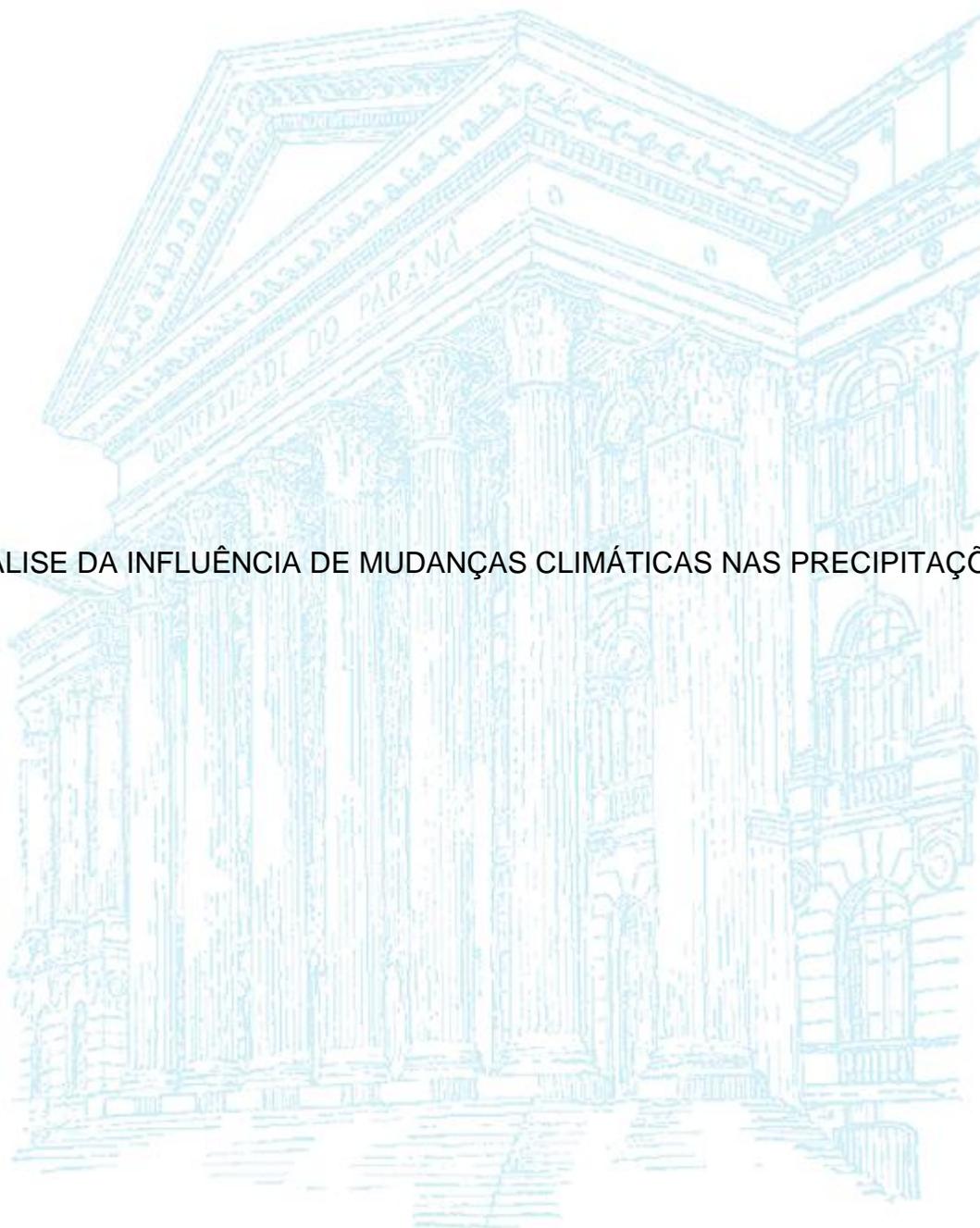


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUÍS MIGUEL SAMUSSONE TOMÁS BUCHIR

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS PRECIPITAÇÕES



CURITIBA

2013

LUÍS MIGUEL SAMUSSONE TOMÁS BUCHIR

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS PRECIPITAÇÕES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Área de Concentração em Engenharia de Recursos Hídricos, Departamento de Hidráulica e Saneamento, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental.

Orientadora: Prof^a Dra. Miriam Rita Moro Mine

CURITIBA

2013

Buchir, Luís Miguel Samussone Tomás
Análise da influência de mudanças climáticas nas precipitações /
Luís Miguel Samussone Tomás Buchir . – Curitiba, 2013.
219 f. : il.; grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor
de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Recursos Hídricos e Ambiental.

Orientadora: Miriam Rita Moro Mine

1. Mudanças climáticas. 2. Precipitação (Meteorologia). 3. Métodos
estatísticos. I. Mine, Miriam Rita Moro. II. Título.

CDD 551.68

TERMO DE APROVAÇÃO

Luís Miguel Samussone Tomás Buchir

“ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NAS PRECIPITAÇÕES”

Dissertação aprovada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, pela comissão formada pelos professores:

PRESIDENTE:

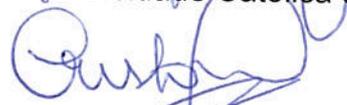


Miriam Rita Moro Mine
Universidade Federal do Paraná
Orientadora

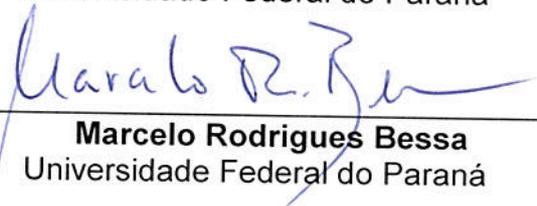
MEMBROS:



Fábio Teodoro de Souza
Pontifícia Universidade Católica do Paraná



Cristovão Vicente S. Fernandes
Universidade Federal do Paraná



Marcelo Rodrigues Bessa
Universidade Federal do Paraná

Curitiba, 15 de fevereiro de 2013

Este trabalho é dedicado a minha querida esposa Joelma Nilza dos Santos Leão,
meu irmão Orlando da Consolação Stanley Buchir e aos meus pais, Tomás Stanley
Buchir e Cecília da Consolação de Samussone Chilenge (*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento desta pesquisa, só foi possível com a colaboração preciosa e incansável de pessoas que se tornaram parte da minha vida. Por isso, é com muito orgulho que quero agradecer primeiro a Deus por permitir que mais um objetivo fosse alcançado, e:

- A Prof^a. Dra. Miriam Rita Moro Mine e ao Prof. Dr. Cristóvão Vicente Scapulatempo Fernandes, pela prontidão no encaminhamento e orientação em tudo, sempre que necessário;
- À minha família que recentemente se alargou, pelo apoio incondicional que sempre me dedicaram;
- Ao Ministério para a Coordenação da Ação Ambiental (Moçambique), na pessoa da Sua Excelência Ministra e Vice-Ministra, por participarem ativamente na qualificação dos seus quadros, e em particular ao Dr. Benjamin Manjate e Dra. Felice António, pela paciência e dedicação incansável à minha pessoa;
- Ao Governo brasileiro em especial o CNPq, pela bolsa de estudos;
- Aos professores Marcelo Bessa, Heinz Fill e Eloy Kaviski, pelas valiosas sugestões e discussões construtivas que influenciaram diretamente na pesquisa;
- Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná e seus docentes, em especial os professores José Junji Ota, Sérgio Braga, Cristina Braga, Regina Kishi, Miguel Aisse, Tobias Bleninger, Gilberto Bobko, André Fabiani, Márcia Zilli e funcionários, os Srs. Luíz Carlos Barbosa e Celmar de Mattos, pela dedicação e motivação incondicional que sempre transpareceram;
- Aos meus colegas do Programa, Luiz Dombroski, Rafael Farah, Suki Villanbona, Gabriel Pereira, Eileen Porras, Heloise Knapik, Stéphanie Meyer, Carolina Serpa, Emerson Segundo, Júlio Werner, Marcelo Coelho, Camila Freitas, Juliane Rizzi, Alinne Mizucawa, Natalia Dias, Guilherme Périco, Luziadne Kotsuka, Franciele Maria, Clarisse Scuiasiato, Vanessa Gonçalves, Diego Venâncio, Fernando Bortolozo, Guilherme Samways, Marcelo Marques, Guilherme Dalledone, Rodrigo Osawa, Gustavo Tanaka, Anderson Frigo, Fernando Bunn, Paulo

Fiedler, Maria Carol, Carla Bem, Michael Mannich, Gustavo Passos, Sivaldo Moreno, Ana Paula, Adelino Maccarini, Philipe Ratton, Gustavo Thomas e Marcelo Rocha, pelo companheirismo, principalmente nas horas mais difíceis;

- Aos meus colegas no Projeto CLARIS LPB, Rafaela Stipp e João Furtado (bolsistas de iniciação científica), Luíz Ferreira (ex-colaborador) e Daniel Detzel (ex-colaborador), pelo apoio e companheirismo;
- A uma das mais preciosas riquezas da minha vida, os meus amigos, que fica difícil mencionar, pois não há papel que chegue, pela compreensão que tiveram nos momentos de mau humor, e não só ...

E finalmente a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa, um especial obrigado por tudo.

**“Se não posso realizar grandes coisas,
posso pelo menos fazer pequenas coisas
com grandeza”.**

(Clark)

RESUMO

O aumento da frequência e intensidade dos eventos extremos tem se tornado uma das grandes preocupações para a comunidade científica, principalmente, no entendimento do comportamento das variáveis climatológicas. Pois, está claramente evidente, que o clima é um condicionante fundamental no desenvolvimento da população. No entanto, tendo em vista a vida útil dos empreendimentos, observa-se com certa frequência a projeção para o futuro, de um comportamento estatístico das séries históricas. Deste modo, fica clara a importância de se desenvolver ferramentas que estabeleçam critérios de segurança, e possíveis medidas preventivas contra o impacto das mudanças climáticas. Assim sendo, o presente trabalho tem como principal objetivo analisar a influência de mudanças climáticas nas precipitações. Para tal, foram definidos como objetivos específicos, (i) analisar tendências anuais das precipitações observadas e geradas por modelos climáticos regionais (RCM); (ii) analisar tendências sazonais das precipitações observadas e geradas por RCM; e (iii) analisar a frequência de precipitações máximas diárias observadas e geradas por RCM. A pesquisa baseou-se essencialmente na aplicação de métodos estatísticos e na análise exploratória de dados, tomando como base as evidências climáticas observadas, relatadas e projetadas para o futuro, de acordo com os cenários gerados pelos RCM.

Os resultados preliminares foram bastante interessantes, pois, mostraram em termos de tendência anual de precipitação, que a área de estudo, bacia do rio Iguaçu, apresenta uma ligeira tendência de aumento da precipitação, sendo, o verão e a primavera as épocas mais chuvosas. Em termos de sazonalidade, observou-se que a bacia do rio Iguaçu não apresenta uma sazonalidade bem definida nos dados observados, ao contrário dos resultados gerados pelos modelos, que mostram períodos de chuva bem definidos. Quanto à análise de máximos precipitados, verificaram-se para o mesmo período de retorno nos dados observados, quantidades de chuva muito diferentes à projetada pelos cenários gerados através dos modelos climáticos regionais.

Palavras chave: Mudanças climáticas; Tendências anuais e sazonais da precipitação; Frequência de máximos precipitados; Métodos estatísticos; Modelos Climáticos Regionais.

ABSTRACT

The increased frequency and intensity of extreme events, has become a major concern for the scientific community, especially in understanding the behavior of climatic variables. It is clearly evident that the climate is a key determinant for the community development. However, it is frequent in the projects, see the projection for the future, a statistical behavior of the historical series. Thus, it is clear the importance of developing tools that establish safety criteria, and possible preventive measures against the impact of climate change. On this way, this paper has as main objective to analyze the influence of climate change on rainfall. For this purpose, specific objectives were defined as (i) analyze trends and observed annual rainfall generated by regional climate models (RCM), (ii) analyze seasonal trends in rainfall observed and generated by RCM, and (iii) analyze the frequency of maximum daily rainfall observed and generated by RCM. The research was based primarily on the application of statistical methods and exploratory data analysis, based on the evidence observed climate, reported and projected for the future, according to the scenarios generated by the RCM. Preliminary results were very interesting because it showed in terms of annual precipitation trend on the study area, the Iguazu River basin, a slight upward trend in precipitation, and the summer and spring seasons were the rainiest. In terms of seasonality, it was observed that the Iguazu basin does not show a well-defined seasonality in the observed data, unlike the data produced by the models, which show well-defined periods of rain. The analysis of maximum precipitates on the same return period, showed a very big difference between the rainfall amounts of observed data and projected by scenarios generated through the regional climate models

Keywords: Climate Change, Trends of annual and seasonal rainfall; Maximum frequency precipitates; statistical methods; Regional Climate Models.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA

1.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	29
1.1.1 IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NOS RECURSOS HÍDRICOS E MEDIDAS PREVENTIVAS.....	30
1.2 OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO	32
1.2.1 CHUVAS FRONTAIS	32
1.2.2 CHUVAS OROGRÁFICAS	33
1.2.3 CHUVAS CONVECTIVAS	33
1.2.4 MEDIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO.....	33
1.3 ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO	34
1.3.1 PREENCHIMENTO DE FALHAS.....	34
1.3.1.1 <i>Regressão linear</i>	35
1.3.1.2 <i>Média aritmética dos postos vizinhos (métodos das médias aritméticas)</i>	35
1.3.1.3 <i>Método das razões dos valores normais (métodos das médias ponderadas)</i>	35
1.3.1.4 <i>Vetor regional</i>	36
1.3.2 VERIFICAÇÃO DA HOMOGENEIDADE DAS SÉRIES	39
1.3.2.1 <i>Testes estatísticos</i>	40
1.3.2.1.1 <i>Teste U de Mann-Whitney ou Wilcoxon</i>	41
1.3.2.1.2 <i>Teste H de Kruskal-Wallis</i>	43
1.3.2.1.3 <i>Teste t de Student</i>	44
1.3.2.2 CURVA DUPLO-ACUMULATIVA DE PRECIPITAÇÃO.....	46
1.3.2.3 CURVA-ACUMULATIVA DAS PRECIPITAÇÕES TOTAIS ANUAIS EM FUNÇÃO DO TEMPO	46
1.4 ANÁLISE DE TENDÊNCIA ANUAL DE PRECIPITAÇÃO.....	47
1.4.1 TESTE DE MANN-KENDALL	47
1.4.2 TESTE DO COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN.....	50
1.4.3 AJUSTAMENTO DE CURVAS.....	51
1.4.4 TESTE DO COEFICIENTE ANGULAR DE REGRESSÃO.....	53
1.5 ANÁLISE DE TENDÊNCIA SAZONAL DE PRECIPITAÇÃO.....	54
1.5.1 TESTE DE MANN-KENDALL SAZONAL.....	57

1.6 ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA.....	61
1.6.1 DISTRIBUIÇÃO GUMBEL (MÁXIMOS).....	62
1.6.2 DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL.....	63
1.6.3 DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL.....	64
1.7 BREVES CONSIDERAÇÕES	65

CAPÍTULO II - ÁREA DE ESTUDO

2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO ESTADO DO PARANÁ	67
2.2 BACIA DO RIO IGUAÇU.....	67
2.2.1 LOCALIZAÇÃO	67
2.2.2 CARACTERÍSTICAS FISIográfICAS DA BACIA	68
2.2.3 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DA BACIA DO RIO IGUAÇU	71
2.2.4 VEGETAÇÃO DA BACIA DO RIO IGUAÇU	71
2.2.5 CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DA BACIA DO RIO IGUAÇU	72
2.2.6 APROVEITAMENTO AGRÍCOLA DA BACIA DO RIO IGUAÇU	72
2.2.7 APROVEITAMENTO TURÍSTICO DA BACIA DO RIO IGUAÇU.....	73
2.2.8 APROVEITAMENTO HIDROELÉTRICO DA BACIA DO RIO IGUAÇU	73
2.3 BREVES CONSIDERAÇÕES	74

CAPÍTULO III - MATERIAL E MÉTODO

3.1 OBTENÇÃO E MANIPULAÇÃO DE DADOS	75
3.2 ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO	76
3.3 ANÁLISE DE TENDÊNCIA ANUAL DE PRECIPITAÇÃO.....	78
3.4 ANÁLISE DE TENDÊNCIA SAZONAL DE PRECIPITAÇÃO.....	78
3.5 ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA	78
3.6 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DOS LOCAIS DE OBSERVAÇÃO.....	79
3.6.1 ALTO IGUAÇU.....	79
3.6.2 MÉDIO IGUAÇU.....	80
3.6.3 BAIXO IGUAÇU	80
3.7 MODELOS CLIMÁTICOS.....	81
3.7.1 MODELO PROMES - <i>PROGNOSTIC AT THE MESOSCALE</i>	82

3.7.2 MODELO RCA1 - <i>ROSSBY CENTRE REGIONAL ATMOSPHERIC CLIMATE MODEL</i>	82
3.8 GRID ANALYSIS AND DISPLAY SYSTEM (GRADS).....	83
3.9 MATRIX LABORATORY (MATLAB®).....	84
3.10 GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS).....	85
3.11 BREVES CONSIDERAÇÕES	86
CAPITULO IV – RESULTADOS	
4.1 ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO	87
4.2 ANÁLISE DE TENDÊNCIAS ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO (1961 – 2010).....	92
4.3 ANÁLISE DE TENDÊNCIAS ANUAIS DE PRECIPITAÇÃO (2011 – 2088).....	98
4.4 ANÁLISE DE TENDÊNCIAS SAZONAIS DE PRECIPITAÇÃO (1961 – 2010).....	104
4.5 ANÁLISE DE TENDÊNCIAS SAZONAIS DE PRECIPITAÇÃO (2011 – 2088).....	112
4.6 ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA.....	119
4.6.1 DISTRIBUIÇÃO GUMBEL	120
4.6.2 DISTRIBUIÇÃO EXPONENCIAL.....	121
4.6.3 DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL.....	122
4.7 BREVES CONSIDERAÇÕES	123
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	
CONCLUSÕES	124
RECOMENDAÇÕES	125
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	127
APÊNDICES.....	136

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Bacia do Rio Iguaçu	69
FIGURA 2 - Os três planaltos paranaenses.....	70
FIGURA 3 - Perfil longitudinal do Rio Iguaçu, mostrando os sucessivos represamentos	74
FIGURA 4 – Esquema metodológico do desenvolvimento da pesquisa	77
FIGURA 5 – Curva-acumulativa em função do tempo para a Estação de Curitiba	88
FIGURA 6 – Curva-acumulativa em função do tempo para a Estação de Guarapuava	89
FIGURA 7 – Curva-acumulativa em função do tempo para a Estação da União da Vitória	90
FIGURA 8 – Curva-acumulativa em função do tempo para a Estação de Palmas	91
FIGURA 9 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de Curitiba (1961 – 2010).....	94
FIGURA 10 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de Guarapuava (1961 – 2010) ..	95
FIGURA 11 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de União da Vitória (1961 – 2010)	96
FIGURA 12 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de Palmas (1961 – 2010)	97
FIGURA 13 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de Curitiba (2011 - 2088).....	100
FIGURA 14 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de Guarapuava (2011 - 2088) .	101
FIGURA 15 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de União da Vitória (2011 - 2088)	102
FIGURA 16 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de Palmas (2011 - 2088)	103
FIGURA 17 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de Curitiba (1961 - 2010) ..	106
FIGURA 18 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de Curitiba (1961 – 2010)	107
FIGURA 19 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de Guarapuava	108
FIGURA 20 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de Guarapuava (1961 – 2010)	108
FIGURA 21 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de União da.....	109
FIGURA 22 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de União da Vitória (1961 – 2010).....	109
FIGURA 23 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de Palmas (1961 – 2010) ..	110
FIGURA 24 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de Palmas (1961 – 2010)	110
FIGURA 25 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de Curitiba (2011 – 2088) .	114
FIGURA 26 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de Curitiba (2011 – 2088)	114
FIGURA 27 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de Guarapuava	115

FIGURA 28 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de Guarapuava (2011 – 2088)	115
FIGURA 29 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de União da.....	116
FIGURA 30 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de União da Vitória (2011 – 2088).....	117
FIGURA 31 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de Palmas (2011 – 2088)..	118
FIGURA 32 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de Palmas (2011 – 2088)	118

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Estações pluviométricas	79
TABELA 2 - Verificação da homogeneidade dos dados observados, usando os três métodos	87
TABELA 3 – Resultado da análise de consistência dos dados observados	87
TABELA 4 - Análise de tendência anual de precipitação (1961 – 2010) – Dados Observados	92
TABELA 5 - Análise de tendência anual de precipitação no período histórico (1961 – 2010) – RCA1	92
TABELA 6 - Análise de tendência anual de precipitação (1961 – 2010) – PROMES	93
TABELA 7 - Análise de tendência anual de precipitação (2011 – 2088) – RCA1	98
TABELA 8 - Análise de tendência anual de precipitação (2011 – 2088) – PROMES	99
TABELA 9 - Análise de tendência sazonal de precipitação (1961 – 2010) – Curitiba.....	104
TABELA 10 - Análise de tendência sazonal de precipitação (1961 – 2010) – Guarapuava	104
TABELA 11 - Análise de tendência sazonal de precipitação (1961 – 2010) – União da Vitória	105
TABELA 12 - Análise de tendência sazonal de precipitação (1961 – 2010) – Palmas	105
TABELA 13 - Análise de tendência sazonal de precipitação (2011 - 2088) – Curitiba.....	112
TABELA 14 - Análise de tendência sazonal de precipitação no período futuro (2011 - 2088) – Guarapuava	112
TABELA 15 - Análise de tendência sazonal de precipitação (2011 - 2088) – União da Vitória	113
TABELA 16 - Análise de tendência sazonal de precipitação (2011 - 2088) – Estação de Palmas.....	113
TABELA 17 - Precipitação máxima diária esperada no período histórico (1961 – 2010) – Distribuição Gumbel.....	120
TABELA 18 - Precipitação máxima diária esperada no período futuro (2011 – 2088) – Distribuição Gumbel.....	120
TABELA 19 - Precipitação máxima diária esperada no período histórico (1961 – 2010) – Distribuição Exponencial.....	121
TABELA 20 - Precipitação máxima diária esperada no período futuro (2011 – 2088) – Distribuição Exponencial.....	121
TABELA 21 - Precipitação máxima diária esperada no período histórico (1961 – 2010) – Distribuição Log-Normal.....	122
TABELA 22 - Precipitação máxima diária esperada no período futuro (2011 – 2088) – Distribuição Log-Normal.....	122

LISTA DE ABREVIATURAS

CLARIS LPB	Regional Hydroclimate and Society in La Plata Basin Project
EN	El Niño
Lat	Latitude
Lon	Longitude
LN	La Nina
LPB	<i>La Plata Basin</i>
MK	Mann-Kendall
prc	Precipitação
prls	Precipitação
SMK	Mann-Kendall Sazonal
<i>U. S.</i>	<i>United States</i>

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Água
ArcGIS, ArcView, ArcEditor, ArcReader e ArcInfo	<i>software</i> para Sistemas de Informações Geográficas
BATS	<i>Biosphere-Atmosphere Transfer Scheme</i>
CCM3	<i>Community Climate Model 3</i>
DOS	<i>Disk Operating System</i>
ENOS	El Niño-Oscilação Sul
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
FAEP	Federação da Agricultura do Estado do Paraná
FORTTRAN	<i>IBM Mathematical FORMula TRANslation System</i>
GCM	modelos climáticos globais
GEV	Generalizada de Valores Extremos
GIS	<i>Geographic Information System</i>
GrADS	<i>Grid Analysis And Display System</i>
GRIB, NetCDF, HDF e BUFR	formatos de arquivo de dados
Hidroweb	Sistema de Informações Hidrológicas
HIRLAM	<i>High Resolution Limited Area Model</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC	<i>International Painel of Climate Change</i>
MATLAB®	<i>Matrix Laboratory</i>
MGC	modelo de geração dinâmica
MME	Ministério das Minas e Energia
MM4	<i>Mesoscale Model version 4</i>
NCAR-PSU	<i>National Center for Atmospheric Research-Pennsylvania State University</i>

OMM			Organização Meteorológica Mundial
PNUMA			Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROMES			<i>PROgnostic at the MESoscale</i>
PRECIS, PROMES	RCA1,	ETA,	modelos climáticos regionais
RCM			modelos climáticos regionais
RCA1			<i>Rosby Centre Regional Atmospheric Climate Model</i>
Unix, DOS e Linux			sistemas operacionais

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	graus celcius
%	Porcentagem
@	Arroba
®	marca registrada
Σ	Somatório
°	Graus
'	Minutos
”	Segundos
cm	Centímetros
m	Metros
km	Quilómetros
h	Horas
hPa	Hectopascal
H_0	hipótese nula
H_1	hipótese alternativa
α	parâmetro de escala
β	parâmetro de posição
γ	coeficiente de assimetria
ρ_s	coeficiente de correlação de Spearman
r_s	coeficiente de correlação de Spearman
μ	Média
σ	desvio padrão
ln	logaritmo natural

θ	parâmetro da distribuição
λ	parâmetro da distribuição
CO ₂	dióxido de carbono
H ₂ O	Água
O ₃	Ozono
O ₂	Oxigénio
NO ₂	dióxido de nitrogénio
CH ₄	Metano
CFCs	clorofluorcarboneto
W	<i>West</i>
S	<i>South</i>

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, mudanças climáticas globais têm despertado a atenção de diversos segmentos da sociedade. O aumento da concentração de gases de efeito estufa resultante da intensificação das atividades antrópicas tem causado significativas alterações no clima (IPCC, 2007). A temperatura da superfície do planeta aumentou, aproximadamente, 0,2°C por década nas últimas três décadas, e 0,8°C no século passado (HANSEN *et al.*, 2006). Durante os primeiros cinco anos do século XXI, mapas de anomalias de temperatura demonstram que houve, de modo geral, aquecimento no planeta, porém o aumento de temperatura foi maior nos continentes que nos oceanos, e também nas maiores latitudes do Hemisfério Norte (HANSEN *et al.*, 2006). Além do aquecimento global, tem sido observada maior frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, alterações nos regimes de chuva, perturbações nas correntes marinhas, retração de geleiras e elevação do nível dos oceanos (MARENGO *et al.*, 2001).

No entanto, embora sejam evidentes as alterações no comportamento das séries hidrológicas, de modo geral, não fica claro para toda sociedade a que elas se devem. Pois, são apontadas várias causas como, mudanças climáticas, variabilidade climática ou erro sistemático, o que causa controvérsia entre os pesquisadores da área, tanto que, alguns destes se baseando em seus estudos, são de opinião contrária ao consenso existente no *International Panel of Climate Change (IPCC)* em relação ao aquecimento global.

Este seleto grupo de pesquisadores sugere melhor aprofundamento nos debates sobre alterações climáticas, pois, argumenta que o mesmo é observado em áreas urbanas, onde se criam as chamadas “ilhas de calor”, ou somente num determinado ponto, refletindo deste modo um comportamento local e não global do clima. Concorde que houve um aquecimento, mas não que esse cenário seja projetado para o futuro.

Lindzen e Giannitsis, (2002); Soon e Baliunas, (2003); Molion (2008); Chapman (2008); dentre outros, questionam acima de tudo a projeção feita pelos modelos climáticos de previsão do clima, principalmente quando se comparam os resultados

entre os modelos. Pois, sabe-se que estes apresentam certas dificuldades na representação das variáveis climáticas naturais em escalas de tempo decadal, criando dúvidas quanto aos resultados obtidos, e alegando uma possível superestimação desses resultados.

Por outro lado, o mesmo grupo menciona que a variabilidade natural do clima não permite afirmar que o aquecimento global seja resultado da atividade humana, pois, existem processos físicos naturais como a variação da circulação atmosférica, que podem interferir no clima. Chapman (2008), na sua pesquisa, mostra que apesar do contínuo aumento da concentração do dióxido de carbono na atmosfera, de certa forma, as temperaturas médias no globo se mantiveram estáveis.

Essa posição é também defendida por Molion (2008), alertando para um possível arrefecimento do globo terrestre nos próximos anos. Contudo, seja qual for o cenário, pode ocorrer que as alterações climáticas afetem negativamente a disponibilidade de recursos hídricos, conseqüentemente, o suprimento de água potável, a geração de energia e a navegação fluvial (IPCC, 1996).

Neste contexto, embora a questão seja bastante discutida, existe de certo modo uma carência de estudos que evidenciam com clareza sobre a vulnerabilidade da sociedade, da economia e do ambiente, incluindo os ecossistemas e as mudanças climáticas globais. Em parte isso se deve à relativa “despreocupação” com respeito à problemática de mudanças globais, pois, existe a percepção de que os países têm problemas muito mais graves e prementes a resolver, no que concerne a um desenvolvimento com equidade e justiça social visando à eliminação da pobreza.

Entretanto, segundo Carlos *et al.* (2001), são justamente os países em desenvolvimento os mais vulneráveis às mudanças climáticas, e serão as populações mais defavorecidas as mais atingidas, visto que a degradação ambiental sempre afeta mais profundamente aos mais necessitados. Pois, de acordo com os cenários de longo prazo, as regiões tropicais poderão ser as mais afetadas pelas mudanças climáticas, e os países em desenvolvimento serão os mais prejudicados devido aos seus escassos recursos financeiros.

Lembrando que a agricultura é uma atividade altamente dependente de fatores climáticos, cujas mudanças e variabilidade podem afetar a produtividade.

Outro setor bastante importante e também influenciado pela variabilidade da precipitação é a produção de energia hidroelétrica. Mudanças no regime pluviométrico e conseqüentemente alterações nas vazões, por vezes devido a mudanças climáticas, podem favorecer ou prejudicar a geração hidroelétrica e assim afetar a sua demanda. Portanto, o conhecimento da frequência de um determinado evento extremo constitui uma ferramenta muito importante para o estabelecimento de critérios de segurança e uso e aproveitamento dos recursos naturais (PINTO *et al.*, 1976).

Assim sendo, justifica-se a realização deste estudo, pela necessidade de se entender o comportamento das variáveis climatológicas. Pois, no cenário atual, assiste-se a um crescente índice de aproveitamento dos recursos hídricos para o bem do Homem, principalmente, na geração de energia elétrica, onde a vida útil dos empreendimentos vem sendo planejada ao longo dos anos com base em séries históricas, projetando-se para o futuro um comportamento estatístico “estacionário”, isto é, o clima é considerado naturalmente estável dentro de um cenário centenário.

Contudo, séries mais longas, acima de 100 anos de observação, têm se mostrado não estacionárias, devido à variabilidade e modificação climática, esta última, associada muitas das vezes ao tipo de uso do solo (BATISTA *et al.*, 2009).

Segundo Marques *et al.* (2006), pesquisas sobre a previsão futura das variáveis hidrológicas através de métodos cada vez mais sofisticados e com um adequado grau de precisão têm sido nos últimos tempos o desafio e a meta de muitos pesquisadores nos seus estudos climatológicos, principalmente para proporcionar aos tomadores de decisão a possibilidade de antecipar e planejar futuras ações dirigidas a setores de atividades socioeconômicas e à sociedade como um todo. Esta tendência é facilmente observada nas pesquisas elaboradas nos últimos anos, onde se destaca o uso frequente de métodos estatísticos e modelos matemáticos de previsão futura do clima.

Alexandre, *et al.* (2009), no seu estudo sobre tendências temporais da altura de precipitação na região metropolitana de Belo Horizonte a partir de modelos climáticos, compararam os dados observados com os simulados pelos modelos climáticos regionais ETA e PRECIS, para os totais anuais de precipitação.

Deste estudo, observaram que havia uma grande discrepância entre os dados, sugerindo uma análise mais cautelosa dos cenários futuros gerados pelos modelos.

Portanto, de acordo com Barros *et al.* (2011), as características da tendência de precipitação das últimas décadas, implicam que muitas regiões estão sob novas condições climáticas, e que as mesmas devem ser consideradas no planejamento e na administração dos recursos hídricos. No entanto, as grandes usinas hidroelétricas construídas no Brasil foram projetadas com base em comportamentos hidrológicos do passado, assim como sua operação e controle de cheias. Este comportamento, resultado de estudos realizados, pode ser superado no futuro, partindo do princípio que esses estudos estimaram cenários climáticos e hidrológicos diferentes do que está sendo observado atualmente.

Deste modo, fica evidente que entender a natureza e a causa das tendências climáticas, tem implicações científicas importantes, para além das implicações práticas dado o papel crítico da capacidade de geração de hidroeletricidade de uma bacia. Estes resultados são relevantes para preparar futuros cenários de alterações climáticas, pois, fornecem importantes informações sobre os mecanismos atrás das tendências observadas nas últimas décadas. Essa informação será também primordial para a otimização no uso dos recursos hídricos em situações favoráveis, principalmente com o auxílio de previsões climáticas confiáveis.

Assim sendo, define-se como objetivo geral desta dissertação:

- Analisar a influência de mudanças climáticas em precipitações tomando como estudo de caso a bacia do Rio Iguaçu.

Os objetivos específicos podem ser resumidos em:

- Analisar tendências anuais das precipitações observadas e geradas por modelos climáticos regionais (RCM) para diversos cenários.
- Analisar tendências sazonais das precipitações observadas e geradas por modelos climáticos regionais (RCM) para diversos cenários.
- Analisar a frequência de precipitações máximas diárias observadas e geradas por modelos climáticos regionais (RCM).

Este trabalho está estruturado em quatro capítulos. O capítulo I apresenta a Revisão de Literatura onde se destacam alguns conceitos e métodos de análise de variáveis hidrológicas, importantes para o desenvolvimento desta pesquisa. No Capítulo II, descreve-se de forma resumida a Área de Estudo, enquanto que, no Capítulo III,

Material e Método, explica-se de forma detalhada, complementada com a informação disponível na revisão de literatura, o processo de elaboração desta pesquisa. Por fim, no Capítulo IV, referente aos Resultados e Análise são discutidos os resultados obtidos na pesquisa, que possibilitam a formulação de conclusões satisfatórias e recomendações para trabalhos futuros.

CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo traz na sua parte inicial algumas considerações e conceitos sobre mudanças climáticas, seus impactos nos recursos hídricos e possíveis medidas preventivas. A segunda abordagem é sobre o processo de formação da precipitação e suas características. Na terceira parte, com muito enfoque em análises estatísticas, descrevem-se os métodos de análise de consistência de dados de precipitação; análise de tendência anual de precipitação; análise de tendência sazonal de precipitação e análise de frequência de precipitação máxima diária.

1.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A consideração da existência de mudança climática é importante para a sociedade não só para possibilitar condições de adaptação e mitigação às mudanças, que resulta num ótimo planejamento, mas também para que as estimativas realizadas a partir das observações existentes sejam fidedignas às condições reais (SILVA e GUETTER, 2003). De acordo com Tucci (2002) as definições utilizadas na literatura sobre alterações climáticas se diferenciam de acordo com a inclusão dos efeitos antrópicos na identificação da mesma.

No entanto, outros autores ou grupos de trabalho, como *Framework Convention on Climate Change*, adotam para o mesmo termo a definição de mudança associada direta ou indiretamente a atividade humana que altere a variabilidade climática natural observada num determinado período (TUCCI, 2002).

O *International Panel of Climate Change (IPCC)* é o principal organismo de avaliação das mudanças climáticas. Foi estabelecido em 1988 pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Uma das suas principais tarefas é justamente fornecer informações científicas, técnicas e sócio-econômicas relevantes para o entendimento das mudanças climáticas, seus potenciais impactos e opções de adaptação e mitigação.

Segundo a Organização Meteorológica Mundial, que propôs um quadro de definições, o termo variabilidade climática, expresso através de desvio padrão ou coeficiente de variação, defini-se como sendo a maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro, e mudança climática como uma variação de parâmetros climáticos como temperatura, precipitação ou ventos médio, durante um período extenso, podendo durar de décadas a milhões de anos.

Portanto, fica evidente a diversificação das várias definições sobre o mesmo conceito, refletindo a dificuldade existente em separar o efeito das atividades humanas sobre a alteração climática natural.

Assim sendo, para esta dissertação e segundo Tucci (2002), define-se por variabilidade climática a alteração do clima em função dos condicionantes naturais do globo terrestre e suas interações, e por mudança climática, alteração da variabilidade climática causada pela atividade humana, pois, alteração climática pode resultar de processos naturais da própria Terra ou por forças externas.

Logo, fica claro que é necessário identificar se está ocorrendo alteração na variabilidade natural para se poder afirmar que está havendo mudança climática (STEINKE, 2004).

1.1.1 Impacto das mudanças climáticas nos recursos hídricos e medidas preventivas

A história tem mostrado que o clima é um condicionante fundamental no desenvolvimento da população em diferentes partes do globo. Portanto, mesmo considerando o avanço da tecnologia do último século, a variabilidade climática pode produzir impactos significativos no desenvolvimento dos países e comprometer a sustentabilidade das populações (TUCCI, 2002).

Nos últimos anos, inúmeros estudos têm sido desenvolvidos com relação à vulnerabilidade hidrológica devido às mudanças climáticas. Pois, é sabido que as alterações climáticas se refletem na modificação de variáveis, como precipitação, temperatura, vento, radiação, umidade, ou seja, variáveis representativas do clima. No

ciclo hidrológico a distribuição temporal e espacial da precipitação e evapotranspiração são variáveis de entrada na bacia, que podem produzir alterações nas estatísticas das séries de vazões entre outras variáveis de resposta da bacia.

Estas mudanças não alteram somente as vazões para uma bacia existente, mas também alteram os condicionantes naturais que dão sustentabilidade ao meio natural como a fauna e flora (TUCCI, 2002).

Os impactos ao longo do tempo são notáveis, pois, a mudança climática gera outros ambientes em função da ocorrência de maior ou menor precipitação, temperatura e umidade. Com a alteração destes condicionantes, o escoamento proveniente das bacias também se altera.

Contudo, o que importa realmente observar é que existe uma diferença nas alterações produzidas na bacia através da variabilidade natural e através da mudança climática, e que os efeitos são diferenciados para cada setor dos recursos hídricos associado com o desenvolvimento econômico (TUCCI, 2002).

Os efeitos das mudanças climáticas no ciclo hidrológico são muito diversos. Por exemplo, o aumento da concentração de gases de efeito estufa, resulta em aumento no balanço de radiação na superfície terrestre. Por sua vez, este aumento de balanço de radiação, produz modificações nas temperaturas, taxas de evaporação e chuvas e, conseqüentemente, nos regimes de umidade dos solos, reabastecimento de águas subterrâneas e escoamento fluvial (STEINKE, 2004).

Contudo, a redução absoluta de emissões resultantes da queima de combustíveis fósseis é um dos principais objetivos do IPCC, com base na formulação de estratégias de resposta a adaptação e mitigação as mudanças climáticas. No entanto, esta será facilmente desenhada, desde que haja uma informação científica clara a respeito das mudanças climáticas e dos seus impactos ambientais e socio-econômicos, que resultará em medidas alternativas para as atividades humanas, tais como, agricultura, abastecimento de água, geração de energia, transporte e outras.

Portanto, o uso de tecnologias limpas, a redução do desmatamento que resultou no aumento da emissão de gases de efeito estufa, principalmente pela queima de combustíveis fósseis, são medidas urgentes que podem contribuir para a prevenção a mudança do clima, e conseqüentemente, ao principal objetivo que é a emissão zero.

1.2 OCORRÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO

A água da atmosfera que atinge a superfície na forma de chuva, granizo, neve, orvalho, neblina ou geada é denominada precipitação.

No entanto, para efeitos de pesquisa no Brasil a chuva é a forma mais importante de precipitação, embora grandes prejuízos possam advir da ocorrência de precipitação na forma de granizo, neve, orvalho, neblina ou geada (COLLISCHONN e TASSI, 2008). A água existente na atmosfera está, em sua maior parte, na forma de vapor e a quantidade de vapor que o ar pode conter é limitada.

O processo de formação das nuvens de chuva está associado ao movimento ascendente de uma massa de ar úmido. Essa ascensão do ar provoca um resfriamento que pode fazê-lo atingir o seu ponto de saturação, ao que se seguirá a condensação do vapor de água em forma de minúsculas gotas que são mantidas em suspensão como nuvens ou nevoeiros.

Para ocorrer uma precipitação é necessário que essas gotas cresçam a partir de núcleos, que podem ser gelo, poeira ou outras partículas, até atingirem o peso suficiente para vencerem as forças de sustentação e caírem (PINTO *et al.*, 1976). Para diferenciar os principais tipos de chuva, frontais, convectivas ou orográficas, é considerada a causa da ascensão do ar úmido.

1.2.1 Chuvas frontais

As chuvas frontais ocorrem quando se encontram duas grandes massas de ar, de diferentes temperatura e umidade. A massa o ar mais quente é mais leve e normalmente mais úmido. Ela é empurrada para cima, onde atinge temperaturas mais baixas, resultando na condensação do vapor.

As massas de ar que formam as chuvas frontais têm centenas de quilômetros de extensão e movimentam-se de forma relativamente lenta, conseqüentemente as chuvas frontais caracterizam-se pela longa duração e por atingirem grandes extensões.

Chuvas frontais têm uma intensidade relativamente baixa e uma duração relativamente longa.

Em alguns casos as frentes podem ficar estacionárias, e a chuva pode atingir o mesmo local por vários dias seguidos (VILLELA e MATTOS, 1971; PINTO *et al.*, 1976; COLLISCHONN e TASSI, 2008).

1.2.2 Chuvas orográficas

As chuvas orográficas ocorrem em regiões em que um grande obstáculo do relevo, como uma cordilheira ou serra muito alta, impede a passagem de ventos quentes e úmidos, que sopram do mar, obrigando o ar a subir. Em maiores altitudes a umidade do ar se condensa, formando nuvens junto aos picos da serra, onde chove com muita frequência (VILLELA e MATTOS, 1971; PINTO *et al.*, 1976; COLLISCHONN e TASSI, 2008).

1.2.3 Chuvas convectivas

Típicas de regiões tropicais, as chuvas convectivas ocorrem pelo aquecimento de massas de ar, relativamente pequenas, que estão em contato direto com a superfície quente dos continentes e oceanos. O aquecimento do ar pode resultar na sua subida para níveis mais altos da atmosfera onde as baixas temperaturas condensam o vapor, formando nuvens. Este processo pode ou não resultar em chuva.

Normalmente, as chuvas convectivas ocorrem de forma concentrada sobre áreas relativamente pequenas. Os processos convectivos produzem chuvas de grande intensidade e de duração relativamente curta. Problemas de inundação em áreas urbanas estão, muitas vezes, relacionados às chuvas convectivas (VILLELA e MATTOS, 1971; PINTO *et al.*, 1976; COLLISCHONN e TASSI, 2008).

1.2.4 Medição da precipitação

Exprime-se a quantidade de chuva pela altura de água caída e acumulada sobre uma superfície plana e impermeável. Ela é avaliada por meio de medidas executadas em pontos previamente escolhidos, utilizando-se aparelhos chamados pluviômetros ou

pluviógrafos. Tanto um como outro colhem uma pequena amostra, pois têm uma superfície horizontal de exposição de 500 cm² e 200 cm², respectivamente, e colocados a uma altura padrão de 1,50 m do solo.

As leituras são feitas por um observador treinado para o efeito, em intervalos de 24 horas e anotadas em cadernetas próprias que são posteriormente enviadas as agências responsáveis pela rede pluviométrica (PINTO *et al.*, 1976; SANTOS, *et al.*, 2001).

1.3 ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO

O objetivo de um posto pluviométrico é produzir uma série ininterrupta de precipitação ao longo dos anos. Contudo, podem ocorrer períodos sem informação ou com falhas nas observações decorrentes de problemas com os aparelhos de registro e/ou ausência do operador do posto. É por essa razão, que os dados coletados devem ser submetidos a uma análise preliminar, a que se chama de análise de consistência de dados.

