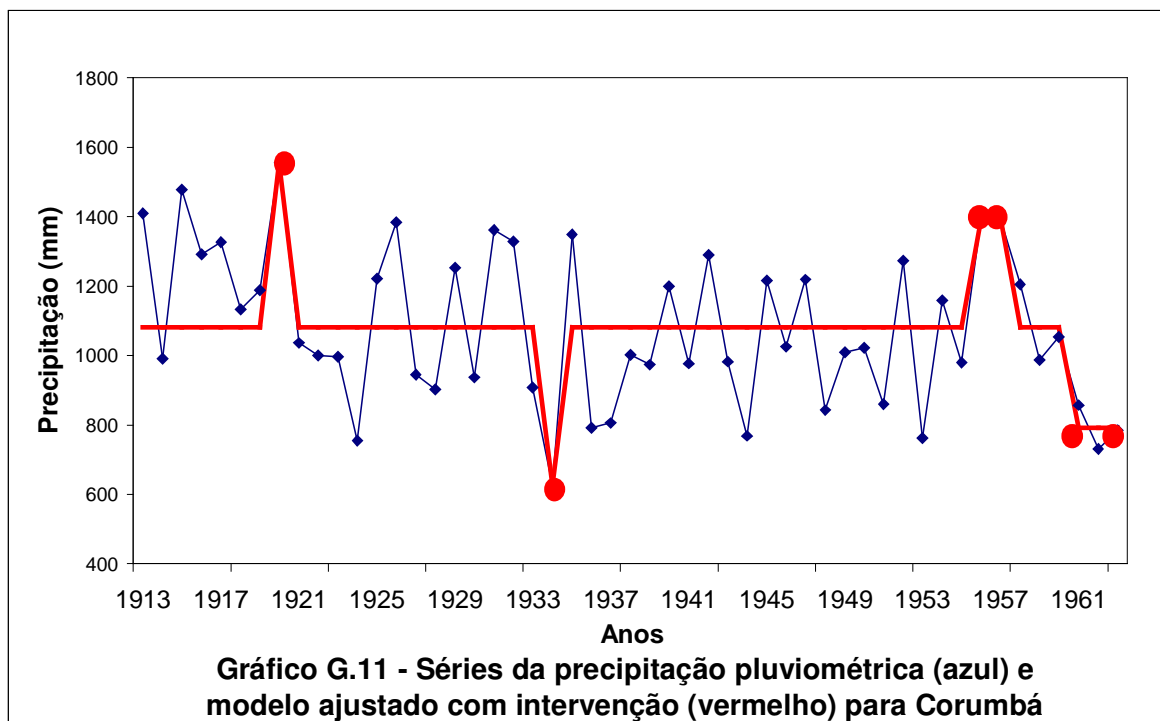
Ano	Variável	Tipo	Estimativa	Desvio Padrão	p-value
		CONSTANTE	1296.000	32.044	0.000
1972	X1	DUMMY	487.200	163.392	0.001
1985	X2	DUMMY	-454.100	163.388	0.003
1989	X3	DUMMY	506.400	163.391	0.001
1991	X4	DUMMY	-357.900	163.394	0.014