Assim sendo, entende-se por análise de consistência de dados, como um conjunto de procedimentos aplicados aos dados para verificar se são coerentes e se estão isentos de desvios sistemáticos e erros diversos, isto é, comprovar o grau de homogeneidade dos dados disponíveis num posto (PINTO *et al.*, 1976; COLLISCHONN e TASSI, 2008). Somente após a identificação e correção destes erros é que os dados estarão prontos para o tratamento estatístico.

1.3.1 Preenchimento de falhas

Segundo Pinto *et al.* (1976), pela necessidade de se trabalhar com dados contínuos, devem-se preencher as lacunas encontradas nos registros obtidos das estações de observação. Para tal, existem vários métodos de preenchimento de falhas:

1.3.1.1 Regressão linear

Neste método, definido pela equação (1), estima-se a precipitação de um posto B (P_B) a partir do valor de precipitação de um posto A (P_A).

$$P_B = a + b.P_A \quad (1)$$

Os coeficientes (a e b) da equação linear (1) podem ser estimados plotando-se os valores de precipitação de dois postos em um papel milimétrico ou com a utilização do método dos mínimos quadrados.

1.3.1.2 Média aritmética dos postos vizinhos (métodos das médias aritméticas)

Este método representado pela equação (2) e o anterior (equação 1), só devem ser utilizados em regiões hidrológicamente homogêneas, isto é, quando as precipitações normais anuais dos postos não diferem entre si em mais de 10%. Para isso devem ser consideradas séries históricas de no mínimo 30 anos.

$$P_X = \frac{1}{n}(P_A + P_B + P_C) \quad (2)$$

em que P a precipitação anual no posto em causa, e n o número de estações pluviométricas.

1.3.1.3 Método das razões dos valores normais (métodos das médias ponderadas)

É um método bastante utilizado no preenchimento de falhas e tem como base os registros pluviométricos de três estações localizadas o mais próximo possível da estação que apresenta falha nos dados de precipitação. Designando por X a estação que apresenta falha e por A , B e C as estações vizinhas, o seu procedimento consiste na determinação de P_x da estação X pela média ponderada do registro das três estações vizinhas, onde os pesos são as razões entre as precipitações normais anuais:

$$P_X = \frac{1}{n} \left(\frac{N_X}{N_A} P_A + \frac{N_X}{N_B} P_B + \frac{N_X}{N_C} P_C \right) \quad (3)$$

em que N é a precipitação média em cada posto, P a precipitação anual no posto em causa, e n o número de estações pluviométricas.

1.3.1.4 Vetor regional

Segundo Tucci (1993), o método do Vetor Regional constitui também uma forma de realizar a análise de consistências e preenchimentos de falhas de dados pluviométricos.

Este método consiste em determinar dois vetores ótimos, $\{L\}$ e $\{C\}$ cujo produto é uma aproximação de uma matriz P , assumindo que P é uma matriz de n observações de precipitações mensais ou anuais, ao longo do tempo em m estações localizadas numa região homogênea.

O vetor $\{L\}$ é um vetor coluna de dimensão n , que recebe o nome de vetor regional, enquanto que o vetor $\{C\}$ é um vetor linha de dimensão m que representa os coeficientes característicos de cada estação. O vetor $\{L\}$ contém índices que são únicos para toda a região e estão relacionados com as alturas precipitadas em cada posto por meio dos coeficientes contidos no vetor $\{C\}$.

Assim, a estimativa da altura precipitada (pe) no ano ou mês i , num posto j , resulta da equação (4):

$$pe_{ij} = l_i \cdot c_j \quad (4)$$

Para cada mês ou ano, correspondente a uma estação, existirá uma diferença entre os valores observado e estimado, de modo que é possível estabelecer uma matriz $[D]$ de diferenças ou erros, cujos elementos são calculados segundo a equação (5):

$$d_{ij} = p_{ij} - l_i \cdot c_j \quad (5)$$

Os elementos dos vetores $\{L\}$ e $\{C\}$ são determinados pela minimização quadrática da matriz $[D]$. A soma dos quadrados das diferenças é dada pela equação (6):

$$FO = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m d_{ij}^2 \quad (6)$$

Diferenciando a equação (6) com relação às incógnitas l_i e c_j e igualando cada expressão a zero, resulta num sistema não-linear de $n + m$ equações e $n + m$ incógnitas cuja solução é dada pelas equações (7) e (8):

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^n l_i \cdot p_{ij}}{\sum_{i=1}^n l_i^2}; \quad \text{com } j = 1, \dots, m \quad (7)$$

$$l_i = \frac{\sum_{j=1}^m c_j \cdot p_{ij}}{\sum_{j=1}^m c_j^2}; \quad \text{com } i = 1, \dots, n \quad (8)$$

A solução do sistema pode ser alcançada mediante processo iterativo, partindo de uma estimativa inicial do vetor regional.

É prática comum, adotar para a estimativa inicial do i -ésimo valor do vetor $\{L\}$ a média aritmética das precipitações registradas nas m estações no ano ou mês, conforme a equação (9):

$$l_{ij} = \frac{1}{m \cdot \sum_{j=1}^m p_{ij}} \quad (9)$$

Com essa estimativa inicial, resolve-se a equação (7). Obtidos os elementos do vetor $\{C\}$, aplica-se o mesmo processo para recalcular os elementos do vetor $\{L\}$. Segundo os autores do método, o processo converge rapidamente. Obtido o vetor $\{L\}$ é preciso calcular os erros relativos segundo a equação (10):

$$e_{ij} = \frac{(p_{ij} - pe_{ij})}{(pe_{ij})} \quad (10)$$

Substituindo (4) em (10), escreve-se a equação (11):

$$e_{ij} = \left[\frac{p_{ij}}{(l_i \cdot c_j)} \right] - 1 \quad (11)$$

Estes valores acumulados resultam nas equações (12):

$$E_{ij} = \sum_{i=1}^n e_{ij} \quad \text{ou} \quad E_{ij} = \sum_{i=1}^n e_{ij} - \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n e_{ij} ; \quad \text{para } 1 = n \quad (12)$$

Os erros acumulados obtidos pela equação anterior são plotados em função do tempo, originando um gráfico denominado “duplo-acumulativo”, relativo às séries observada e gerada com base no vetor regional. Ressalta-se ainda que a segunda parcela da equação (12) representa a média da forma acumulada dos erros relativos, e é incorporada à equação para permitir a centralização do gráfico, facilitando a análise de consistência.

Portanto, um método que procura identificar através de um gráfico, desvios anormais apresentados pelas séries, que podem ser: i) isolados, resultantes de erros grosseiros de medição ou de ii) transcrição, facilmente identificados por uma variação abrupta e pontual do gráfico duplo-acumulativo; e iii) desvios sistemáticos, que correspondem aos defeitos nos aparelhos e/ou as mudanças do local de instalação dos mesmos. Os erros isolados são corrigidos com a simples substituição do valor apontado como errado pelo valor calculado pelo vetor regional. Os erros sistemáticos são corrigidos pela equação (13):

$$p_{ij}^c = K \cdot p_{ij} \quad (13)$$

p_{ij}^c - precipitação corrigida; e K é dado pela equação (14):

$$K = 1 - e_{ij} \quad (14)$$

e_{ij} - desvio médio, entre valores observados e calculados, correspondente ao período com tendência a ser corrigido, dado pela equação (15):

$$e_{ij} = \frac{1}{r \cdot \sum_{i=1}^r \left[\frac{(p_{ij} - l_i \cdot c_j)}{p_{ij}} \right]} \quad (15)$$

Onde, r é o número de observações do período considerado.

1.3.2 Verificação da homogeneidade das séries

O termo “homogeneidade” implica que todos os elementos de uma certa amostra provêm de uma única e idêntica população. A rejeição ou não-rejeição da hipótese de homogeneidade de uma série hidrológica é frequentemente decidida por meio de testes não-paramétricos, como o proposto por Mann e Whitney, ou pela curva duplo-acumulativa, ambos descritos mais abaixo (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Quanto ao termo “estacionariedade” refere-se ao fato que, excluídas as flutuações aleatórias, as observações amostrais são invariantes, com relação à cronologia de sua ocorrência. Os tipos de não-estacionariedades incluem tendências, ‘saltos’ e ciclos, ao longo do tempo. Em um contexto hidrológico, os “saltos” estão relacionados a alterações bruscas em uma bacia ou trecho fluvial, como por exemplo, a construção de barragens. Os ciclos, por sua vez, podem estar relacionados a flutuações climáticas de longo período, sendo de difícil detecção. (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

As tendências temporais, em geral, estão associadas a alterações graduais que se processam na bacia, como por exemplo, a evolução temporal lenta da urbanização de uma certa área geográfica.

Uma tendência temporal, eventualmente presente em uma série hidrológica (X_t), ao longo do tempo (t), pode ser detectada por testes não-paramétricos, como o de *Spearman*, ou através da curva-acumulada em função do tempo, também descrita abaixo. Contudo, uma descrição mais detalhada pode ser vista em BATISTA *et al.* (2009) e FILL (2011).

Müller, *et al.* (1998); Xu, *et al.* (2003) e Batista *et al.* (2009), em suas pesquisas sobre a análise de estacionariedade das séries hidrológicas, sugerem a verificação da estacionariedade de variáveis aleatórias através de testes estatísticos. Estes pesquisadores sugerem o teste paramétrico t de Student, testando a igualdade das médias de duas sub-amostras, e os testes não paramétricos de Wilcoxon e de Kruskal-Wallis, baseados na verificação da posição relativa dos elementos das sub-amostras, antes e depois de ordenadas, da série total.

Os testes não-paramétricos tem a vantagem de poderem ser utilizados mesmo quando os dados só podem ser medidos num nível ordinal, isto é, quando for apenas possível ordená-los por ordem de grandeza ou utilizados quando os dados são apenas classificados em categoria (HELSEL e HIRSCH, 1993; NAGHETTINI e PINTO, 2007; MARGARIDA, 2009).

1.3.2.1 Testes estatísticos

Os procedimentos básicos de estatística dependem fortemente da suposição de que os dados da amostra estejam distribuídos de acordo com uma distribuição específica. Os testes estatísticos podem se dividir em paramétricos e não-paramétricos. Os paramétricos assumem que a distribuição de probabilidade da população onde os dados são retirados é conhecida e que somente os valores de certos parâmetros, tais como a média e o desvio padrão são desconhecidos.

No entanto, se os dados não satisfazem as suposições assumidas pelas técnicas tradicionais, são usados métodos alternativos a que se chamam de testes não-paramétricos.

As técnicas não paramétricas assumem pouca ou nenhuma hipótese sobre a distribuição de probabilidade da população no qual se retiram os dados, isto é, não estão condicionados por qualquer distribuição de probabilidades dos dados em análise.

Portanto, torna-se boa opção para situações em que ocorrem violações dos pressupostos básicos necessários para a aplicação de um teste paramétrico, como por exemplo, para testar a diferença de dois grupos quando a distribuição subjacente é assimétrica ou possuem dados coletados em uma escala ordinal, ou ainda, se a distribuição da variável de interesse não é conhecida ou tem comportamento não gaussiano (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

A partir dos anos de 1940, a ideia de testes de postos (*ranks*) ganhou força na literatura estatística, graças aos pesquisadores Hotelling e Pabst (1936), responsáveis pelos primeiros artigos sobre o assunto e sobre correlações de ordem. A chave para avaliar os dados em uma estrutura não paramétrica é comparar observações com base em seus postos no interior da amostra.

Em geral, os métodos não-paramétricos são de aplicação mais ampla e têm a vantagem de serem aplicados em problemas que a distribuição da população envolvida não precisa pertencer a uma família específica de distribuição de probabilidade tal como Normal, Uniforme, Exponencial e outras. Contudo, são desvantajosos por se basearem na substituição do valor real medido, pela posição ocupada na ordenação de valores obtidos, adiante designada por posto, o que pode resultar na perda de alguma informação relativa à variabilidade da série de dados.

1.3.2.1.1 Teste *U* de Mann-Whitney ou Wilcoxon

É um teste de hipótese, conhecido como o teste de somas das ordens, e consiste na seleção de dois grupos de amostras em cada estação para decidir se as duas amostras tem a mesma origem, contendo cada uma, um período da série histórica de chuvas anuais (WILCOXON, 1945). Estes por sua vez são ordenados de modo crescente e atribuídos um número de posição a cada amostra. Se dois valores amostrais forem idênticos, faz-se a média e atribui-se a posição ao resultado obtido.

De seguida determina-se a soma dos postos para cada amostra, sendo que cada soma é representada por R_1 e R_2 , onde N_1 e N_2 são os respectivos tamanhos amostrais. Por conveniência se as amostras forem de tamanhos diferentes, escolhe-se N_1 como o de menor tamanho de modo que $N_1 \leq N_2$. Uma diferença significativa entre as somas R_1 e R_2 implica uma diferença significativa entre as amostras.

O passo seguinte é testar a diferença entre as somas dos postos pelas equações (16) e (17), abaixo apresentadas e obter-se o resultado observado na tabela de distribuição normal, que é comparado com o valor calculado da distribuição estatística de Mann-Whitney (SPIEGEL, 1993).

$$U_1 = N_1 N_2 + \frac{N_1(N_1 + 1)}{2} - R_1 \quad (16)$$

$$U_2 = N_1 N_2 + \frac{N_2(N_2 + 1)}{2} - R_2 \quad (17)$$

A média e variância são dadas pelas equações (18) e (19) respetivamente:

$$\mu_U = \frac{N_1 N_2}{2} \quad (18)$$

$$\sigma_U^2 = \frac{N_1 N_2 (N_1 + N_2 + 1)}{12} \quad (19)$$

Observa-se que a distribuição U é aproximadamente normal, de modo que a variável reduzida é dada pela equação (20);

$$z = \frac{U - \mu_U}{\sigma_U} \quad (20)$$

Como se pretende testar a hipótese nula H_0 supondo que não há diferença entre as amostras, faz-se um teste bilateral e de preferência para o nível de significância 0,05, onde se tem a seguinte regra de decisão:

- Aceitar H_0 se $-1,96 \leq z \leq 1,96$.
- Caso contrário, rejeitar H_0 .

Os resultados obtidos podem ser verificados pelas expressões de (21) a (23):

$$U_1 + U_2 = N_1 N_2 \quad (21)$$

$$R_1 + R_2 = \frac{N(N + 1)}{2} \quad (22)$$

$$\text{onde, } N = N_1 + N_2 \quad (23)$$

1.3.2.1.2 Teste H de Kruskal-Wallis

O teste de Kruskal-Wallis é uma extensão do teste de Wilcoxon-Mann-Whitney. É um teste não-paramétrico utilizado para comparar três ou mais amostras. Ele é usado para testar a hipótese nula de que todas as populações possuem funções de distribuição iguais contra a hipótese alternativa de que ao menos duas das populações possuem funções de distribuição diferentes.

No caso de k amostra pode ser descrito do seguinte modo: Supondo que existam k amostras de tamanhos N_1, N_2, \dots, N_k , com o tamanho total referente ao conjunto de todas as amostras dada pela equação (24):

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_k \quad (24)$$

Atribuindo postos aos dados do conjunto de todas as amostras e a soma dos postos para as k amostras, R_1, R_2, \dots, R_k , respectivamente, define-se a estatística,

$$H = \frac{12}{N(N + 1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{N_j} - 3(N + 1) \quad (25)$$

Sendo a distribuição amostral de H muito próxima de uma distribuição qui-quadrado com $k - 1$ graus de liberdade, pode-se dizer que para $k - 1 = v$ graus de liberdade ao nível de significância 0,05, têm-se $\chi_{0,95}^2 = t$. Se $H < t$ não se pode rejeitar a hipótese da não existência de diferença entre as amostras ao nível 0,05, isto é, se aceita a hipótese H_0 de que não existe diferença entre as amostras (SPIEGEL, 1993).

Se no momento em que são ordenados de modo crescente e atribuídos um número de posição a cada amostra, existirem valores idênticos entre as observações dos dados amostrais, o valor de H dado pela estatística acima referida (equação 25) deve ser corrigido e esta correção de H , representada por H_c é obtida dividindo-se o valor da estatística H pelo fator de correção f_c dado pela equação (26):

$$f_c = 1 - \frac{\sum(T^3 - T)}{(N^3 - N)} \quad (26)$$

O que implica que o novo valor de H será dado pela equação (27):

$$H_c = \frac{\frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k \frac{R_j^2}{N_j} - 3(N+1)}{1 - \frac{\sum(T^3 - T)}{(N^3 - N)}} \quad (27)$$

onde, T é o número de empates correspondentes a cada observação (SPIEGEL, 1993).

1.3.2.1.3 Teste t de Student

A distribuição t Student, é uma distribuição simétrica em relação à origem e se aproxima da distribuição Normal padrão, para valores elevados de N . A distribuição t de Student é usada como distribuição de amostragem da média de uma população normal, com variância desconhecida (NAGHETTINI e PINTO, 2007). A variável t é expressa sob a forma da equação (28):

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{s} \sqrt{N - 1} = \frac{\bar{X} - \mu}{s} \sqrt{N} \quad (28)$$

onde, N é o tamanho da amostra; \bar{X} é a média da amostra; μ é a média da população e s a variância.

Este teste paramétrico baseia-se na hipótese de igualdade ou diferença das médias de duas amostras de tamanhos N_1 e N_2 extraídas de populações normais. Para testar a hipótese nula H_0 de que as amostras provêm da mesma população, isto é, $\mu_1 = \mu_2$ ou alternativa H_1 de que há uma diferença entre elas ($\mu_1 \neq \mu_2$), adota-se a equação (29):

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}} \quad (29)$$

onde:

$$\sigma = \sqrt{\frac{N_1 s_1^2 + N_2 s_2^2}{N_1 + N_2 - 2}} \quad \dots \text{ Desvio padrão} \quad (30)$$

sendo,

$$\mathcal{V} = N_1 + N_2 - 2 \quad \dots \text{ Grau de liberdade} \quad (31)$$

Assim sendo, com base em um teste bilateral, aceita-se H_0 se o t calculado estiver dentro do intervalo do valor de t tabela a \mathcal{V} graus de liberdade. Caso contrário, rejeita-se H_0 .

1.3.2.2 Curva duplo-acumulativa de precipitação

O método de análise duplo acumulativa, desenvolvido pelo *U. S. Geological Survey*, é bastante usado para verificação da homogeneidade dos dados. Ele consiste em construir em um gráfico cartesiano uma curva duplo-acumulativa que relaciona os totais anuais ou mensais acumulados do posto a consistir (nas ordenadas) e a média acumulada dos totais anuais ou mensais de todos os postos da região (nas abscissas), hipoteticamente considerada homogênea do ponto de vista hidrológico. Se os valores do posto a consistir forem proporcionais aos observados na base de comparação, os pontos devem se alinhar segundo uma única reta. A declividade da reta determina o fator de proporcionalidade entre ambas as séries (TUCCI, 1993).

Portanto, anormalidades na estação pluviométrica, decorrentes de mudança do local, das condições de operação do aparelho, de erros sistemáticos, de mudanças climáticas ou de modificação no método de observação, que resultem em pontos que não se alinham segundo uma única reta, podem ser identificadas pela análise desta curva duplo-acumulativa (PINTO *et al.*, 1976).

1.3.2.3 Curva-acumulativa das precipitações totais anuais em função do tempo

Trata-se de um método modificado da análise duplo-acumulativa, proposto em Batista *et al.* (2009) no desenvolvimento do projeto CLARIS LPB para a verificação da estacionariedade dos dados. Este método consiste em construir em um gráfico cartesiano uma curva-acumulativa que relaciona os totais anuais acumulados do posto (nas ordenadas) em função do tempo (nas abscissas), de modo que os pontos se alinhem segundo uma única reta.

Contudo, qualquer anormalidade observada pode ser corrigida para as condições atuais, através da equação (32):

$$P_a = \frac{M_a}{M_0} P_0 \quad (32)$$

onde, P_a são as observações ajustadas à condição atual de localização ou de exposição do posto; P_o os dados observados a serem corrigidos; M_a o coeficiente angular da reta no período mais recente e M_o o coeficiente angular da reta no período em que se fizeram observações P_o .

1.4 ANÁLISE DE TENDÊNCIA ANUAL DE PRECIPITAÇÃO

Back (2001) define tendência em uma série temporal como uma mudança sistemática e contínua em qualquer parâmetro de uma dada amostra, excluindo-se mudanças periódicas ou quase periódicas. Portanto, uma mudança caracterizada por um suave acréscimo ou decréscimo nos valores médios no período de registro.

Dentre os vários métodos existentes para análise de tendências de séries pluviais, destaca-se o teste estatístico de Mann Kendall, bastante usado na análise de mudanças climáticas. É um dos métodos mais populares e altamente recomendados pela Organização Meteorológica Mundial, para avaliar a significância da tendência monótona em séries hidrológicas, simplesmente por ter a vantagem de não necessitar de quaisquer hipóteses de distribuição nos dados amostrais (BACK, 2001; BARROS *et al*, 2011).

O teste Mann Kendall normalmente adota o nível de significância 5%, onde a hipótese H_o deve ser rejeitada sempre que o valor de $u(t)$ estiver fora do intervalo de confiança $[-1,96; +1,96]$, isto é, se o valor de $u(t)$ foi inferior à $-1,96$ há, de acordo com o teste, significativas tendências de queda nos valores da série sob investigação. Quando $u(t)$ é superior a $1,96$ há significativas tendências de elevação (BACK, 2000).

1.4.1 Teste de Mann-Kendall

O teste de Mann-Kendall é uma técnica não paramétrica que tem sido amplamente aplicado para testar se há tendência crescente ou decrescente, de uma determinada variável, considerando que na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente, e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma.

O teste foi utilizado inicialmente por Mann (1945), e posteriormente alterado por Kendall e Stuart (1967), que criaram a correspondente estatística. A aplicação do teste, relatada por numerosos pesquisadores, tem evidenciado resultados muito consistentes, pois, segundo os mesmos pesquisadores, uma vantagem deste teste é que os resultados são fáceis de interpretar e se aplicam a todo período em estudo (MÜLLER, *et al.*, 1998; BACK, 2001; BARROS *et al.*, 2011).

Os mesmos afirmam que o teste de Mann-Kendall é o método mais apropriado para analisar mudanças climáticas em séries climatológicas, pois, permite também a detecção e localização aproximada do ponto inicial de determinada tendência (MÜLLER, *et al.*, 1998; BACK, 2001; BARROS *et al.*, 2011). O método é descrito considerando uma série temporal X_i de N termos ($1 \leq i \leq N$).

O teste consiste na soma t_n do número de termos m_i da série, relativo ao valor X_i cujos termos precedentes ($j < i$) são inferiores ao mesmo ($X_j < X_i$), onde t_n é dado pela equação (33):

$$t_n = \sum_{i=1}^n m_i \quad (33)$$

Para séries com grande número de termos N , sob a hipótese nula H_0 de ausência de tendência, t_n apresentará uma distribuição normal com média e variância:

$$E_{(t_n)} = \frac{N(N-1)}{4} \quad \dots \text{ Média} \quad (34)$$

$$Var_{(t_n)} = \frac{N(N-1)(2N+5)}{72} \quad \dots \text{ Variância} \quad (35)$$

Testando a significância estatística de t_n para a hipótese nula usando um teste bilateral, esta pode ser rejeitada para grandes valores da estatística $u(t)$ dada pela equação (36):

$$u(t) = \frac{(t_n - E(t_n))}{\sqrt{Var(t_n)}} \quad (36)$$

Para a obtenção do valor da probabilidade α_1 usa-se a tabela de distribuição normal reduzida, e a equação (37):

$$\alpha_1 = prob(|u| > |u(t)|) \quad (37)$$

A hipótese nula é rejeitada, ou não, a um nível de significância $\alpha_1 > \alpha_0$ ou $\alpha_1 < \alpha_0$, respectivamente. O sinal da estatística $u(t)$ indica se a tendência é crescente ($u(t) > 0$) ou decrescente ($u(t) < 0$).

No entanto, outras referências bibliográficas como Blain (2010), definem este teste não-paramétrico de Mann-Kendall (MK), pela estatística T , representada pela equação (38):

$$T = \sum_{j < i} sinal(Z_i - Z_j) \quad (38)$$

onde, Z representado na expressão (39), é a série de dados.

$$Z = [Z_1, Z_2, \dots, Z_i, Z_j, \dots, Z_n] \quad (39)$$

e a diferença da sequência de valores $sinal(Z_i - Z_j)$, dada pela equação (40):

$$sinal(Z_i - Z_j) = \begin{cases} 1; \text{para } Z_i - Z_j > 0 \\ 0; \text{para } Z_i - Z_j = 0 \\ -1; \text{para } Z_i - Z_j < 0 \end{cases} \quad (40)$$

A variância $Var(T)$, é dada pela equação (41):

$$Var(T) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (41)$$

Assim a tendência pode ser calculada pelo teste estatístico de Mann-Kendall (MK), dado pela equação (42):

$$MK = \begin{cases} \frac{T - 1}{\sqrt{Var(T)}}; \text{para } T > 0 \\ 0; \text{para } T = 0 \\ \frac{T + 1}{\sqrt{Var(T)}}; \text{para } T < 0 \end{cases} \quad (42)$$

1.4.2 Teste do coeficiente de correlação de Spearman

Também conhecido como Correlação de Postos, trata-se de uma medida de correlação não paramétrica baseada em postos, e que considera a amostra como um todo, sem necessitar subdivisões. Normalmente denominado pela letra grega ρ_s ou por r_s , o cálculo deste coeficiente baseia-se nas diferenças entre dois postos, ao invés de usar os valores precisos das variáveis.

Esta diferença é obtida da seguinte forma: i) Atribui-se um posto a cada observação da série original, e de seguida ordenam-se os dados em ordem crescente; ii) Analogamente, faz-se o mesmo procedimento para os dados ordenados, isto é, atribui-se novos postos a série ordenada das observações; iii) Calcula-se a diferença D entre os postos para a mesma observação na série original e na série ordenada, determinando a variável chave do teste (DETZEL, *et al.*, 2011).

Este teste é tido como uma técnica rigorosa, extremamente eficiente e bastante aplicada em estudos deste gênero. Segundo Müller *et al.* (1998), é citado como o mais consistente em comparação a outros métodos. O seu cálculo é expresso pela equação (43):

$$\rho_s = r_s = 1 - \frac{6 \sum D^2}{N(N^2 - 1)} \quad (43)$$

onde, D representa a diferença entre os postos e N é o número de elementos da amostra.

Diz-se que há ausência de correlação, se o coeficiente for igual a zero (0); há correlação negativa, se o coeficiente for igual a menos um (-1); ou correlação positiva, se o coeficiente for igual a um (+1).

Para amostras com tendências assintóticas, isto é, grandes amostras, a verificação da hipótese nula é feita sobre a distribuição t , calculada através da equação (44):

$$t = r_s \sqrt{\frac{N - 2}{1 - r_s^2}} \quad (44)$$

Os valores críticos da estatística de teste para os vários níveis de significância podem ser obtidos a partir de tabelas de probabilidade normal. No entanto, para amostras maiores que 20 observações, podem-se usar a aproximação para a distribuição t de Student.

A comparação do valor calculado na equação (44) com o valor tabelado de t , sob um nível de confiança α , permite a conclusão acerca da hipótese nula. O teste tem como hipótese nula (H_0), representando uma série homogênea ou uma série sem tendências, e hipótese alternativa (H_1), representando uma série não homogênea ou uma série com certa tendência no seu comportamento.

Assim sendo, com base em um teste bilateral, aceita-se a hipótese nula H_0 se o valor de t obtido na equação (44) estiver dentro do intervalo dos valores de t obtidos através da tabela de distribuição t de Student a \mathcal{V} graus de liberdade; caso contrário, a hipótese H_0 é rejeitada.

1.4.3 Ajustamento de curvas

A teoria de regressão é um método de verificação da relação entre duas ou mais variáveis, e ocupa um lugar de destaque por ser o de uso mais difundido. Trata-se de um método para se estimar o valor esperado de uma determinada variável, dados os valores de outras variáveis.

Sendo uma das primeiras formas de análise regressiva a ser estudada rigorosamente, é usada extensamente em aplicações práticas porque modelos que dependem de forma linear dos seus parâmetros desconhecidos são mais fáceis de ajustar, para além do fato de que as propriedades estatísticas dos estimadores resultantes sejam também fáceis de determinar (SPIGELL, 1993).

Para auxiliar a determinação da equação que relaciona as variáveis, deve-se localizar os pontos (X_1, Y_1) , (X_2, Y_2) , ..., (X_N, Y_N) , que correspondem a variáveis independentes e dependentes respectivamente, em um sistema de coordenadas cartesianas. O conjunto de pontos resultantes é denominado de diagrama de dispersão, onde é possível visualizar uma curva regular que se aproxime dos dados, a que se chama de ajustamento.

O tipo mais simples de ajustamento de curvas é pela linha reta, cuja equação pode ser escrita da seguinte forma:

$$Y = a_0 + a_1X \quad (45)$$

Dados dois pontos quaisquer (X_1, Y_1) e (X_2, Y_2) dessa reta, as constantes a_0 e a_1 podem ser determinadas. A equação (46) resultante da reta pode ser escrita:

$$Y - Y_1 = \left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \right) (X - X_1) \quad (46)$$

ou

$$Y - Y_1 = m(X - X_1) \quad (47)$$

tais que,

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad (48)$$

onde, m é denominado coeficiente angular ou declividade da reta. Quando a equação está escrita sob a forma (45), a constante a_1 é o coeficiente angular m . No entanto, as constantes a_0 e a_1 são determinadas mediante a resolução simultânea do sistema de equações (49),

$$\begin{cases} \sum Y = a_0 N + a_1 \sum X \\ \sum XY = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2 \end{cases} \quad (49)$$

que são denominadas equações normais da reta de mínimos quadrados. Elas consistem em encontrar a função de regressão que minimize a soma das distâncias entre a função ajustada e os pontos observados (SPIGELL, 1993; NAGHETTINI e PINTO, 2007). Assim, têm-se a_0 e a_1 dados pelas equações (50) e (51), respectivamente:

$$a_0 = \frac{(\sum X)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (50)$$

$$a_1 = \frac{N \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (51)$$

1.4.4 Teste do coeficiente angular de regressão

Trata-se de um teste estatístico de hipótese que usa a distribuição t de Student, com $N - 2$ graus de liberdade, num determinado nível de confiança α . O teste consiste em verificar, se o coeficiente angular a_1 da equação de regressão (45) é igual ou diferente de zero. Isto é, aceita a hipótese nula $H_0: a_1 = 0$, se o valor da estatística t^* estiver fora da região crítica do teste t de Student.

A hipótese aceite significa não haver tendência e hipótese rejeitada, existência de possível tendência na série, sendo a estatística de teste representada pela equação (52):

$$t^* = \frac{a_1 - A_1}{\sqrt{Var(a_1)}} \quad (52)$$

onde, A_1 representa um certo valor específico que neste caso é zero, e a_0 , a_1 dados pelas equações (53, 54 e 55):

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^N [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (53)$$

$$a_0 = \bar{y} + a_1 \bar{x} \quad (54)$$

$$Var(a_1) = \frac{S^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (55)$$

onde, S^2 é a variância amostral; x_i os valores observados; y_i a posição ou posto assumido pelos valores observados; \bar{x} e \bar{y} as respectivas médias amostrais e N o número de observações na série (PINTO *et al.*, 1976; SPIGELL, 1993).

1.5 ANÁLISE DE TENDÊNCIA SAZONAL DE PRECIPITAÇÃO

Vários pesquisadores afirmam que o aumento de temperatura observado ao longo de várias décadas está intimamente ligado a mudanças no ciclo hidrológico. Eles se referem a mudanças como o aumento da capacidade de retenção de vapor de água, alterações nos padrões, intensidades e valores extremos de precipitação, entre outros, resultando em alterações significativas dos padrões regionais de precipitação (BATES *et al.*, 2008).

Sabe-se que a variabilidade sazonal ocorre devido ao movimento de translação da Terra em torno do Sol, que gera a variação do clima ao longo do ano. A variação diurna, associada ao movimento da Terra, gera uma situação parecida em muitos elementos climáticos, como a precipitação, temperatura e umidade do ar.

No entanto, de acordo com algumas bibliografias, além da variabilidade de tipo cíclico associado a movimentos astronômicos, aproximadamente periódicos, o clima apresenta uma variabilidade natural, não periódica, muito complexa, que faz com que um dado ano seja diferente de anos anteriores e de anos seguintes. Isto acontece devido a variações da intensidade da radiação solar ou a variações na transparência da atmosfera associadas, por exemplo, às erupções vulcânicas, o que deixa bem claro que de um modo ou de outro, sempre existiria variabilidade (Instituto de Meteorologia de Portugal, 2012).

Segundo Barros *et al.* (2000), na maior parte da América do Sul e do Brasil, a precipitação é mais abundante durante o verão. Sua variabilidade é muito grande, com desvio padrão interanual das médias mensais em estações individuais geralmente maiores que a metade da média mensal.

A região Sul do Brasil, pela sua posição compreendida nas latitudes médias, é atingida pelos principais centros de ação das baixas latitudes ou das originárias das altas latitudes. A dinâmica atmosférica é complexa, tendo a predominância de massas polares atuando durante todo o ano e se destacando, principalmente no inverno.

De acordo com Nimer (1990), as correntes perturbadas são representadas pela invasão de anticiclone polar com descontinuidade frontal, que partem da zona depressionária subantártica e periodicamente invadem o continente sul americano com ventos de Oeste a Sudoeste nas altas latitudes. Por outro lado, existem as massas de ar originárias do Oceano Atlântico que atuam na primavera sobre o continente de forma expressiva, transportando umidade para o seu interior, associando-se às variações sazonais.

Esses dois centros de divergência atmosférica constituem as fontes das principais massas de ar tropicais marítimas, e ambas possuem estrutura e propriedades semelhantes, para além de intervirem fortemente na circulação atmosférica do Sul do Brasil (NIMER, 1990).

Na primavera e verão a dinâmica atmosférica tem a participação da convecção profunda da Amazônia. Trata-se de um processo de ascensão vertical de uma massa de ar aquecida pela superfície até altos níveis da troposfera, que liberta e desloca calor e umidade para a região Sul e Sudeste brasileira.

Este processo é responsável pela intensificação das chuvas sobre a bacia do rio Iguaçu, caracterizadas pelas altas tropicais.

A região da bacia do Iguaçu, quanto à circulação atmosférica é influenciada pela passagem de frente polar em frontogênese. Essa circulação torna a Região Sul sujeita a sucessivas atuações das correntes perturbadas do Sul alcançando a extraordinária regularidade de uma invasão por semana. À medida que a frente polar caminha para o Equador, as instabilidades tropicais se deslocam para Leste ou mais comumente para Sudeste, originando nuvens pesadas e geralmente chuvas tipicamente tropicais. Tais chuvas se verificam, geralmente, no fim da tarde ou início da noite, o que constitui as chamadas chuvas de verão, que ao contrário das chuvas frontais, duram poucos minutos, raramente ultrapassando uma hora (NIMER, 1990).

Azevedo (1974) observou na região sul do Brasil uma precipitação anual ligeiramente superior à precipitação da região sudeste. Sendo, no Estado do Paraná Julho e Agosto os meses consecutivos mais secos, ficando Dezembro, Janeiro e Fevereiro como os meses mais chuvosos, e Outubro como o mês mais chuvoso para a região oeste do Paraná. O mesmo autor, defende que a influência do relevo na Bacia do rio Iguaçu se destaca nos planaltos das Araucárias, próximo dos municípios de Guarapuava e Palmas, onde a altitude chega a 1.200 m. Esta altura é propícia para a formação das chuvas orográficas, a partir da dinâmica de entrada de massas polares, apresentando valores de precipitação de 1.900 mm na região sudoeste da bacia do rio Iguaçu.

Nimer (1979), afirma que a distribuição anual das chuvas sobre o Sul do Brasil se faz de forma bastante uniforme, e conclui que o relevo, por suas características gerais, não exerce grande influência na distribuição pluviométrica. No entanto, Nery *et al.* (1994), buscaram uma explicação para a variabilidade pluviométrica no Estado do Paraná, e concluíram que o fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) exerce uma significativa influência na distribuição pluviométrica temporal, e que a orografia desempenha um papel de forçante da chuva neste Estado.

Contudo, segundo Grimm *et al.* (1997) para o Sul do Brasil na fase do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), os impactos são maiores em toda a metade Norte – Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, ocorrendo aumentos médios de precipitação

pluvial. Ropelewski e Halpert (1987) e Kousky e Ropelewski (1989) afirmaram que a relação entre anomalias positivas de precipitação e a ocorrência do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS), se dá no período de Novembro a Fevereiro. Entretanto, durante o episódio ENOS 82/83, a região sul foi afetada com precipitação acima da normal durante o mês de Julho. Esses autores mostraram também, que na primavera as regiões do Estado do Paraná mais influenciadas pelo fenômeno, são o Sudoeste e o litoral (NIMER, 1979).

Quanto à ocorrência de variabilidade de precipitação pluvial significativa ao longo de toda a bacia, Azevedo (2006), observou uma elevada significância a jusante da Bacia do rio Iguaçu, na área próxima a Usina Hidroelétrica de Itaipu, que concentra grande volume de água, o que interfere no ciclo hidrológico da região (AZEVEDO, 2006).

Por sua vez, Zilli (2008), conclui na sua pesquisa sobre a variabilidade interanual da precipitação de primavera e verão na América do Sul, que durante eventos ENOS, ocorrem anomalias positivas (negativas) de precipitação na primavera de anos El Niño (La Niña), sobre o Sudeste da América do Sul. À medida que chega o verão, ocorrem anomalias negativas (positivas) fracas no Sul do Brasil.

Porém, para a compreensão deste comportamento das variáveis climatológicas, existem diversas abordagens, que se dividem em métodos estatísticos, destacando-se o método estatístico de Mann-Kendall Sazonal (SMK), ou modelos climáticos globais e regionais. Estes métodos essencialmente se baseiam na análise de séries de registros. Embora em muitos casos, ao fazer-se uma comparação direta dos dados produzidos pelas duas vias, podem-se observar certas diferenças nos resultados. Contudo, estas duas abordagens são bastante usadas pela comunidade científica.

1.5.1 Teste de Mann-Kendall Sazonal

Este teste denominado de Mann-Kendall Sazonal (SMK) proposto por Hirsch *et al.* (1982) e aperfeiçoado por Hirsch e Slack (1984), surgiu pela necessidade de lidar com dificuldades impostas por possíveis sazonalidades em séries temporais de clima. Resulta de uma adaptação do teste original Mann-Kendall, e apresenta-se como melhor

alternativa para contornar as dificuldades impostas pela elevada variabilidade sazonal de dados observados. Contudo, Yu *et al.* (2002) e Folhes e Fisch (2006), afirmam que este teste bastante recomendado pela organização Meteorológica Mundial (OMM) para estudos de detecção de tendências monótonas ou mudanças abruptas em séries temporais de elementos climáticos foi inicialmente proposto por Sneyers (1975).

Segundo, Lettenmaier, *et al.* (1994) e Blain (2010), no caso de séries mensais, o Mann-Kendall Sazonal pode ser calculado da seguinte forma: organizar os dados mensais em forma de matriz, em que as colunas são preenchidas com os valores da série relativos a cada mês do ano. Para o caso de, por exemplo, 50 anos de dados mensais, tem-se uma matriz [50x12], com os valores dentro de cada coluna classificados de acordo com o ano em ordem crescente. O fator T é inicialmente estimado para cada coluna, sendo que cada uma, representa um determinado mês, de acordo com a equação (56):

$$T_j = \sum_{k < l} \text{sign}(Z_{lj} - Z_{kj}) \quad (56)$$

De seguida, através da equação (57) somam-se os fatores T :

$$S = \sum_{j=1}^{12} T_j; \quad \text{no caso, } j = [1, \dots, 12] \quad (57)$$

As variâncias $Var(S)$ e $Var(T_j)$ são dadas pelas equações (58) e (59) respectivamente:

$$Var(S) = \sum_{j=1}^{12} Var(T_j) + \sum_{\substack{j,g=1 \\ g \neq j}}^{12} Cov(T_j; T_g) \quad (58)$$

$$Var(T_j) = \frac{n_j(n_j - 1)(2n_j + 5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i - 1)(2t_i + 5)}{18} \quad (59)$$

onde, n_j é o número de valores de cada série j mensal, que no caso seria 50 para a matriz [50x12]; m é o número de grupos de valores adjacentes iguais e t_i é o número de valores presentes em cada um desses grupos. A covariância entre duas estatísticas $T_j T_g$ é definida pela equação (60):

$$Cov(T_j T_g) = \left[\frac{S_{jg} + 4 \sum_{m=1}^n (R_{mj} R_{mg}) - n(n+1)^2}{3} \right] \quad (60)$$

onde, $T_j T_g$ são o número de valores presentes em cada série mensal, e S_{jg} é definido pela equação (61):

$$S_{jg} = \sum_{m < n} \text{sign} [(Z_{nj} - Z_{mj})(Z_{ng} - Z_{mg})] \quad (61)$$

O fator R é a matriz ao *rank* (organização dos valores de cada mês em ordem crescente), e o *rank* do m -ésimo elemento no j -ésimo mês é dado pela equação (62):

$$R_{mj} = \left[\frac{n_j + 1 + \sum_{k=1}^n \text{sign} (x_{mj} - x_{kj})}{2} \right] \quad (62)$$

Assim, a estatística do teste de Mann-Kendall Sazonal (SMK) é representada pela equação (63):

$$SMK = \left\{ \begin{array}{l} \frac{S - 1}{\sqrt{Var(S)}}; \text{para } S > 0 \\ 0; \text{para } S = 0 \\ \frac{S + 1}{\sqrt{Var(S)}}; \text{para } S < 0 \end{array} \right\} \quad (63)$$

Portanto, o teste consiste em aceitar a hipótese nula H_0 , num certo nível de significância α , se em um teste bilateral, o valor absoluto de SMK for menor que um determinado valor Z da tabela da distribuição normal reduzida.

No entanto, como no teste de Mann-Kendall anteriormente descrito, Hirsch *et al.* (1982), sugerem outra forma de calculo do SMK que consiste em usar separadamente o teste de Mann-Kendall em cada uma das m estações do ano, e posteriormente combinar os resultados. Assim, para cada estação m do ano, os dados mensais correspondentes a um determinado ano são somados, de modo a obter-se um único valor para a referida estação.

Com esses valores, obtém-se a estatística Kendall S_i para cada uma das estações. Por exemplo, para o verão, somam-se os dados dos meses correspondentes a essa estação – Dezembro, Janeiro e Fevereiro - e utilizam-se esses valores para a obtenção da estatística S_i para cada uma das estações, mediante a equação (64):

$$S_i = P - M \quad (64)$$

A estatística Kendall S_i é a diferença entre o número de valores P e o número de valores M . Onde P é a soma do número de valores positivos, isto é, número de vezes em que o valor Y_i de um ano é maior que o valor Y_j de todos os anos posteriores a ele ($Y_i < Y_j$). Por sua vez, M a soma do número de valores negativos, isto é, número de vezes em que o valor Y_i de um ano é menor que o valor Y_j de todos os anos posteriores a ele ($Y_i > Y_j$). Sendo que para todos os casos: $i = 1, \dots, (n - 1)$ e $j = (i + 1), \dots, n$.

Por exemplo, se o valor observado de um ano é menor que o valor observado dos anos posteriores, trata-se de um valor positivo P . No entanto, se o valor observado de um ano é maior do que o valor dos anos posteriores, trata-se um valor negativo M .

Em seguida, somam-se as estatísticas S_i para a obtenção da estatística S_k , dada pela equação (65):

$$S_k = \sum_{i=1}^m S_i \quad (65)$$

Por sua vez, a estatística de Mann-Kendall Sazonal (SMK) é dada pela equação (66):

$$SMK = \begin{cases} \frac{S_k - 1}{\sigma_{S_k}}, & \text{para } S_k > 0 \\ 0, & \text{para } S_k = 0 \\ \frac{S_k + 1}{\sigma_{S_k}}, & \text{para } S_k < 0 \end{cases} \quad (66)$$

sendo σ_{S_k} obtido através da equação (67):

$$\sigma_{S_k} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{n_i(n_i - 1)(2n_i + 5)}{18}} \quad (67)$$

onde, n_i é o tamanho da série em cada estação; e m o número de estações do ano.

No entanto, se alguns dos valores na série de uma das estações estiverem repetidos, a fórmula de desvio padrão é modificada, como mostra a equação (68):

$$\sigma_s = \sqrt{\frac{n(n-1)(2+5) - \sum_{i=1}^n t_i(i-1)(2i+5)}{18}} \quad (68)$$

onde, t_i é o número de repetições de tamanho i ; i é o tamanho da repetição e n é o número de dados da série.

Assim, a hipótese nula é rejeitada no nível de significância α se $|SMK| > Z_{\text{crit}}$; sendo o Z_{crit} obtido na tabela de distribuição normal com a probabilidade de $\alpha/2$.

1.6 ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA

Os dados pluviométricos, tanto do ponto de vista de sua ocorrência quanto da sua quantidade, podem ser analisados estatisticamente pela obtenção da frequência a partir de registros históricos ou através da elaboração de um modelo teórico (STERN, 1982). A análise de frequência de realizações de uma variável aleatória consiste na estimação para a probabilidade desejada, do quantil de período de retorno a partir dos parâmetros estimados de dados observados.

Muitas distribuições têm sido propostas para a modelagem estatística dos valores máximos anuais de variáveis hidrológicas ou hidrometeorológicas, pois, não há uma distribuição específica consensual que seja capaz de, sob quaisquer condições, descrever o comportamento da variável em foco. Portanto, em uma análise típica, cabe ao analista selecionar, entre as diversas distribuições candidatas, aquela que parece mais apropriada à modelação dos dados amostrais (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Contudo, segundo Naghettini e Pinto (2007), existe um conjunto não muito extenso de funções de distribuição de probabilidades que podem ser empregadas para a modelagem de eventos máximos anuais de variáveis hidrológicas e hidrometeorológicas. Dentro desse conjunto, podem-se distinguir as distribuições oriundas da teoria clássica de valores, quais sejam as distribuições Gumbel, Fréchet, Weibull e a Generalizada de Valores Extremos (GEV), e aquelas consideradas de valores não extremos, onde se destacam: as distribuições Exponencial e sua forma mais geral que é a Generalizada de Pareto, Pearson III, Log-Pearson III e Log-Normal de dois parâmetros.

Fernandes (1990), como resultado do seu estudo sobre avaliação da robustez de algumas distribuições de extremos aplicadas a séries de observações fluviométricas e pluviométricas, sugere o uso da distribuição de Gumbel, Log-normal e exponencial, como mecanismos apropriados para o estudo de frequência de valores máximos no Sul do Brasil, pois, estes de certa maneira apresentaram menor desvio absoluto das estimativas.

1.6.1 Distribuição Gumbel (Máximos)

Também conhecida como distribuição de extremos tipo I, é clássica para estudos de frequência de eventos máximos. A sua função de probabilidade acumulada é definida pela equação (69):

$$F_Y(y) = \exp \left[-\exp \left(-\frac{y - \beta}{\alpha} \right) \right] \quad (69)$$

na qual, α representa o parâmetro de escala e β o parâmetro de posição. Quanto à função densidade de probabilidade, esta é representada pela equação (70):

$$f_Y(y) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[-\frac{y - \beta}{\alpha} - \exp \left(-\frac{y - \beta}{\alpha} \right) \right] \quad (70)$$

sendo,

$$E(Y) = \beta + 0,5772\alpha \quad \dots \quad \text{valor esperado} \quad (71)$$

$$\text{Var}(Y) = \sigma_Y^2 = \frac{\pi}{\alpha} \quad \dots \quad \text{variância} \quad (72)$$

$$\gamma = 1,1396 \quad \dots \quad \text{coeficiente de assimetria } Y \quad (73)$$

Para a distribuição Gumbel, a análise de frequência de eventos máximos, é obtida pela equação (74):

$$x(T) = \mu_x + \left[-0,45 - \frac{1}{1,283} \ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right) \right] \sigma_x \quad (74)$$

onde, $x(T)$ é o quantil em função do período de retorno T em anos; μ_x é a média da série obtida e σ_x é o desvio-padrão.

1.6.2 Distribuição Log-Normal

Em probabilidade e estatística, uma variável aleatória X segue a distribuição log-normal a dois parâmetros quando o seu logaritmo $Y = \log(X)$ tem a distribuição normal. Logo, a sua função densidade de probabilidade é definida pela equação (75):

$$f_x(x) = \frac{1}{x\sigma_{\ln(x)}} \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left[\frac{\ln(x) - \mu_{\ln(x)}}{\sigma_{\ln(x)}} \right]^2 \right\} \quad (75)$$

onde, μ é a média e σ é o desvio padrão. O valor esperado e a variância são dados pelas equações (76) e (77) respectivamente:

$$E(X) = \mu_x = \exp\left[\mu_{\ln(x)} + \frac{\sigma_{\ln(x)}^2}{2}\right] \quad \dots \quad \text{valor esperado} \quad (76)$$

$$\text{Var}(X) = \sigma_x^2 = \mu_x^2 [\exp(\sigma_{\ln(x)}^2) - 1] \quad \dots \quad \text{variância} \quad (77)$$

Para esta distribuição, a análise de frequência de eventos máximos, pode ser obtida pelo quantil $x(T)$ em função do período de retorno T , expresso pela equação (78):

$$x(T) = 10^{[\mu_{\ln x} + Z(\sigma_{\ln x})]} \quad (78)$$

sendo que;

$$p = \frac{1}{T} \quad (79)$$

$$\Phi(Z) = 1 - P \quad (80)$$

$$Z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (81)$$

onde, $\mu_{\ln x}$ é a média dos logaritmos de X ; $\sigma_{\ln x}$ é o desvio padrão dos logaritmos de X e Z a variável normal central reduzida.

1.6.3 Distribuição Exponencial

A sua função densidade de probabilidade é definida pelas equações (82):

$$f_x(x) = \frac{1}{\theta} \exp\left(-\frac{x}{\theta}\right) \quad \text{ou} \quad f_x(x) = \lambda \exp(-\lambda x) \pi r^2 \quad (82)$$

Na qual, θ ou $\lambda = \frac{1}{\theta}$ denota o único parâmetro da distribuição, se $X \sim E(\theta)$ ou $X \sim E(\lambda)$, a função acumulada de probabilidade será dada pelas equações (83):

$$F_x(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x}{\theta}\right) \quad \text{ou} \quad F_x(x) = 1 - \exp(-\lambda x) \quad (83)$$

sendo,

$$E(x) = \theta \quad \text{ou} \quad E(x) = \frac{1}{\lambda} \quad \dots \quad \text{valor esperado} \quad (84)$$

$$\text{Var}(x) = \theta^2 \quad \text{ou} \quad \text{Var}(x) = \frac{1}{\lambda^2} \quad \dots \quad \text{variância} \quad (85)$$

$$\gamma = 2 \quad \dots \quad \text{coeficiente de assimetria} \quad (86)$$

Assim sendo, o quantil $x(T)$ para a distribuição Exponencial em função do período de retorno T para frequência de eventos máximos, é representada pela equação (87):

$$x(T) = \mu_x + \sigma_x(\ln T - 1) \quad (87)$$

onde, μ_x é a média dos valores observados e σ_x é o desvio-padrão.

1.7 Breves Considerações

A informação obtida neste capítulo contribuiu imenso para a definição dos métodos a seguir neste estudo. À medida que se aprofundava no conhecimento sobre o assunto em causa, ficou claro que os testes estatísticos e a análise exploratória dos dados são até ao momento os métodos mais usados neste tipo de análise.

Também se destacaram neste capítulo, o teste de Wilcoxon para a análise de homogeneidade, Mann-Kendall para a análise de tendência, Mann-Kendall Sazonal para a análise de tendência sazonal e as distribuições Gumbel, Log-Normal e Exponencial para a análise de eventos extremos de máximas. Justifica-se o uso destes, pelo fato de serem de fácil aplicação e interpretação dos resultados.

CAPÍTULO II - ÁREA DE ESTUDO

Este capítulo debruça-se sobre algumas características da área de estudo, em causa nesta dissertação. É ilustrado um mapa de localização da área de pesquisa, aspectos característicos como, clima, vegetação, geologia e as diversas formas de aproveitamento dos recursos naturais da região.

2.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO ESTADO DO PARANÁ

O Paraná é um dos Estados mais prósperos do Brasil concentrando, juntamente com os Estados do Rio de Janeiro e São Paulo, a maior parte das atividades industriais e agrícolas das regiões Sul e Sudeste do país. Contudo, destaca-se a agricultura como a principal atividade econômica, embora seja notável o expressivo crescimento industrial devido a política de industrialização (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2010).

Segundo a informação divulgada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população do Estado totaliza 10.135.388 habitantes, sendo o contingente urbano de 8.333.021 habitantes e, no meio rural, 1.802.367 habitantes (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2010).

2.2 BACIA DO RIO IGUAÇU

2.2.1 Localização

O Rio Iguaçu (FIGURA 1), é formado pelo encontro dos Rios Atuba e Iraí, constituindo a maior bacia do Estado do Paraná (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2010). Situando-se entre as latitudes 25° 05' 00" S e 26° 45' 00" S e as longitudes 48° 57' 00" W e 54° 50' 00" W, localiza-se na Região Sul do Brasil, na porção Sul do estado do Paraná e na porção Norte do estado de Santa Catarina (MERENDA, 2004).

A bacia conta com 69.373 km² de área de drenagem. Deste total, 80,4% pertencente ao Estado do Paraná, 16,6% ao Estado de Santa Catarina e 3% às áreas da província de Misiones, na Argentina (MMEa, 1986). O ponto de encontro entre o rio Atuba e o rio Iraí, é chamado de marco zero do rio. Este marco estava inicialmente localizado na região leste do município de Curitiba, no Bairro Cajuru, onde este município faz fronteira com o município de Pinhais (RIO IGUAÇU-PR, 2011).

No entanto, devido a problema causado pelas inúmeras cheias que afetavam as populações moradoras das regiões próximas do marco natural zero do rio Iguaçu, a Prefeitura Municipal de Curitiba, juntamente com a Companhia de Saneamento do Paraná (Sanepar), retificaram os leitos dos rios Iraí e Atuba, construindo canais extravasores e criando com isto um novo encontro (artificial) para os dois rios, ou seja, após esta obra, o marco zero do rio Iguaçu passou a ser um marco artificialmente criado pelo homem (RIO IGUAÇU-PR, 2011).

A bacia do rio Iguaçu no Brasil compreende 35 municípios, sendo 27 no Estado do Paraná e 08 no Estado de Santa Catarina, o que lhe confere um grande valor regional (FAEP, 1970). No Estado do Paraná, as cidades mais importantes inseridas na bacia são; Curitiba, São José dos Pinhais, Colombo, Pinhais, Araucária, Guarapuava, Francisco Beltrão e Cascavel (parcialmente). A população estimada da bacia é de 3,3 milhões de habitantes, dos quais 79,4% correspondem à população urbana (MERENDA, 2004).

No entanto, para objeto de estudo, dado a sua vasta extensão e baseando-se em critérios de homogeneidade, a bacia é dividida em três áreas hidrográficas, nomeadamente: Alto, Médio e Baixo Iguaçu (MMEb, 1986).

2.2.2 Características fisiográficas da bacia

A bacia do Iguaçu tem um formato aproximadamente retangular, medindo em média 560 km de comprimento por 198 km de largura. O eixo mais extenso e que leva o nome de rio Iguaçu, tem seu início nas proximidades de Curitiba, na face Ocidental da Serra do Mar, com altitude máxima de 1.200 m.

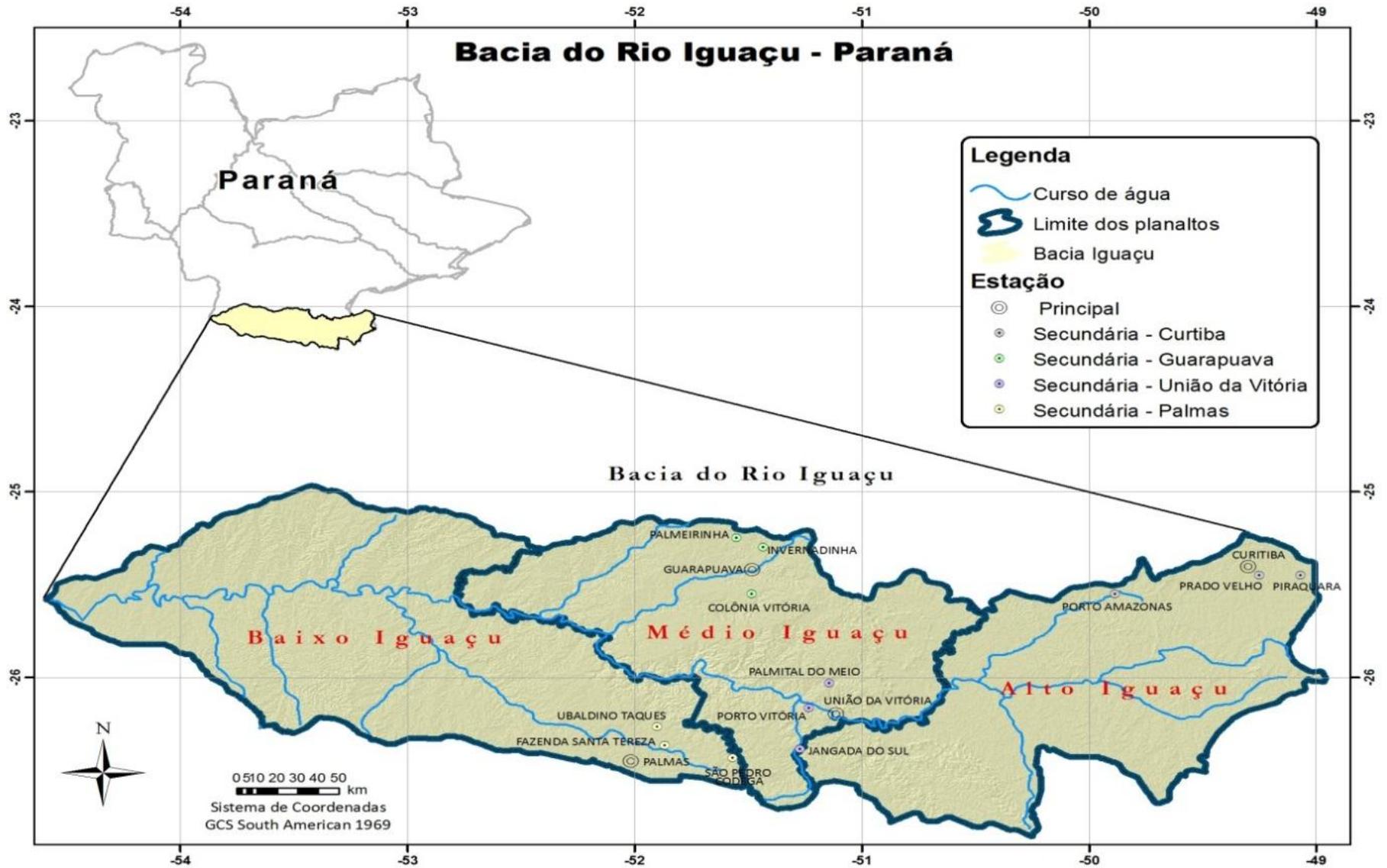


FIGURA 1 - Bacia do Rio Iguazu

FONTE: O autor (2012)

O rio desenvolve-se na direção Leste-Oeste, percorrendo cerca de 1.275 km até sua foz no rio Paraná, onde a altitude mínima está em torno de 80 m, considerando-se a sinuosidade do seu leito natural (MMEa, 1986). Próximo a sua foz ele apresenta as Cataratas do Iguaçu, que são as maiores quedas (ou saltos) em volume de água do planeta (RIO IGUAÇU-PR, 2011).

Contudo, o seu percurso total é controverso. Alguns autores afirmam que tem aproximadamente 910 km, mas segundo a Secretaria Estadual do Meio Ambiente - Paraná, o rio tem 1.320 km.

Na margem esquerda do rio Iguaçu, estão situados os dois maiores afluentes que são os rios Negro e Chopin, sendo que suas bacias drenam 10.026 km² e 7.635 km², respectivamente. Por outro lado, na margem direita os dois maiores contribuintes são os rios Jordão com bacia de 5.072 km² e rio Areia com 2.058 km² (MMEa, 1986). No seu percurso, o rio passa pelos três planaltos paranaenses (FIGURA 2), sendo destes, apenas o trecho entre as cidades de Porto Amazonas e União da Vitória, a parte navegável do rio com 366 km (MERENDA, 2004).

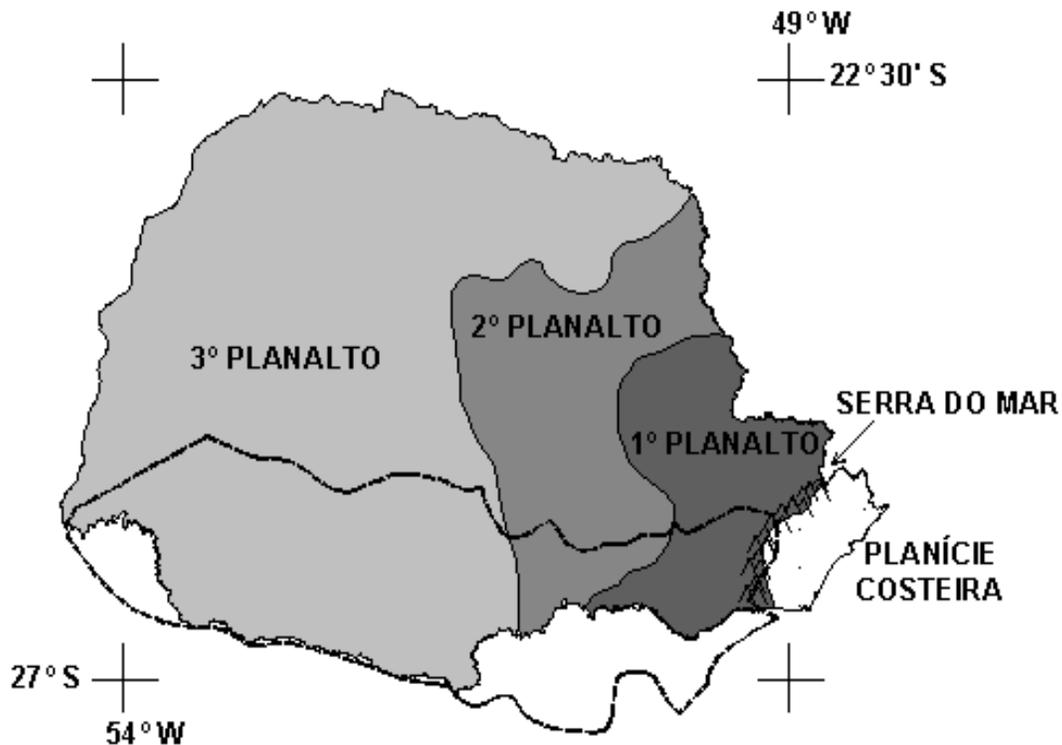


FIGURA 2 - Os três planaltos paranaenses

FONTE: MERENDA (2004)

2.2.3 Caracterização climática da bacia do rio Iguaçu

As características climatológicas reinantes em toda bacia do Rio Iguaçu, segundo a classificação de Köppen, se enquadra como subtropical úmido, mesotérmico, sem estação seca, e a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C (MMEa,1986).

A região delimitada pela bacia desde a cabeceira até o limite aproximado estabelecido pelas cidades de Pinhão, Pato Branco e Cascavel, predominam verões frescos e geadas severas, demasiadamente frequentes, sendo a temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C (MMEa, 1986). No restante da bacia até a foz, o clima se apresenta com verões quentes, geadas menos frequentes, com tendência à concentração das chuvas nos meses de verão, apresentando temperatura média do mês mais quente superior a 22°C (MMEa, 1986).

As precipitações médias anuais variam entre 1.200 mm a 1.600 mm até o final do Segundo Planalto e de 1.600 mm a 1.800 mm no trecho correspondente ao Terceiro Planalto. Assim sendo, a precipitação total anual é superior a 1.000 mm, com o mês mais seco excedendo a 60 mm (MERENDA, 2004).

2.2.4 Vegetação da bacia do rio Iguaçu

Segundo a classificação preconizada pelo IBGE, a floresta Subcaducifólia Subtropical com Araucária Angusifólia, originalmente abrangia quase toda a região da bacia do Iguaçu. Estruturalmente, é caracterizada por dois estratos arbóreos e um arbustivo. O estrato arbóreo superior, constituído pelo pinheiro e o inferior, por outros elementos cuja constituição e altura variam de acordo com as condições locais e com o estágio da vegetação (MMEa, 1986).

No baixo Iguaçu, ocupando uma área de aproximadamente 12% da bacia, ocorre a floresta Subcaducifólia Subtropical sem que haja limites nítidos, a não ser pela ausência de Araucária. Apesar de certa exuberância, não alcança grande porte, predominam espécies com folhas de tamanho médio e pequeno (MMEa, 1986).

Hoje em dia, decorrente da ação antrópica, a vegetação da bacia do Iguaçu está bastante alterada, quer em sua composição florística quer em seus limites, tornando-se

difícil uma real reconstituição da cobertura original. As florestas secundárias ocorrem em áreas onde se processou a devastação de vegetação primitiva, inclusive da mata marginal, pela ocupação agropecuária, extração de erva mate e a atividade madeireira, principalmente, no Segundo e Terceiro Planaltos (MMEa, 1986).

2.2.5 Caracterização geológica da bacia do rio Iguaçu

O substrato da bacia do rio Iguaçu é constituído por rochas cristalinas do Pré-Cambriano Inferior e Superior, rochas sedimentares paleozóicas da bacia do Paraná e rochas vulcânicas mesozóicas da Formação Serra Geral (MERENDA, 2004).

As rochas pré-cambrianas ocupam a maior parte da bacia do rio Iguaçu, na área Metropolitana de Curitiba e equivalem em quase sua totalidade à área do Primeiro Planalto. As rochas paleozóicas ocupam o Segundo Planalto e a parte alta da bacia do Iguaçu. As rochas mesozóicas ocupam o Terceiro Planalto. As formações cenozóicas se sobrepõem às Pré-cambrianas na área metropolitana de Curitiba (MERENDA, 2004).

Na área da bacia do rio Iguaçu pode-se encontrar sete aquíferos principais, o cárstico (Grupo Açungui), o aquífero fraturado associado às rochas pré-cambrianas, os aquíferos relacionados às rochas sedimentares do Paleozóico Inferior, Médio e Superior, o aquífero da Formação Botucatu, e o aquífero fraturado da Formação Serra Geral (MERENDA, 2004).

2.2.6 Aproveitamento agrícola da bacia do rio Iguaçu

As bacias dos rios Iguaçu, Ivaí e Piquiri produzem a maior parte da área colhida do Estado, representando, respectivamente, 23%, 20%, e 18% da produção agrícola. Sendo as principais culturas; soja, milho, trigo, feijão e a cana-de-açúcar, concentrando 88% da área colhida no Paraná (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2010).

2.2.7 Aproveitamento turístico da bacia do rio Iguaçu

O rio Iguaçu, ao longo de sua bacia, oferece oportunidades para o aproveitamento sustentado do potencial turístico existente. Esta região tem importantes remanescentes florestais de araucárias, riquezas naturais e um patrimônio histórico-cultural que, aliado ao uso dos reservatórios, oferecem diversas alternativas para a criação de roteiros e produtos turísticos (INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ, 2010).

2.2.8 Aproveitamento hidroelétrico da bacia do Rio Iguaçu

No estado do Paraná, a bacia do rio Iguaçu vem sendo aproveitada para a geração de energia elétrica desde 1970, por meio da criação de uma sequência de reservatórios artificiais.

O elevado desnível da bacia constituiu-se um grande atrativo para o aproveitamento hidroelétrico. Portanto, buscando aproveitar este potencial, foram instaladas ao longo do curso do rio Iguaçu cinco grandes barramentos: Foz do Areia, Segredo, Salto Santiago, Salto Osório e Salto Caxias (FIGURA 3).

Destes, três operam sob a forma de reservatório (Foz do Areia, Segredo e Salto Santiago) e as duas restantes, operam a fio de água (Salto Osório e Salto Caxias) (MERENDA, 2004).

A soma destes barramentos alagam cerca de 515 km, e acumulam cerca de 18,5 x 10⁶ m³ de água. Este aproveitamento é responsável por cerca de 41% de toda energia hidroelétrica produzida no Estado do Paraná, incluindo aquela gerada pela Itaipu Binacional (MERENDA, 2004).

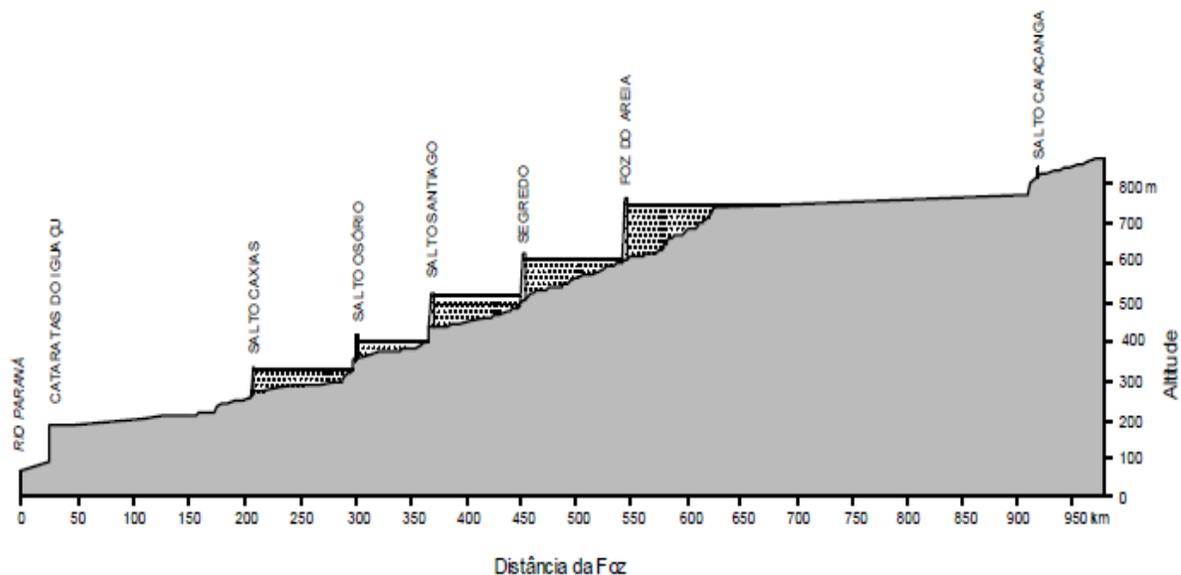


FIGURA 3 - Perfil longitudinal do Rio Iguaçu, mostrando os sucessivos represamentos
 FONTE: MERENDA (2004)

2.3 Breves Considerações

Neste capítulo, de forma resumida ilustraram-se os potenciais existentes na bacia do rio Iguaçu e a grande importância dos mesmos para o desenvolvimento do Estado do Paraná. Pode-se notar que a geração de energia, é o maior potencial da bacia, sendo ela responsável por 41% de toda energia gerada no Estado, portanto, uma das maiores fontes econômicas do Paraná.

CAPÍTULO III - MATERIAL E MÉTODO

Neste capítulo é apresentado de forma detalhada o processo metodológico de obtenção e tratamento de dados até a geração de resultados. É descrito de forma resumida a característica dos dois modelos climáticos e dos *softwares* usados nesta dissertação.

3.1 OBTENÇÃO E MANIPULAÇÃO DE DADOS

Os dados observados das estações representativas para o estudo foram obtidos do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb), que é uma aplicação de banco de dados do tipo cliente/servidor, da qual a Agência Nacional de Água (ANA) é responsável.

Portanto, a ANA garante o gerenciamento dos dados hidrometeorológicos, que se encontram centralmente armazenados em um banco de dados relacional, isto é, que permite a entrada de dados por parte de entidades que operam as redes hidrometeorológicas. Depois de organizados, os dados são visualmente disponibilizados em vários formatos para qualquer usuário através da página da internet <http://hidroweb.ana.gov.br/>.

Quanto aos cenários gerados pelos modelos climáticos regionais RCA1 e PROMES estes foram obtidos através do projeto CLARIS LPB, onde foram coletados dados mensais e diários, num período de 1961 a 2088.

No entanto, de acordo com os resultados do grupo de pesquisa do Departamento de Hidráulica e Saneamento, da Universidade Federal do Paraná, os modelos RCA1 e PROMES, foram os que apresentaram melhores resultados para a região Sul do Brasil, razão pela qual, neste estudo se faz referência a estes dois modelos como base de comparação dos dados.

Para o processamento e visualização dos dados utilizou-se o *Software* GrADS, MatLab e Excel. Usou-se o GrADS para decodificar e visualizar os dados, e posteriormente, o MatLab para poder agrupar os dados em dias, meses e anos.

Contudo, tanto no GrADS como no MatLab, foi necessário desenvolver alguns programas matemáticos na linguagem apropriada e com comandos específicos para o processamento e visualização dos dados do modo pretendido.

Finalmente, através do Excel, disponível em quase todas as versões de *Offices* para computadores, produziram-se as tabelas e figuras, de modo a elucidar o comportamento temporal das variáveis.

A figura (4) abaixo ilustra de forma resumida o processo metodológico de obtenção e manipulação dos dados até a geração de resultados.

3.2 ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Obtidos os dados de precipitação correspondentes as estações meteorológicas escolhidas, seguiu-se a análise de consistência para a detecção e correção de erros grosseiros, e também o preenchimento de possíveis falhas com base em estações meteorológicas vizinhas. Contudo, é preciso salientar que somente se fez a correção dos erros grosseiros para os dados obtidos nas séries observadas. Deste modo foi possível observar algumas anomalias na variação anual da precipitação.

Para a análise de homogeneidade dos dados, foram aplicados os testes estatísticos de Wilcoxon, Kruskal-Wallis e *t* de Student, e a curva-acumulativa de totais precipitados em função do tempo, conforme descrito na revisão bibliográfica.

Por sua vez, o preenchimento de falhas foi efetuado com base no Método das Médias Ponderadas. A escolha de três possíveis testes estatísticos para cada estação foi para proporcionar um critério de desempate no momento de decisão quanto ao resultado a adotar, isto é, se pelo menos dois dos três testes apresentarem o mesmo resultado, este será aceite para o estudo.

As séries principais foram divididas em duas subséries distintas, representando o comportamento da precipitação antes e depois de 1969. Pois, segundo registos, a década de 70 foi o início dos principais barramentos na bacia do Iguaçu, que pode ser a principal causa das alterações climáticas na região.

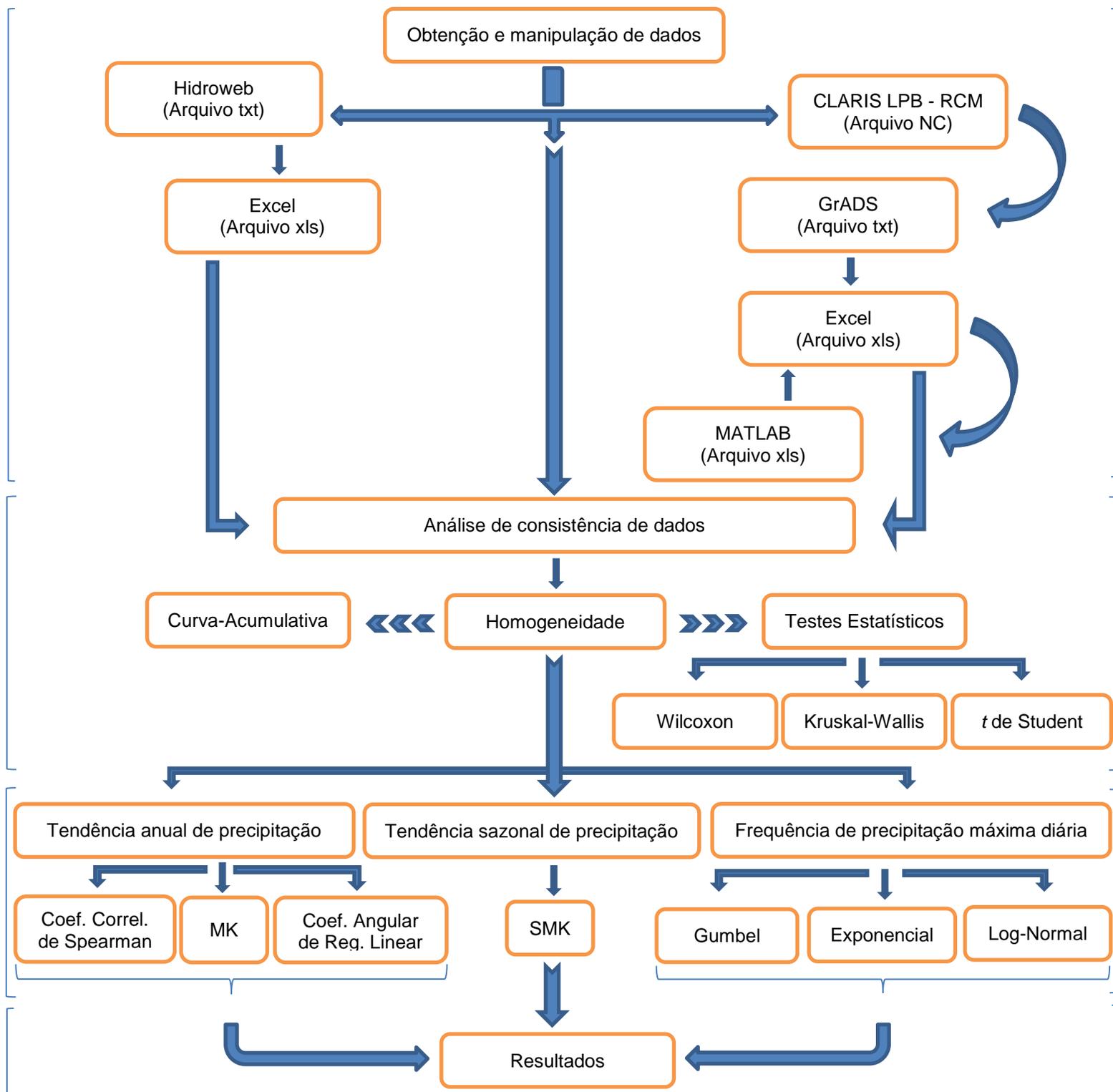


FIGURA 4 – Esquema metodológico do desenvolvimento da pesquisa

FONTE: O autor (2012)

3.3 ANÁLISE DE TENDÊNCIA ANUAL DE PRECIPITAÇÃO

Esta fase consistiu na análise da variação temporal da variável hidrológica em dois períodos comuns: período histórico (1961 - 2010) e período futuro (2011 – 2088). No primeiro período fez-se a análise dos dados observados e gerados pelos modelos climáticos regionais, nas quatro estações da bacia. No segundo período, somente se fez a análise dos resultados gerados pelos modelos.

Para tal, usaram-se os testes estatísticos de Mann-Kendall (MK), Coeficiente de Correlação de Spearman e o Coeficiente Angular de Regressão Linear, além de uma análise exploratória dos dados para confrontar os resultados.

3.4 ANÁLISE DE TENDÊNCIA SAZONAL DE PRECIPITAÇÃO

Analogamente à análise anterior, esta se difere ligeiramente no método estatístico usado. Pois, consiste na observação e análise do comportamento sazonal da precipitação, observada nas estações e gerada pelos modelos.

No entanto, a análise é feita usando o teste estatístico de Mann-Kendall Sazonal (SMK), e uma análise gráfica da precipitação total em função do período, nas quatro épocas do ano nomeadamente: Verão, Outono, Inverno e Primavera, como forma de identificar a época do ano que mais chove, e se a mesma tem uma tendência de aumento ou diminuição.

3.5 ANÁLISE DA FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA

Através das distribuições estatísticas de Gumbel, Log-normal e Exponencial, usando dados observados e gerados pelos modelos nos dois períodos comuns, fez-se a análise de frequência analítica de precipitação máxima diária. Isto é, como o próprio nome diz, com os valores da precipitação máxima diária de cada ano compararam-se para cada distribuição, os quantis em função do período de retorno para cada uma das séries de dados.

A técnica de análise dos dados através de uma visualização gráfica, conhecida como análise exploratória de dados, é bastante usada neste trabalho como forma de

confrontar, elucidar e validar os resultados obtidos. Com base nestas informações, se verificou as possíveis anomalias com vista a identificar se estas são devido a erros sistemáticos ou a mudanças climáticas.

3.6 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DOS LOCAIS DE OBSERVAÇÃO

Para este estudo, foram definidos três diferentes pontos de coleta de dados (alto, médio e baixo Iguaçu), conforme se observa na FIGURA (1), onde foram identificadas quatro estações pluviométricas com mais de cinquenta anos de observação (TABELA 1).

TABELA 1 - Estações pluviométricas

	Nome da Estação			
	Curitiba	Guarapuava	União da Vitória	Palmas
Código	2549006	2551006	2651000	2651006
Latitude	-25:26:0	-25:24:0	-26:13:41	-26:29:0
Longitude	-49:16:0	-51:28:0	-51:4:49	-51:59:0
Altitude (m)	924	1036	736	1091
Tamanho da Série (Anos)	120	59	74	85
Início	1889	1953	1938	1925
Média (mm)	1393,0	1812,5	1626,5	2033,8
Desvio Padrão (mm)	278,9	348,2	358,4	467,8
Coefficiente de Variação	0,200	0,192	0,220	0,230
Coefficiente de Assimetria	0,079	0,171	1,249	0,100
Coefficiente de Curtose	3,251	2,532	6,021	3,400

FONTE: O autor (2012)

3.6.1 Alto Iguaçu

A estação de Curitiba (2549006) foi a escolhida pelo fato de ter o mais longo histórico da região, datado de 1889, e por ser a estação a montante mais próxima do rio. As estações de Porto Amazonas (2549001), Piraquara (2549004) e Prado Velho (PUC - 2549075), foram tomadas para preencher as falhas existentes na série histórica da estação de Curitiba.

Neste ponto de coleta, foi também usada a estação de União da Vitória (2651000), localizada na fronteira entre o alto iguaçu e o médio Iguazu, e com um histórico datado de 1938. As estações de Jangada do Sul (2651003), Porto Vitória (2651004) e Palmital do Meio (2651005), serviram como postos secundários para o preenchimento de possíveis falhas.

3.6.2 Médio Iguazu

A estação de Guarapuava (2551006), datada de 1953, foi a indicada no médio Iguazu, por possuir a série histórica mais antiga da parte intermédia da bacia. As estações de Colônia Vitória (2551008), Invernadinha (2551034) e Palmeirinhas (2551033), foram usadas para complementar os dados em falta na Estação de Guarapuava.

3.6.3 Baixo Iguazu

Usou-se a estação de Palmas (2651006) por ser o posto a jusante com o histórico mais longo, datado de 1925. As estações de São Pedro (2651029), Ubaldina Tanques (2651031) e Fazenda Santa Tereza (2651035) têm a sua localização nas proximidades da estação de Palmas, por isso foram indicadas para o preenchimento de falhas nesta estação.

O critério de escolha obedeceu primeiro a distribuição espacial dos pontos de coleta, isto é, localização ou proximidade do rio, e segundo a extensão da série. Portanto, estações que tenham histórico mais antigo.

A apresentação visual, mapa da área de estudo e das estações de estudo, foi possível, usando o *software* ArcGIS e a base de dados disponível na Hidroweb, conhecida como *Shapefiles*, que é um formato de armazenamento de dados vetoriais baseados em arquivos.

3.7 MODELOS CLIMÁTICOS

A previsão do tempo tem grande importância no desenvolvimento social e econômico de um país, principalmente na previsão e alerta à defesa civil, sobre possíveis eventos extremos que possam ocorrer. Por este motivo, a utilização de modelos numéricos globais (GCM) ou regionais (RCM) vem se tornando cada vez mais frequente em pesquisas, como forma de reduzir a margem de erro dos pesquisadores previsores (DERECZYNSKI *et al.*, 2010).

Atualmente, os GCM possuem resoluções formais típicas dos 100 km a 200 km (*grid-scales*), pelo que permitem o estudo satisfatório de características climáticas de larga escala, como a circulação geral atmosférica e oceânica, e os regimes subcontinentais de precipitação e temperatura. Por sua vez, os RCM complementam os GCM, de modo a adicionar maior detalhe aos modelos climáticos globais, possuindo, atualmente, resoluções típicas dos 25 km a 50 km (RUMMUKAINEN, 2010).

A ideia de criação de modelos climatológicos regionais, com melhor resolução espacial em relação aos modelos globais, foi inicialmente apresentada em 1989 por uma equipe de pesquisadores liderados por Dickinsin. No mesmo ano, Giorgi e Bates fizeram a primeira simulação para um período futuro de alguns meses, e mais tarde em 1994, Giorgi liderou o grupo de pesquisadores que fez a primeira simulação futura para alguns anos (RUMMUKAINEN, *et al.*, 2001).

Os modelos climáticos calculam o estado do tempo em malhas com espaçamentos de alguns graus de latitude e longitude, ou algumas centenas de quilômetros. Estes modelos numéricos, dentre outras utilidades, são extremamente úteis na elaboração da previsão de tempo, principalmente em regiões montanhosas onde, devido aos efeitos da topografia e condições meteorológicas, exibem grande variabilidade espacial (DERECZYNSKI *et al.*, 2010).

Portanto, a introdução destes modelos que permitem através do sistema climático realizar a previsão e interpretar o comportamento recente do clima com vários dias de antecedência, e posteriormente obter cenários de clima futuro, é sem dúvida uma ferramenta essencial para a previsão de curto e longo prazo.

No contexto do estudo em causa, em que se pretende fazer análise da tendência e da frequência de máximos precipitados, é imprescindível o uso de modelos climáticos de previsão de variáveis climáticas, pois, dão uma indicação do comportamento do clima, tanto no passado como no futuro.

3.7.1 Modelo PROMES - *PROgnostic at the MESoscale*

É um modelo paralelo oceano-atmosfera de alta resolução, desenvolvido como um projeto conjunto por pesquisadores das universidades de Castilla-La Mancha e Politécnica de Madrid. Este modelo atmosférico é de área limitada 3-d que utiliza a projecção cônica de Lambert, isto é, projecção cartográfica em que a superfície da Terra é representada sobre um cone imaginário que está em contato com a esfera em determinado paralelo, para lidar com as coordenadas horizontal e vertical.

O modelo tem uma resolução espacial de aproximadamente 25 km a 50 km, e 37 níveis para discretização vertical. As suas variáveis prognósticas são: temperatura potencial, pressão à superfície, componentes horizontais do vento, umidade específica, nuvens e chuva (GARRIDO, *et al.*, 2009).

3.7.2 Modelo RCA1 - *Rosby Centre Regional Atmospheric Climate Model*

O RCA1 é um modelo regional de medição do clima baseado no modelo operacional de alta resolução para previsão do clima numa área limitada HIRLAM (*High Resolution Limited Area Model*). Trata-se de um modelo hidrostático com 24 níveis verticais, sendo o mais alto a 10 hPa. Baseia-se em equações primitivas de ponto de grade, do qual são calculadas as variáveis prognósticas.

Este modelo fornece cenários climáticos regionais com resolução espacial de aproximadamente 44 km, e as suas variáveis prognósticas são; temperatura, umidade específica, vento horizontal, precipitação e pressão à superfície (RUMMUKAINEM, *et al.*, 2001).

3.8 GRID ANALYSIS AND DISPLAY SYSTEM (GrADS)

É uma ferramenta computacional interativa para a análise e exibição de dados de ciência da Terra. É um dos softwares mais difundidos e utilizados no mundo para o acesso, manipulação e visualização de dados hidroclimáticos colhidos pontualmente em estações, ou espacialmente através de satélites e radares para análises nas ciências da Terra, tais como a hidrologia e meteorologia.