Tabela G.10 - Estimativas do modelo com intervenção de Presidente Prudente



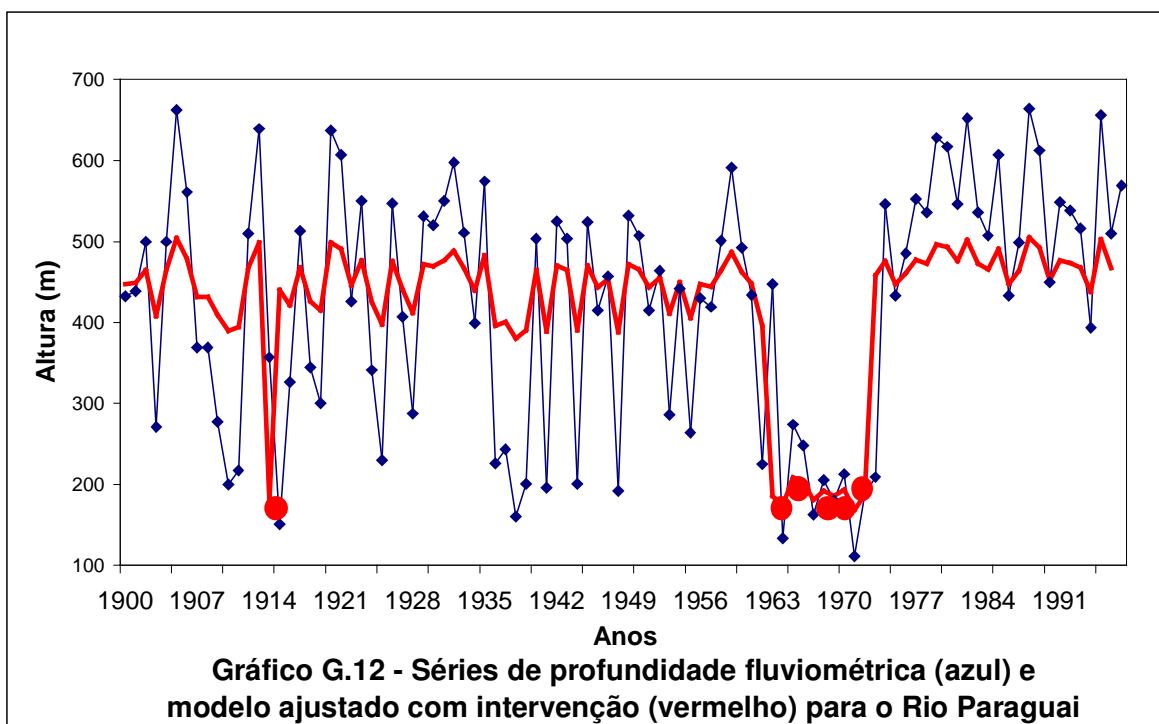
Ano	Variável	Tipo	Estimativa	Desvio Padrão	p-value
		CONSTANTE	1082.000	28.678	0.000
1920	X1	DUMMY	472.900	192.379	0.007
1924	X2	DUMMY	-342.300	183.370	0.031
1934	X3	DUMMY	-457.100	192.374	0.009
1944	X4	DUMMY	-337.000	178.280	0.029
1953	X5	DUMMY	-335.800	183.367	0.034
1956 e 1957	X6	DUMMY	314.900	137.534	0.011
1961 a 1963	X7	DUMMY	-291.000	113.508	0.005

Tabela G.11 - Estimativas do modelo com intervenção de Corumbá



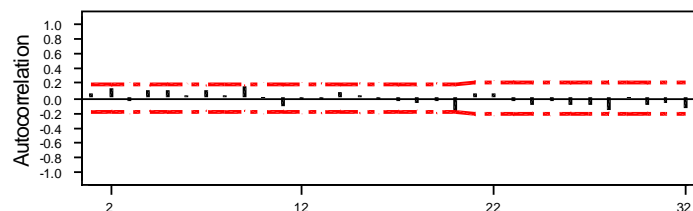
Ano	Variável	Tipo	Estimativa	Desvio Padrão	p-value
		AR(1)	0.248	0.101	0.007
		AR(3)	0.151	0.102	0.071
		CONSTANTE	452.500	17.613	0.000
1905	X1	DUMMY	212.400	117.013	0.035
1910	X2	DUMMY	-171.500	123.222	0.082
1913	X3	DUMMY	196.000	117.081	0.047
1915	X4	DUMMY	-249.700	121.889	0.020
1920	X5	DUMMY	192.500	118.070	0.052
1938	X6	DUMMY	-205.500	125.121	0.054
1964 a 1973	X7	DUMMY	-265.400	52.904	0.000
1982	X8	DUMMY	201.700	117.409	0.043
1988	X9	DUMMY	212.700	117.007	0.034
1995	X10	DUMMY	211.700	117.010	0.035