Este software permite tanto a manipulação de dados em grades, como de dados espacialmente ou pontualmente distribuídos em estações. O formato interno dos dados no arquivo é binário, isto é, pode conter qualquer tipo de dado, suportando muitos formatos de arquivo de dados, incluindo GRIB (versão 1 e 2), NetCDF, HDF (versão 4 e 5), e BUFR (para os dados da estação).

Os dados de diferentes conjuntos de dados podem ser graficamente sobrepostos, facilitando a sua análise e execução de operações de forma interativa, utilizando expressões semelhantes a comandos de FORTRAN. Os dados podem ser exibidos usando uma variedade de técnicas gráficas: linha e gráficos de barras, gráficos de dispersão, com contornos suavizados, contornos sombreados, vetores de vento, caixas de grade, caixas de grade sombreada, e parcelas modelo de estação. Os gráficos podem ser também exportados em formatos *PostScript* ou imagem (BRIAN, 1998).

Esta ferramenta que executa um modelo de dados em *5-Dimensional*, sendo as quatro dimensões convencionais: longitude, latitude, nível vertical, tempo, e mais uma dimensão opcional para redes, implementada mundialmente em sistemas operacionais, tais como, Unix, DOS e Linux. Mas a grande vantagem do GrADS é de estar livremente distribuído pela *Internet*, e de poder realizar operações sobre os dados diretamente e interativamente incorporando expressões na linha de comando.

A sintaxe das expressões permite que operações complexas, abrangendo grande quantidade de dados, sejam realizadas com expressões simples. Também fornece um rico conjunto de funções construídas internamente, e permite que os usuários possam adicionar suas próprias funções como rotinas externas, escritas em qualquer linguagem de programação (BRIAN, 1998).

3.9 MATRIX LABORATORY (MATLAB®)

MATLAB® criado no fim dos anos 1970, como sugere o próprio nome *Matrix Laboratory*, é um software interativo de alta *performance* voltado para o cálculo numérico. O MATLAB® integra análise numérica, cálculo com matrizes, processamento de sinais e construção de gráficos em ambiente fácil de usar, onde problemas e soluções são expressos somente como eles são escritos matematicamente, ao contrário da programação tradicional.

O seu elemento básico de informação é uma matriz que não requer dimensionamento. Esse sistema permite a resolução de muitos problemas numéricos em apenas uma fração do tempo que se gastaria para escrever um programa semelhante em outras linguagens.

Portanto, é uma linguagem de programação apropriada ao desenvolvimento de aplicativos de natureza técnica, originalmente para prover um acesso amigável ao tratamento de vetores e matrizes. Propício para aqueles que desejam programar e testar soluções com facilidade e precisão, sem perder tempo com detalhes específicos de linguagem de programação (ZUBELLI, *et al.*, 2012).

Embora possua facilidades de computação, visualização e programação, dentro de um ambiente amigável e de fácil aprendizado, atualmente o MATLAB® dispõe de uma biblioteca bastante abrangente de funções matemáticas, geração de gráficos e manipulação de dados que auxiliam muito o trabalho do programador. Possui também uma vasta coleção de bibliotecas - denominadas *toolboxes* - para áreas específicas como: equações diferenciais ordinárias, EDP, estatística, processamento de imagens, processamento de sinais e finanças.

A linguagem e o ambiente de programação MATLAB® permitem ainda que o usuário possa escrever suas próprias bibliotecas em MATLAB®. Assim, o usuário pode enriquecer a linguagem, incorporando a ela novas funções (ZUBELLI, *et al.*, 2012).

3.10 GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS)

Pela tradução, Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema de informação espacial, através de procedimentos computacionais que permitem e facilitam a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem. Isto é, uma ferramenta baseada em programas de computador que separa a informação em diferentes camadas temáticas e armazena-as de modo independente.

Permite também, trabalhar de forma rápida e simples na construção de mapas para análise da terra e dos seus eventos, podendo relacionar diferentes dados a uma determinada localização geográfica, gerando novas informações sobre dados já conhecidos, e revelando relacionamentos e tendências não focalizadas aparentemente em planilhas ou pacotes estatísticos.

Portanto, são aplicativos capazes de reunir e vincular objetos gráficos a estruturas de banco de dados, permitindo a realização de complexas análises espaciais.

Os modelos mais comuns em SIG são o modelo *raster* ou matricial e o modelo vetorial. O modelo de SIG matricial centra-se nas propriedades do espaço, compartimentando-o em células regulares, isto é, quadradas, mas podendo ser retangulares, triangulares ou hexagonais.

Cada célula representa um único valor. Quanto maior for à dimensão ou resolução de cada célula, menor é a precisão ou detalhe na representação do espaço geográfico.

No caso do modelo de SIG vetorial, o foco das representações centra-se na precisão da localização dos elementos no espaço. Para modelar digitalmente as entidades do mundo real utilizam-se essencialmente três formas espaciais: o ponto, a linha e o polígono.

Por sua vez, o ArcGIS é o *software* para Sistemas de Informações Geográficas mais vendido e usado no mundo. Produzido pela ESRI (*Environmental Systems Research Institute*), é um programa completo e extremamente poderoso na elaboração e manipulação de informação vetorial e matricial para o uso e gerenciamento de bases temáticas.

Nele estão inclusos o ArcReader, que permite ver os mapas criados com os outros produtos Arc; o ArcView, que possibilita a visualização de dados espaciais, criar mapas, e *performance* básica de análise espacial; o ArcEditor que inclui toda a funcionalidade do ArcView, isto é, ferramentas mais avançadas para manipulação de *shapefiles* e *geodatabases*; e o ArcInfo, a versão mais avançada do ArcGIS, que inclui potencialidades adicionadas para a manipulação de dados, edição e análise.

3.11 Breves Considerações

Neste capítulo decreveu-se de forma sucinta os procedimentos metodológicos para execução deste estudo, uma vez que na revisão bibliográfica a informação vem de certa forma detalhada. Pode-se observar que os *softwares* ou programas de linguagem matemática são ferramentas indispensáveis no tratamento de informação espacial, se destacando para este estudo, o MatLab, GIS e o GrADS, por serem os mais recomendados.

Contudo, é importante ressaltar que os resultados gerados pelos modelos climáticos regionais, não foram corrigidos pelo método de Bias, o que não invalida os resultados obtidos. Pois, na tentativa de se fazer a correção por Bias, obsevou-se uma diferença muito pequena em relação aos dados originais, isto é, sem correção, razão pela qual, se optou em trabalhar com dados não corrigidos.

Em todas as análises comparativas entre os dados observados e gerados pelos modelos RCA1 e PROMES, foram usados períodos comuns de 1961 a 2010 (período histórico) e 2011 a 2088 (período futuro).

CAPITULO IV – RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados resultados, seguidos de uma discussão das análises feitas com base nas observações de precipitação obtidas nas estações meteorológicas, e geradas pelos modelos climatológicos regionais. Inicialmente têm-se o resultado da análise de consistência de dados quanto a sua homogeneidade. Mais adiante, observam-se os resultados e discussão das análises estatísticas referentes a tendência anual da precipitação, tendência sazonal da precipitação e a frequência de máximos diários precipitados. Estes resultados são apresentados em tabelas, seguidas de figuras, por vezes em apêndice, que ilustram o seu comportamento temporal.

4.1 Análise de consistência de dados de precipitação

A verificação da homogeneidade das séries totais dos dados observados, usando os métodos estatísticos de Wilcoxon, Kruskal-Wallis e *t* de Student, ao nível de significância 5%, resultou nas TABELA 2 e 3:

TABELA 2 - Verificação da homogeneidade dos dados observados, usando os três métodos

Nome da Estação	Homogeneidade das séries - H0: Homogênea - ($\alpha = 0,05$)						
	Teste Wilcoxon		Teste Kruskal-Wallis		Teste t de Student		
	Ztab. = 1,96		X ² calc. = 3,84		ftab.	tcalc.	H0
Zcalc.	H0	X ² calc.	H0				
Curitiba	-0,876	Aceita-se	6,075	Rejeita-se	1,980	2,188	Aceita-se
Guarapuava	1,121	Aceita-se	7,534	Rejeita-se	2,002	-2,006	Rejeita-se
União da Vitória	1,439	Aceita-se	12,420	Rejeita-se	1,993	-3,364	Rejeita-se
Palmas	-0,320	Aceita-se	-1,530	Aceita-se	1,989	-0,001	Aceita-se

FONTE: O autor (2012)

TABELA 3 – Resultado da análise de consistência dos dados observados

Nome da Estação	Período	Homogeneidade das séries	
		Homogeneidade das séries - H0: Homogênea - ($\alpha = 0,05$)	
Curitiba	1889 - 2011	Aceita-se	É homogênea
Guarapuava	1953 - 2011	Rejeita-se	Não é homogênea
União da Vitória	1938 - 2011	Rejeita-se	Não é homogênea
Palmas	1925 - 2011	Aceita-se	É homogênea

FONTE: O autor (2012)

Observa-se que pelo critério de desempate, as séries das estações de Curitiba e Palmas são consideradas homogêneas, pois, é aceita a hipótese nula H_0 de que as amostras provêm da mesma população, isto é, $\mu_1 = \mu_2$. Portanto, não há diferença entre as amostras. Enquanto que, para as estações de Guarapuava e União da Vitória, é rejeitada a hipótese nula de que as séries são homogêneas ao nível de significância de 5%.

Contudo, é preciso esclarecer que embora os testes estatísticos sejam válidos, eles devem ser vistos apenas como indicadores, pois, não constituem por si só, argumentos suficientemente fortes para o abandono de uma amostra, caso esta seja aceita ou rejeitada numa determinada hipótese, sugerindo-se a procura de outras evidências que justifiquem o resultado do teste.

Assim sendo, o processo de análise exploratória de dados para verificação da homogeneidade através da curva-acumulativa em função do tempo para as quatro estações, resultou nas FIGURAS 5, 6, 7 e 8, abaixo ilustradas:

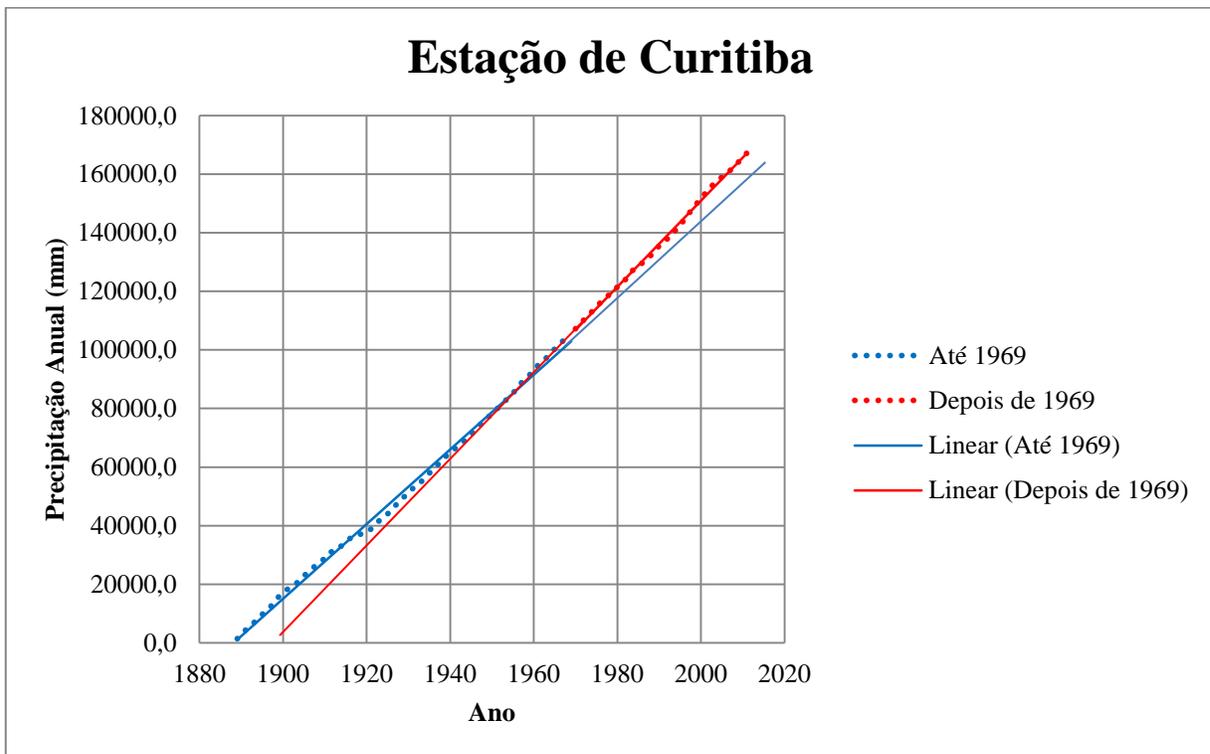


FIGURA 5 – Curva-acumulativa em função do tempo para a Estação de Curitiba

FONTE: O autor (2012)

Observa-se que para a estação de Curitiba os dados não permitem o ajustamento de uma única reta, o que significa que a série não é homogênea. No entanto, este resultado não se assemelha ao obtido pelo método estatístico. Uma justificativa provável é o fato dos métodos estatísticos se basearem na substituição do valor real observado, pelo posto ocupado na ordenação dos valores obtidos ou pelas médias. Esta substituição pode resultar na perda de alguma informação relativa à variabilidade da série de dados, atendendo que, os valores observados são facilmente influenciados pelos extremos.

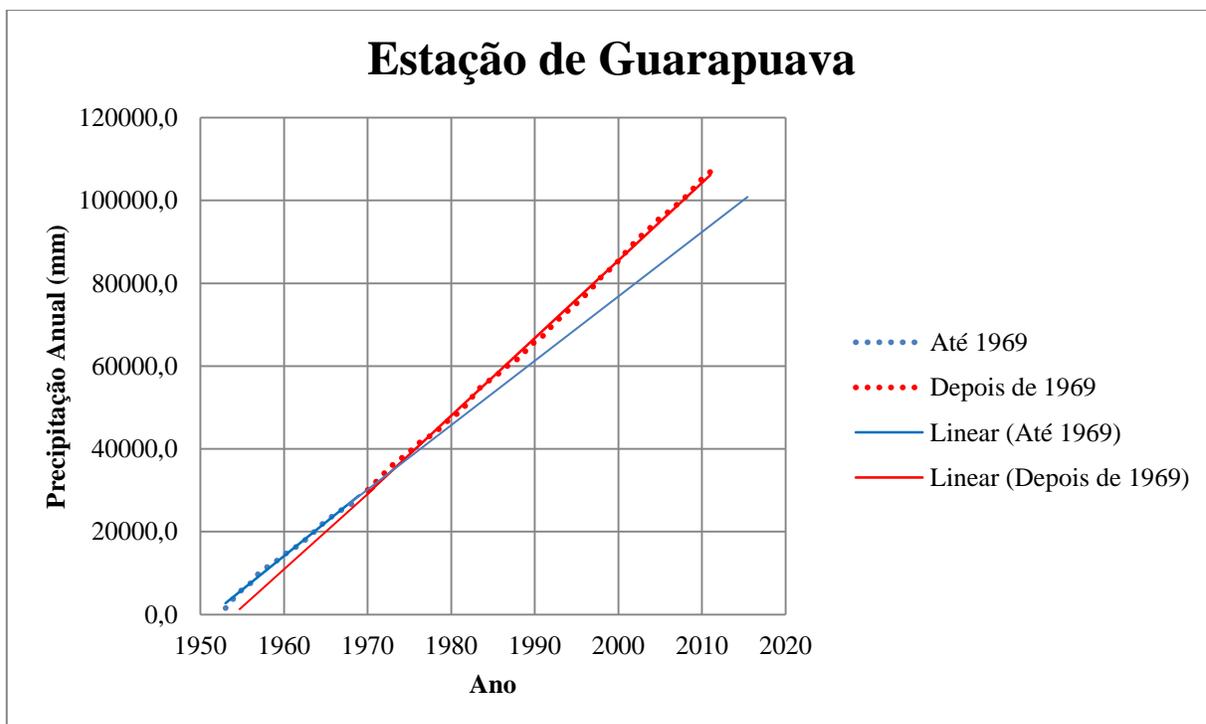


FIGURA 6 – Curva-acumulativa em função do tempo para a Estação de Guarapuava

FONTE: O autor (2012)

Pela FIGURA 6 observa-se claramente que a série também não é homogênea. Pois, ela não se ajusta a uma única reta. Contudo, este resultado se assemelha ao obtido pelo método estatístico, reforçando o mesmo.

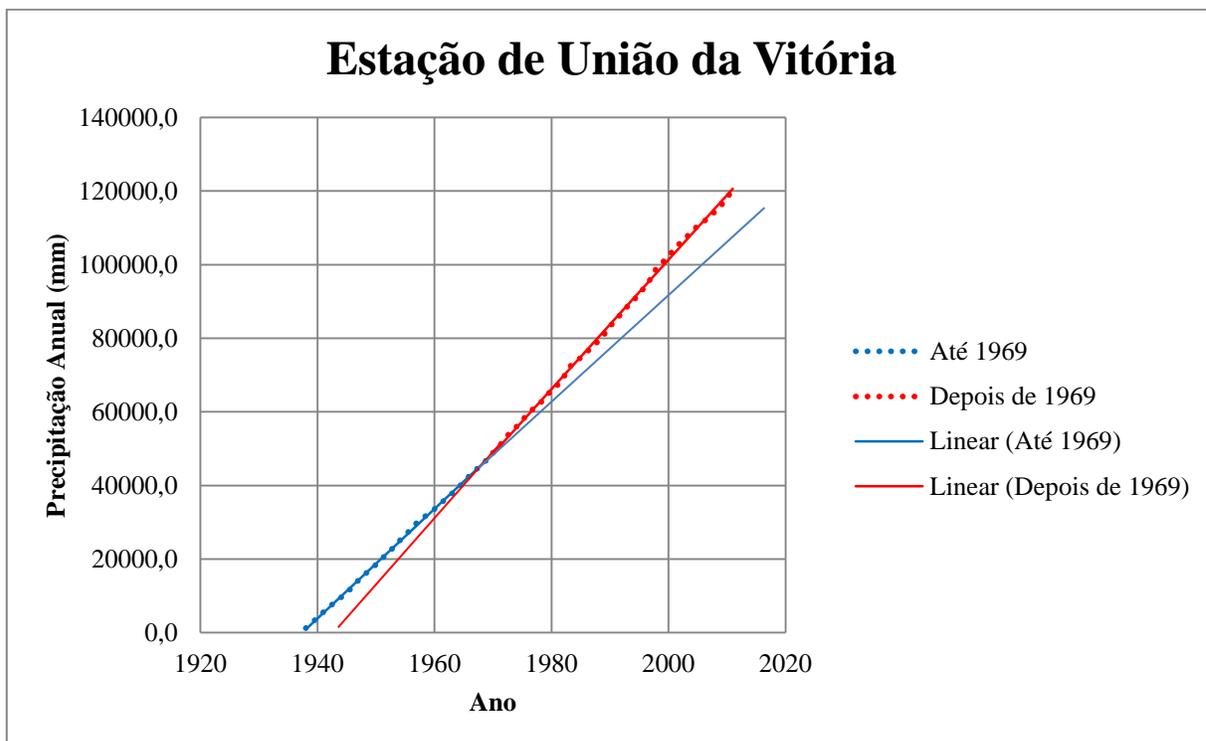


FIGURA 7 – Curva-acumulativa em função do tempo para a Estação da União da Vitória

FONTE: O autor (2012)

Observa-se que a estação da União de Vitória (FIGURA 7), apresenta um cenário parecido ao da estação de Guarapuava. Isto é, uma série de dados não homogêneos, se assemelhando ao resultado obtido pelo método estatístico para esta estação.

Para a estação de Palmas abaixo ilustrada, observa-se que os dados permitem o ajustamento de uma única reta, o que significa que a série é homogênea. Este resultado se assemelha ao obtido pelo método estatístico, embora se observe algumas anomalias provavelmente devido aos extremos, resultantes de erros sistemáticos, mudança ou variabilidade climática. Contudo, os dados permitem o ajustamento de uma única reta, conduzindo a evidência de se estar perante uma série homogênea.

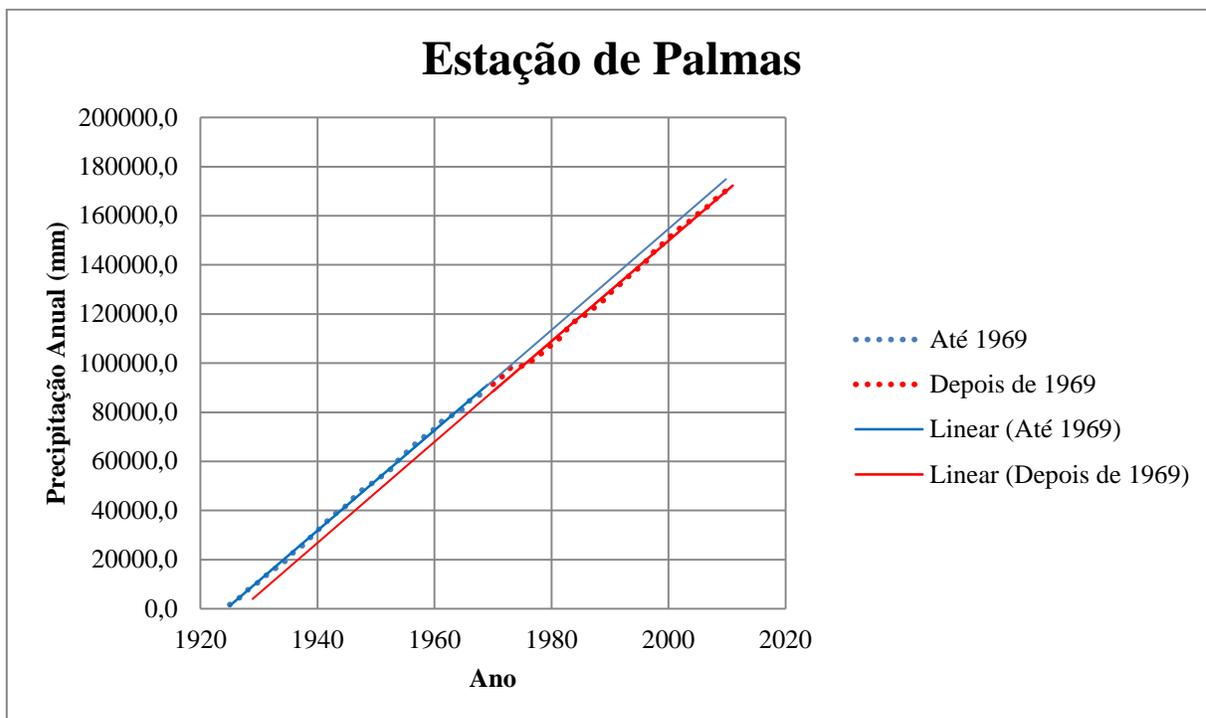


FIGURA 8 – Curva-acumulativa em função do tempo para a Estação de Palmas

FONTE: O autor (2012)

Portanto, comparando os resultados obtidos pelo método estatístico aos obtidos pelo método gráfico, pode-se observar que há uma concordância nos mesmos, embora que em Curitiba os resultados se tenham apresentado diferentes. Este fato pode ser devido a algum tipo de anomalia, como por exemplo, um valor extremo resultante de um erro sistemático de medição, pois, é preciso lembrar que só foram corrigidos os erros grosseiros. Assim se acordou para possibilitar a observação de possíveis anomalias na variação da precipitação. Contudo, este fato não invalida os resultados obtidos, lembrando que estes testes devem ser vistos apenas como indicadores. Portanto, os valores extremos observados, não significam necessariamente que tenha havido anomalias, que possam resultar em séries não homogêneas. Estas variações também podem ser atribuídas a falhas no equipamento ou mudança do local de medição.

4.2 Análise de tendências anuais de precipitação (1961 – 2010)

A verificação da tendência das séries no período histórico de 1961 a 2010, pelos métodos estatísticos de Mann-Kendall, Coeficiente de Correlação de Spearman e Coeficiente Angular de Regressão linear, ao nível de significância 5%, resultou nas TABELAS 4, 5 e 6:

TABELA 4 - Análise de tendência anual de precipitação (1961 – 2010) – Dados Observados

Tendência das séries - H0: Não há tendência - ($\alpha = 0,05$)				
Nome da Estação	Mann-Kendall	Coef. de Spearman	Coef. Angular de Regressão	H0
Curitiba	Aceita-se	Rejeita-se	Rejeita-se	Há tendência
Guarapuava	Aceita-se	Rejeita-se	Rejeita-se	Há tendência
União da Vitória	Aceita-se	Rejeita-se	Rejeita-se	Há tendência
Palmas	Aceita-se	Rejeita-se	Rejeita-se	Há tendência

FONTE: O autor (2012)

Nota-se que pelo critério de desempate, em todas as estações os dados observados consideram nas suas séries a existência de tendência, o que significa aumento ou diminuição da intensidade de precipitação.

TABELA 5 - Análise de tendência anual de precipitação no período histórico (1961 – 2010) – RCA1

Tendência das séries - H0: Não há tendência - ($\alpha = 0,05$)				
Nome da Estação	Mann-Kendall	Coef. de Spearman	Coef. Angular de Regressão	H0
Curitiba	Aceita-se	Aceita-se	Rejeita-se	Não há tendência
Guarapuava	Aceita-se	Rejeita-se	Rejeita-se	Há tendência
União da Vitória	Aceita-se	Rejeita-se	Rejeita-se	Há tendência
Palmas	Aceita-se	Rejeita-se	Rejeita-se	Há tendência

FONTE: O autor (2012)

Observa-se pelo critério anterior que os resultados gerados pelo modelo RCA1, consideram não tendencioso o comportamento da precipitação na estação de Curitiba, mas existência de tendência nas restantes estações. Isto significa que não há mudança no comportamento da precipitação na estação de Curitiba, enquanto que nas restantes estações, existe aumento ou diminuição de precipitação.

TABELA 6 - Análise de tendência anual de precipitação (1961 – 2010) – PROMES

Tendência das séries - H0: Não há tendência - ($\alpha = 0,05$)				
Nome da Estação	Mann-Kendall	Coef. de Spearman	Coef. Angular de Regressão	H0
Curitiba	Aceita-se	Aceita-se	Rejeita-se	Não há tendência
Guarapuava	Aceita-se	Aceita-se	Rejeita-se	Não há tendência
União da Vitória	Aceita-se	Aceita-se	Rejeita-se	Não há tendência
Palmas	Aceita-se	Aceita-se	Rejeita-se	Não há tendência

FONTE: O autor (2012)

O modelo PROMES apresenta em todas as estações, séries consideradas não tendenciosas, isto é, não há evidências de mudanças no comportamento das chuvas ao longo dos anos.

Estas constatações também podem ser observadas na análise exploratória de dados no mesmo período de 1961 a 2010, ilustradas abaixo nas FIGURAS 9, 10, 11 e 12.

Dessa análise exploratória da variação temporal dos totais precipitados anuais, nota-se que as estações de Guarapuava, União da Vitória e Palmas apresentam uma tendência de aumento de precipitação nos dados observados e diminuição da mesma nos resultados gerados pelo modelo RCA1.

No entanto, a estação de Curitiba, para todos os dados analisados apresentou uma ligeira ou quase nula tendência de mudança, fato que também se observou para o modelo PROMES, em todas as estações estudadas.

De acordo com a revisão bibliográfica, os dados observados e gerados pelo modelo RCA1, na análise estatística, é que se aproximam mais da realidade, pois, notou-se um aumento significativo na quantidade de precipitação, principalmente a partir da década de 70, que segundo Müller, *et al.* (1998), foi a altura em que houve uma mudança considerável no uso e aproveitamento do solo e dos recursos hídricos. Portanto, a tendência pode ser atribuída às mudanças climáticas.

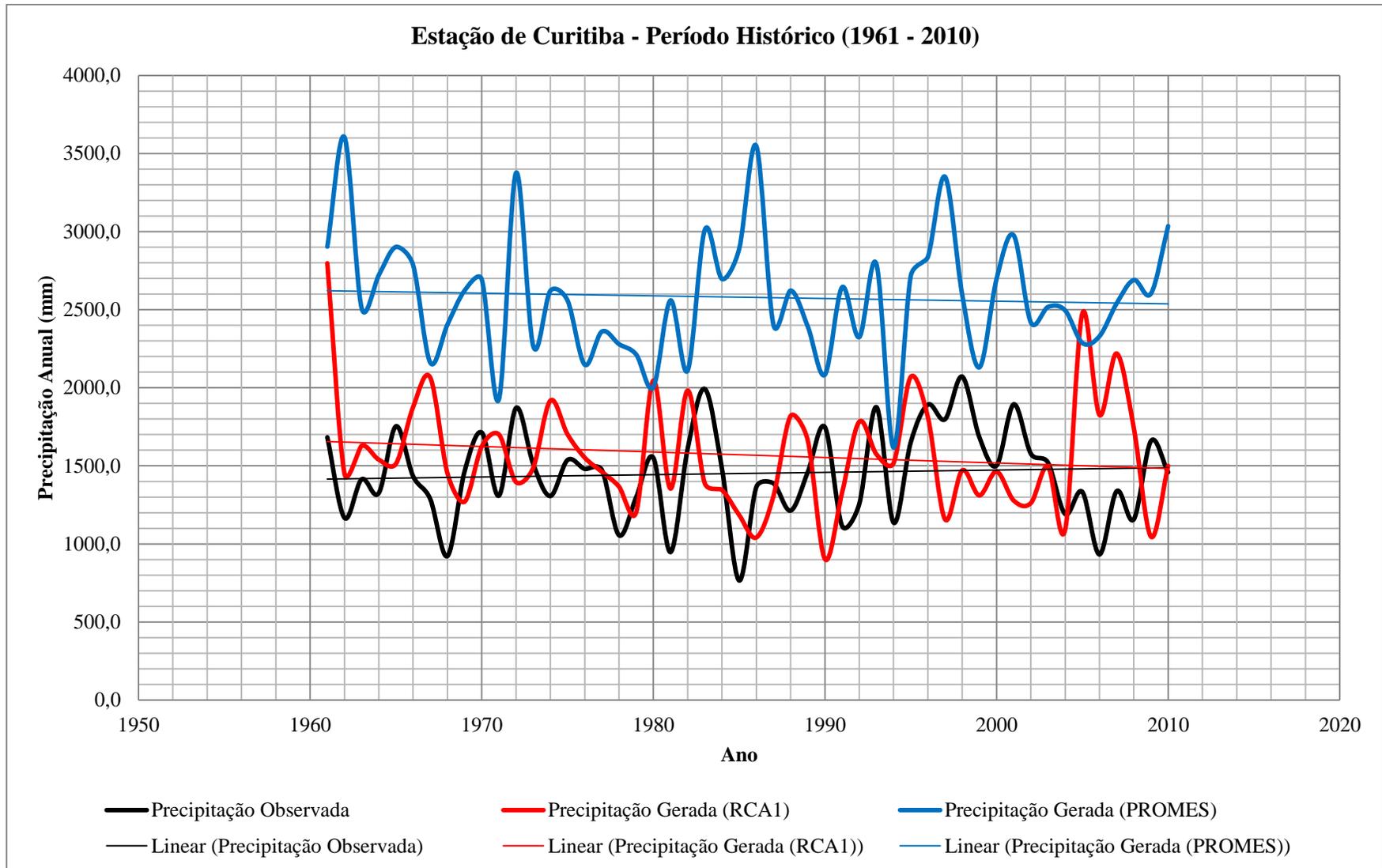


FIGURA 9 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de Curitiba (1961 – 2010)

FONTE: O autor (2012)

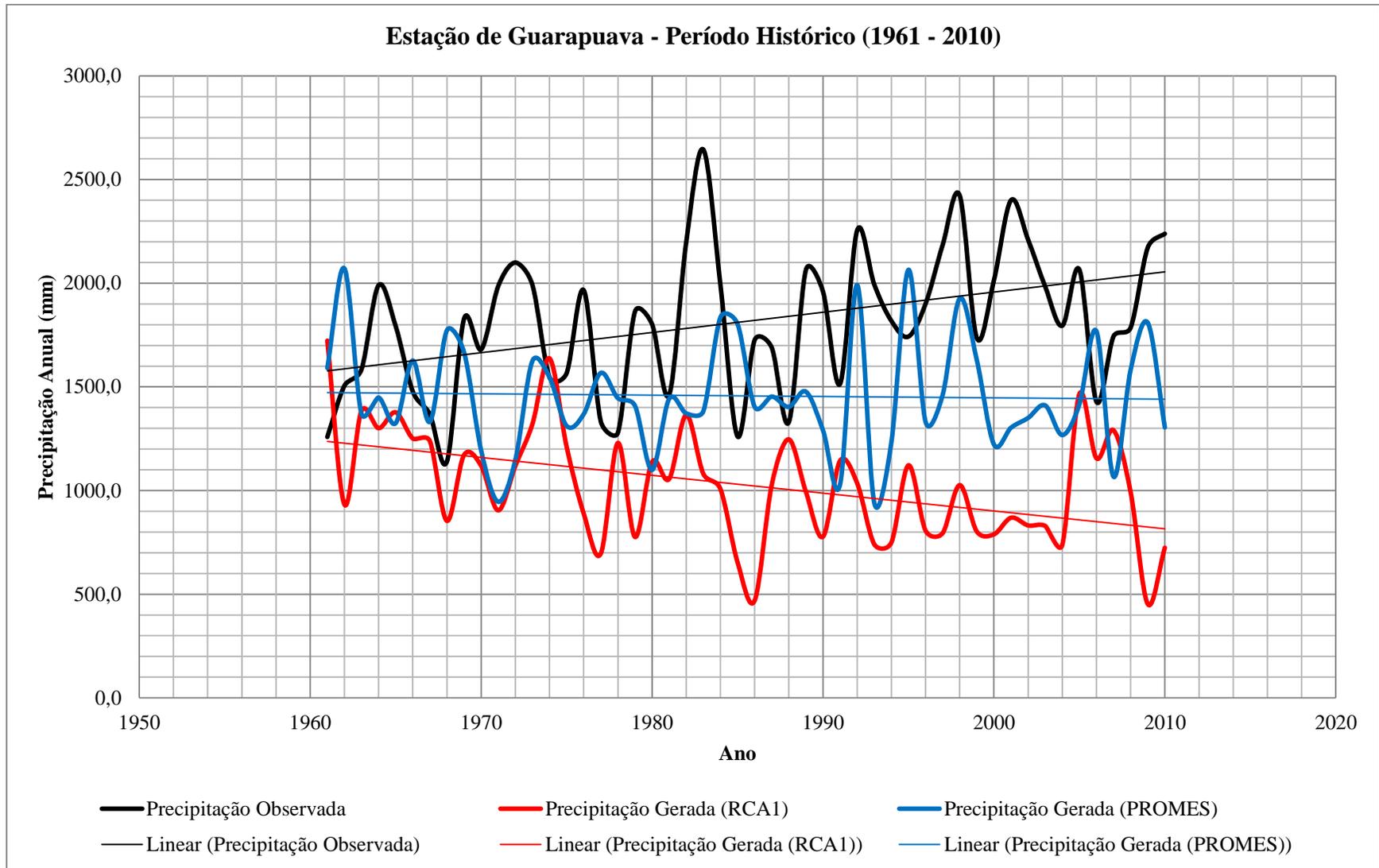


FIGURA 10 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de Guarapuava (1961 – 2010)

FONTE: O autor (2012)

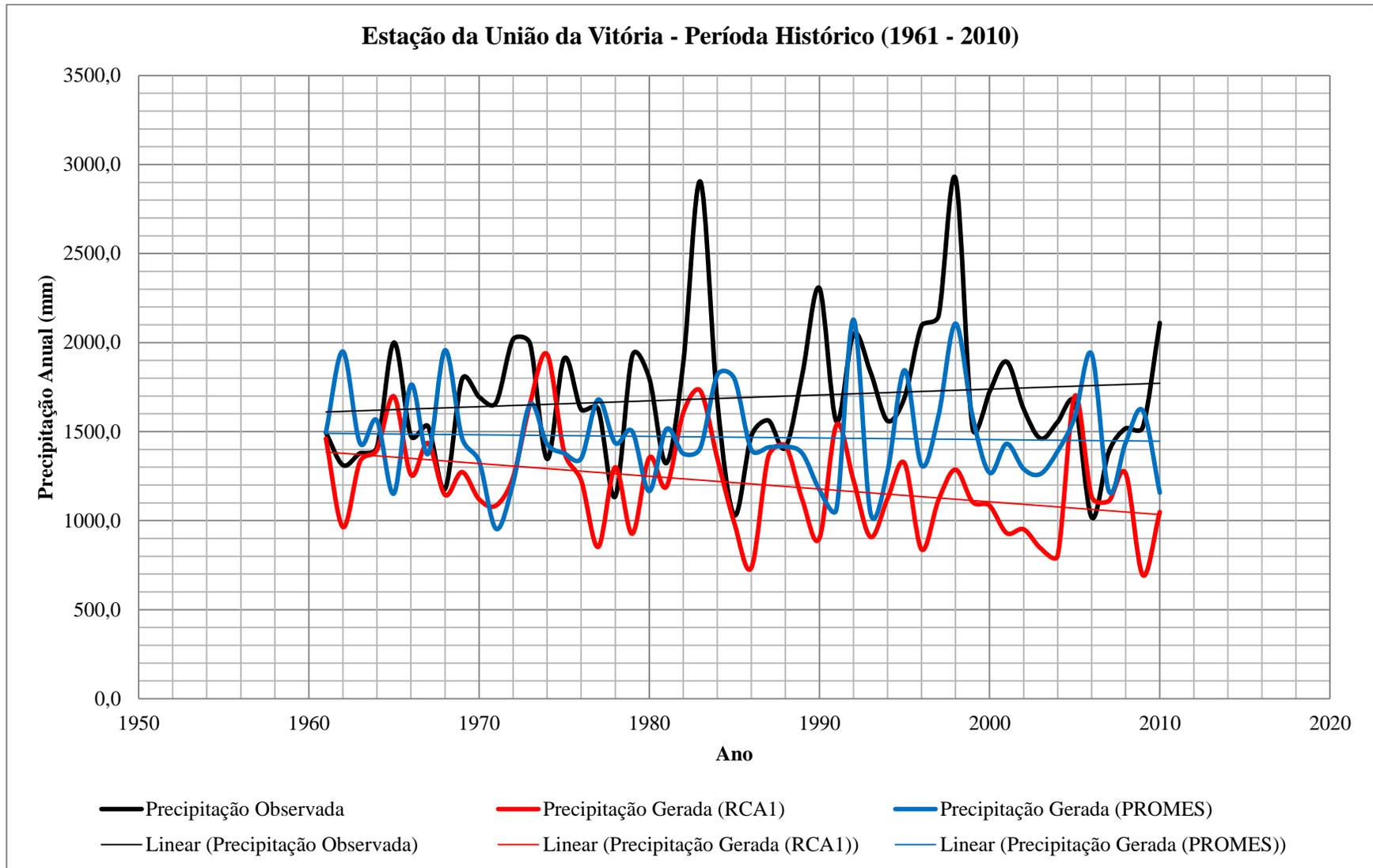


FIGURA 11 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de União da Vitória (1961 – 2010)

FONTE: O autor (2012)

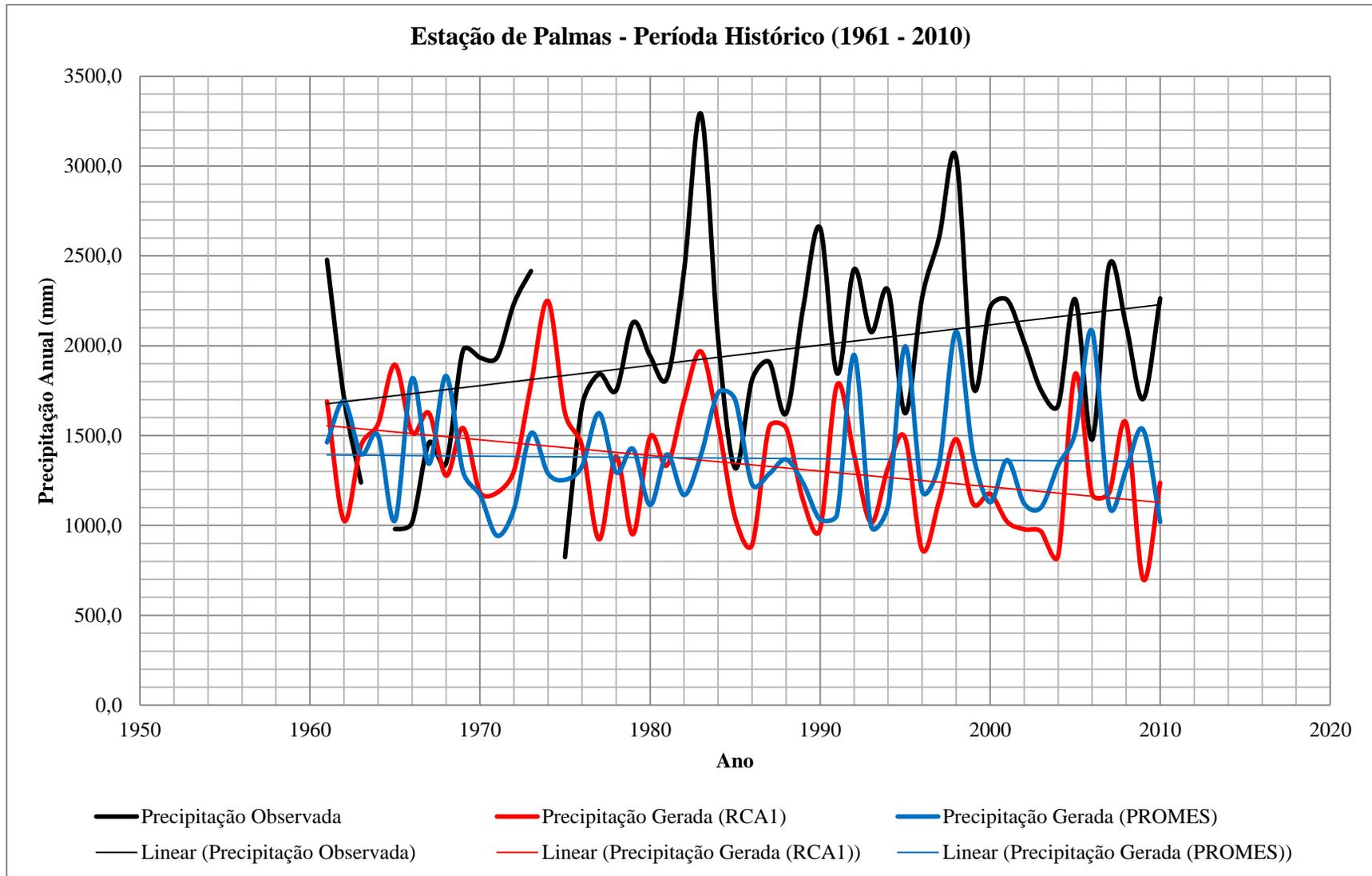


FIGURA 12 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de Palmas (1961 – 2010)

FONTE: O autor (2012)

Quanto aos cenários gerados pelos RCM, que indicam para o período histórico (1961 – 2010) uma tendência de diminuição da precipitação, fica difícil explicar, pois, esse fato pode resultar do critério de análise usado em cada modelo. O que se pode correlacionar em ambos os métodos, é a concordância de que há uma tendência de variação da quantidade de precipitação.

Contudo, embora o ajustamento de uma reta de tendência linear determinada pelo método dos mínimos quadrados possa conduzir a conclusões mais efetivas sobre a tendência das séries, este não é definitivo.