Tabela G.12 - Estimativas do modelo com intervenção do Rio Paraguai



APÊNDICE H
Gráficos de Autocorrelação dos resíduos

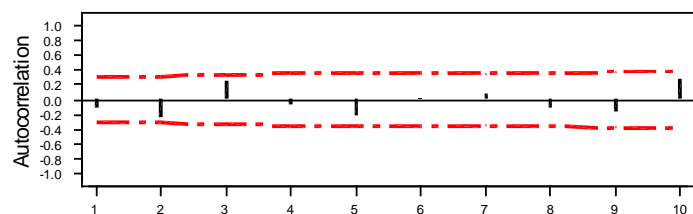
Gráfico H.1 - Autocorrelação da série do Rio de Janeiro



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.05	0.57	0.33	10	0.01	0.09	13.02	19	-0.05	-0.46	17.55	28	-0.15	-1.49	31.60
2	0.15	1.66	3.19	11	-0.12	-1.27	15.15	20	-0.17	-1.76	22.22	29	0.02	0.23	31.70
3	-0.04	-0.45	3.40	12	-0.02	-0.25	15.24	21	0.07	0.65	22.88	30	-0.09	-0.84	33.02
4	0.12	1.36	5.45	13	-0.01	-0.11	15.25	22	0.05	0.52	23.31	31	-0.06	-0.54	33.58
5	0.10	1.12	6.88	14	0.08	0.78	16.09	23	-0.03	-0.30	23.46	32	-0.13	-1.19	36.34
6	0.05	0.50	7.18	15	0.04	0.40	16.31	24	-0.08	-0.75	24.40				
7	0.11	1.16	8.76	16	-0.01	-0.15	16.35	25	-0.04	-0.40	24.67				
8	0.04	0.39	8.95	17	-0.04	-0.43	16.62	26	-0.09	-0.93	26.15				
9	0.17	1.81	13.01	18	-0.06	-0.65	17.23	27	-0.09	-0.93	27.65				

Estadística BOX-PIERCE	p-value
22	0.341
Rio de Janeiro	

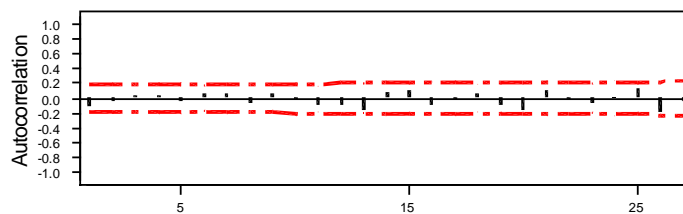
Gráfico H.2 - Autocorrelação da série de Cananéia



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.11	-0.74	0.59	8	-0.11	-0.59	9.94
2	-0.22	-1.43	2.92	9	-0.17	-0.91	11.49
3	0.27	1.65	6.37	10	0.28	1.49	15.98
4	-0.05	-0.31	6.52				
5	-0.22	-1.27	8.98				
6	0.01	0.03	8.99				
7	0.08	0.44	9.32				

Estadística BOX-PIERCE	p-value
23	0.289
Cananéia	

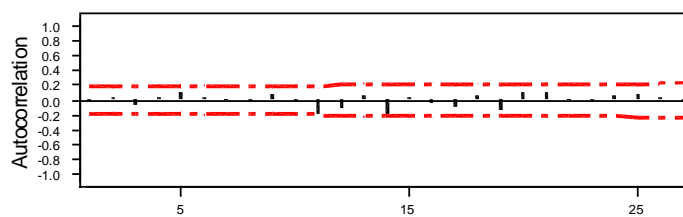
Gráfico H.3 - Autocorrelação da série de Campinas



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.10	-1.08	1.20	8	-0.05	-0.51	3.06	15	0.12	1.18	11.98	22	-0.02	-0.15	19.40
2	-0.05	-0.49	1.45	9	0.07	0.71	3.66	16	-0.08	-0.74	12.76	23	-0.05	-0.47	19.77
3	0.04	0.45	1.67	10	-0.00	-0.04	3.66	17	-0.02	-0.16	12.80	24	0.00	0.04	19.78
4	0.03	0.34	1.80	11	-0.09	-0.90	4.63	18	0.06	0.56	13.26	25	0.13	1.22	22.37
5	-0.03	-0.32	1.91	12	-0.08	-0.76	5.34	19	-0.09	-0.87	14.41	26	-0.18	-1.60	27.02
6	0.07	0.71	2.47	13	-0.17	-1.71	9.03	20	-0.16	-1.49	17.85	27	-0.02	-0.22	27.12
7	0.05	0.51	2.76	14	0.09	0.88	10.08	21	0.11	0.97	19.36				