4.3 Análise de tendências anuais de precipitação (2011 – 2088)

A verificação da tendência das séries no período futuro de 2011 a 2088, pelos métodos estatísticos de Mann-Kendall, Coeficiente de Correlação de Spearman e Coeficiente Angular de Regressão linear, ao nível de significância 5%, resultou nas TABELAS 7 e 8:

TABELA 7 - Análise de tendência anual de precipitação (2011 – 2088) – RCA1

Tendência das séries - H0: Não há tendência - ($\alpha = 0,05$)				
Nome da Estação	Mann-Kendall	Coef. de Spearman	Coef. Angular de Regressão	H0
Curitiba	Aceita-se	Aceita-se	Rejeita-se	Não há tendência
Guarapuava	Aceita-se	Aceita-se	Rejeita-se	Não há tendência
União da Vitória	Aceita-se	Aceita-se	Rejeita-se	Não há tendência
Palmas	Aceita-se	Aceita-se	Rejeita-se	Não há tendência

FONTE: O autor (2012)

Observa-se que os resultados gerados pelo modelo RCA1, consideram não tendenciosos o comportamento da precipitação em todas as estações. Isto é, não há mudança no comportamento da precipitação nas quatro estações.

TABELA 8 - Análise de tendência anual de precipitação (2011 – 2088) – PROMES

Tendência das séries - H0: Não há tendência - ($\alpha = 0,05$)				
Nome da Estação	Mann-Kendall	Coef. de Spearman	Coef. Angular de Regressão	H0
Curitiba	Aceita-se	Aceita-se	Rejeita-se	Não há tendência
Guarapuava	Aceita-se	Aceita-se	Rejeita-se	Não há tendência
União da Vitória	Aceita-se	Aceita-se	Rejeita-se	Não há tendência
Palmas	Aceita-se	Aceita-se	Rejeita-se	Não há tendência

FONTE: O autor (2012)

O modelo PROMES apresenta em todas as estações, séries consideradas não tendenciosas, isto é, não há evidências de mudanças no comportamento das chuvas ao longo dos anos.

Estas constatações também podem ser observadas na análise exploratória de dados no mesmo período de 2011 a 2088, ilustradas abaixo nas FIGURAS 13, 14, 15 e 16.

Desta análise exploratória da variação temporal dos totais precipitados anuais para o período futuro (2011 – 2088), nota-se que em todas as estações o modelo RCA1 apresentou uma tendência de aumento de precipitação, embora que na estação de Curitiba esta tendência seja quase nula.

Curiosamente o modelo PROMES, ilustrou um cenário completamente diferente, isto é, em todas as estações observa-se uma tendência quase insignificante de diminuição de precipitação, podendo-se assumir que o mesmo tem um comportamento não tendencioso.

No entanto, embora os resultados obtidos pelos dois métodos, estatístico e gráfico, tenham sido aproximadamente semelhantes, principalmente no período histórico, fazendo a análise comparativa do comportamento gráfico, pode-se observar tanto no período histórico como no período futuro, uma certa discrepância entre os valores observados e gerados, principalmente entre os modelos. Este fato pode ser atribuído a fatores condicionantes de cada modelo, isto é, dependendo do fabricante e da região de origem, cada modelo assumi os seus próprio critérios de análise de dados. Portanto, essa diferença pode ser a causa da discrepância nos resultados apresentados.

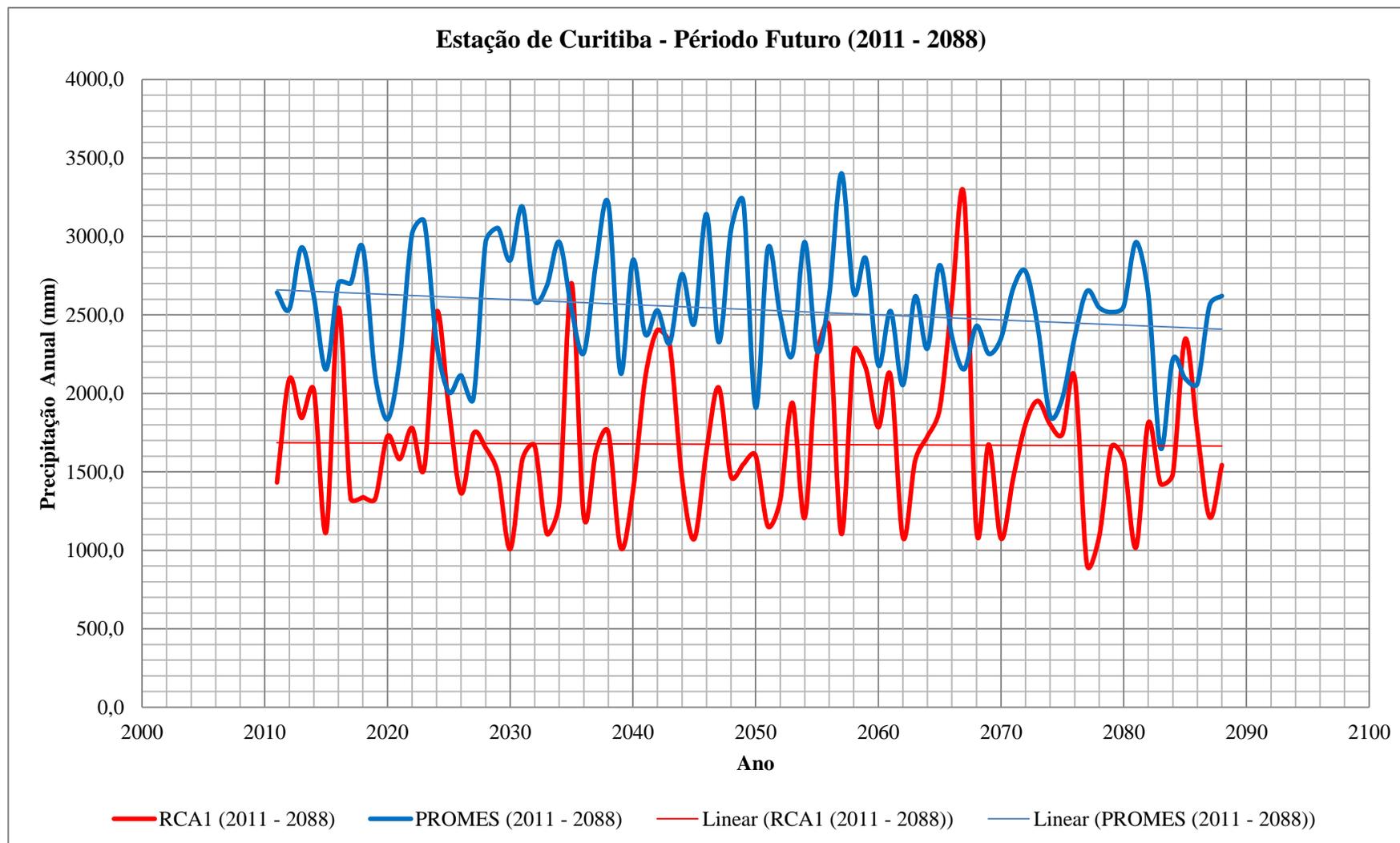


FIGURA 13 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de Curitiba (2011 - 2088)

FONTE: O autor (2012)

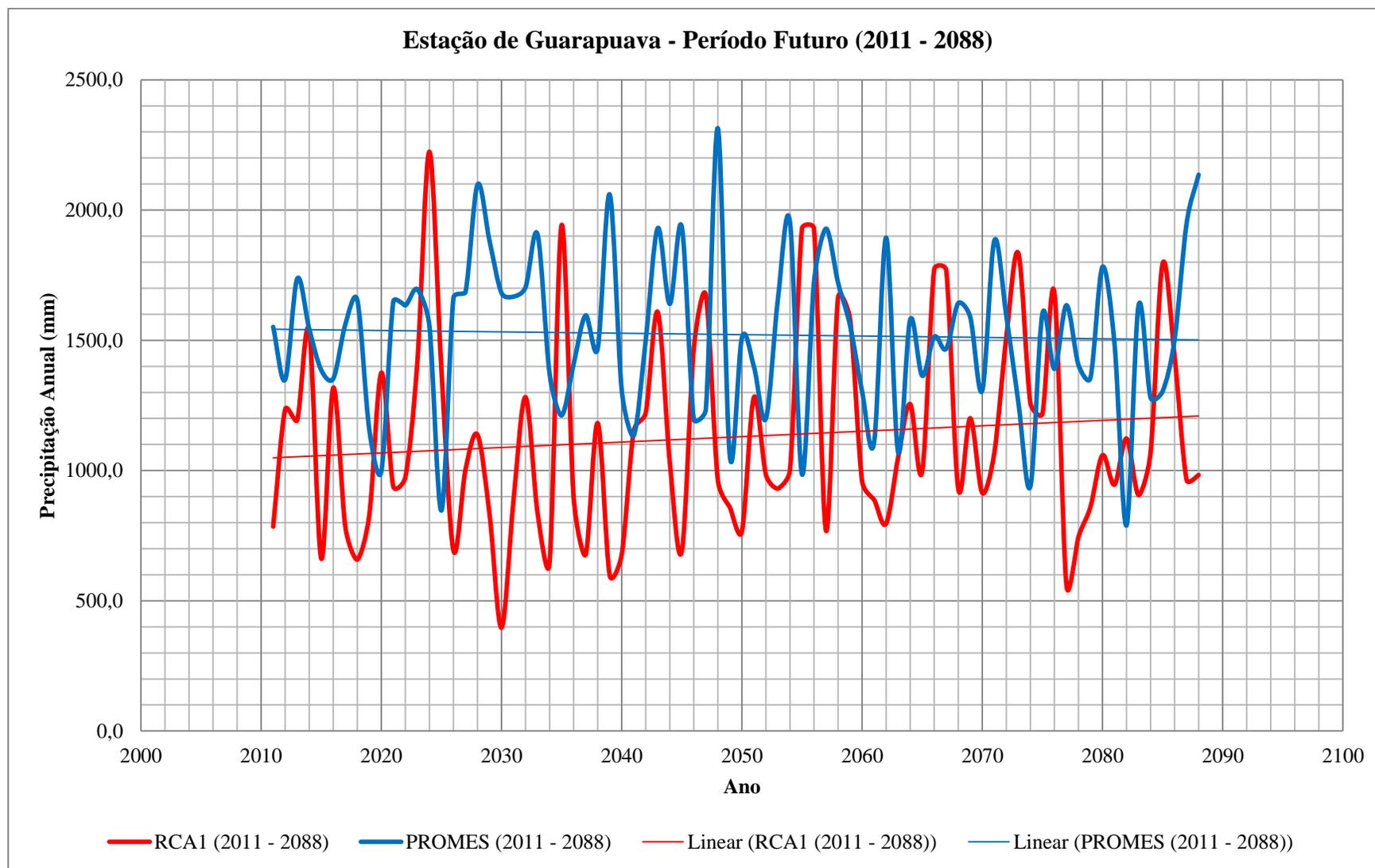


FIGURA 14 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de Guarapuava (2011 - 2088)

FONTE: O autor (2012)

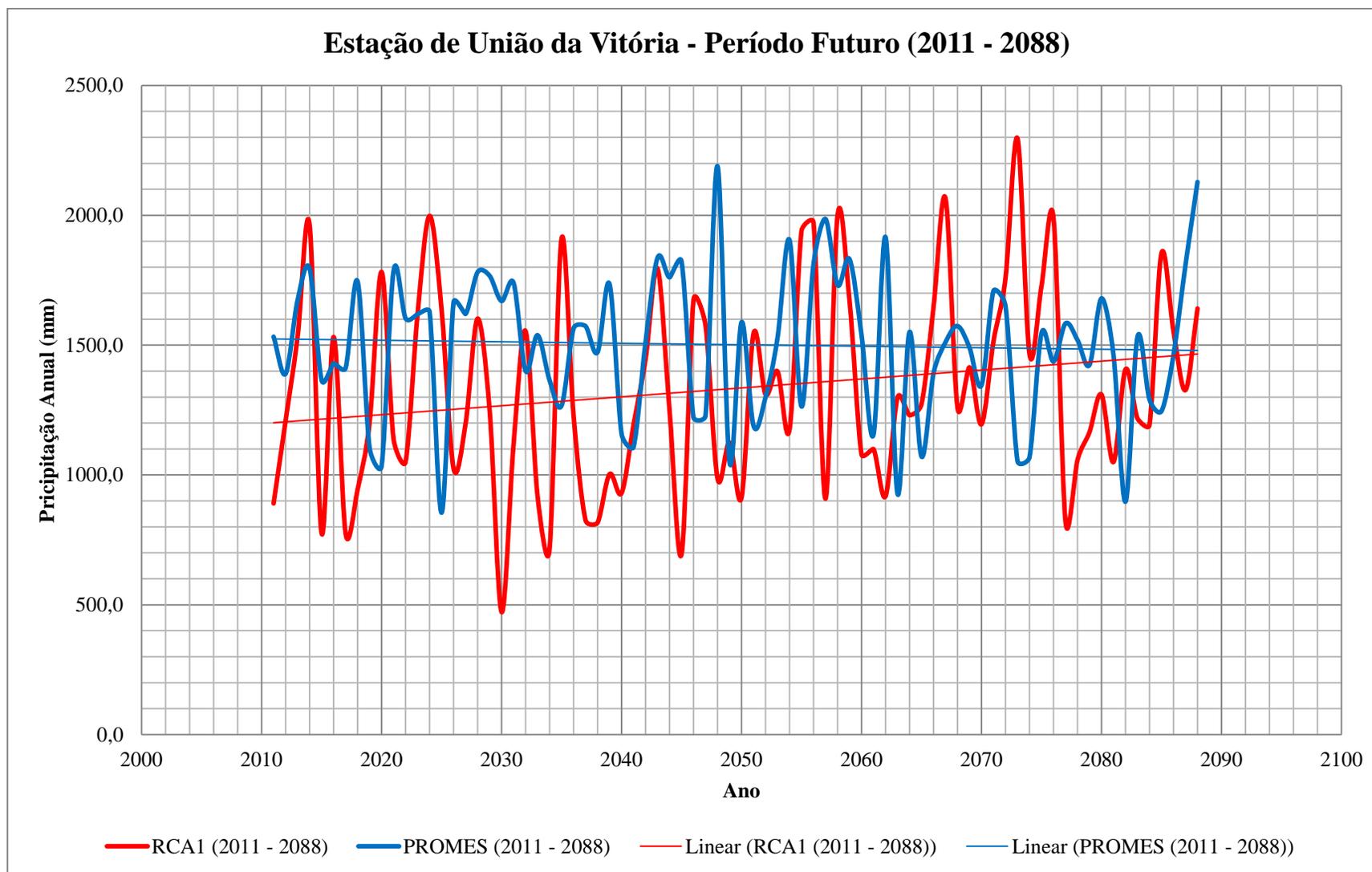


FIGURA 15 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de União da Vitória (2011 - 2088)

FONTE: O autor (2012)

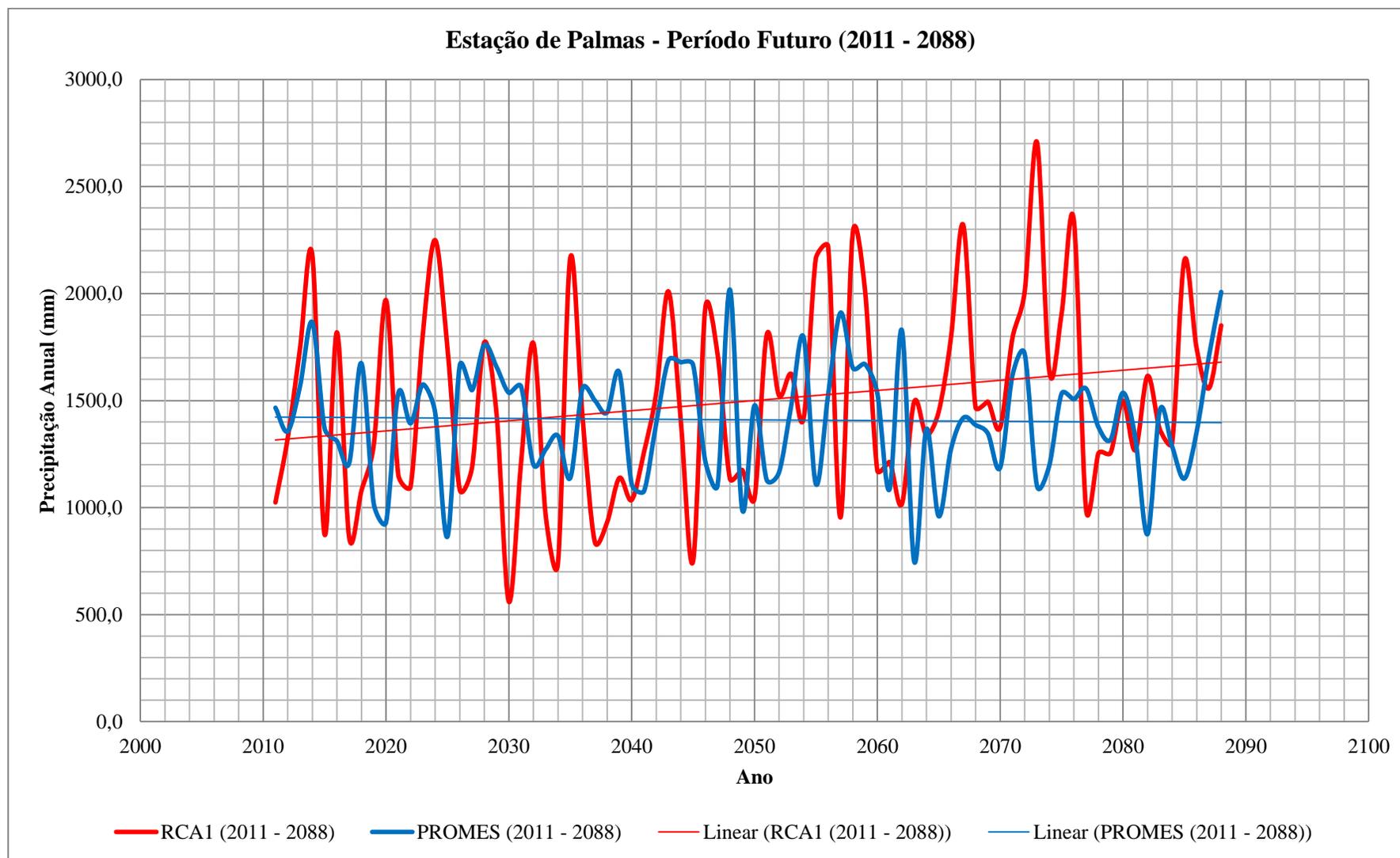


FIGURA 16 - Variação temporal da precipitação total anual na Estação de Palmas (2011 - 2088)

FONTE: O autor (2012)

4.4 Análise de tendências sazonais de precipitação (1961 – 2010)

A verificação da tendência sazonal das séries no período histórico de 1961 a 2010, pelo método estatístico de Mann-Kendall Sazonal, ao nível de significância 5%, resultou nas TABELAS 9, 10, 11 e 12:

TABELA 9 - Análise de tendência sazonal de precipitação (1961 – 2010) – Curitiba

Séries	Tendência Sazonal das séries - H0: Não há tendência - Ztab. = 1,96								
	Estação de Curitiba								
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		H0
	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	
Observada	0,229	Aceita-se	0,774	Aceita-se	0,211	Aceita-se	-0,176	Aceita-se	Não há tendência
RCA1	0,193	Aceita-se	-1,442	Aceita-se	0,756	Aceita-se	-1,319	Aceita-se	Não há tendência
PROMES	0,176	Aceita-se	0,211	Aceita-se	2,480	Rejeita-se	0,633	Aceita-se	Não há tendência

FONTE: O autor (2012)

Na estação de Curitiba, observa-se que no verão, outono e primavera, os dados observados e os gerados pelos modelos climáticos regionais não apresentam tendências de aumento ou diminuição de precipitação nas referidas épocas do ano.

Somente no inverno, é que os resultados gerados pelo modelo PROMES, apresentam uma tendência positiva de aumento da intensidade de precipitação.

Contudo, tanto os dados observados como os gerados pelos modelos não apresentam tendências sazonais de aumento ou diminuição de precipitação ao longo do ano.

TABELA 10 - Análise de tendência sazonal de precipitação (1961 – 2010) – Guarapuava

Séries	Tendência Sazonal das séries - H0: Não há tendência - Ztab. = 1,96								
	Estação de Guarapuava								
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		H0
	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	
Observada	2,208	Rejeita-se	1,556	Aceita-se	0,502	Aceita-se	2,643	Rejeita-se	Há tendência
RCA1	-0,535	Aceita-se	-1,908	Aceita-se	-0,435	Aceita-se	-3,028	Rejeita-se	Há tendência
PROMES	0,987	Aceita-se	0,820	Aceita-se	-2,158	Rejeita-se	-0,151	Aceita-se	Não há tendência

FONTE: O autor (2012)

Na estação de Guarapuava, os dados observados apresentam uma tendência positiva de precipitação no verão e na primavera, e nenhuma tendência no outono e no inverno. Por sua vez, os resultados gerados pelo modelo RCA1 apresentam uma tendência negativa de precipitação na primavera e nenhuma tendência nas restantes épocas do ano. O modelo PROMES apresenta uma tendência negativa de precipitação no Inverno e nenhuma tendência nas restantes épocas do ano.

No entanto, nota-se que os dados observados e gerados pelo modelo RCA1 apresentam uma tendência de sazonalidade, ao contrário do modelo PROMES que não apresenta tendências sazonais.

TABELA 11 - Análise de tendência sazonal de precipitação (1961 – 2010) – União da Vitória

Séries	Tendência Sazonal das séries - H0: Não há tendência - Ztab. = 1,96								
	Estação de União da Vitória								
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		H0
	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	
Observada	0,369	Aceita-se	0,264	Aceita-se	-0,106	Aceita-se	1,354	Aceita-se	Não há tendência
RCA1	-0,791	Aceita-se	-1,302	Aceita-se	-0,070	Aceita-se	-2,480	Rejeita-se	Há tendência
PROMES	0,580	Aceita-se	0,317	Aceita-se	-2,216	Rejeita-se	0,334	Aceita-se	Não há tendência

FONTE: O autor (2012)

Na estação de União da Vitória, o verão e o outono não apresentam tendências de precipitação. Somente no inverno, pelo modelo PROMES e na primavera, pelo modelo RCA1 é que se observa uma tendência negativa de precipitação. Contudo, a estação apresenta uma tendência sazonal nos resultados gerados pelo modelo RCA1, e nenhuma tendência nos dados observados e gerados pelo modelo PROMES.

TABELA 12 - Análise de tendência sazonal de precipitação (1961 – 2010) – Palmas

Séries	Tendência Sazonal das séries - H0: Não há tendência - Ztab. = 1,96								
	Estação de Palmas								
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		H0
	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	
Observada	1,098	Aceita-se	0,774	Aceita-se	0,561	Aceita-se	3,192	Rejeita-se	Há tendência
RCA1	-0,879	Aceita-se	-1,249	Aceita-se	-0,352	Aceita-se	-2,410	Rejeita-se	Há tendência
PROMES	-0,580	Aceita-se	0,070	Aceita-se	-2,234	Rejeita-se	-0,106	Aceita-se	Não há tendência

FONTE: O autor (2012)

Na estação de Palmas, somente no inverno e na primavera é que se observa uma tendência positiva de precipitação nos dados observados. Nota-se uma tendência negativa nos resultados gerados pelos modelos RCA1, na primavera, pelo modelo PROMES, no inverno. As restantes épocas do ano, não apresentam tendências de aumento ou diminuição de precipitação.

De modo geral, a estação de Palmas apresenta uma tendência sazonal nos seus dados observados e gerados pelo modelo RCA1, e nenhuma tendência para o modelo PROMES.

Da análise exploratória da tendência sazonal de precipitação no verão, outono, inverno e primavera, podem-se observar as seguintes FIGURAS (17 – 24):

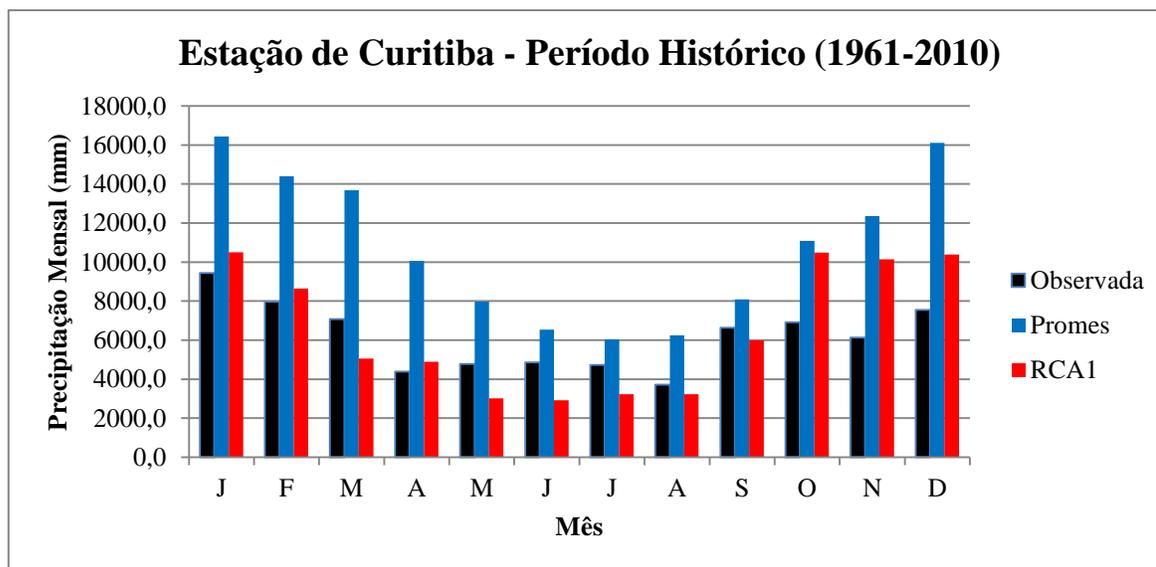


FIGURA 17 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de Curitiba (1961 - 2010)

FONTE: O autor (2012)

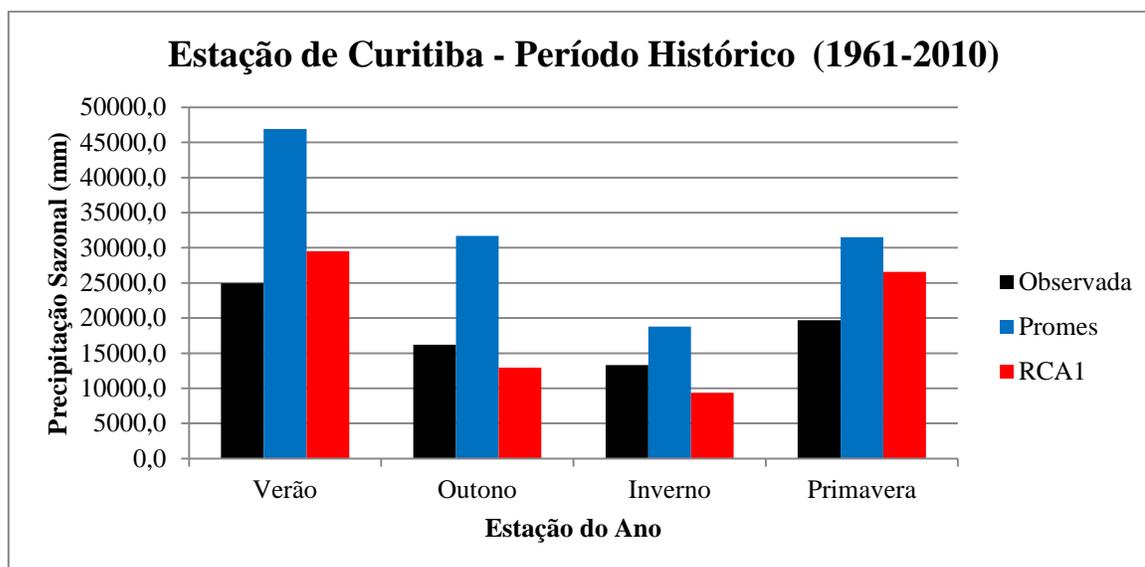


FIGURA 18 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de Curitiba (1961 – 2010)

FONTE: O autor (2012)

Para a estação de Curitiba, pode-se observar através da FIGURA 18, que o verão é a época mais chuvosa, sendo os meses de Dezembro e Janeiro os que apresentam alturas mais elevadas de precipitação (FIGURA 17). A primavera é a segunda mais chuvosa e o inverno a época com menos chuva.

Analogamente as análises anteriores, para Curitiba os modelos apresentam alturas mais elevadas de precipitação, se comparados com os dados observados, fato este, que de certa forma não deixa de ser curioso. Contudo, de modo geral, nesta estação não se observa uma variação significativa da precipitação no período histórico.

A estação seguinte (Guarapuava - FIGURA 20) apresenta a sua época mais chuvosa no verão, embora não se defira significativamente das restantes épocas do ano. Segundo a FIGURA 19, os meses mais chuvosos são Outubro, Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro, praticamente em todos os modelos como nos dados observados. Os dados observados são os que apresentam maior volume de precipitação e menor variação ao longo da série, se comparados com os dados dos modelos que demonstram uma sazonalidade mais definida, embora apresentem alturas de precipitação inferiores aos dados observados. O inverno é a época menos chuvosa nas três séries analisadas.

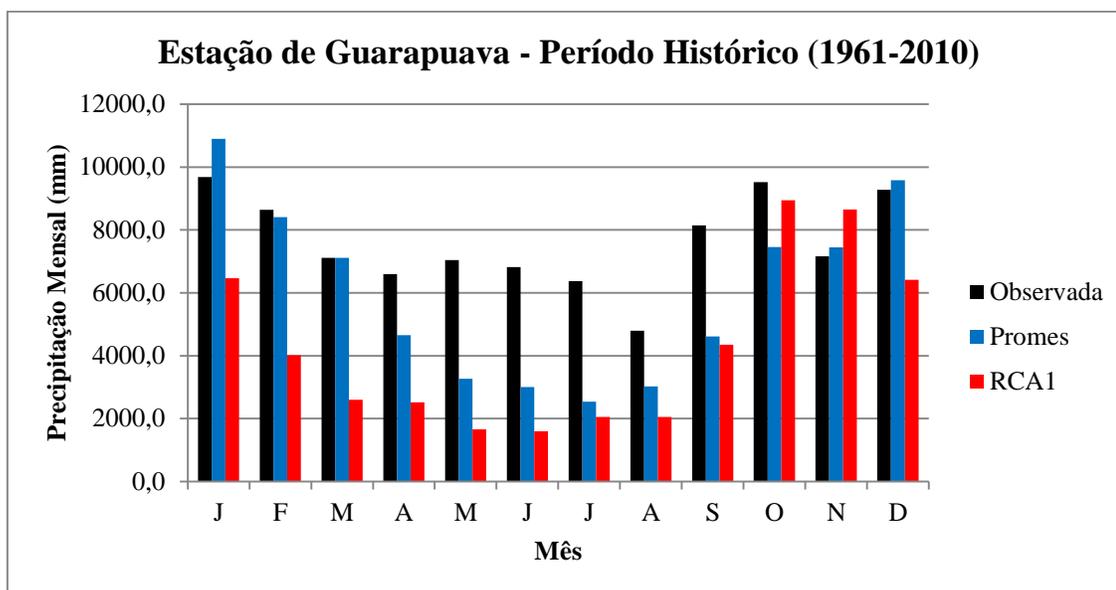


FIGURA 19 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de Guarapuava (1961 – 2010)

FONTE: O autor (2012)

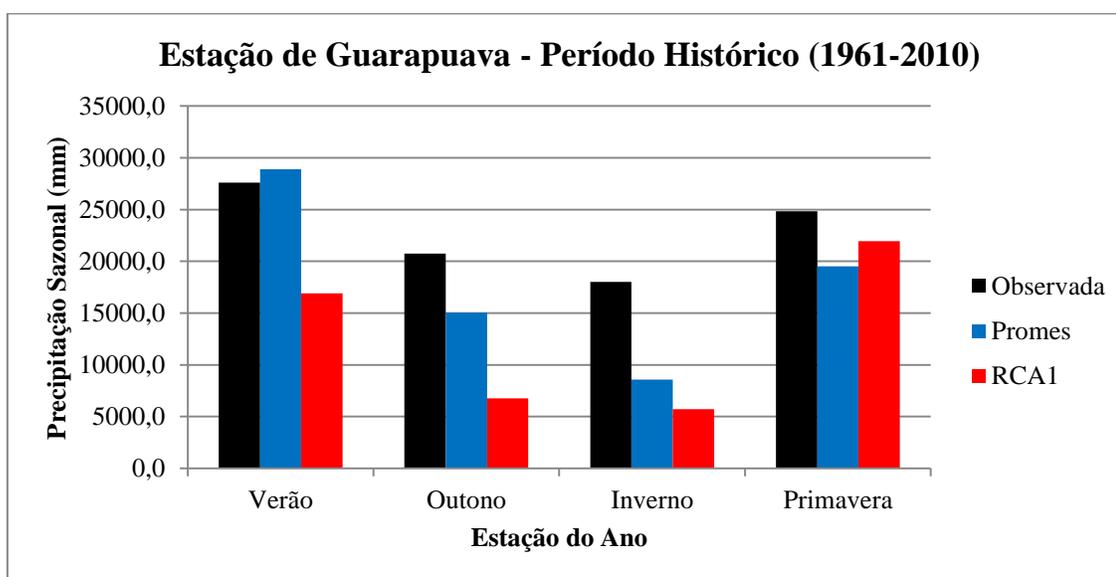


FIGURA 20 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de Guarapuava (1961 – 2010)

FONTE: O autor (2012)

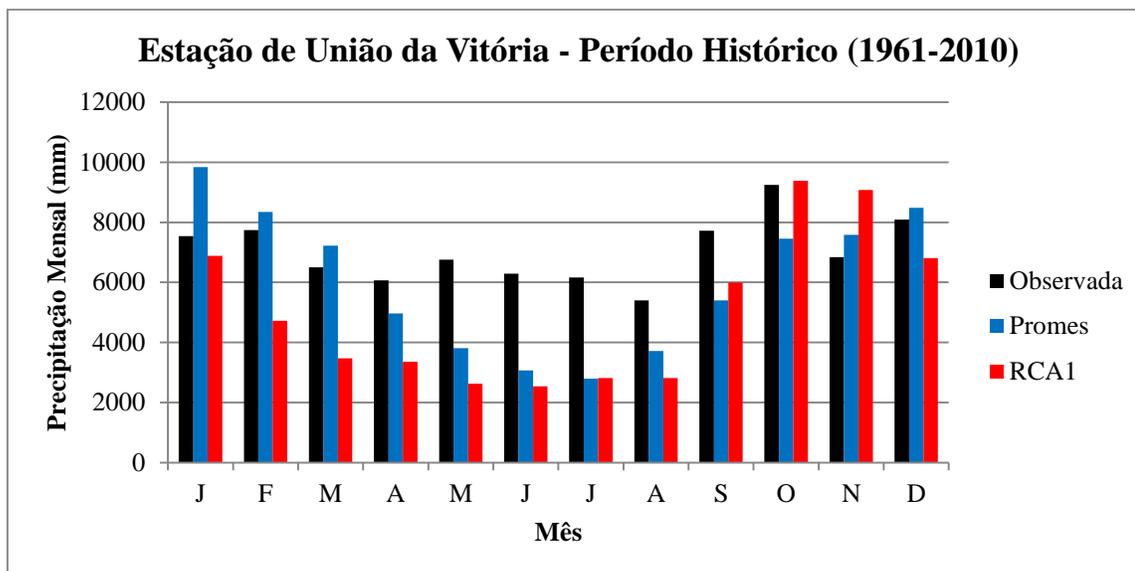


FIGURA 21 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de União da Vitória (1961 – 2010)

FONTE: O autor (2012)

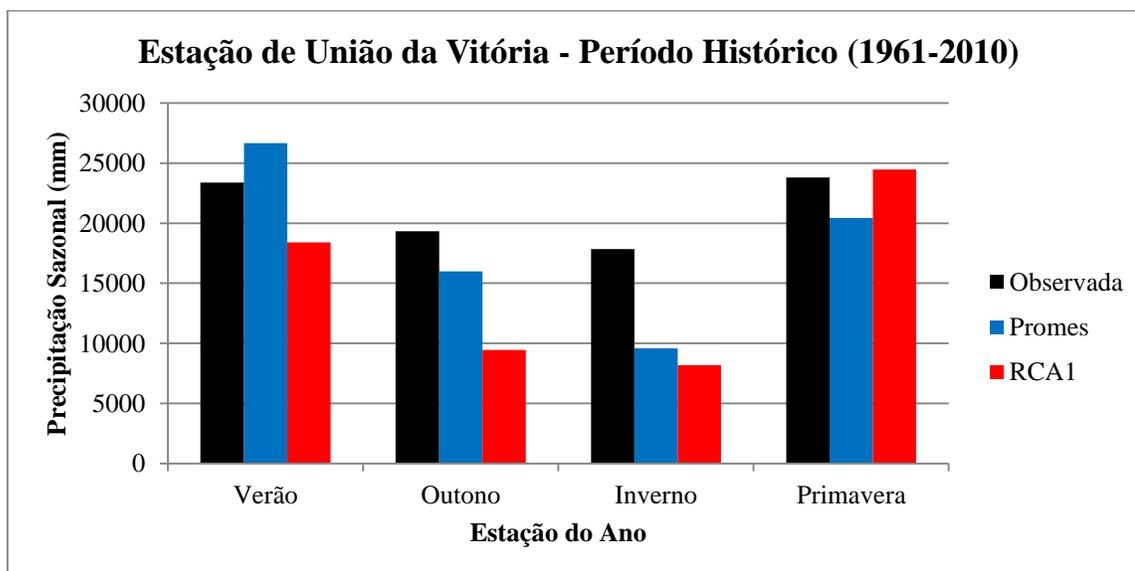


FIGURA 22 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de União da Vitória (1961 – 2010)

FONTE: O autor (2012)

Para a estação de União da Vitória (FIGURA 22), repara-se que tanto para os dados observados e os gerados pelo modelo RCA1, a primavera é a época mais chuvosa, sendo Outubro o mês com maior altura de precipitação.

No entanto, para o modelo PROMES, o verão é a época mais chuvosa e os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro, com maior altura de precipitação (FIGURA 21). O inverno continua a ser a época menos chuvosa. Em termos da variabilidade, notam-se maiores quantidades de precipitação na primavera e no verão.

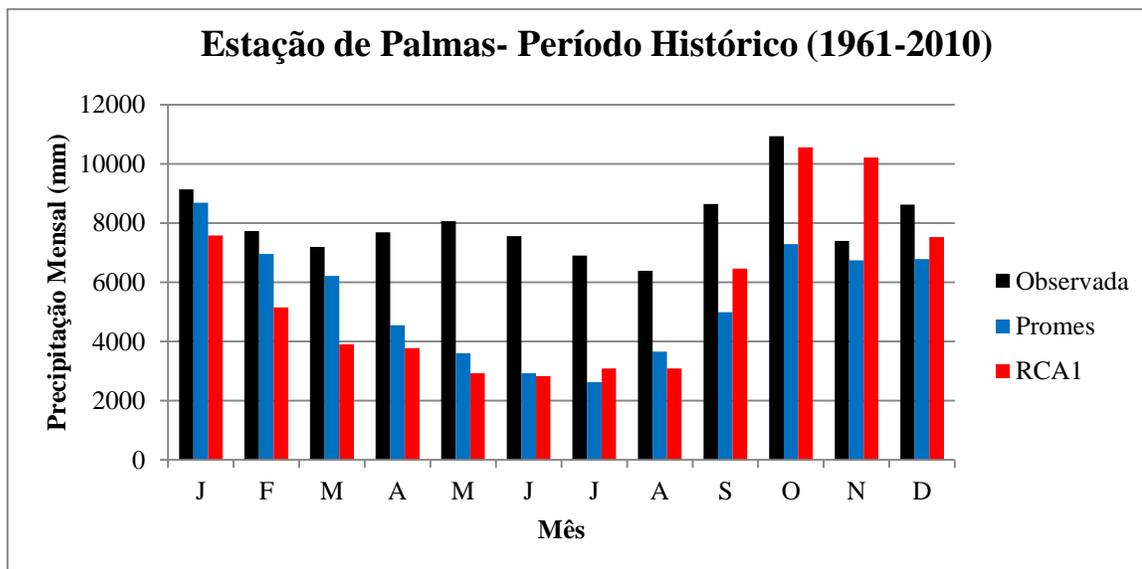


FIGURA 23 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de Palmas (1961 – 2010)
 FONTE: O autor (2012)

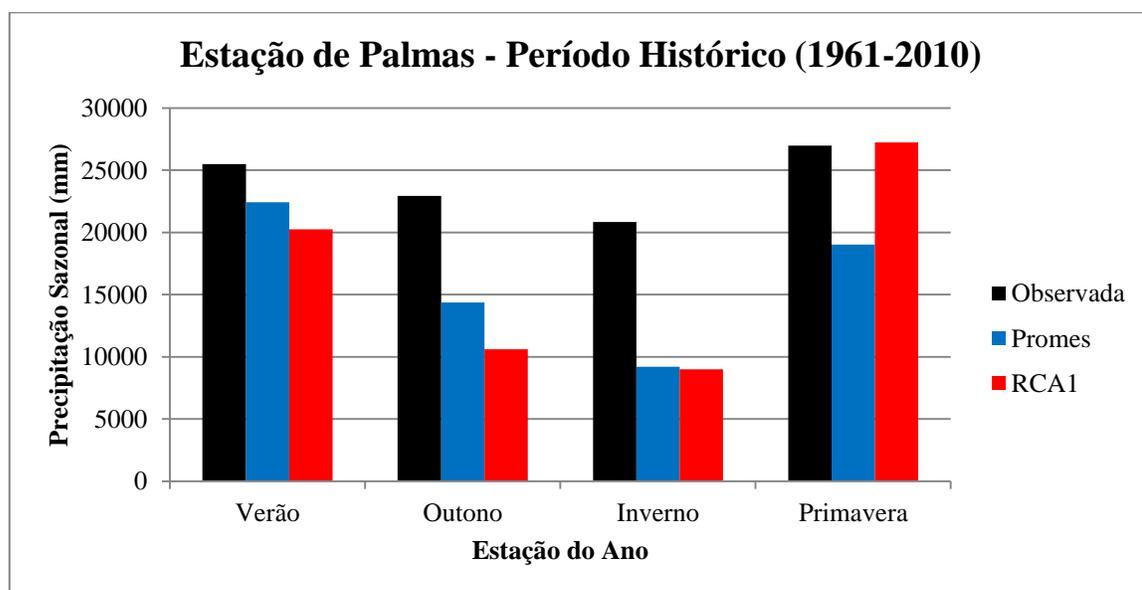


FIGURA 24 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de Palmas (1961 – 2010)
 FONTE: O autor (2012)

Na estação de Palmas (FIGURAS 23 e 24), nota-se que os dados observados apresentam menor variação de precipitação ao longo da série isto é, não têm uma variação nítida. No entanto, os dados dos modelos têm uma sazonalidade bem definida, sendo a primavera e o verão as épocas mais chuvosas, e os meses de Outubro e Novembro para o modelo RCA1, e Janeiro para o modelo PROMES, os mais chuvosos. Para as três séries analisadas, as épocas menos chuvosas, continuam sendo nos invernos.

Contudo, de modo geral neste período, nas quatro estações analisadas os resultados dos modelos apresentam melhor definição de sazonalidade em relação aos dados observados. Isto é, ou contrário dos modelos, a análise exploratória dos valores observados não permite definir claramente um comportamento sazonal das séries, pois, apresentam uma variação muito pequena e quase insignificante ao longo do período de análise.

No entanto, ao contrário da tendência anual de precipitação, esta variação não pode ser totalmente atribuída às mudanças climáticas, pois, segundo Nimer (1979; 1990), na primavera e verão a dinâmica atmosférica tem a participação da convecção profunda da Amazônia, processo de ascensão vertical de uma massa de ar aquecida, pela superfície até altos níveis da troposfera, que liberta e desloca calor e umidade para a região Sul e Sudeste brasileira. Este processo é responsável pela intensificação das chuvas sobre a bacia do Rio Iguaçu.

Por outro lado, o Sul do Brasil é uma região de passagem da frente polar em frontogênese, o que o torna constantemente sujeita a bruscas mudanças de tempo, pelas sucessivas invasões de tais fenômenos frontogenéticos, em qualquer época do ano. Portanto, observa-se uma forte influência da circulação atmosférica da região, reforçada pela existência das massas de ar vindas do Oceano Atlântico, que atuam na primavera sobre o continente de forma expressiva, transportando umidade para o seu interior, e assim associando-se às variações sazonais.

Portanto, trata-se de um comportamento climático dependente da circulação atmosférica regional.

4.5 Análise de tendências sazonais de precipitação (2011 – 2088)

A verificação da tendência sazonal das séries no período futuro de 2011 a 2088, pelo método estatístico de Mann-Kendall Sazonal, ao nível de significância 5%, resultou nas TABELAS 13, 14, 15 e 16:

TABELA 13 - Análise de tendência sazonal de precipitação (2011 - 2088) – Curitiba

Séries	Tendência Sazonal das séries - H0: Não há tendência - Ztab. = 1,96									
	Estação de Curitiba									
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		H0	
	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0		
RCA1	-0,437	Aceita-se	0,352	Aceita-se	-0,829	Aceita-se	0,276	Aceita-se	Não há tendência	
PROMES	-0,691	Aceita-se	-1,925	Aceita-se	-1,782	Aceita-se	0,517	Aceita-se	Há tendência	

FONTE: O autor (2012)

Na estação de Curitiba, observa-se que para o modelo RCA1 nas quatro épocas do ano, os resultados gerados pelo modelo climático regional não apresenta tendência de aumento ou diminuição de precipitação, nas referidas épocas do ano. No entanto, o modelo PROMES apresenta um cenário diferente. Portanto, aumento ou diminuição da intensidade de precipitação.

Contudo, de modo geral, nota-se que o modelo RCA1, contrário aos resultados gerados pelo modelo PROMES, não apresenta nenhuma tendência de precipitação sazonal ao longo do ano.

TABELA 14 - Análise de tendência sazonal de precipitação no período futuro (2011 - 2088) – Guarapuava

Séries	Tendência Sazonal das séries - H0: Não há tendência - Ztab. = 1,96									
	Estação de Guarapuava									
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		H0	
	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0		
RCA1	0,472	Aceita-se	0,659	Aceita-se	-0,285	Aceita-se	0,668	Aceita-se	Não há tendência	
PROMES	7,814	Rejeita-se	1,479	Aceita-se	-7,476	Rejeita-se	-1,666	Aceita-se	Não há tendência	

FONTE: O autor (2012)

Na estação de Guarapuava, os resultados gerados pelos dois modelos RCA1 e PROMES, não apresentam tendência de sazonalidade, embora que nas diferentes épocas do ano, ela apresente certas tendências.

TABELA 15 - Análise de tendência sazonal de precipitação (2011 - 2088) – União da Vitória

Séries	Tendência Sazonal das séries - H0: Não há tendência - Ztab. = 1,96								
	Estação de União da Vitória								
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		H0
	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	
RCA1	0,695	Aceita-se	1,350	Aceita-se	0,076	Aceita-se	0,205	Aceita-se	Não há tendência
PROMES	7,315	Rejeita-se	0,985	Aceita-se	-7,458	Rejeita-se	-1,577	Aceita-se	Não há tendência

FONTE: O autor (2012)

Na estação de União da Vitória, observa-se uma situação semelhante a de Guarapuava. Portanto, não há tendências de aumento ou diminuição da intensidade de precipitação. Logo não há sazonalidade.

TABELA 16 - Análise de tendência sazonal de precipitação (2011 - 2088) – Estação de Palmas

Séries	Tendência Sazonal das séries - H0: Não há tendência - Ztab. = 1,96								
	Estação de Palmas								
	Verão		Outono		Inverno		Primavera		H0
	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	
RCA1	2,089	Rejeita-se	1,524	Aceita-se	0,361	Aceita-se	0,187	Aceita-se	Há tendência
PROMES	6,861	Rejeita-se	0,347	Aceita-se	-7,084	Rejeita-se	-1,190	Aceita-se	Não há tendência

FONTE: O autor (2012)

Na estação de Palmas, observa-se que para o modelo RCA1, os resultados gerados apresentam tendência sazonal, isto é, há aumento ou diminuição de precipitação nas referidas épocas do ano. No entanto, os resultados gerados pelo modelo PROMES, apresenta um cenário diferente. Portanto, não há tendência de sazonalidade.

Da análise exploratória da tendência sazonal de precipitação verão, outono, inverno e primavera, podem-se observar as seguintes FIGURAS (25 – 32):

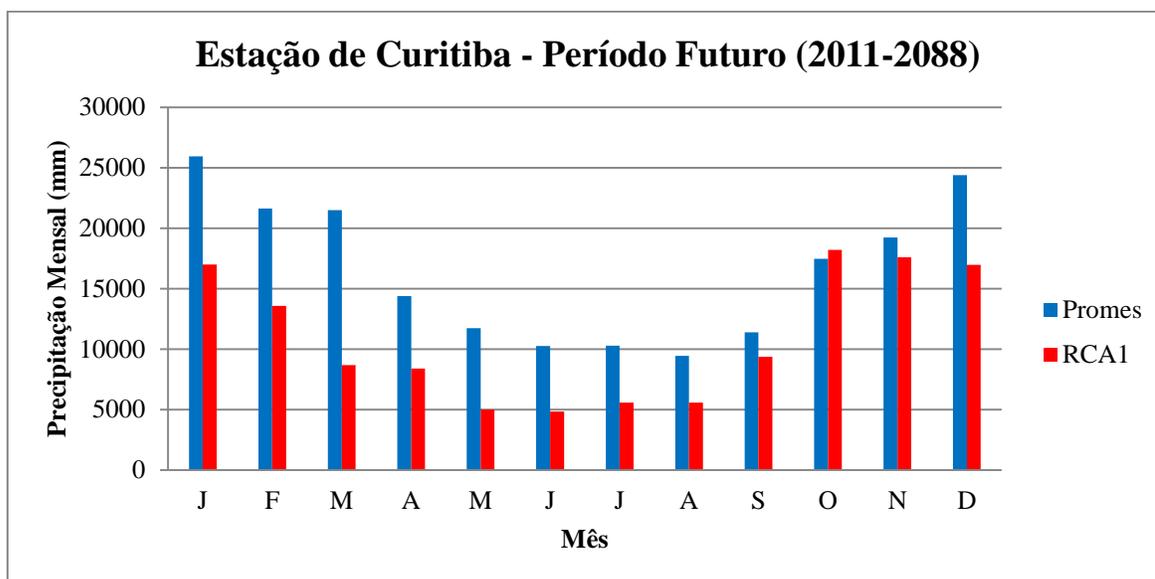


FIGURA 25 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de Curitiba (2011 – 2088)

FONTE: O autor (2012)

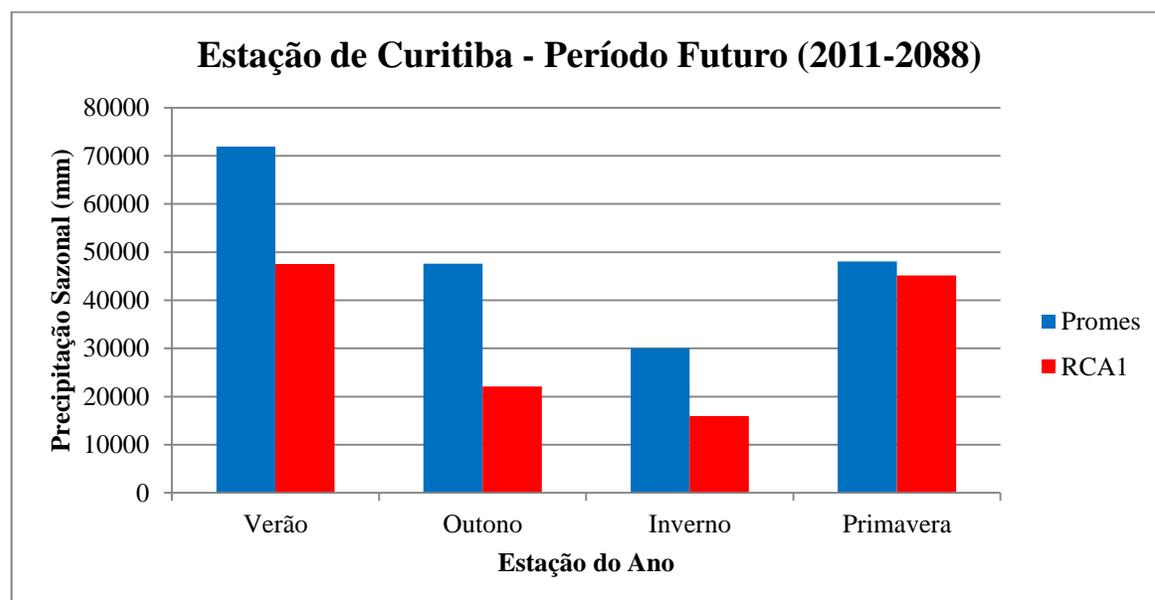


FIGURA 26 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de Curitiba (2011 – 2088)

FONTE: O autor (2012)

Para a estação de Curitiba, pode-se observar através do (FIGURA 26) que o verão é a época mais chuvosa, sendo os meses de Dezembro e Janeiro os que

apresentam alturas mais elevadas de precipitação (FIGURA 25). A primavera é a segunda mais chuvosa, e o inverno a época com menos chuva.

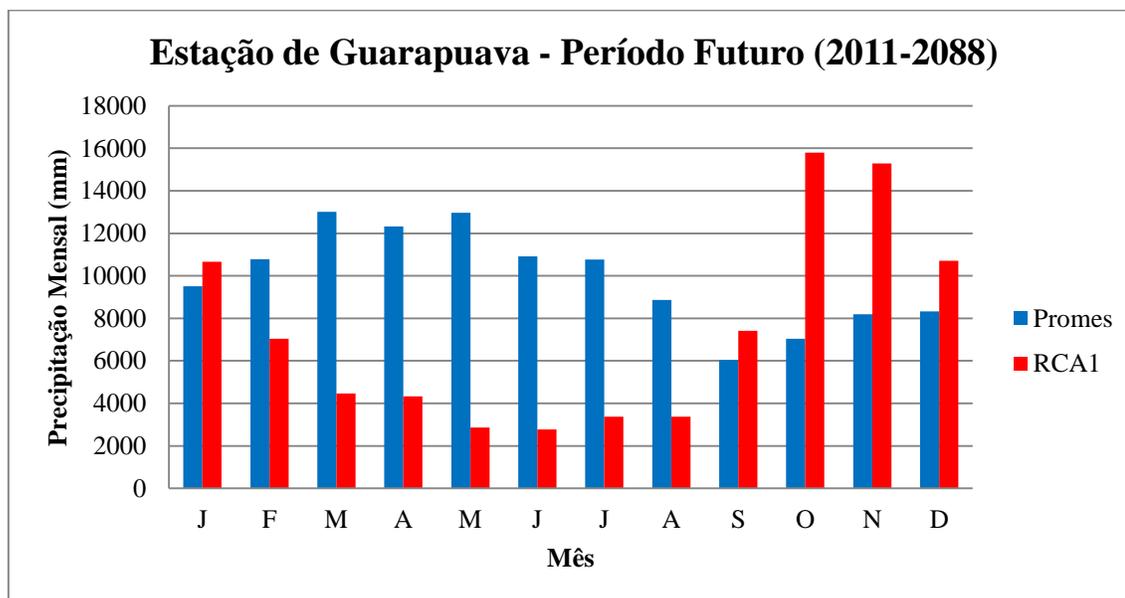


FIGURA 27 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de Guarapuava (2011 – 2088)

FONTE: O autor (2012)

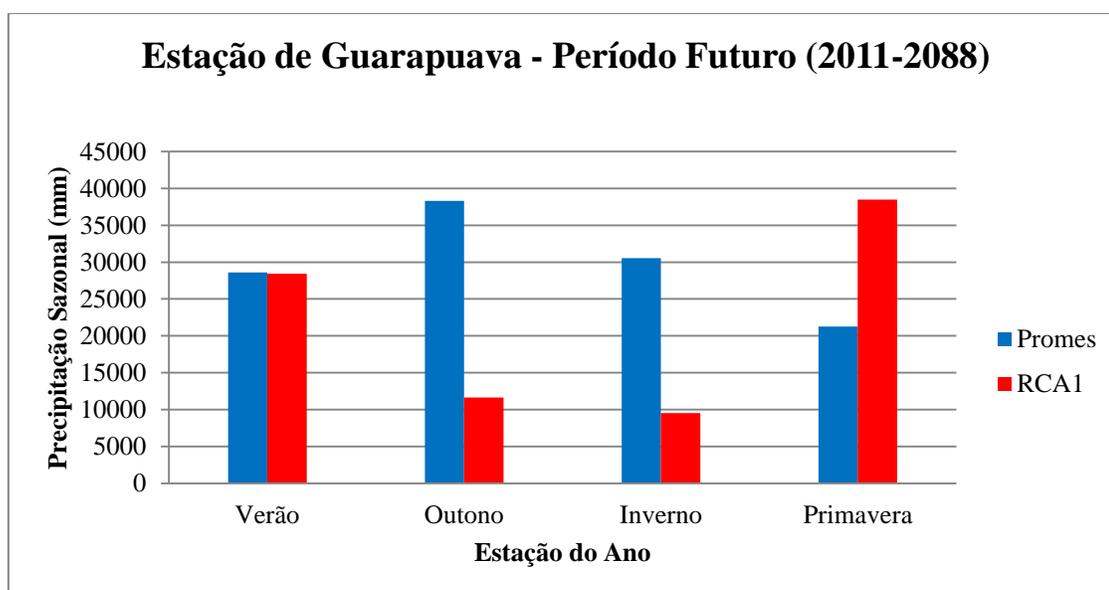


FIGURA 28 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de Guarapuava (2011 – 2088)

FONTE: O autor (2012)

A estação de Guarapuava (FIGURA 28) apresenta uma situação muito curiosa. O modelo RCA1 tem a primavera como a época mais chuvosa, enquanto que o modelo PROMES tem o outono como a época mais chuvosa. No entanto, o verão apresenta a mesma altura de precipitação para os dois modelos, o que erade se esperar. Contudo, o modelo RCA1 consegue apresentar uma sazonalidade bem mais definida, se comparado com a do modelo PROMES, que segundo a (FIGURA 27), os meses mais chuvosos são Março, Abril e Maio.

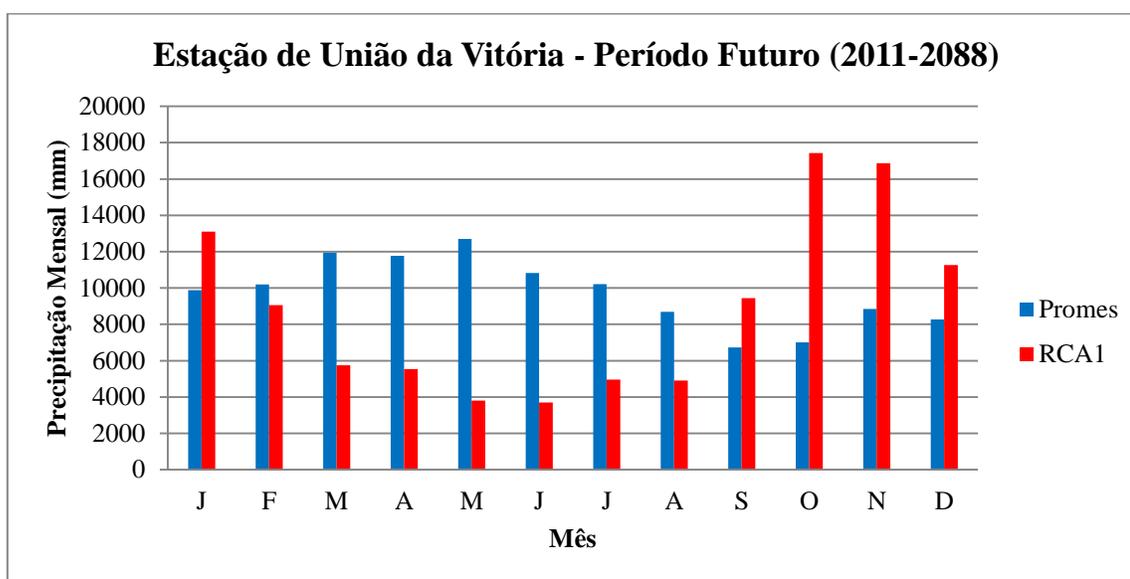


FIGURA 29 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de União da Vitória (2011 – 2088)

FONTE: O autor (2012)

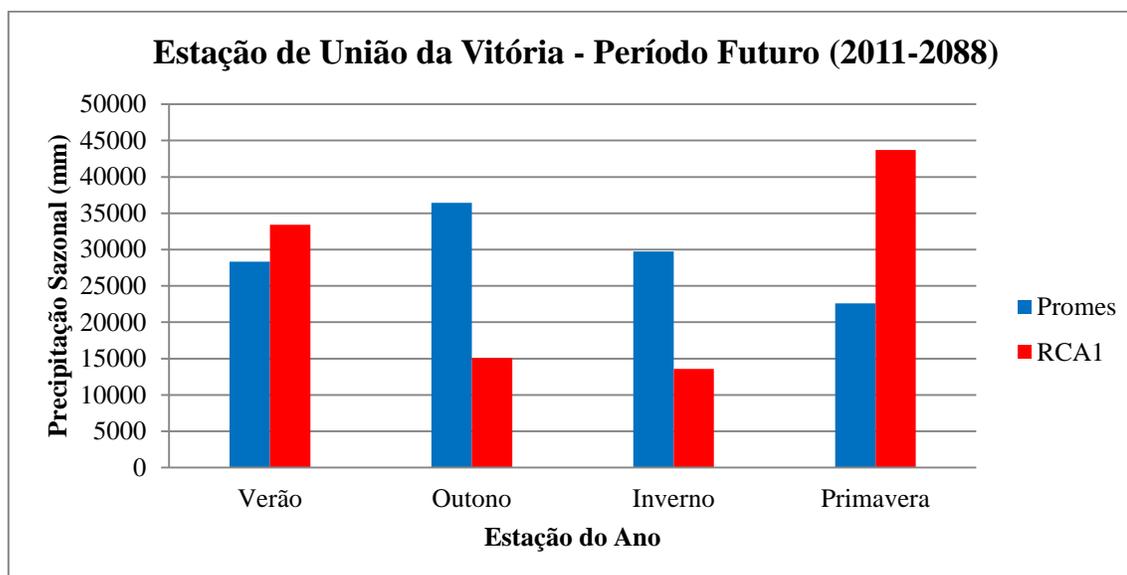


FIGURA 30 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de União da Vitória (2011 – 2088)

FONTE: O autor (2012)

Para a estação de União da Vitória (FIGURA 29), observa-se que com os dados do modelo RCA1, a primavera é a época mais chuvosa, sendo Outubro e Novembro os meses com maior quantidade de precipitação. No entanto, para o modelo PROMES, o outono é a época mais chuvosa, e o mês de Maio é que apresenta maior altura de precipitação (FIGURA 30). O inverno continua a ser a época menos chuvosa no modelo RCA1, enquanto que para o modelo PROMES, a primavera é a época mais seca.

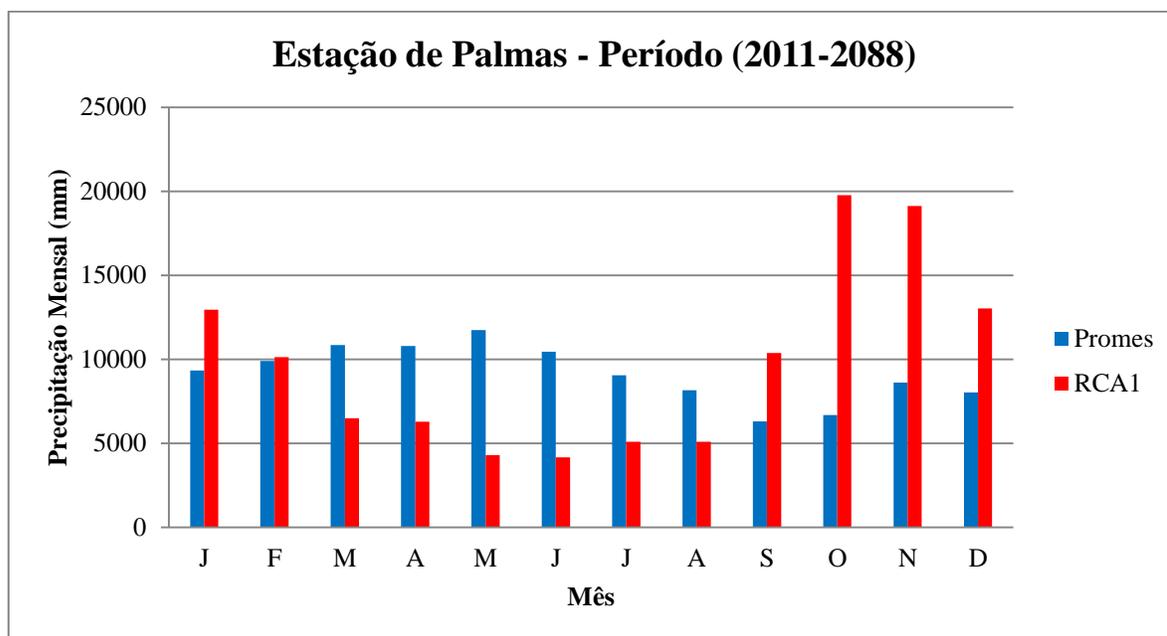


FIGURA 31 - Variação sazonal dos totais precipitados mensais na Estação de Palmas (2011 – 2088)
 FONTE: O autor (2012)

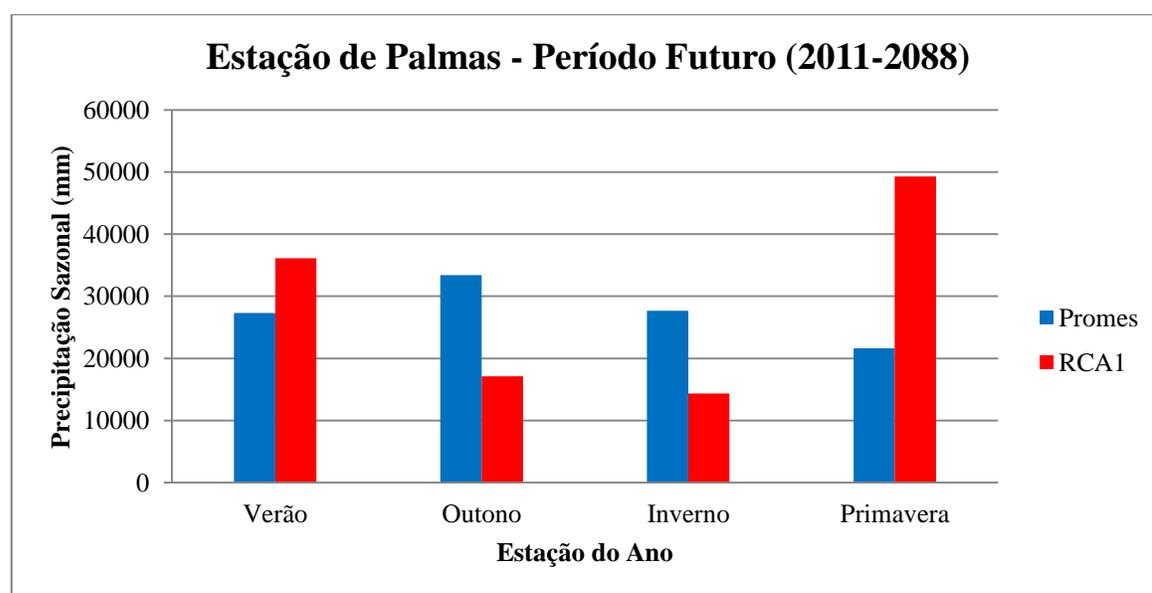


FIGURA 32 - Variação sazonal dos totais precipitados nas quatro épocas do ano, na Estação de Palmas (2011 – 2088)
 FONTE: O autor (2012)

Semelhante a União da Vitória, na estação de Palmas (FIGURAS 31 e 32), o modelo RCA1 apresenta uma sazonalidade bem definida, ao contrario do cenário apresentado pelo modelo PROMES, onde não se observa uma variação nítida.

Contudo, de modo geral nas quatro estações pode-se observar que o modelo RCA1 apresenta melhor definição de sazonalidade em relação aos resultados gerados pelo modelo PROMES. Esta afirmação pode ser comprovada principalmente nas estações de Guarapuava, União da Vitória e Palmas, onde a análise exploratória dos resultados do PROMES, não permite definir claramente um comportamento sazonal das séries, por esta não ser facilmente visível.

4.6 Análise de frequência de precipitação máxima diária

A análise de frequência de extremos máximos diários em função do período de retorno no período histórico de 1961 a 2010 e no período futuro (2011 – 2088), através das probabilidades de distribuição Gumbel, Log-Normal e Exponencial, projetando o período de retorno, resultou nas TABELAS 17, 18, 19, 20, 21 e 22, abaixo apresentadas.

Analizando as TABELAS 17, 18 e 19 correspondentes o período histórico, pode-se observar que as estações de Curitiba e Guarapuava apresentam para o mesmo período de retorno, maior quantidade de precipitação nos resultados gerados pelos modelos, comparados com os dados observados. Situação inversa é observada nas estações de União da Vitória e de Palmas, onde se observa para o mesmo período de retorno, maior altura de precipitação nos dados observados, comparados com os resultados gerados pelos modelos.

No período futuro, as TABELAS 20, 21 e 22 apresentam para o mesmo período de retorno, maiores quantidades de precipitação diária nos resultados gerados pelo modelo RCA1, comparados com os resultados gerados pelo modelo PROMES.

4.6.1 Distribuição Gumbel

TABELA 17 - Precipitação máxima diária esperada no período histórico (1961 – 2010) – Distribuição Gumbel

Período de Retorno	Nome da Estação - Precipitação Máxima Diária (mm)											
	Curitiba			Guarapuava			União da Vitória			Palmas		
Anos	Observado	RCA1	PROMES	Observado	RCA1	PROMES	Observado	RCA1	PROMES	Observado	RCA1	PROMES
5	94,8	124,5	119,1	102,6	108,8	108,3	132,8	105,9	101,7	113,8	108,4	108,6
10	108,5	147,5	138,9	116,9	125,4	123,7	162,6	120,8	116,4	133,9	123,7	125,6
50	138,6	198,0	182,5	148,3	162,0	157,6	228,3	153,5	148,6	178,2	157,6	163,1
100	151,3	219,3	200,9	161,5	177,5	171,9	256,0	167,3	162,3	196,9	171,9	178,9
500	180,7	268,6	243,4	192,2	213,3	205,0	320,1	199,3	193,8	240,2	205,0	215,5
1000	193,3	289,8	261,7	205,4	228,6	219,3	347,7	213,0	207,3	258,8	219,2	231,2
10000	235,3	360,2	322,5	249,2	279,7	266,5	439,2	258,7	252,3	320,5	266,4	283,5

FONTE: O autor (2012)

TABELA 18 - Precipitação máxima diária esperada no período futuro (2011 – 2088) – Distribuição Gumbel

Período de Retorno	Nome da Estação - Precipitação Máxima Diária (mm)							
	Curitiba		Guarapuava		União da Vitória		Palmas	
Anos	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES
5	139,6	127,6	135,9	132,6	133,5	123,5	138,8	125,4
10	164,5	145,7	159,8	153,2	155,8	142,6	161,6	145,2
50	219,4	185,6	212,3	198,6	204,7	184,7	211,7	188,8
100	242,7	202,4	234,5	217,7	225,4	202,5	232,9	207,2
500	296,3	241,4	285,8	262,0	273,3	243,7	281,8	249,7
1000	319,4	258,1	307,9	281,1	293,8	261,4	302,9	268,0
10000	396,0	313,7	381,1	344,3	362,1	320,1	372,7	328,7

FONTE: O autor (2012)

4.6.2 Distribuição Exponencial

TABELA 19 - Precipitação máxima diária esperada no período histórico (1961 – 2010) – Distribuição Exponencial

Período de Retorno	Nome da Estação - Precipitação Máxima Diária (mm)											
	Curitiba			Guarapuava			União da Vitória			Palmas		
Anos	Observado	RCA1	PROMES	Observado	RCA1	PROMES	Observado	RCA1	PROMES	Observado	RCA1	PROMES
5	92,2	120,2	115,4	99,9	105,6	105,4	127,2	103,1	99,0	110,0	105,5	105,4
10	108,4	147,4	138,8	116,8	125,4	123,6	162,5	120,7	116,3	133,8	123,7	125,5
50	146,0	210,5	193,3	156,1	171,1	166,0	244,6	161,6	156,6	189,2	166,0	172,4
100	162,2	237,7	216,7	173,0	190,8	184,2	279,9	179,2	174,0	213,0	184,2	192,5
500	199,9	300,7	271,2	212,2	236,6	226,6	361,9	220,1	214,3	268,4	226,5	239,3
1000	216,0	327,9	294,6	229,1	256,3	244,8	397,3	237,7	231,7	292,2	244,7	259,5
10000	269,9	418,2	372,5	285,2	321,8	305,4	514,6	296,2	289,3	371,4	305,3	326,5

FONTE: O autor (2012)

TABELA 20 - Precipitação máxima diária esperada no período futuro (2011 – 2088) – Distribuição Exponencial

Período de Retorno	Nome da Estação - Precipitação Máxima Diária (mm)							
	Curitiba		Guarapuava		União da Vitória		Palmas	
Anos	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES
5	134,9	124,2	131,4	128,8	129,4	119,9	134,5	121,7
10	164,4	145,7	159,7	153,2	155,7	142,6	161,5	145,1
50	233,1	195,5	225,3	209,8	216,9	195,2	224,1	199,6
100	262,6	216,9	253,6	234,2	243,3	217,9	251,1	223,0
500	331,3	266,7	319,3	290,9	304,4	270,5	313,7	277,4
1000	360,8	288,2	347,5	315,3	330,8	293,1	340,7	300,9
10000	459,1	359,4	441,4	396,3	418,3	368,4	430,3	378,8

FONTE: O autor (2012)

4.6.3 Distribuição Log-Normal

TABELA 21 - Precipitação máxima diária esperada no período histórico (1961 – 2010) – Distribuição Log-Normal

Período de Retorno	Nome da Estação - Precipitação Máxima Diária (mm)											
	Curitiba			Guarapuava			União da Vitória			Palmas		
Anos	Observado	RCA1	PROMES	Observado	RCA1	PROMES	Observado	RCA1	PROMES	Observado	RCA1	PROMES
5	97,3	119,1	118,9	102,0	110,7	110,9	118,7	105,3	103,8	179,6	107,8	109,2
10	111,8	136,9	137,7	114,0	127,9	126,9	137,3	117,9	118,7	293,9	120,9	125,6
50	142,3	174,5	177,9	138,5	164,4	160,5	177,2	143,8	150,2	695,8	147,9	160,4
100	155,0	190,1	194,7	148,3	179,6	174,4	193,8	154,1	163,1	941,3	158,7	174,7
500	184,2	226,1	233,8	170,4	214,9	206,3	232,5	177,5	192,9	1742,0	183,2	208,1
1000	196,1	240,8	249,9	179,3	229,4	219,3	248,4	186,8	205,1	2179,0	193,0	221,7
10000	223,1	274,1	286,5	198,9	262,3	248,6	284,5	207,6	232,4	3447,8	214,8	252,6

FONTE: O autor (2012)

TABELA 22 - Precipitação máxima diária esperada no período futuro (2011 – 2088) – Distribuição Log-Normal

Período de Retorno	Nome da Estação - Precipitação Máxima Diária (mm)							
	Curitiba		Guarapuava		União da Vitória		Palmas	
Anos	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES
5	137,0	129,4	137,3	133,6	133,5	125,0	139,7	128,0
10	159,3	147,0	162,4	153,6	154,7	144,1	162,3	148,9
50	207,3	183,9	217,7	196,1	200,5	184,8	210,8	194,1
100	227,4	198,9	241,3	213,6	219,5	201,6	231,1	213,0
500	274,6	233,4	297,5	254,3	264,1	240,8	278,6	257,4
1000	294,0	247,3	321,0	270,9	282,4	256,9	298,2	275,8
10000	338,4	278,6	375,2	308,5	324,2	293,3	342,9	317,6

FONTE: O autor (2012)

Estes resultados podem ser devido a fatores condicionantes de cada modelo, como a radiação solar que influencia na temperatura, ou direção e intensidade dos ventos. Por outro lado, vale lembrar que os RCM têm aproximadamente resoluções típicas entre 25 km a 50 km (RUMMUKAINEN, 2010). Esta particularidade faz diferença na interpolação de dados pelos *softwares* matemáticos, pois, ao fazerem a aproximação até ao ponto de grade mais próximo do local de estudo, os mesmos sugerem posições diferentes dependendo do modelo.

Contudo, informação mais detalhada sobre interpolação de dados pode ser encontrada em Kaviski (1992), Burrough (1998), Hartkamp (1999) e Mazzini e Schettini (2009).

4.7 Breves Considerações

Observa-se que a análise exploratória dos dados foi bastante aplicada neste capítulo por ser de fácil interpretação, uma vez que está claro que os testes estatísticos não são conclusivos. Contudo, os resultados deram uma nítida evidência de alterações no comportamento da precipitação, embora que, em alguns casos não muito significantes.

Deste modo, fica a dúvida se as mesmas são devido a variabilidade climática ou a mudanças climáticas. No entanto, observa-se que grande parte destas alterações ocorreu a partir da década de 70.

Outro aspecto interessante observado neste capítulo foi a diferença na quantidade de precipitação exibida na série observada em relação as geradas pelos modelos climáticos regionais. Pois, de modo geral, esperava-se para o mesmo período de retorno, mesmas quantidade de chuva, tanto nas séries observadas como nas geradas pelos modelos.

No entanto, o resultado desperta certa preocupação nos critérios de definição da vida útil dos empreendimentos, uma vez que, na projeção futura da precipitação observa-se uma diferença nítida nos resultados gerados pelos modelos climáticos. Portanto, não dando uma evidência clara da variação futura da precipitação.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

CONCLUSÕES

Analisando as séries históricas e os cenários futuros gerados pelos RCM, conclui-se que, em termos de tendência anual de precipitação, a bacia do Rio Iguaçu apresenta uma ligeira tendência de aumento da precipitação. Esta tendência pode ser atribuída às mudanças climáticas, pois, notou-se um aumento significativo na quantidade de precipitação, principalmente a partir da década de 70, que segundo Müller, *et al.* (1998), foi a altura em que houve uma mudança considerável no uso e aproveitamento do solo e dos recursos hídricos.

Quanto à sazonalidade, os dados observados não demonstram haver uma sazonalidade definida. No entanto, os resultados gerados pelos cenários, mostram claramente, tanto no período histórico como no futuro, períodos de chuva bem definidos. Isto é, maior tendência de aumento da intensidade de precipitação principalmente nas épocas de verão e primavera, onde ficaram evidentes as variações na quantidade de precipitação.

Contudo, esta variação não pode ser totalmente atribuída às mudanças climáticas, pois, o inverno, na bacia do Iguaçu tem grandes influências da frente polar e da frente fria vinda da Argentina, e muito pouco das massas de ar da Amazônia. Por sua vez no verão, a questão orográfica do terreno tem mais influência no comportamento climático da bacia, isto é, as massas marítimas se deslocam para o interior, e devido as elevações se formam as chuvas orográficas (SILVEIRA, 2012).

Portanto, trata-se de um comportamento climático dependente da circulação atmosférica regional.

Na análise da frequência de máximos precipitados na bacia do Rio Iguaçu, o período histórico (1961 – 2010) apresentou nos cenários gerados através dos modelos climáticos regionais, para as estações de Curitiba e Guarapuava, quantidades de chuva superior à projetada pelos dados observados. Contrariamente, as estações de União da Vitória e Palmas apresentaram um cenário oposto, isto é, maior quantidade de precipitação nos dados observados. No período (2011 – 2088), os RCM geraram mais

uma vez, cenários diferentes para os mesmos períodos de retorno, tendo o modelo RCA1 apresentado os valores mais elevados.

Logo, desta análise de extremos diários de precipitação, conclui-se que para o mesmo período de retorno, usando diferentes cenários, os máximos precipitados serão sempre diferentes, devido a vários fatores, se destacando entre eles o efeito da radiação solar, altitude do local e a distância do ponto de grade entre os modelos.

Deste modo, fica difícil a tomada de qualquer decisão quando ao melhor modelo de previsão a ser usado. No entanto, claro que diferentes cenários de valores extremos, não significam necessariamente que um dos métodos seja inválido, mais sim, remetem-nos a uma pesquisa paralela, como por exemplo, olhar para o histórico da estação, pois, de alguma forma, os modelos podem estar a sobre ou subestimar os seus resultados. Contudo, continuam sendo os melhores estimadores, precisamente por levaram em conta a composição da atmosfera e os fatores que influenciam na mudança do clima.

RECOMENDAÇÕES

Atualmente, o grande desafio da higrologia e da meteorologia, e mais especificamente, da climatologia, está no entendimento das causas que resultam nas alterações climáticas e na previsão dessas alterações num horizonte sazonal e anual. Portanto, está claro que com o conhecimento profundo das mesmas, é possível prever a ocorrência de eventos extremos, que possam afetar substancialmente o desenvolvimento da sociedade.

Assim sendo, em função dos resultados obtidos neste estudo, como contribuição para este grande desafio, principalmente em estudos sobre o impacto das mudanças climáticas, recomenda-se:

- O uso dos modelos RCA1 e PROMES para a obtenção de cenários de precipitação em análises do gênero, pois, apresentaram resultados satisfatórios, embora que o PROMES tenha sido menos coerente se comparados com os dados observados;

- Realizar mais estudos comparando dados observados a cenários gerados por modelos, mas, no entanto com um número maior de modelos, e envolvendo mais estações de medição, bem como a correção de BIAS, e comparar os resultados finais com os deste estudo para ver se existe alguma diferença;
- Estender os mesmos procedimentos analíticos deste trabalho a outras regiões, e comparar os resultados obtidos como forma de discutir esta metodologia de análise de dados climatológicos.

Num cenário social, em que este tipo de informação é usada por diversas entidades públicas, como por exemplo, a agricultura para a identificação da melhor época de plantio de cada cultura, ou em usinas hidroelétricas para o dimensionamento de vertedores, recomenda-se:

- Que se observe com muita atenção a relação entre os dados observados e os cenários gerados pelos modelos, pois, a sobre ou subestimação, poderão respectivamente, acarretar custos elevados ou causar grandes prejuízos;
- Maior alerta a defesa civil quanto aos possíveis retornos de eventos extremos, pois, muitas vezes se baseia somente em cenários históricos;
- Tornar o rio Iguaçu, numa bacia experimental de modo a garantir a atualização e manutenção da informação existente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, G. R; BAPTISTA, M. B; NAGHETTINI, M. Estudo para identificação de tendências temporais da altura anual de precipitação na região metropolitana de Belo Horizonte a partir de modelos climáticos. XVIII Simpósio Brasileiro de recursos Hídricos. Campo Grande. 2009. **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de recursos Hídricos**. Porto Alegre: ABRH, V.1. 2009.

AZEVEDO, D. C. Chuvas no Brasil: regime, variabilidade e probabilidades de alturas mensais e anuais. **Dissertação de Mestrado**. Porto Alegre. UFRGS. 1974. Disponível em: <http://www.bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online>. Acesso em: 29 de Julho de 2012.

AZEVEDO, L. C. Análise da precipitação pluvial da bacia do rio Iguaçu-Paraná **Dissertação de Mestrado**. Maringá. Universidade Estadual de Maringá. 2006. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br>. Acesso em: 29 de Julho de 2012.

BACK, A. J. Aplicação de Análise Estatística para Identificação de Tendências Climáticas. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, V.36, n.5. p.717-726. 2001. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/pab/v36n5/5544.pdf>. Acesso em: Março de 2012.

BLAIN, G. C. Detecção de tendências monótonas em séries mensais de precipitação pluvial do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, V. 69, N. 4, p1027-1033. Março, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v26n2/12.pdf> Acesso em: 20 de Julho de 2012.

BLAIN, G. C. Considerações estatísticas relativas a seis séries mensais de temperatura do ar da secretaria de agricultura e abastecimento do Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, V. 26, N. 2, p279-296. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v26n2/12.pdf>. Acesso em: 22 de Julho de 2012.

BARROS, V. R; GONZALEZ, M; LIEBMANN, B; CAMILLONI, I. Influence of the South Atlantic Convergence Zone and South Atlantic sea surface temperature on interannual summer rainfall variability in Southeastern South America. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 67, p. 123–133. 2000.

BARROS, V; CLARKE, R; DIAS P. S. A Mudança do clima na Bacia do Prata. Projeto SGP II 057: “*Trends in the hydrological cycle of the Plata basin: Raising awareness and new tools for water management*”. **Instituto Inter-Americano para Mudanças Globais**. 2011.

BATES, B. C; KUNDZEWICZ, Z. W; WU, S; PALUTIKOF, J. P. Climate Change and Water. **Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat**, 210 pp, pp 3, 4, 15-26, 93. Geneva. 2008. Disponível em: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_technical_papers.shtml#T_RgLPJj0T0. Acesso em: 04 de Julho de 2012.

BATISTA, A. L; FREITAS Jr, S. A de; DETZEL, D. H. M; MINE, M. R. M; FILL, H. D. O. A; FERNANDES, C; KAVISKI, E. Verificação da estacionariedade de séries hidrológicas no Sul-Sudeste do Brasil. In.:_____ **Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Campo Grande, p. 1-19, 2009.

BLACK, T. L. The new NMC mesoscale Eta model: Description and forecast examples. **Weather and Forecasting**, 9: 265-278. 1994.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia (MMEa); Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Boletim Pluviométrico: Bacia do Rio Iguaçu**. Brasília, Série P6.01. 1984.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia (MMEb): Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica; Divisão de Controle de Recursos Hídricos. Avaliação Qualitativa e Quantitativa dos Recursos Hídricos da Bacia do Iguaçu. **Informativo técnico N. 6**. Brasília. Capítulo III. 1986.

BRIAN, D. Sistema de Exibição e Análise de Grade GrADS. Sistema de Visualização e Operação Meteorológica. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. São Paulo. 1998. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/ManualGrADS/gradcomdgrads.html> e <http://www.iges.org/grads/gadoc/index.html>. Acesso em: Março de 2012.

BURROUGH, P. A. Principles of geographical information systems. **Oxford University, Inglaterra**. 1998.

CARLOS A. N. Mudanças Climáticas Globais: Possíveis Impactos nos Ecossistemas do País. **Parcerias Estratégicas**: N. 12, Setembro, 2001.

CHAPMAN, P. Sorry to ruin the fun, but an ice cometh. **The Australian – Online newspaper of the year**. 2008. Disponível em: <http://www.theaustralian.news.com.au/story/0,25197,23583376-5013480,00.html>. Acesso em: 05 de Julho de 2012.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. Introduzindo Hidrologia. **Universidade Federal do Rio grande do Sul**. Rio Grande do Sul. 2008.

DERECZYNSKI, C. P; PRISTO, M. V. J; CHOU, S. C; CAVALCANTI, I. F. A; ROZANTE, J. R. Avaliação das Previsões do Modelo Eta na Região da Serra do Mar (Estado de São Paulo). **Anuário do Instituto de Geociências – Universidade Federal do Rio de Janeiro**. Brasil. Outubro de 2010. Disponível em: www.anuario.igeo.ufrj.br. Acesso em: Março de 2012.

DETZEL, D. H. M; BESSA, M. R; VALLEJOS, C. A. V; SANTOS, A. B; THOMSEN, L. S; MINE, M. R. M; BLOOT, M. O L; ESTRÓCIO, J. P. Estacionariedade das Afluências às Usinas Hidrelétricas Brasileiras. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Volume 16, N. 3, p. 95-111. 2011.