Estatística BOX-PIERCE	p-value
18	0.587
Campinas	

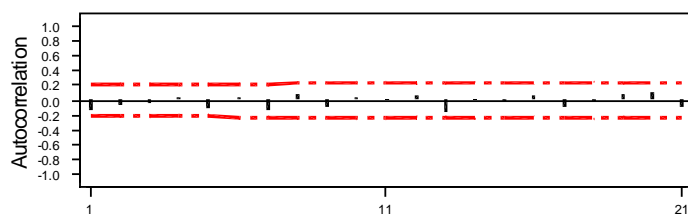
Gráfico H.4 - Autocorrelação da série de São Paulo



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.02	-0.20	0.04	8	-0.00	-0.03	2.22	15	0.05	0.43	14.38	22	0.01	0.06	21.81
2	0.03	0.31	0.14	9	0.10	0.99	3.35	16	-0.04	-0.34	14.54	23	-0.01	-0.13	21.84
3	-0.07	-0.75	0.74	10	-0.02	-0.17	3.39	17	-0.09	-0.88	15.70	24	0.07	0.66	22.60
4	0.03	0.32	0.85	11	-0.20	-2.00	8.19	18	0.07	0.67	16.38	25	0.08	0.76	23.63
5	0.10	1.04	2.02	12	-0.11	-1.05	9.62	19	-0.13	-1.25	18.80	26	0.03	0.23	23.72
6	0.04	0.43	2.22	13	0.06	0.56	10.04	20	0.11	0.98	20.36	27	-0.01	-0.05	23.72
7	0.00	0.00	2.22	14	-0.18	-1.73	14.11	21	0.10	0.93	21.80				

Estatística BOX-PIERCE	p-value
20	0.395
São Paulo	

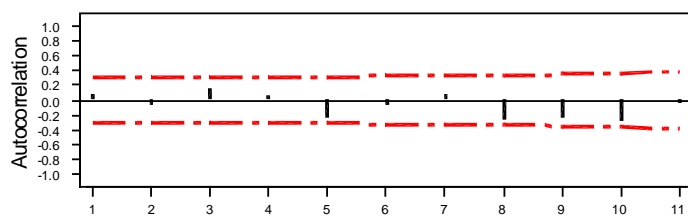
Gráfico H.5 - Autocorrelação da série de Cuiabá



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.15	-1.36	1.90	8	0.08	0.74	6.35	15	-0.01	-0.09	10.04
2	-0.06	-0.58	2.26	9	-0.08	-0.73	7.04	16	0.07	0.62	10.63
3	-0.03	-0.28	2.35	10	0.05	0.40	7.25	17	-0.08	-0.67	11.33
4	0.04	0.38	2.51	11	0.02	0.17	7.29	18	-0.00	-0.01	11.33
5	-0.11	-0.98	3.62	12	0.05	0.44	7.56	19	0.09	0.76	12.25
6	0.04	0.32	3.74	13	-0.15	-1.32	9.98	20	0.12	1.00	13.91
7	-0.14	-1.26	5.65	14	0.02	0.19	10.03	21	-0.09	-0.72	14.80

Estatística BOX-PIERCE	p-value
14	0.830
Cuiabá	

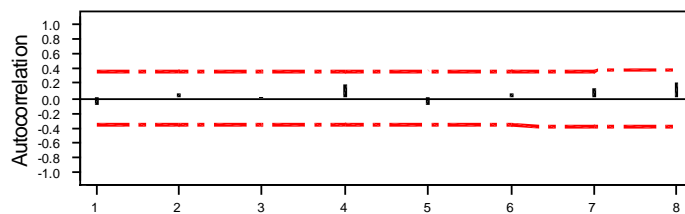
Gráfico H.6 - Autocorrelação da série de Ponta Porã