FERNANDES, C. V. S. Avaliação da Robustez de Algumas Distribuições de Extremos Aplicada a Séries de Observações Fluviométricas e Pluviométricas. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica)**. Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1990.

FILL, H. D. Análise da estacionariedade das vazões do rio Iguaçu em União da Vitória. **In: XIX Simpósio Brasileira de Recursos Hídricos**. Maceió. 2011.

FOLHES, M. T; FISCH, G. Caracterização climática e estudo de tendências nas séries temporais de temperatura do ar e precipitação em Taubaté (SP). **Revista Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, V. 1, N. 1. 2006. Disponível em: Acesso em: 22 de Julho de 2012.

GARRIDO, J. E; CAZORLA, E. A. D; CUARTERO, F; FERNÁNDEZ, I; GALLARDO, C. PROMESPAR: A parallel implementation of the regional atmospheric model PROMES. **Proceedings of the World Congress on Engineering**. Volume I. London, U.K. July 1 – 3. 2009. Disponível em: http://www.iaeng.org/publication/WCE2009/WCE2009_pp774-779.pdf. Acesso em: Março de 2012.

GRIMM, A. M; GUETTER, A. K; CARAMORI, P. H. El Niño no Paraná: o que se pode esperar em cada região. Uma análise científica. **SIMEPAR - Informativo**, N.1. 1997.

HANSEN, J; SATO, M; RUEDY, R; LO, K; LEA, D. W; MEDINA-ELIZADE, M. Global Temperature Change: Proceedings of the **National Academy Sciences of the USA**, 103: p 14288-14293. 2006.

HARTKAMP, A. D; De BEURS, K; STEIN, A; WHITE, J. W. Interpolation Techniques for Climate Variables. NRG-GIS Series 99-01. Mexico, D.F.: **CIMMYT**, 34p. 1999. Disponível em:
http://apps.cimmyt.org/Research/NRG/pdf/NRGGIS%2099_01.pdf. Acesso em: Março de 2012.

HIDROWEB (**Sistema de Informação Hidrológica da Agência Nacional de Águas – ANA**). Disponível em: <http://www.hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em: Janeiro de 2012.

HIRSCH, R.M.; SLACK J.R.; SM ITH, R.A. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. **Water Resources Research**, v.18, p.107-121, 1982. Disponível em: <http://www.agu.org/pubs/crossref/1982/WR018i001p00107.shtml>. Acesso em: 20 de Julho de 2012.

HIRSCH, R.M.; SLACK, J.R. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. **Water Resources Research**, v.20, p.727-732, 1984. Disponível em: <http://www.agu.org/pubs/crossref/1984/WR020i006p00727.shtml>. Acesso em: 20 de Julho de 2012.

HOTELLING, H; PABST, M. R. Rank Correlation and Test of Significance Involving no Assumption of Normality. Institute of mathematical statistics. **Journal of the american statistical association**. 1936.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Cambridge University Press**. 1996. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/index.htm#.TRnTPJj0T0>. Acesso em: 04 de Julho de 2012.

INSTITUTO DE METEOROLOGIA DE PORTUGAL. Disponível em:
<http://www.meteo.pt>. Acesso em 04 de Julho de 2012.

INTERNATIONAL PAINEL OF CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate change 2007: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers. Geneva: **IPCC**, 2007. 18 p. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/SPM2feb07.pdf>>. Acesso em: Março 2012.

KAVISKI, E. Método de Reginalização de Eventos e Parâmentos Hidrológicos. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica)**. Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

KENDALL, M.A.; STUART, A. **The advanced theory of statistics**. Londres: Charles Griffin, 1967. 690p. disponível em: <http://amstat.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00401706.1963.10490133>. Acesso em: 20 de Julho de 2012.

KOUSKY, V. E; ROPELEWSKI, C. H. Extremes in the Southern Oscillation and their relationship to precipitation anomalies with emphasis on the South América region. **Revista Brasileira de Meteorología**, N.4, 351-363. 1989.

LETTENMAIER, D.P.; WOOD, E.F.; WALLIS, J.R. Hydroclimatological trends in the continental United States, 1948-88. **Journal of Climate**, v.7, p.586-607, 1994. Disponível em: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0442%281994%29007%3C0586%3AHCTITC%3E2.0.CO%3B2>. Acesso em: 20 de Julho de 2012.

LINDZEN, R. S; GIANNITSIS, C. Reconciling observations of global temperature change. **Geophysical Research Letter**, volume 29. 2002. Disponível em: http://www.eaps.mit.edu/faculty/lindzen/203_2001GL014074.pdf. Acesso em: 05 de Julho de 2012.

MANN, H.B. Non-parametric tests against trend. **Econometrica**, v.13, p.245-259, 1945. Disponível em: <http://www.jstor.org/page/info/about/policies/terms.jsp>. Acesso em: 20 de Julho de 2012.

MARENGO, J. A. Mudanças Climáticas Globais e Regionais: Avaliação do Clima Atual do Brasil e Projeções de Cenários Climáticos do Futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 16: p 1-18. 2001.

MARGARIDA, P. Estatística – **Teoria e exercícios passo-a-passo**. Volume I. 2009. Disponível em: http://docentes.ismt.pt/~m_pocinho/Sebenta_estadistica.pdf
Acesso em: Março de 2012.

MARQUES, J. R; DINIZ, G; ASSIS, S. V; ARAUJO, S. M. B; SALDANHA, R. Desenvolvimento e implementação de um modelo estatístico de previsão climatológica de temperaturas máxima para regiões do estado do Rio Grande do Sul. In: **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Florianópolis – Santa Catarina. 2006.

MAZZINI, P. L. F; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, 13(1):53-64.53. 2009.

MERENDA, E. A. Reservatório de Segredo e Área de Entorno: Aspectos Legais e Modificações no Uso do Solo. **Dissertação (Mestrado em Geografia)**. Centro de Ciências Humanas, Letras E Artes: Departamento De Geografia. Universidade Estadual de Maringá. Agosto, 2004.

MOLION, L. C. B. Aquecimento Global: Uma visão crítica. **Revista brasileira de climatologia**. Agosto, 2008. Disponível em:
<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/revistaabclima/article/viewFile/25404/17024>. Acesso em: 05 de Julho de 2012.

MÜLLER, I. I; KRUGER, C. M; KAVISKI, E; Análise de estacionariedade de séries hidrológicas na bacia incremental de Itaipu. **Revista brasileira de recursos hídricos**. Volume 3, N. 4. p. 51-71. 1998. Disponível em:
<http://www.abrh.org.br/novo/arquivos/artigos/v3/v3n4/analise.pdf>. Acesso em: Março de 2012.

NAGHETTINI, M; PINTO, É, J, A. Hidrologia Estatística. **Serviço Geológico do Brasil**. Belo Horizonte. Agosto, 2007.

NERY, J. T; SILVA, E. S; MARTINS, M. L. O. F. Estudo da variabilidade pluviométrica do Estado do Paraná. **Revista UNIMAR**. 16 (3): 505-524. 1994.

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Superintendência dos Recursos Naturais e Meio Ambiente. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Série Recursos Naturais e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro: IBGE. Nº. 24, 421pp. 1979.

NIMER, E. In: **IBGE**. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geografia do Brasil: Região Sul. Rio de Janeiro. 1990.

PARANÁ. **Federação da Agricultura do Estado do Paraná** (FAEP): Departamento de Estudos Económicos e Sociais; Departamento de Imprensa e Relações Públicas. Bacia do rio Iguaçu. P 13, 25, 40. 1970.

PARANÁ. Instituto das Águas do Paraná; Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos: **Anexo I da Revisão Final do “Produto 1.1. Diagnóstico das demandas e disponibilidades hídricas superficiais** (Definição do balanço entre disponibilidade e demandas)”. 2010.

PINTO, N. L. S; HOLTZ, A. C. T; MARTINS, J. A; GOMIDE, F. L. S. Hidrologia Básica. **Editora Edgard Blcher Ltda**. P13-35, 149. São Paulo, Brasil. 1976.

SILVEIRA, R. **Comunicação verbal**. 2012.

Rio Iguaçu-PR. Disponível em:
http://www.achetudoeregiao.com.br/pr/foz_do_iguacu/rio_iguacu.htm). Acesso em:
Novembro de 2011.

ROPELEWSKI, M. A; HALPERT, S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Mon. Weather Rev**, N.115, 1606-1626. 1987.

RUMMUKAINEM, M; RAISANEM, J; BRINHFELT, B; ULLERSTING, A; OMSTEDT, A; WILLEN, U; HANSSON, U; JONES, C. A regional climate model for northern Europe: model description and results from the downscaling of two GCM control simulations. **Climate Dynamic**, 17: 339-359. 2001.

RUMMUKAINEN, M. State-of-the-art with regional climate models. **WIREs Climate Change**, 1: 82-96. 2010.

SANTOS, I; FILL, H. D; SUGAI, M. R. V. B; BUBA, H; KISHI, R. T; MARONE, E; LAUTERT, L. F. C. Hidrometria Aplicada. **Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento**. P 81, 93. 2001.

SILVA, M. E. S; GUETTER, A. K. Mudanças climáticas regionais observadas no estado do Paraná. **Revista Terra Livre**. Volume I, n. 20, p. 111-126, jan/jul. 2003. Disponível em: http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce495/ED_1.pdf. Acesso em: Março de 2012.

SNEYERS, R. Analyse statistique des séries d'observations. Genève: **Organisation Météorologique Mondiale**. 192 p. (OMM Note Technique, 143). 1975.

SPIEGEL, M. R. Estatística. 3ª Edição. **Makron Books**. São Paulo, 1993.

STEINKE, E. T. Considerações sobre Variabilidade e Mudança Climática no Distrito Federal, suas Repercussões nos Recursos Hídricos e Informação ao Grande Público. **Tese (Doutorado em Ecologia)**, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília/DF, Novembro, 2004. Disponível em: http://vsites.unb.br/ib/ecl/docentes/saito/tese_dout_ercilia_t_steinke.pdf. Acesso em: Novembro de 2011.

STERN, R. D.; COE, R. The use of rainfall models in agricultural planning. **Agricultural Meteorology**, Volume 26, p35–50. Março 1982. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0002157182900565>. Acesso em: Março de 2012.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia Ciência e Aplicação. Editora da UFRGS /Ed. da Universidade de São Paulo – EDUSP / **Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH**. 1993.

TUCCI, C. E. M. Impactos da Variabilidade Climática e do Uso do Solo nos Recursos Hídricos. Agência Nacional de Águas - Câmara Temática sobre Recursos Hídricos do Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Relatório técnico**. p. 57, 70 – 74, 122 – 135. Maio, 2002. Disponível em: <http://www.iph.ufrgs.br/corpodocente/tucci/publicacoes/relclima.PDF>. Acesso em: Novembro de 2011.

VILLELA, S. M; MATTOS, A. **Hidrologia Básica**. 1971.

WILCOXON, F. Individual Comparisons by Ranking Methods. *Biometrics Bulletin* - **International Biometric Society**, Vol. 1, No. 6. pp. 80-83. December, 1945.

XU, Z. X; TAKEUCHI, K; ISHIDAIRA, H. Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. **Journal of hidrology**, N. 279, p. 144-150, 2003.

YU, P; YANG, T; WU, C. Impact of climate change on water resources in southern Taiwan. **Journal of Hydrology**, N. 260, p. 161-175. Amsterdam. 2002.

ZILLI, M. T. Variabilidade Interanual da Precipitação de Primavera e Verão na América do Sul, suas Interconexões e seu Impacto nos Principais Aproveitamentos Hidrelétricos Brasileiros. **Tese (Mestrado em Recursos Hídricos)**, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná. 2008.

ZUBELLI, J. P; MOACYR, S; DAYSE H. P. **Tutorial para MATLAB**. Disponível em: <http://w3impa.br/~zubelli/tutorial/node1.html>. Acesso em: 09 de Julho de 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - Séries de dados observados	137
APÊNDICE 2 – Precipitação total anual - Séries observadas e geradas	141
APÊNDICE 3 – Precipitação total anual - Séries geradas (2011 - 2088)	145
APÊNDICE 4 – Precipitação máxima diária - Séries observadas e geradas (1961 – 2010).....	149
APÊNDICE 5 – Precipitação máxima diária - Séries geradas (2011 – 2088)	153
APÊNDICE 6 – Medida de tendência central/ Medida de dispersão	157
APÊNDICE 7 - Tabelas de resultado da análise de tendência anual de precipitação dos dados observados da série total, aplicando testes estatísticos	158
APÊNDICE 8 - Tabelas de resultado da análise de tendência sazonal de precipitação dos dados observados da série total, aplicando testes estatísticos	159
APÊNDICE 9 - Tabelas de dados de tendência sazonal de precipitação no período histórico (1961 – 2010)	160
APÊNDICE 10 - Tabelas de dados de tendência sazonal de precipitação no período futuro (2011 – 2088)	161
APÊNDICE 11 - Análise de tendência anual de precipitação no período histórico (1961 – 2010)	162
APÊNDICE 12 - Análise de tendência anual de precipitação no período futuro (2011 – 2088).....	163
APÊNDICE 13 - Tabelas de resultado da análise de tendência sazonal de precipitação dos dados observados, aplicando um teste estatístico Mann-Kendall Sazonal.....	164
APÊNDICE 14 - Tabelas de resultado da análise de tendência sazonal de precipitação para o modelo RCA1, aplicando um teste estatístico Mann-Kendall Sazonal.....	165
APÊNDICE 15 - Tabelas de resultado da análise de tendência sazonal de precipitação para o modelo RCA1, aplicando um teste estatístico Mann-Kendall Sazonal.....	166
APÊNDICE 16 - Tabelas de resultado da análise de tendência sazonal de precipitação para o modelo PROMES, aplicando um teste estatístico Mann-Kendall Sazonal.....	167
APÊNDICE 17 - Tabelas de resultado da análise de tendência sazonal de precipitação para o modelo PROMES, aplicando um teste estatístico Mann-Kendall Sazonal.....	168
APÊNDICE 18 - Variação anual da precipitação na série total de dados observados	169
APÊNDICE 19 - Variação sazonal da precipitação na série total de dados observados	173
APÊNDICE 20 - Análise de frequência de precipitação máxima diária em função do período de retorno no período histórico (1961 – 2010)	181
APÊNDICE 21 - Análise de frequência de precipitação máxima diária em função do período de retorno no período futuro (2011 – 2088).....	193
APÊNDICE 22 – Correlação linear entre os dados observados e gerados pelos modelos	205
APÊNDICE 23 - Correlação linear entre os dados observados e gerados pelos modelos	209
APÊNDICE 24 - Funções desenvolvidas para programas de linguagem matemática	213

APÊNDICE 1 - Séries de dados observados

ESTAÇÃO DE CURITIBA

Ano	Precipitação	Ano	Precipitação	Ano	Precipitação	Ano	Precipitação
1889	1420,2	1922	1623,1	1952	1386,4	1982	1609,3
1890	1280,9	1923	1344,5	1953	1268,5	1983	1992,7
1891	1616,6	1924	902,4	1954	1730	1984	1479,9
1892	1278,7	1925	1408	1955	1462	1985	765,5
1893	1266,4	1926	1532,5	1956	1196,5	1986	1364,2
1894	1354,2	1927	1493,2	1957	2165,2	1987	1388
1895	1385	1928	1433,7	1958	1431,9	1988	1213,1
1896	1471,9	1929	1406	1959	1204,5	1989	1459,8
1897	1157,7	1930	1204,3	1960	1629,8	1990	1747,8
1898	1845,4	1931	1632,1	1961	1682,8	1991	1115,2
1899	1718,2	1932	1513,4	1962	1167,1	1992	1255,7
1900	1278,3	1933	795,2	1963	1413,9	1993	1876,2
1901	1128,7	1934	1302,3	1964	1325,9	1994	1136,3
1902	1167,5	1935	1598,3	1965	1753,4	1995	1650,5
1903	686,4	1936	1366,5	1966	1433,7	1996	1891,8
1904	1226,8	1937	1413,9	1967	1287,3	1997	1798,2
1905	1600,4	1938	1648,8	1968	921,8	1998	2071,2
1906	1088,3	1939	1413,5	1969	1464,8	1999	1683,4
1907	1476,1	1940	1131,3	1970	1713	2000	1502
1908	1217,3	1941	1318,1	1971	1308,8	2001	1894,1
1909	1006,5	1942	1145,2	1972	1870,9	2002	1577,6
1910	1189,4	1943	1227,8	1973	1511,5	2003	1520,3
1911	1917,1	1944	1177	1974	1306,8	2004	1191,2
1913	863,4	1945	1274,6	1975	1537,3	2005	1333,2
1914	1566,5	1946	1700,2	1976	1480,5	2006	932,4
1915	1360,7	1947	1608,8	1977	1473,7	2007	1337,8
1916	1030,6	1948	1341,1	1978	1055,4	2008	1157,8
1917	1079,2	1949	1233,9	1979	1299,4	2009	1659,4
1920	808	1950	1469,9	1980	1551,6	2010	1459
1921	1227,4	1951	1190,2	1981	947,4	2011	1552,5

ESTAÇÃO DE GUARAPUAVA

Ano	Precipitação	Ano	Precipitação
1953	1547,5	1983	2644,4
1954	2428,1	1984	1991,5
1955	2084,3	1985	1261
1956	1543,1	1986	1725,7
1957	2412,9	1987	1689,8
1958	1486,4	1988	1329,7
1959	1303,3	1989	2063,8
1960	1649	1990	1960,1
1961	1258,3	1991	1514,5
1962	1505,3	1992	2254,8
1963	1584,8	1993	1993,6
1964	1990,1	1994	1818,2
1965	1793,1	1995	1742,7
1966	1478,5	1996	1900,7
1967	1367,6	1997	2184,2
1968	1140,3	1998	2422,9
1969	1828,7	1999	1735,8
1970	1680,4	2000	2013,8
1971	1986	2001	2400,5
1972	2099,5	2002	2209,6
1973	1991,8	2003	1983,4
1974	1546,4	2004	1795,1
1975	1565,7	2005	2065
1976	1966,4	2006	1428,3
1977	1333,1	2007	1744,1
1978	1278,7	2008	1786
1979	1863,3	2009	2171,7
1980	1802,2	2010	2238,8
1981	1461,6	2011	1690,7
1982	2198,6		

ESTAÇÃO DA UNIÃO DA VITÓRIA

Ano	Precipitação	Ano	Precipitação	Ano	Precipitação
1938	1227,7	1963	1378,3	1988	1410
1939	1490,7	1964	1411,5	1989	1823,9
1940	1241,3	1965	2000,5	1990	2305,9
1941	1605,7	1966	1475,6	1991	1557,6
1942	1340,8	1967	1530,5	1992	2046,5
1943	1457,7	1968	1178,4	1993	1834,7
1944	1155,4	1969	1794,3	1994	1560,4
1945	1198,7	1970	1694,8	1995	1690,9
1946	1872,5	1971	1662,5	1996	2095,2
1947	1650,8	1972	2018,8	1997	2150,7
1948	1489,1	1973	1993,5	1998	2922
1949	1320,5	1974	1346,7	1999	1520,4
1950	1470,4	1975	1910,8	2000	1724,5
1951	1552	1976	1624	2001	1892,7
1952	1576,6	1977	1626,8	2002	1627,2
1953	1512	1978	1135,9	2003	1461
1954	1721,3	1979	1925,3	2004	1554,4
1955	1760,8	1980	1800,5	2005	1665,2
1956	1398,9	1981	1322,8	2006	1018,2
1957	1853,8	1982	1885,8	2007	1385,1
1958	1304,8	1983	2904,9	2008	1518,9
1959	1068,8	1984	1670,8	2009	1524,5
1960	1339,9	1985	1031	2010	2110,5
1961	1494,6	1986	1476,4	2011	2181,3
1962	1312,1	1987	1562,5		

ESTAÇÃO DE PALMAS

Ano	Precipitação	Ano	Precipitação	Ano	Precipitação
1925	1713	1954	3015,2	1984	2041,6
1926	1554,7	1955	2086,1	1985	1319,6
1927	1922,9	1956	2300,7	1986	1811,2
1928	2304,5	1957	4397,8	1987	1910,5
1929	1855,5	1958	3991,9	1988	1623,2
1930	1625,5	1959	1594,6	1989	2207,9
1931	2036,6	1960	2030,7	1990	2656,6
1932	2524,5	1961	2478	1991	1846,3
1933	1153,3	1962	1710,1	1992	2425,4
1934	1639,2	1963	1239,7	1993	2077
1935	2448,6	1965	980,1	1994	2308
1936	2435,8	1966	1015,5	1995	1624,6
1937	1826,8	1967	1459,9	1996	2267,4
1938	1822,7	1968	1345,4	1997	2602,7
1939	2761,1	1969	1974,5	1998	3048,4
1940	2149,7	1970	1933,5	1999	1773,3
1941	2619,3	1971	1935,2	2000	2213,6
1942	1962,5	1972	2236	2001	2255,4
1943	2286,2	1973	2415,4	2002	2020,2
1944	1346,6	1975	824,3	2003	1751,4
1945	2282,5	1976	959,5	2004	1667,8
1946	4462,1	1977	1843,2	2005	2259,1
1947	4337,5	1978	1751,2	2006	1478,1
1948	3232,1	1979	2129,7	2007	2448,8
1949	2944,2	1980	1944	2008	2113,5
1950	2875,8	1981	1819,6	2009	1704
1951	1830,8	1982	2415,6	2010	2263
1952	1679,9	1983	3290	2011	2167,8
1953	2372,9				

APÊNDICE 2 – Precipitação total anual - Séries observadas e geradas

Período Histórico - Estação de Curitiba

Ano	Observados	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)	Ano	Observados	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
1961	1682,8	2797,2	2903,8	1991	1115,2	1328,5	2643,8
1962	1167,1	1450,6	3604,4	1992	1255,7	1782,6	2324,2
1963	1413,9	1628,4	2510,4	1993	1876,2	1574,3	2791,4
1964	1325,9	1540,0	2721,0	1994	1136,3	1517,8	1616,4
1965	1753,4	1513,3	2902,0	1995	1650,5	2069,8	2715,0
1966	1433,7	1876,1	2786,1	1996	1891,8	1811,0	2838,0
1967	1287,3	2065,4	2161,2	1997	1798,2	1157,1	3351,2
1968	921,8	1452,8	2404,6	1998	2071,2	1470,8	2595,5
1969	1464,8	1270,2	2622,4	1999	1683,4	1311,0	2130,4
1970	1713,0	1623,6	2693,5	2000	1502,0	1463,4	2696,2
1971	1308,8	1700,7	1925,8	2001	1894,1	1277,9	2975,8
1972	1870,9	1395,6	3376,5	2002	1577,6	1261,8	2418,1
1973	1511,5	1487,1	2267,7	2003	1520,3	1494,1	2517,9
1974	1306,8	1917,9	2621,1	2004	1191,2	1091,4	2495,2
1975	1537,3	1701,4	2559,1	2005	1333,2	2476,0	2286,9
1976	1480,5	1552,7	2147,8	2006	932,4	1825,8	2330,0
1977	1473,7	1461,9	2359,9	2007	1337,8	2219,6	2539,9
1978	1055,4	1366,5	2279,7	2008	1157,8	1741,5	2690,0
1979	1299,4	1202,4	2212,9	2009	1659,4	1046,1	2603,5
1980	1551,6	2046,2	2003,7	2010	1459,0	1500,0	3035,2
1981	947,4	1354,4	2559,5				
1982	1609,3	1982,6	2110,2				
1983	1992,7	1388,0	3011,2				
1984	1479,9	1345,4	2696,3				
1985	765,5	1185,1	2888,7				
1986	1364,2	1041,1	3548,2				
1987	1388,0	1306,4	2403,3				
1988	1213,1	1819,7	2622,5				
1989	1459,8	1663,3	2392,3				
1990	1747,8	902,9	2083,8				

Período Histórico - Estação de Guarapuava

Ano	Observados	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)	Ano	Observados	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
1961	1258,3	1722,9	1591,3	1991	1514,5	1144,0	1029,7
1962	1505,3	933,1	2071,4	1992	2254,8	1035,4	1991,4
1963	1584,8	1385,0	1369,3	1993	1993,6	740,7	941,1
1964	1990,1	1300,8	1448,4	1994	1818,2	749,2	1232,7
1965	1793,1	1377,4	1324,9	1995	1742,7	1121,7	2064,4
1966	1478,5	1251,3	1627,1	1996	1900,7	806,9	1331,6
1967	1367,6	1238,7	1331,4	1997	2184,2	794,5	1460,8
1968	1140,3	853,8	1773,0	1998	2422,9	1026,3	1926,6
1969	1828,7	1171,7	1666,5	1999	1735,8	802,4	1629,4
1970	1680,4	1119,6	1193,0	2000	2013,8	788,9	1222,5
1971	1986,0	904,5	945,8	2001	2400,5	868,9	1303,2
1972	2099,5	1118,4	1147,4	2002	2209,6	832,0	1350,2
1973	1991,8	1320,6	1625,0	2003	1983,4	829,3	1410,6
1974	1546,4	1637,7	1547,3	2004	1795,1	738,5	1267,7
1975	1565,7	1212,2	1312,2	2005	2065,0	1465,5	1416,2
1976	1966,4	889,4	1368,6	2006	1428,3	1155,7	1768,2
1977	1333,1	696,0	1567,5	2007	1744,1	1290,6	1066,8
1978	1278,7	1229,5	1445,4	2008	1786,0	991,4	1582,5
1979	1863,3	776,2	1408,8	2009	2171,7	452,6	1809,3
1980	1802,2	1138,0	1100,1	2010	2238,8	724,4	1304,3
1981	1461,6	1056,2	1442,3				
1982	2198,6	1364,4	1372,2				
1983	2644,4	1080,7	1382,6				
1984	1991,5	1007,3	1835,4				
1985	1261,0	654,2	1803,6				
1986	1725,7	469,5	1403,8				
1987	1689,8	1027,2	1453,5				
1988	1329,7	1247,1	1403,6				
1989	2063,8	994,3	1477,0				
1990	1960,1	777,6	1290,8				

Período Histórico - Estação de União da Vitória

Ano	Observados	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)	Ano	Observados	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
1961	1494,6	1461,1	1495,2	1991	1557,6	1536,6	1064,2
1962	1312,1	964,1	1949,9	1992	2046,5	1228,0	2129,2
1963	1378,3	1330,9	1435,5	1993	1834,7	908,9	1044,2
1964	1411,5	1397,2	1562,9	1994	1560,4	1123,4	1275,7
1965	2000,5	1697,9	1152,9	1995	1690,9	1323,2	1845,4
1966	1475,6	1257,8	1762,4	1996	2095,2	838,6	1310,0
1967	1530,5	1435,2	1374,4	1997	2150,7	1116,4	1590,5
1968	1178,4	1145,0	1957,4	1998	2922,0	1286,5	2106,7
1969	1794,3	1273,0	1464,6	1999	1520,4	1105,6	1585,3
1970	1694,8	1120,7	1334,6	2000	1724,5	1084,1	1268,9
1971	1662,5	1085,2	954,1	2001	1892,7	930,6	1431,7
1972	2018,8	1243,1	1211,3	2002	1627,2	951,5	1290,1
1973	1993,5	1658,8	1654,0	2003	1461,0	844,8	1263,0
1974	1346,7	1934,5	1431,0	2004	1554,4	803,2	1390,4
1975	1910,8	1387,8	1378,7	2005	1665,2	1699,2	1580,8
1976	1624,0	1226,4	1349,4	2006	1018,2	1134,6	1935,5
1977	1626,8	852,4	1680,2	2007	1385,1	1110,3	1169,0
1978	1135,9	1299,6	1436,1	2008	1518,9	1264,4	1439,0
1979	1925,3	926,6	1500,8	2009	1524,5	694,0	1618,2
1980	1800,5	1354,0	1166,0	2010	2110,5	1048,7	1157,1
1981	1322,8	1189,6	1512,9				
1982	1885,8	1606,1	1376,7				
1983	2904,9	1730,0	1407,0				
1984	1670,8	1349,7	1817,6				
1985	1031,0	986,7	1797,8				
1986	1476,4	735,7	1397,6				
1987	1562,5	1360,7	1411,5				
1988	1410,0	1422,1	1416,3				
1989	1823,9	1115,8	1376,9				
1990	2305,9	900,3	1174,1				

Período Histórico - Estação de Palmas

Ano	Observados	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)	Ano	Observados	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
1961	2478,0	1689,7	1462,6	1991	1846,3	1782,3	1062,1
1962	1710,1	1026,9	1691,2	1992	2425,4	1393,8	1949,4
1963	1239,7	1444,3	1398,3	1993	2077,0	1016,9	996,5
1964		1563,8	1500,6	1994	2308,0	1321,6	1110,8
1965	980,1	1894,9	1028,0	1995	1624,6	1486,9	1996,6
1966	1015,5	1516,9	1816,6	1996	2267,4	864,9	1191,2
1967	1459,9	1624,6	1343,3	1997	2602,7	1136,4	1341,6
1968	1345,4	1277,5	1832,6	1998	3048,4	1480,8	2079,7
1969	1974,5	1541,9	1299,8	1999	1773,3	1120,7	1399,2
1970	1933,5	1184,4	1170,1	2000	2213,6	1176,3	1129,3
1971	1935,2	1182,4	942,5	2001	2255,4	1021,2	1363,7
1972	2236,0	1304,4	1091,1	2002	2020,2	979,1	1122,6
1973	2415,4	1787,7	1513,4	2003	1751,4	966,7	1101,0
1974		2248,9	1289,6	2004	1667,8	831,6	1334,2
1975	824,3	1625,8	1253,8	2005	2259,1	1842,8	1515,0
1976	1665,8	1441,4	1329,1	2006	1478,1	1175,7	2082,3
1977	1843,2	922,3	1624,9	2007	2448,8	1181,5	1108,4
1978	1751,2	1384,5	1296,1	2008	2113,5	1569,9	1311,6
1979	2129,7	950,8	1425,6	2009	1704,0	700,0	1532,9
1980	1944,0	1492,3	1113,8	2010	2263,0	1237,5	1019,9
1981	1819,6	1334,8	1394,9				
1982	2415,6	1695,3	1169,5				
1983	3290,0	1968,2	1394,1				
1984	2041,6	1565,9	1737,9				
1985	1319,6	1043,9	1700,8				
1986	1811,2	892,5	1229,1				
1987	1910,5	1546,1	1286,8				
1988	1623,2	1542,4	1367,2				
1989	2207,9	1140,7	1235,9				
1990	2656,6	979,4	1032,5				

APÊNDICE 3 – Precipitação total anual - Séries geradas (2011 - 2088)

Período Futuro - Estação de Curitiba

Ano	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)	Ano	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)	Ano	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
2011	1432,6	2642,4	2041	2094,4	2378,1	2071	1462,7	2670,5
2012	2090,8	2537,4	2042	2403,8	2528,6	2072	1805,2	2779,0
2013	1843,8	2930,0	2043	2311,8	2321,1	2073	1952,1	2419,6
2014	2020,5	2616,5	2044	1461,8	2760,1	2074	1802,9	1855,4
2015	1116,3	2152,4	2045	1071,7	2443,8	2075	1740,5	1968,4
2016	2545,1	2700,9	2046	1632,5	3142,3	2076	2102,9	2356,4
2017	1330,2	2701,5	2047	2037,0	2326,2	2077	911,9	2651,2
2018	1338,1	2925,6	2048	1469,5	3042,1	2078	1086,0	2547,1
2019	1327,8	2115,2	2049	1548,4	3219,0	2079	1658,8	2518,0
2020	1726,4	1833,8	2050	1605,1	1909,9	2080	1574,4	2554,8
2021	1582,1	2214,7	2051	1153,6	2923,7	2081	1017,9	2963,6
2022	1779,8	3014,3	2052	1315,6	2500,7	2082	1812,1	2631,9
2023	1523,1	3094,9	2053	1940,2	2246,1	2083	1423,9	1651,5
2024	2519,6	2323,3	2054	1207,2	2964,4	2084	1485,9	2216,8
2025	1907,7	2007,0	2055	2232,8	2271,0	2085	2346,5	2094,9
2026	1363,4	2114,5	2056	2424,2	2624,0	2086	1758,2	2061,2
2027	1742,7	1966,6	2057	1103,8	3402,0	2087	1210,9	2562,1
2028	1653,2	2964,5	2058	2272,1	2641,4	2088	1543,2	2620,8
2029	1490,1	3053,7	2059	2156,5	2855,8			
2030	1007,5	2847,4	2060	1784,6	2179,4			
2031	1579,9	3188,8	2061	2113,6	2524,8			
2032	1664,6	2592,6	2062	1083,0	2053,1			
2033	1104,3	2686,9	2063	1570,5	2617,0			
2034	1303,7	2964,7	2064	1725,2	2285,5			
2035	2702,3	2536,8	2065	1898,3	2816,9			
2036	1216,0	2257,7	2066	2588,9	2363,1			
2037	1631,9	2833,0	2067	3249,8	2153,8			
2038	1751,4	3207,9	2068	1128,8	2429,5			
2039	1018,3	2127,5	2069	1674,8	2252,6			
2040	1374,8	2850,1	2070	1075,4	2349,9			

Período Futuro - Estação de Guarapuava

Ano	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
2011	784,8834036	1551,624218
2012	1234,646674	1349,343118
2013	1193,745691	1736,152935
2014	1535,710129	1544,046956
2015	661,927557	1385,533901
2016	1318,136728	1352,9754
2017	785,0421483	1560,450203
2018	657,87821	1653,754098
2019	830,296027	1156,139185
2020	1375,328471	997,9191443
2021	938,4041646	1649,124045
2022	974,4802445	1634,000249
2023	1418,560928	1696,221722
2024	2223,843629	1555,257467
2025	1386,955121	846,7041799
2026	692,9153107	1662,733147
2027	1003,188235	1684,848697
2028	1137,189112	2097,552281
2029	831,628813	1881,767421
2030	396,4473895	1681,421306
2031	887,578835	1667,733392
2032	1281,676926	1703,665819
2033	837,0977934	1905,832878
2034	646,5191972	1372,445303
2035	1941,875333	1211,803069
2036	898,7475593	1408,513968
2037	677,2205411	1595,523744
2038	1181,988756	1468,337533
2039	597,8485575	2060,051642
2040	677,8759647	1308,980818

Ano	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
2041	1151,254475	1133,970212
2042	1222,017586	1501,843071
2043	1608,29505	1930,651602
2044	1032,739917	1639,695795
2045	689,8356829	1935,396064
2046	1469,429537	1195,147207
2047	1672,813853	1234,70607
2048	962,9944688	2313,874957
2049	858,5806195	1053,679796
2050	766,1068623	1509,691254
2051	1281,276506	1398,981262
2052	983,6139142	1199,912187
2053	930,6275198	1660,375539
2054	1001,876761	1953,754996
2055	1929,590529	985,4810137
2056	1928,836735	1723,321721
2057	769,1380109	1928,857573
2058	1663,160954	1721,680683
2059	1581,624079	1556,800035
2060	959,3414165	1303,405965
2061	888,057734	1109,241431
2062	796,4535468	1894,097434
2063	1050,729238	1069,881519
2064	1255,071959	1578,934242
2065	996,591296	1364,095154
2066	1772,658899	1513,478823
2067	1769,474541	1467,962367
2068	930,7085557	1642,844243
2069	1200,728072	1589,315385
2070	914,0427811	1307,28537

Ano	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
2071	1066,978278	1882,266771
2072	1512,675389	1593,626593
2073	1833,944997	1261,988242
2074	1259,621346	939,3063703
2075	1217,59819	1601,563579
2076	1682,918479	1390,338053
2077	560,922339	1634,689208
2078	744,9885918	1405,927297
2079	860,42183	1355,971227
2080	1058,654763	1781,703611
2081	945,9535044	1488,571959
2082	1122,980738	789,4807522
2083	905,9334792	1632,699104
2084	1069,155362	1280,112761
2085	1793,552771	1303,855714
2086	1438,266478	1503,129441
2087	963,8763682	1949,103967
2088	983,131075	2135,720746

Ano	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
2011	890,2	1532,5
2012	1208,5	1389,7
2013	1532,9	1673,3
2014	1962,9	1794,6
2015	775,1	1365,1
2016	1531,4	1429,3
2017	774,6	1411,7
2018	944,4	1745,0
2019	1202,5	1103,6
2020	1782,0	1034,6
2021	1138,2	1785,6
2022	1050,3	1603,2
2023	1619,6	1618,0
2024	1997,8	1628,1
2025	1636,2	854,6
2026	1024,1	1665,1
2027	1197,9	1620,0
2028	1601,9	1781,2
2029	1249,8	1767,0
2030	471,7	1669,8
2031	1118,0	1739,6
2032	1554,0	1400,4
2033	917,7	1538,2
2034	713,9	1365,4
2035	1909,7	1266,8
2036	1229,4	1564,2
2037	825,8	1573,1
2038	816,1	1472,6
2039	1002,9	1734,5
2040	930,2	1158,1

Período Futuro - Estação de União da Vitória

Ano	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
2041	1193,9	1107,6
2042	1445,7	1511,3
2043	1794,8	1836,3
2044	1247,7	1760,7
2045	694,6	1821,9
2046	1673,3	1220,2
2047	1576,3	1228,3
2048	985,9	2189,0
2049	1124,8	1048,5
2050	913,5	1588,2
2051	1545,1	1189,0
2052	1310,3	1299,5
2053	1398,6	1528,4
2054	1174,7	1904,2
2055	1940,7	1263,5
2056	1972,0	1811,5
2057	908,6	1985,7
2058	1997,9	1731,1
2059	1671,1	1830,9
2060	1079,5	1538,9
2061	1099,3	1155,8
2062	917,8	1916,1
2063	1298,1	927,3
2064	1230,2	1550,6
2065	1273,5	1070,8
2066	1646,5	1391,1
2067	2065,6	1511,0
2068	1258,6	1573,6
2069	1414,4	1490,3
2070	1195,1	1345,7

Ano	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
2071	1514,8	1709,1
2072	1758,3	1650,0
2073	2295,7	1053,4
2074	1465,2	1068,5
2075	1728,0	1546,2
2076	1989,4	1436,7
2077	820,3	1583,5
2078	1057,7	1519,5
2079	1164,8	1423,7
2080	1309,6	1680,0
2081	1049,9	1462,5
2082	1406,3	896,9
2083	1217,4	1532,0
2084	1192,8	1290,7
2085	1853,9	1245,8
2086	1553,9	1462,5
2087	1326,9	1809,2
2088	1641,0	2128,3

Período Futuro - Estação de Palmas

Ano	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
2011	1024,2	1466,4
2012	1325,0	1356,2
2013	1744,0	1567,4
2014	2179,6	1865,9
2015	873,9	1370,2
2016	1819,0	1311,0
2017	859,7	1207,5
2018	1079,2	1674,0
2019	1291,2	1019,5
2020	1969,6	930,4
2021	1153,1	1534,1
2022	1097,4	1393,6
2023	1809,7	1575,2
2024	2249,7	1444,4
2025	1745,8	864,1
2026	1084,5	1663,0
2027	1186,5	1548,7
2028	1772,1	1759,0
2029	1437,0	1657,3
2030	560,2	1536,2
2031	1213,3	1565,2
2032	1768,6	1201,7
2033	965,0	1272,1
2034	738,9	1335,5
2035	2165,1	1138,0
2036	1424,9	1558,1
2037	840,2	1500,6
2038	931,1	1444,4
2039	1138,5	1630,7
2040	1035,6	1110,6

Ano	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
2041	1257,8	1075,9
2042	1534,7	1393,5
2043	2009,8	1688,4
2044	1407,2	1679,1
2045	748,4	1667,8
2046	1932,8	1216,2
2047	1714,2	1106,1
2048	1135,2	2018,5
2049	1175,8	990,6
2050	1043,5	1476,9
2051	1808,0	1128,6
2052	1523,2	1164,8
2053	1624,5	1479,3
2054	1416,1	1795,7
2055	2165,1	1110,1
2056	2218,8	1527,4
2057	953,9	1910,0
2058	2280,7	1653,4
2059	2015,3	1669,9
2060	1173,9	1534,4
2061	1213,0	1085,6
2062	1016,6	1828,9
2063	1493,9	748,4
2064	1339,3	1366,6
2065	1447,9	959,6
2066	1794,6	1272,4
2067	2320,3	1418,9
2068	1468,8	1386,0
2069	1494,9	1346,5
2070	1373,3	1186,7

Ano	Modelo (RCA1)	Modelo (PROMES)
2071	1791,7	1616,6
2072	2010,4	1718,1
2073	2707,0	1101,4
2074	1637,7	1196,0
2075	1904,0	1531,8
2076	2343,4	1506,4
2077	992,1	1555,9
2078	1252,6	1376,8
2079	1256,4	1317,9
2080	1499,3	1536,4
2081	1268,1	1327,7
2082	1614,9	875,9
2083	1365,2	1455,2
2084	1301,7	1286,2
2085	2155,7	1135,6
2086	1743,4	1354,5
2087	1557,4	1706,7
2088	1851,0	2007,5

APÊNDICE 4 – Precipitação máxima diária - Séries observadas e geradas (1961 – 2010)

Período Histórico - Estação de Curitiba

Observado	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima	Observado	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima
66,9	15/04/1961	133,6	04/04/1961	161,7	07/01/1961	26,7	13/11/1991	71,0	21/12/1991	57,4	21/04/1991
55,3	02/03/1962	112,7	22/12/1962	52,5	04/01/1962	65,8	31/05/1992	83,1	25/09/1992	61,4	23/11/1992
61,4	21/02/1963	105,6	25/10/1963	125,8	19/11/1963	95,3	14/05/1993	135,8	26/01/1993	96,2	03/12/1993
84,3	13/06/1964	58,3	02/06/1964	113,1	03/02/1964	55,2	11/02/1994	69,2	12/10/1994	64,7	06/11/1994
102,4	29/04/1965	81,1	03/02/1965	62,4	10/10/1965	121,0	08/01/1995	172,4	22/01/1995	68,0	06/12/1995
64,8	25/04/1966	93,9	03/02/1966	78,6	21/10/1966	83,4	27/02/1996	122,3	20/10/1996	104,4	09/12/1996
69,0	13/03/1967	88,8	14/01/1967	61,0	22/01/1967	102,5	12/02/1997	73,4	13/03/1997	79,7	07/12/1997
60,7	23/01/1968	94,3	20/10/1968	44,4	03/11/1968	93,1	29/09/1998	59,9	12/01/1998	103,2	10/11/1998
68,3	07/11/1969	148,3	17/12/1969	109,4	27/12/1969	146,2	22/02/1999	121,5	03/12/1999	94,9	28/09/1999
94,5	20/03/1970	88,7	10/07/1970	77,8	17/10/1970	74,1	06/03/2000	72,5	21/11/2000	72,0	29/07/2000
87,4	06/01/1971	110,7	08/02/1971	98,8	18/03/1971	71,8	22/02/2001	53,6	26/07/2001	128,3	07/02/2001
104,6	08/01/1972	103,6	05/01/1972	213,4	27/02/1972	79,7	13/01/2002	77,1	20/01/2002	130,1	04/10/2002
122,4	25/06/1973	91,1	25/10/1973	86,8	24/03/1973	93,4	07/07/2003	161,1	26/10/2003	104,4	10/02/2003
64,2	17/03/1974	108,3	19/11/1974	159,4	04/11/1974	48,6	19/03/2004	63,7	07/10/2004	76,4	24/10/2004
83,2	03/10/1975	85,6	12/01/1975	97,2	10/01/1975	74,2	31/08/2005	83,8	25/11/2005	58,2	19/06/2005
59,7	21/03/1976	70,4	01/03/1976	82,5	06/02/1976	43,2	19/11/2006	298,1	03/01/2006	113,7	03/01/2006
70,0	02/03/1977	75,6	14/10/1977	98,1	11/06/1977	112,8	12/12/2007	75,2	30/12/2007	66,0	02/10/2007
72,5	16/05/1978	77,4	05/10/1978	72,8	15/06/1978	75,0	29/04/2008	70,9	16/07/2008	134,0	13/01/2008
53,4	14/05/1979	80,4	03/10/1979	86,5	20/02/1979	74,4	20/11/2009	69,4	26/10/2009	98,7	25/02/2009
86,4	22/12/1980	83,5	01/01/1980	56,4	21/10/1980	119,6	14/12/2010	77,5	20/08/2010	164,0	01/02/2010
52,4	30/11/1981	90,6	03/01/1981	95,7	25/04/1981						
100,6	05/02/1982	71,1	24/11/1982	70,5	07/03/1982						
97,9	11/12/1983	97,2	18/01/1983	87,8	06/03/1983						
63,2	13/06/1984	107,2	06/08/1984	146,8	24/09/1984						
38,3	16/04/1985	95,8	13/11/1985	109,9	22/12/1985						
58,1	18/12/1986	107,8	14/03/1986	68,3	15/05/1986						
77,8	04/12/1987	68,8	15/11/1987	114,6	11/01/1987						
82,9	23/05/1988	60,7	23/09/1988	85,1	09/02/1988						
72,9	04/01/1989	95,1	25/11/1989	76,8	08/10/1989						
68,7	09/11/1990	119,5	12/12/1990	68,1	29/09/1990						