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.09	0.64	0.43	8	-0.26	-1.59	10.13
2	-0.07	-0.45	0.66	9	-0.24	-1.37	13.45
3	0.17	1.15	2.17	10	-0.29	-1.63	18.70
4	0.06	0.39	2.36	11	-0.05	-0.25	18.84
5	-0.24	-1.53	5.37				
6	-0.07	-0.42	5.62				
7	0.10	0.61	6.17				

Estatística BOX-PIERCE	p-value
15	0.776
Ponta Porã	

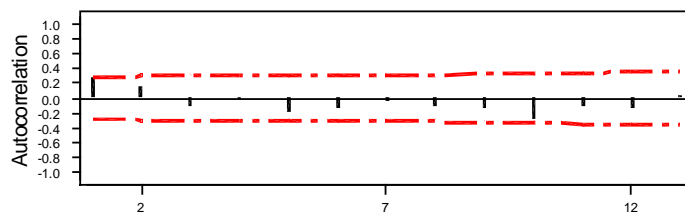
Gráfico H.7 - Autocorrelação da série de Porto Murtinho



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.08	-0.49	0.26	8	0.22	1.17	5.38
2	0.07	0.40	0.44				
3	0.01	0.04	0.44				
4	0.19	1.08	1.89				
5	-0.10	-0.53	2.27				
6	0.07	0.39	2.49				
7	0.12	0.68	3.18				

Estatística BOX-PIERCE	p-value
19	0.522
Porto Murtinho	

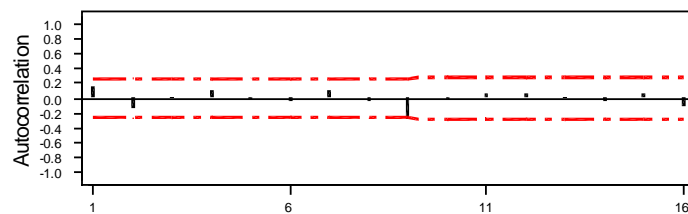
Gráfico H.8 - Autocorrelação da série de Cáceres



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.28	2.04	4.39	8	-0.12	-0.74	10.67
2	0.15	1.04	5.73	9	-0.13	-0.83	11.86
3	-0.11	-0.72	6.41	10	-0.28	-1.73	17.22
4	-0.02	-0.15	6.44	11	-0.10	-0.58	17.90
5	-0.19	-1.22	8.52	12	-0.13	-0.77	19.17
6	-0.14	-0.87	9.67	13	0.03	0.17	19.23
7	-0.04	-0.25	9.77				

Estatística BOX-PIERCE	p-value
23	0.289
Cáceres	

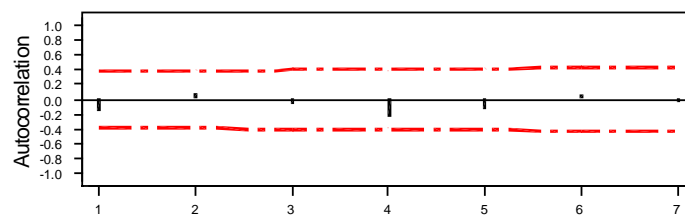
Gráfico H.9 - Autocorrelação da série de Campo Grande



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	0.17	1.35	1.91	8	-0.03	-0.21	5.39	15	0.05	0.36	12.38
2	-0.14	-1.11	3.29	9	-0.28	-2.06	11.28	16	-0.12	-0.84	13.68
3	0.01	0.06	3.29	10	-0.02	-0.16	11.33				
4	0.11	0.81	4.09	11	0.06	0.42	11.61				
5	-0.00	-0.03	4.09	12	0.07	0.51	12.04				
6	-0.05	-0.36	4.26	13	0.01	0.05	12.05				
7	0.12	0.90	5.32	14	-0.03	-0.23	12.14				

Estatística BOX-PIERCE	p-value
23	0.289
Campo Grande	

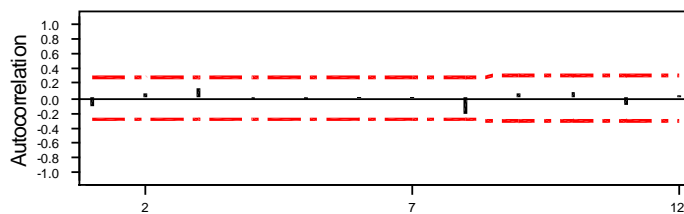
Gráfico H.10 - Autocorrelação da série de P. Prudente



Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.17	-0.92	0.94
2	0.09	0.50	1.24
3	-0.06	-0.30	1.36
4	-0.23	-1.20	3.29
5	-0.14	-0.69	4.02
6	0.06	0.30	4.17
7	-0.04	-0.19	4.24

Estatística BOX-PIERCE	p-value
11	0.946
Presidente Prudente	

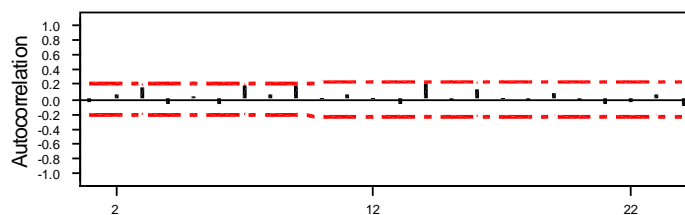
Gráfico H.11 - Autocorrelação da série de Corumbá



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.11	-0.76	0.61	8	-0.20	-1.39	4.64
2	0.07	0.49	0.87	9	0.05	0.33	4.80
3	0.15	1.02	2.06	10	0.08	0.52	5.21
4	-0.01	-0.07	2.07	11	-0.09	-0.59	5.75
5	-0.01	-0.05	2.07	12	0.03	0.19	5.80
6	0.02	0.13	2.09				
7	0.00	0.03	2.10				

Estatística BOX-PIERCE	p-value
12	0.916
Corumbá	

Gráfico H.12 - Autocorrelação da série do Rio Paraguai



Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ	Lag	Corr	T	LBQ
1	-0.03	-0.26	0.07	8	0.07	0.60	8.06	15	-0.02	-0.19	18.38	22	-0.04	-0.33	22.01
2	0.07	0.69	0.57	9	0.19	1.75	12.02	16	0.13	1.11	20.40	23	0.06	0.49	22.46
3	0.15	1.51	2.99	10	0.00	0.03	12.02	17	0.01	0.05	20.40	24	-0.10	-0.79	23.65
4	-0.05	-0.52	3.30	11	0.07	0.61	12.55	18	-0.01	-0.11	20.42				
5	0.03	0.32	3.42	12	0.02	0.14	12.58	19	0.08	0.69	21.26				
6	-0.05	-0.50	3.70	13	-0.05	-0.44	12.86	20	-0.02	-0.18	21.32				
7	0.19	1.82	7.59	14	0.22	1.92	18.33	21	-0.06	-0.52	21.81				

Estatística BOX-PIERCE	p-value
21	0.337
Rio Paraguai	

15. BIBLIOGRAFIA

BMDP (1981). **BMDP Statistical Software**, Inc. Los Angeles, Califórnia.

BUSSAB, W.O. e MORETTIN, P.A. (1987). **Estatística Básica – Métodos Quantitativos**. 4 ed. São Paulo: Atual. 312p.

HIPEL, K. W. e McLEOD, A. I. (1994). **Time series modelling of water resources and environmental systems**. London: Elsevier. 1013p.

MORETTIN, P. A. e TOLOI, C. M. C. (1989). **Modelos de funções de transferência – 3ª Escola de Séries Temporais e Econometria**.

MORETTIN, P. A. e TOLOI, C. M. C. (1985). **Previsão de Séries Temporais**. São Paulo : Atual. 435p.

MORETTIN, P. A. e TOLOI, C. M. C. (1986). **Séries Temporais**. São Paulo: Atual. 133p.

ROCHA, J.G.C. (1983). **Testes para componentes periódicas em séries temporais**. São Paulo. Dissertação (Mestrado). Instituto de Matemática e Estatística – USP. 114p.

WEI, W. W. S. (1990). **Time series analysis – Univariate and multivariate methods**. Redwood City, California: Addison-Wesley Publishing Company. 478p.