Período Histórico - Estação de Guarapuava

Observado	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima	Observado	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima
76,8	07/05/1961	79,8	03/11/1961	75,6	15/04/1961	63,4	06/06/1991	87,9	22/10/1991	92,9	21/04/1991
70,6	05/12/1962	106,1	07/03/1962	53,9	29/10/1962	184,0	29/05/1992	67,4	02/01/1992	107,7	23/11/1992
59,6	11/01/1963	145,7	14/11/1963	81,8	19/11/1963	99,6	11/01/1993	136,1	16/10/1993	113,7	16/03/1993
80,2	11/06/1964	117,9	11/01/1964	71,9	30/09/1964	77,8	27/02/1994	42,0	20/10/1994	72,8	07/11/1994
94,1	13/11/1965	47,3	01/12/1965	82,7	10/10/1965	117,4	08/07/1995	76,4	09/10/1995	109,0	22/02/1995
64,1	08/10/1966	82,3	24/01/1966	69,4	21/10/1966	83,6	20/10/1996	111,1	20/10/1996	106,3	30/12/1996
113,0	21/07/1967	94,8	07/04/1967	34,7	28/06/1967	86,1	20/06/1997	85,0	06/11/1997	96,0	07/12/1997
56,2	31/03/1968	68,4	16/11/1968	129,2	03/11/1968	128,2	24/04/1998	53,4	12/11/1998	84,0	13/09/1998
70,0	30/03/1969	122,9	17/12/1969	69,3	24/08/1969	84,6	04/07/1999	85,1	30/09/1999	72,1	01/12/1999
68,2	12/03/1970	94,8	07/04/1970	141,3	27/10/1970	82,0	29/12/2000	91,5	01/01/2000	81,7	24/01/2000
123,6	25/05/1971	83,3	27/10/1971	56,6	19/12/1971	71,0	08/10/2001	80,4	08/10/2001	82,2	29/10/2001
83,6	19/02/1972	134,3	05/01/1972	62,9	28/02/1972	72,2	25/12/2002	150,3	20/01/2002	69,0	01/01/2002
110,4	25/06/1973	90,7	25/10/1973	94,9	24/03/1973	74,0	16/07/2003	152,0	26/10/2003	111,8	24/11/2003
85,3	09/01/1974	110,5	18/10/1974	83,9	24/11/1974	94,3	14/09/2004	98,8	26/02/2004	68,5	24/10/2004
63,0	22/09/1975	79,6	09/06/1975	87,9	26/11/1975	81,8	05/10/2005	53,9	10/11/2005	41,4	22/03/2005
71,0	09/08/1976	59,6	15/12/1976	70,9	06/02/1976	76,9	23/01/2006	116,2	03/01/2006	149,8	03/01/2006
65,7	11/11/1977	52,1	14/10/1977	82,4	22/07/1977	82,7	08/05/2007	67,0	10/01/2007	138,0	11/02/2007
56,2	22/07/1978	77,8	16/11/1978	66,1	04/08/1978	98,3	12/04/2008	60,8	01/11/2008	82,8	03/12/2008
79,6	24/02/1979	71,6	03/10/1979	89,6	29/11/1979	64,2	23/09/2009	59,3	26/10/2009	71,0	13/01/2009
75,4	21/12/1980	49,8	12/10/1980	79,0	11/02/1980	92,1	25/04/2010	49,4	16/11/2010	132,9	03/01/2010
65,8	26/04/1981	135,2	03/01/1981	116,8	24/03/1981						
90,4	18/07/1982	104,4	12/11/1982	142,3	11/01/1982						
137,0	20/05/1983	101,6	18/01/1983	93,2	18/08/1983						
89,1	26/09/1984	106,2	06/08/1984	115,0	09/10/1984						
51,9	01/07/1985	79,5	31/12/1985	109,5	15/05/1985						
84,3	18/05/1986	53,7	14/03/1986	83,8	18/01/1986						
128,6	08/05/1987	87,4	02/12/1987	110,8	18/02/1987						
67,8	23/05/1988	76,2	02/10/1988	62,2	10/10/1988						
87,6	29/04/1989	98,5	25/11/1989	62,2	25/08/1989						
70,4	29/04/1990	79,5	28/11/1990	104,7	19/01/1990						

Período Histórico - Estação de União da Vitória

Observado	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima	Observado	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima
74,8	12/09/1961	105,8	23/10/1961	75,6	15/04/1961	156,2	10/12/1991	107,9	22/02/1991	82,9	21/04/1991
85,6	19/09/1962	79,4	09/03/1962	53,9	29/10/1962	139,8	29/05/1992	84,8	14/10/1992	85,8	23/11/1992
77,0	08/11/1963	109,7	14/11/1963	81,8	19/11/1963	123,6	14/05/1993	91,6	16/10/1993	108,4	16/03/1993
87,3	01/05/1964	84,5	26/11/1964	71,9	30/09/1964	107,9	12/05/1994	44,0	01/06/1994	66,8	07/11/1994
93,3	20/12/1965	86,1	12/04/1965	82,7	10/10/1965	78,2	25/06/1995	84,8	09/10/1995	99,5	22/02/1995
61,2	01/09/1966	64,5	05/10/1966	69,4	21/10/1966	99,8	27/03/1996	68,7	29/04/1996	105,1	30/12/1996
83,6	03/12/1967	91,2	04/01/1967	34,7	28/06/1967	86,3	20/06/1997	105,7	10/10/1997	98,8	07/12/1997
72,0	22/12/1968	88,7	06/12/1968	129,2	03/11/1968	405,2	24/04/1998	63,8	17/12/1998	74,1	13/09/1998
77,0	26/05/1969	140,1	17/12/1969	69,3	24/08/1969	87,4	08/10/1999	85,6	30/09/1999	68,0	01/12/1999
68,0	14/06/1970	75,1	08/03/1970	141,3	27/10/1970	76,9	12/09/2000	207,2	01/01/2000	70,0	24/01/2000
81,0	08/06/1971	88,2	08/03/1971	46,7	19/12/1971	83,2	08/10/2001	81,8	08/10/2001	77,6	29/10/2001
112,0	27/09/1972	77,4	08/03/1972	62,0	28/02/1972	90,1	20/09/2002	101,8	20/01/2002	67,3	01/01/2002
63,0	21/07/1973	76,2	07/04/1973	93,0	24/03/1973	73,2	11/02/2003	94,7	02/11/2003	104,0	24/11/2003
75,2	22/07/1974	97,6	18/10/1974	77,0	24/11/1974	155,5	25/10/2004	100,7	26/02/2004	57,4	24/10/2004
83,2	16/01/1975	68,6	08/12/1975	84,2	26/11/1975	120,0	29/10/2005	108,5	10/11/2005	39,2	27/09/2005
62,0	05/06/1976	76,4	30/09/1976	63,6	03/12/1976	67,2	20/11/2006	73,4	25/10/2006	145,1	03/01/2006
59,6	01/10/1977	60,1	14/10/1977	81,1	22/07/1977	94,4	26/02/2007	61,4	20/10/2007	120,6	11/02/2007
62,4	11/03/1978	83,9	02/01/1978	64,1	04/08/1978	80,1	24/10/2008	76,1	26/10/2008	70,6	03/12/2008
84,2	09/05/1979	53,7	30/05/1979	89,2	29/11/1979	117,9	28/09/2009	83,4	27/09/2009	63,1	14/12/2009
81,2	27/02/1980	77,6	23/11/1980	72,6	11/02/1980	125,7	23/04/2010	108,5	08/06/2010	128,2	03/01/2010
62,5	26/04/1981	82,9	05/11/1981	108,4	24/03/1981						
86,0	18/07/1982	88,6	12/11/1982	130,2	11/01/1982						
154,6	20/05/1983	82,0	03/12/1983	89,9	18/08/1983						
94,8	06/08/1984	75,3	31/01/1984	90,9	09/10/1984						
80,4	05/02/1985	115,8	30/01/1985	104,5	15/05/1985						
64,1	23/08/1986	58,7	06/06/1986	75,8	18/01/1986						
85,7	13/06/1987	69,4	22/08/1987	100,3	18/02/1987						
80,3	23/05/1988	99,9	12/12/1988	59,1	01/12/1988						
75,0	15/01/1989	124,0	12/01/1989	56,7	25/08/1989						
110,0	19/08/1990	64,8	28/11/1990	93,2	19/01/1990						

Período Histórico - Estação de Palmas

Observado	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima	Observado	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima
68,4	29/09/1961	115,9	23/10/1961	84,0	15/04/1961	114,6	21/06/1991	139,2	22/02/1991	86,3	21/04/1991
72,8	04/02/1962	84,9	07/03/1962	60,0	29/10/1962	133,6	30/06/1992	82,8	14/10/1992	101,6	23/11/1992
87,4	31/01/1963	99,0	14/11/1963	48,5	19/11/1963	84,8	14/05/1993	84,4	16/10/1993	83,2	11/10/1993
49,4	29/12/1964	86,2	26/11/1964	60,6	29/09/1964	93,6	05/07/1994	49,3	01/06/1994	75,0	07/11/1994
44,2	29/04/1965	72,6	12/04/1965	77,9	10/10/1965	105,8	27/09/1995	75,9	09/10/1995	113,9	17/12/1995
48,0	27/10/1966	75,2	05/10/1966	73,3	21/10/1966	110,8	18/06/1996	70,5	20/10/1996	93,1	30/12/1996
62,4	02/11/1967	105,6	04/01/1967	54,4	28/06/1967	123,2	29/09/1997	114,7	10/10/1997	81,3	13/03/1997
63,4	23/03/1968	105,1	06/12/1968	140,0	03/11/1968	97,2	01/04/1998	74,5	17/12/1998	76,1	13/09/1998
80,2	29/09/1969	102,1	17/12/1969	68,6	08/11/1969	90,0	18/06/1999	79,4	30/09/1999	95,9	01/12/1999
95,1	22/03/1970	85,5	08/03/1970	139,9	27/10/1970	85,0	12/09/2000	210,7	01/01/2000	77,3	24/01/2000
108,1	21/04/1971	78,9	08/03/1971	49,7	19/12/1971	110,4	08/10/2001	74,7	08/10/2001	85,1	01/10/2001
140,0	27/09/1972	63,4	12/02/1972	82,3	28/02/1972	63,8	18/05/2002	74,8	20/01/2002	75,6	01/01/2002
71,1	13/08/1973	74,8	07/04/1973	77,4	24/03/1973	96,6	17/11/2003	98,7	02/11/2003	98,5	24/11/2003
60,0	09/01/1974	85,3	09/10/1974	67,6	24/11/1974	93,0	16/07/2004	93,4	26/02/2004	54,2	24/10/2004
115,8	10/01/1975	78,6	08/12/1975	95,0	13/01/1975	112,6	05/10/2005	113,4	10/11/2005	39,0	16/01/2005
80,1	11/01/1976	81,3	30/09/1976	88,3	03/12/1976	128,4	16/08/2006	80,3	25/10/2006	154,6	20/12/2006
		55,7	14/10/1977	96,1	22/07/1977	154,6	09/07/2007	49,3	20/10/2007	166,6	11/02/2007
		93,8	07/09/1978	71,1	04/08/1978			80,6	26/10/2008	73,2	03/12/2008
100,4	09/05/1979	69,8	30/05/1979	71,7	22/10/1979	85,8	01/08/2009	84,3	03/12/2009	74,8	31/05/2009
79,4	10/05/1980	71,7	11/10/1980	81,2	11/02/1980	127,2	23/04/2010	124,6	08/06/2010	112,7	03/01/2010
92,6	30/11/1981	86,0	05/11/1981	121,6	24/03/1981						
82,2	11/05/1982	79,9	12/11/1982	166,3	11/01/1982						
146,4	08/07/1983	99,9	13/10/1983	86,6	18/08/1983						
75,4	15/06/1984	110,6	31/01/1984	99,8	09/10/1984						
70,4	08/02/1985	123,7	30/01/1985	81,4	15/05/1985						
85,4	10/10/1986	70,4	01/11/1986	86,5	18/01/1986						
102,4	07/05/1987	57,9	14/11/1987	102,1	18/02/1987						
100,4	23/05/1988	109,2	12/10/1988	50,1	01/12/1988						
142,2	12/09/1989	114,2	12/01/1989	56,4	25/08/1989						
118,0	19/08/1990	79,4	28/11/1990	126,2	19/01/1990						

APÊNDICE 5 – Precipitação máxima diária - Séries geradas (2011 – 2088)

Período Futuro - Estação de Curitiba

RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima
53,5	26/07/2011	138,2	17/01/2011	153,1	08/02/2041	116,8	25/03/2041	95,1	21/10/2071	116,8	11/01/2071
54,8	09/11/2012	98,7	22/12/2012	170,3	02/02/2042	108,4	19/02/2042	104,6	10/02/2072	111,4	29/12/2072
146,0	25/10/2013	80,7	18/01/2013	112,0	07/01/2043	129,1	27/11/2043	124,4	26/10/2073	94,0	28/10/2073
72,8	07/10/2014	64,5	07/07/2014	67,7	01/12/2044	109,9	19/05/2044	137,0	11/12/2074	102,0	11/10/2074
85,4	25/11/2015	52,5	17/03/2015	75,0	17/12/2045	157,8	12/12/2045	119,7	09/02/2075	91,6	14/10/2075
286,0	03/01/2016	162,9	01/11/2016	122,4	08/10/2046	93,9	30/12/2046	83,3	12/11/2076	83,2	26/01/2076
69,5	20/10/2017	79,9	17/06/2017	104,8	09/01/2047	109,2	25/09/2047	140,5	12/10/2077	84,9	13/09/2077
67,7	16/07/2018	128,3	18/11/2018	88,2	15/03/2048	91,6	03/12/2048	110,1	06/10/2078	115,4	10/10/2078
66,7	26/10/2019	115,5	16/10/2019	72,3	20/11/2049	78,3	20/01/2049	86,0	23/04/2079	145,0	29/12/2079
70,6	19/08/2020	55,6	03/01/2020	78,3	20/11/2050	60,9	22/08/2050	59,6	08/02/2080	94,7	28/05/2080
58,4	13/03/2021	94,7	06/01/2021	68,1	08/12/2051	216,1	30/11/2051	86,7	27/10/2081	143,0	17/01/2081
82,1	23/01/2022	117,4	22/12/2022	132,9	21/10/2052	94,8	11/11/2052	137,7	22/10/2082	137,9	07/11/2082
135,6	21/10/2023	80,0	30/07/2023	90,5	16/10/2053	117,4	06/10/2053	145,3	01/02/2083	86,1	02/02/2083
147,5	12/11/2024	60,7	12/10/2024	88,4	06/12/2054	102,9	26/12/2054	86,6	23/08/2084	118,6	20/01/2084
89,8	20/01/2025	104,2	02/03/2025	138,6	07/01/2055	84,3	30/01/2055	122,4	24/11/2085	136,0	17/02/2085
101,7	01/04/2026	95,2	11/07/2026	126,0	27/05/2056	130,7	21/01/2056	125,6	22/03/2086	74,1	02/10/2086
92,1	10/02/2027	113,5	28/11/2027	92,0	14/09/2057	97,6	23/01/2057	107,6	23/10/2087	115,9	12/09/2087
88,1	27/12/2028	134,0	06/12/2028	85,5	16/11/2058	102,7	22/10/2058	120,0	17/02/2088	162,6	12/09/2088
92,1	15/10/2029	90,5	11/08/2029	84,2	05/02/2059	89,2	19/11/2059				
117,0	12/03/2030	54,4	06/02/2030	99,7	05/04/2060	67,7	22/10/2060				
103,5	21/11/2031	154,4	21/05/2031	218,2	27/02/2061	183,4	21/01/2061				
82,9	09/11/2032	65,6	11/02/2032	81,3	16/11/2062	80,6	14/01/2062				
62,7	16/10/2033	82,3	23/12/2033	133,6	13/12/2063	82,9	07/03/2063				
81,6	12/11/2034	101,4	30/01/2034	125,7	31/01/2064	139,9	26/12/2064				
142,5	23/10/2035	104,5	20/03/2035	134,1	07/01/2065	62,5	29/08/2065				
79,7	07/11/2036	94,3	11/01/2036	125,1	23/12/2066	115,3	02/10/2066				
167,5	16/03/2037	93,6	13/01/2037	285,6	26/01/2067	110,0	08/12/2067				
132,9	30/10/2038	156,6	12/11/2038	83,4	08/01/2068	123,4	13/10/2068				
126,7	27/12/2039	67,9	25/07/2039	117,7	15/03/2069	94,3	29/10/2069				
60,0	04/10/2040	124,1	28/10/2040	129,0	15/12/2070	85,2	20/02/2070				

Período Futuro - Estação de Guarapuava

RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima
83,2	20/10/2011	71,1	06/12/2011	108,6	08/02/2041	100,3	07/05/2041	68,5	07/10/2071	239,3	11/01/2071
103,3	27/01/2012	105,0	04/01/2012	50,3	27/07/2042	77,4	21/10/2042	130,4	28/01/2072	144,3	22/09/2072
73,2	11/05/2013	94,9	09/11/2013	82,2	01/08/2043	114,7	11/08/2043	174,7	26/10/2073	90,7	28/10/2073
85,8	16/09/2014	78,1	31/10/2014	93,9	09/01/2044	89,2	04/03/2044	106,4	03/03/2074	96,5	19/09/2074
57,2	01/02/2015	64,2	31/03/2015	91,6	31/12/2045	88,6	16/05/2045	104,9	05/11/2075	82,9	10/11/2075
58,8	12/08/2016	166,7	01/11/2016	103,7	08/10/2046	74,3	12/05/2046	83,5	19/12/2076	91,8	17/08/2076
174,2	22/01/2017	70,9	17/06/2017	152,7	09/01/2047	97,4	14/06/2047	69,4	12/10/2077	59,6	13/09/2077
56,2	27/11/2018	107,0	30/09/2018	63,6	02/11/2048	130,0	11/10/2048	109,4	06/10/2078	140,8	30/11/2078
59,5	22/01/2019	83,9	16/10/2019	80,3	15/01/2049	79,8	07/08/2049	76,6	03/10/2079	127,4	20/12/2079
131,4	05/12/2020	57,5	03/01/2020	53,8	29/09/2050	75,1	22/08/2050	58,9	21/01/2080	56,4	03/04/2080
93,4	01/05/2021	62,6	24/11/2021	84,7	12/11/2051	96,7	22/11/2051	114,4	08/12/2081	111,4	26/10/2081
92,4	23/01/2022	96,7	21/01/2022	117,6	21/10/2052	75,5	12/09/2052	105,4	22/10/2082	119,5	24/11/2082
118,7	21/10/2023	109,5	05/09/2023	59,7	16/10/2053	69,7	06/10/2053	146,9	17/10/2083	85,9	02/01/2081
135,3	18/11/2024	132,8	31/10/2024	129,3	06/12/2054	135,7	26/12/2054	109,8	03/03/2084	137,9	07/01/2084
77,3	21/11/2025	79,1	02/03/2025	218,6	07/01/2055	92,6	25/09/2055	142,8	24/11/2085	201,8	17/02/2085
136,4	10/12/2026	126,5	09/09/2026	102,0	27/05/2056	65,3	12/06/2056	93,4	12/01/2086	102,3	02/01/2086
75,1	07/11/2027	49,7	28/11/2027	99,4	02/01/2057	91,1	24/01/2057	125,8	23/10/2087	144,9	12/09/2087
221,2	27/12/2028	129,1	22/09/2028	146,4	11/11/2058	117,6	23/10/2058	94,6	11/12/2088	128,2	27/10/2088
94,1	15/10/2029	117,1	18/12/2029	225,4	14/01/2059	93,3	11/11/2059				
29,7	18/11/2030	69,9	10/06/2030	98,3	24/11/2060	86,4	27/10/2060				
101,0	12/10/2031	148,1	21/05/2031	63,3	29/12/2061	70,2	20/09/2061				
57,0	09/11/2032	111,6	27/10/2032	132,8	20/09/2062	93,2	14/01/2062				
140,5	10/02/2033	78,6	06/05/2033	150,1	13/12/2063	144,1	07/03/2063				
93,3	19/03/2034	106,4	24/10/2034	102,8	31/01/2064	86,0	23/12/2064				
152,5	23/10/2035	100,5	20/01/2035	80,5	29/12/2065	96,4	03/10/2065				
112,8	07/11/2036	136,6	01/12/2036	165,1	23/12/2066	122,5	20/10/2066				
83,8	25/03/2037	134,5	26/10/2037	116,6	26/01/2067	149,0	20/01/2067				
127,2	30/10/2038	145,1	12/10/2038	165,6	07/01/2068	120,0	29/12/2068				
88,8	27/12/2039	155,1	23/12/2039	195,2	15/03/2069	173,2	31/01/2069				
73,5	22/10/2040	179,5	13/05/2040	75,6	24/11/2070	135,4	20/02/2070				

Período Futuro - Estação de União da Vitória

RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima
48,8	20/10/2011	51,2	06/12/2011	85,4	08/02/2041	90,7	07/05/2041	62,6	12/11/2071	203,1	11/01/2071
97,2	23/10/2012	106,2	04/01/2012	75,7	08/11/2042	77,7	21/10/2042	154,0	28/01/2072	141,0	22/09/2072
71,1	20/10/2013	89,5	09/11/2013	260,4	22/10/2043	112,4	21/03/2043	104,0	26/10/2073	75,5	28/10/2073
102,3	16/11/2014	69,7	31/10/2014	118,6	09/01/2044	84,0	27/02/2044	175,5	21/05/2074	97,4	19/09/2074
61,7	11/10/2015	63,9	17/03/2015	164,1	31/12/2045	82,0	16/05/2045	130,9	05/11/2075	81,1	10/11/2075
68,3	18/06/2016	161,7	01/11/2016	111,2	08/10/2046	72,8	12/05/2046	95,5	21/11/2076	63,8	12/08/2076
105,2	22/05/2017	66,7	17/06/2017	191,7	09/01/2047	91,6	14/06/2047	105,2	08/12/2077	53,2	13/09/2077
96,8	20/10/2018	105,1	30/09/2018	71,8	06/10/2048	126,6	11/10/2048	59,4	12/12/2078	120,2	15/11/2078
79,0	03/02/2019	85,5	16/10/2019	94,4	24/11/2049	70,8	07/08/2049	86,2	23/09/2079	113,5	20/12/2079
110,4	26/02/2020	59,9	03/01/2020	68,3	13/01/2050	52,9	09/09/2050	77,0	21/01/2080	49,8	03/04/2080
91,6	01/05/2021	57,9	10/12/2021	72,4	12/11/2051	91,6	22/11/2051	145,1	08/12/2081	103,6	27/02/2081
64,0	23/01/2022	94,7	21/01/2022	160,8	29/01/2052	73,3	12/09/2052	106,8	10/01/2082	108,4	24/11/2082
141,2	24/11/2023	103,5	05/09/2023	76,1	18/11/2053	67,9	06/10/2053	115,0	05/12/2083	76,8	02/01/2081
115,0	29/11/2024	130,5	31/10/2024	116,9	06/12/2054	133,4	26/12/2054	97,4	03/03/2084	126,4	07/01/2084
147,4	21/11/2025	72,9	02/03/2025	214,2	07/01/2055	80,3	25/09/2055	105,9	27/09/2085	198,2	17/02/2085
105,0	05/12/2026	106,0	09/09/2026	134,6	03/12/2056	66,4	31/12/2056	90,5	05/10/2086	103,2	02/01/2086
68,3	07/11/2027	47,3	28/11/2027	101,6	02/01/2057	86,6	24/01/2057	141,2	09/10/2087	140,8	12/09/2087
164,6	20/12/2028	104,6	22/09/2028	147,4	11/11/2058	113,8	23/10/2058	127,4	13/08/2088	125,1	27/10/2088
105,3	21/10/2029	104,0	18/12/2029	103,9	15/10/2059	88,9	11/11/2059				
44,5	25/12/2030	66,3	10/06/2030	120,0	24/11/2060	84,0	27/10/2060				
63,2	17/03/2031	137,7	21/05/2031	96,6	18/12/2061	71,7	21/01/2061				
74,5	31/12/2032	105,5	27/10/2032	109,5	19/12/2062	86,2	14/01/2062				
79,0	09/01/2033	77,1	19/12/2033	113,0	12/12/2063	132,2	07/03/2063				
126,1	19/03/2034	101,8	24/10/2034	90,3	19/11/2064	87,5	23/12/2064				
74,2	18/04/2035	95,3	20/01/2035	71,5	21/11/2065	83,7	03/10/2065				
89,6	07/11/2036	114,8	01/12/2036	104,3	23/12/2066	117,9	20/10/2066				
73,3	25/03/2037	131,2	26/10/2037	83,8	12/09/2067	149,4	20/01/2067				
115,8	30/10/2038	129,5	12/10/2038	151,5	07/01/2068	111,8	29/12/2068				
125,4	09/11/2039	158,1	25/12/2039	134,0	15/03/2069	153,6	31/01/2069				
78,8	08/10/2040	152,0	13/05/2040	71,6	24/11/2070	126,4	20/02/2070				

Período Futuro - Estação de Palmas

RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima	RCA1	Dia Máxima	PROMES	Dia Máxima
42,4	08/12/2011	74,2	20/03/2011	74,2	26/11/2041	95,5	07/05/2041	63,3	12/11/2071	196,4	11/01/2071
98,0	23/10/2012	125,3	04/01/2012	68,4	13/11/2042	76,9	21/10/2042	191,3	28/01/2072	146,2	22/09/2072
88,6	26/09/2013	77,5	23/02/2013	266,7	22/10/2043	103,2	11/08/2043	118,9	26/10/2073	72,3	28/10/2073
109,7	16/11/2014	106,7	31/10/2014	133,7	09/01/2044	101,6	04/03/2044	173,0	21/05/2074	83,7	19/09/2074
76,8	11/10/2015	70,4	31/03/2015	165,2	31/12/2045	86,2	15/02/2045	129,2	05/11/2075	79,4	10/11/2075
79,4	18/06/2016	148,4	01/11/2016	107,4	08/10/2046	74,4	12/05/2046	102,0	21/11/2076	71,4	12/08/2076
115,4	22/05/2017	58,9	08/11/2017	179,8	09/01/2047	104,3	08/02/2047	119,1	14/03/2077	55,3	05/07/2077
129,6	27/11/2018	124,8	20/12/2018	71,9	06/10/2048	125,8	11/10/2048	63,5	18/01/2078	132,2	30/11/2078
79,8	03/02/2019	66,0	06/10/2019	98,0	24/11/2049	66,9	07/08/2049	70,4	23/09/2079	84,7	26/08/2079
118,9	26/02/2020	37,7	12/03/2020	61,0	13/01/2050	52,4	22/08/2050	95,4	14/05/2080	51,1	03/04/2080
83,6	01/05/2021	57,7	24/11/2021	91,3	13/11/2051	102,0	29/03/2051	122,7	08/12/2081	103,1	27/02/2081
58,0	10/11/2022	63,8	31/03/2022	165,5	29/01/2052	77,5	12/09/2052	124,8	10/01/2082	104,6	08/12/2082
149,2	24/11/2023	119,7	05/09/2023	71,9	18/11/2053	69,8	30/11/2053	141,9	28/01/2083	75,9	21/09/2083
117,5	29/03/2024	145,8	31/10/2024	118,4	30/01/2054	113,6	26/12/2054	72,2	10/12/2084	102,6	07/01/2084
153,0	21/11/2025	56,8	02/03/2025	187,3	07/01/2055	92,9	25/09/2055	109,1	27/09/2085	155,0	17/02/2085
118,8	05/12/2026	105,4	09/09/2026	165,5	03/12/2056	93,6	31/12/2056	110,0	05/10/2086	98,5	02/01/2086
71,9	18/10/2027	52,0	01/06/2027	109,1	02/01/2057	67,3	11/12/2057	135,5	09/10/2087	161,8	09/01/2087
132,8	20/12/2028	126,8	22/12/2028	142,6	11/11/2058	112,0	23/10/2058	128,3	13/08/2088	132,7	03/12/2088
109,2	21/10/2029	116,0	18/12/2029	117,2	14/01/2059	66,8	05/05/2059				
64,2	25/12/2030	70,9	19/01/2030	113,5	24/11/2060	127,0	27/10/2060				
73,9	14/12/2031	123,6	21/05/2031	124,7	18/12/2061	66,8	20/09/2061				
73,2	25/11/2032	105,1	27/10/2032	118,5	19/12/2062	73,7	14/01/2062				
81,7	09/01/2033	74,3	06/05/2033	104,9	11/09/2063	121,4	07/03/2063				
144,8	19/03/2034	104,0	08/01/2034	92,1	19/11/2064	73,1	23/12/2064				
81,5	09/09/2035	126,1	20/01/2035	80,4	05/10/2065	95,7	03/10/2065				
99,0	27/09/2036	158,5	01/12/2036	72,8	07/07/2066	128,3	20/10/2066				
72,4	25/03/2037	116,0	26/10/2037	86,3	12/09/2067	164,5	20/01/2067				
118,2	30/10/2038	135,9	12/10/2038	184,1	07/01/2068	101,4	29/12/2068				
133,6	09/11/2039	149,7	23/12/2039	161,1	15/03/2069	167,5	31/01/2069				
80,1	08/10/2040	162,9	13/05/2040	85,3	24/11/2070	114,5	20/02/2070				

APÊNDICE 6 – Medida de tendência central/ Medida de dispersão

Total Anual 1961 - 2010	Curitiba			Guarapuava			União da Vitória			Palmas		
	Observada	RCA1	PROMES	Observada	RCA1	PROMES	Observada	RCA1	PROMES	Observada	RCA1	PROMES
Média	1453,4	1566,5	2580,7	1813,3	1021,6	1458,6	1701,0	1203,4	1470,0	1965,2	1335,8	1376,2
Desvio Padrão	289,3	363,8	394,3	337,2	273,8	265,5	384,8	278,5	266,8	488,3	333,8	286,7
Coeficiente de Assimetria	-0,081	1,027	0,439	0,048	0,256	0,430	1,114	0,446	0,617	-2,606	0,348	0,886
Variação Percentual (%)		7,8	77,6		-43,7	-19,6		-29,3	-13,6		-32,0	-29,9

Total Anual 2011 - 2088	Curitiba		Guarapuava		União da Vitória		Palmas	
	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES
Média	1675,9	2534,0	1129,1	1522,2	1333,4	1501,4	1497,9	1410,2
Desvio Padrão	466,7	377,8	386,9	306,5	386,8	282,1	452,9	271,6
Coeficiente de Assimetria	0,740	0,014	0,712	-0,034	0,270	-0,174	0,327	-0,118
Variação Percentual (%)		51,2		34,8		12,6		-5,9

Máxima Diária 1961 - 2010	Curitiba			Guarapuava			União da Vitória			Palmas		
	Observada	RCA1	PROMES	Observada	RCA1	PROMES	Observada	RCA1	PROMES	Observada	RCA1	PROMES
Média	78,0	96,3	94,8	85,1	88,3	89,4	96,1	87,6	83,7	89,1	89,4	87,6
Desvio Padrão	23,4	39,2	33,8	24,4	28,4	26,3	51,0	25,4	25,0	34,4	26,3	29,1
Coeficiente de Assimetria	0,542	3,093	1,247	1,791	0,519	0,446	4,796	2,238	0,579	-0,700	2,117	1,067
Variação Percentual (%)		23,5	21,5		3,8	5,1		-8,8	-12,9		0,3	-1,7

Máxima Diária 2011 - 2088	Curitiba		Guarapuava		União da Vitória		Palmas	
	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES	RCA1	PROMES
Média	108,9	105,3	106,6	107,3	106,2	100,0	110,8	101,1
Desvio Padrão	42,6	30,9	40,8	35,2	38,0	32,7	38,9	33,8
Coeficiente de Assimetria	2,009	0,836	27,532	1,018	1,337	0,811	33,885	0,466
Variação Percentual (%)		-3,3		0,7		-5,8		-8,8

APÊNDICE 7 - Tabelas de resultado da análise de tendência anual de precipitação dos dados observados da série total, aplicando testes estatísticos

Tendência das séries - H0: Não há tendência - ($\alpha = 0,05$)								
Nome da Estação	Teste Mann-Kendall		Teste de C. de Spearman			Teste Coef. A. de Regressão		
	Ztab. = 1,96		ftab.	tcalc.	H0	ftab.	tcalc.	H0
	Zcalc.	H0						
Curitiba	0,016	Aceita-se	1,980	2,463	Rejeita-se	1,980	0,302	Rejeita-se
Guarapuava	0,026	Aceita-se	2,002	2,330	Rejeita-se	2,003	0,105	Rejeita-se
União da Vitória	-0,051	Aceita-se	1,993	3,354	Rejeita-se	1,994	0,175	Rejeita-se
Palmas	0,000	Aceita-se	1,989	0,467	Aceita-se	1,989	0,029	Rejeita-se

Nome da Estação	Mann-Kendall	Coef. Spearman	Coef. Regressão	H0
Curitiba	Não há tendência	Há tendência	Há tendência	Há tendência
Guarapuava	Não há tendência	Há tendência	Há tendência	Há tendência
União da Vitória	Não há tendência	Há tendência	Há tendência	Há tendência
Palmas	Não há tendência	Não há tendência	Há tendência	Não há tendência

APÊNDICE 8 - Tabelas de resultado da análise de tendência sazonal de precipitação dos dados observados da série total, aplicando testes estatísticos

Precipitação (mm)				
	Curitiba	Guarapuava	União da Vitória	Palmas
Janeiro	22292,0	11453,6	11433,7	17586,2
Fevereiro	18853,2	9750,0	11489,6	15966,9
Março	14760,7	8222,4	9587,1	13716,5
Abril	9570,5	7847,3	8389,3	14038,3
Mai	11160,8	8213,3	9350,8	14937,8
Junho	11390,4	8406,4	8860,3	16050,9
Julho	9836,4	7693,6	8612,3	13106,2
Agosto	9724,1	6056,1	7966,4	13905,0
Setembro	14539,4	9983,0	10765,0	18230,5
Outubro	16216,3	11066,7	12779,2	19595,5
Novembro	13525,4	8243,7	9794,1	12885,6
Dezembro	17367,9	10569,0	11124,6	14520,0

Precipitação (mm)				
	Curitiba	Guarapuava	União da Vitória	Palmas
Verão	58513,2	29426,0	34047,9	48073,1
Outono	35491,9	24283,0	27327,2	42692,6
Inverno	30950,8	22156,1	25439,0	43062,1
Primavera	44281,1	29293,4	33338,3	50711,6

APÊNDICE 9 - Tabelas de dados de tendência sazonal de precipitação no período histórico (1961 – 2010)

Precipitação Mensal (mm) - 1961-2010												
Mês	Curitiba			Guarapuava			União da Vitória			Palmas		
	Observada	Promes	RCA1	Observada	Promes	RCA1	Observada	Promes	RCA1	Observada	Promes	RCA1
Janeiro	9436,8	16433,7	10502,3	9687,0	10896,9	6463,0	7541,7	9843,4	6883,9	9136,0	8685,5	7584,7
Fevereiro	7977,4	14393,3	8631,6	8640,3	8410,3	4016,4	7746,6	8350,6	4718,2	7730,2	6960,4	5149,7
Março	7066,6	13678,1	5054,8	7109,3	7118,3	2598,9	6506,4	7222,5	3470,3	7191,3	6219,5	3902,1
Abril	4384,3	10051,6	4891,7	6602,5	4655,0	2515,0	6071,8	4961,9	3358,3	7689,5	4545,4	3776,3
Mai	4772,4	7970,2	3010,8	7044,5	3267,7	1656,3	6752,0	3809,9	2620,4	8061,8	3606,1	2926,7
Junho	4852,3	6536,0	2913,6	6825,4	3005,7	1602,9	6293,0	3064,6	2535,9	7557,0	2927,5	2832,3
Julho	4731,2	6025,4	3231,6	6371,0	2544,2	2049,6	6163,0	2798,5	2813,6	6903,1	2621,7	3085,2
Agosto	3713,2	6250,0	3231,6	4798,9	3027,2	2049,6	5398,6	3719,7	2813,6	6388,9	3654,1	3085,2
Setembro	6632,0	8090,1	5983,7	8148,2	4617,6	4349,0	7717,4	5403,6	5994,2	8647,2	4988,3	6464,2
Outubro	6908,7	11088,4	10477,2	9520,5	7462,0	8945,1	9243,7	7460,8	9383,7	10938,1	7295,5	10554,1
Novembro	6134,2	12351,0	10139,2	7164,1	7448,9	8656,6	6836,5	7586,3	9081,0	7395,7	6746,0	10213,7
Dezembro	7546,1	16106,3	10391,4	9275,6	9582,7	6411,9	8090,2	8479,3	6807,5	8624,5	6788,9	7527,2

Precipitação Mensal (mm) - 1961-2010												
Época do Ano	Curitiba			Guarapuava			União da Vitória			Palmas		
	Observada	Promes	RCA1	Observada	Promes	RCA1	Observada	Promes	RCA1	Observada	Promes	RCA1
Verão	24960,4	46933,3	29525,3	27602,9	28889,9	16891,3	23378,5	26673,3	18409,6	25490,7	22434,8	20261,6
Outono	16223,3	31699,9	12957,3	20756,3	15041,0	6770,2	19330,2	15994,3	9449,0	22942,6	14371,0	10605,1
Inverno	13296,7	18811,5	9376,8	17995,3	8577,1	5702,1	17854,6	9582,8	8163,1	20849,1	9203,3	9002,7
Primavera	19674,9	31529,4	26600,1	24832,8	19528,5	21950,7	23797,6	20450,7	24459,0	26981,0	19029,8	27231,9

APÊNDICE 10 - Tabelas de dados de tendência sazonal de precipitação no período futuro (2011 – 2088)

Precipitação Mensal (mm) – 2011 – 2088								
Mês	Curitiba		Guarapuava		União da Vitória		Palmas	
	Promes	RCA1	Promes	RCA1	Promes	RCA1	Promes	RCA1
Janeiro	25936,7	16992,9	9502,9	10668,2	9887,358	13101,5	9343,8	12959,2
Fevereiro	21630,4	13581,0	10781,3	7041,3	10199,01	9050,9	9910,7	10133,8
Março	21484,4	8671,8	13005,5	4470,1	11954,49	5741,9	10858,6	6499,4
Abril	14396,8	8392,1	12321,7	4325,9	11766,68	5540,7	10801,8	6289,7
Mai	11740,5	4996,4	12968,1	2859,7	12708,57	3802,9	11747,9	4300,6
Junho	10258,2	4835,2	10922,8	2767,5	10832,61	3704,4	10452,8	4161,9
Julho	10288,0	5562,3	10761,9	3370,5	10217,4	4952,1	9052,0	5090,4
Agosto	9446,1	5562,3	8859,0	3370,5	8693,491	4905,9	8159,6	5090,4
Setembro	11381,8	9352,3	6041,2	7419,5	6724,267	9435,4	6314,5	10384,6
Outubro	17459,0	18193,4	7036,5	15791,5	7014,532	17422,4	6691,7	19763,7
Novembro	19243,1	17606,5	8194,0	15282,1	8842,691	16867,6	8620,6	19126,1
Dezembro	24386,8	16972,5	8334,0	10702,0	8269,386	11262,4	8040,2	13036,5

Precipitação Mensal (mm) – 2011 – 2088								
Época do Ano	Curitiba		Guarapuava		União da Vitória		Palmas	
	Promes	RCA1	Promes	RCA1	Promes	RCA1	Promes	RCA1
Verão	71954,0	47546,5	28618,2	28411,5	28355,8	33414,8	27294,7	36129,5
Outono	47621,7	22060,4	38295,3	11655,7	36429,7	15085,5	33408,3	17089,7
Inverno	29992,4	15959,9	30543,7	9508,5	29743,5	13562,5	27664,4	14342,7
Primavera	48083,8	45152,1	21271,7	38493,2	22581,5	43725,4	21626,8	49274,4

APÊNDICE 11 - Análise de tendência anual de precipitação no período histórico (1961 – 2010)

Teste de Mann-Kendall ($Z_{tab}=1,96$)

Nome da Estação	Tendência das séries - H0: Não há tendência ($\alpha = 0,05$)					
	Observado		RCA1		PROMES	
	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0
Curitiba	0,025	Aceita-se	0,075	Aceita-se	-0,025	Aceita-se
Guarapuava	0,016	Aceita-se	0,081	Aceita-se	-0,016	Aceita-se
União da Vitória	-0,065	Aceita-se	0,032	Aceita-se	0,000	Aceita-se
Palmas	-0,017	Aceita-se	0,016	Aceita-se	-0,032	Aceita-se

Teste do Coeficiente de Correlação de Spearman ($t_{tab.}=2,011$)

Nome da Estação	Tendência das séries - H0: Não há tendência ($\alpha = 0,05$)					
	Observado		RCA1		PROMES	
	tcalc.	H0	tcalc.	H0	tcalc.	H0
Curitiba	0,748	Rejeita-se	-1,091	Aceita-se	-0,180	Aceita-se
Guarapuava	5,384	Rejeita-se	-3,754	Regeita-se	-0,309	Aceita-se
União da Vitória	1,324	Rejeita-se	-3,412	Regeita-se	-0,407	Aceita-se
Palmas	0,887	Rejeita-se	-3,665	Regeita-se	-0,611	Aceita-se

Teste do Coeficiente Angular de Regressão linear ($t_{tab.}=2,011$)

Nome da Estação	Tendência das séries - H0: Não há tendência ($\alpha = 0,05$)					
	Observado		RCA1		PROMES	
	tcalc.	H0	tcalc.	H0	tcalc.	H0
Curitiba	0,026	Rejeita-se	-0,039	Rejeita-se	-0,016	Rejeita-se
Guarapuava	0,125	Rejeita-se	-0,170	Rejeita-se	-0,014	Rejeita-se
União da Vitória	0,033	Rejeita-se	-0,138	Rejeita-se	-0,018	Rejeita-se
Palmas	0,019	Rejeita-se	-0,116	Rejeita-se	-0,013	Rejeita-se

APÊNDICE 12 - Análise de tendência anual de precipitação no período futuro (2011 – 2088)

Teste de Mann-Kendall ($Z_{tab}=1,96$)

Nome da Estação	Tendência das séries - H0: Não há tendência ($\alpha = 0,05$)			
	RCA1		PROMES	
	Zcalc.	H0	Zcalc.	H0
Curitiba	-0,075	Aceita-se	-0,042	Aceita-se
Guarapuava	-0,008	Aceita-se	0,073	Aceita-se
União da Vitória	-0,057	Aceita-se	-0,024	Aceita-se
Palmas	-0,057	Aceita-se	0,041	Aceita-se

Teste do Coeficiente de Correlação de Spearman ($t_{tab}=1,991$)

Nome da Estação	Tendência das séries - H0: Não há tendência ($\alpha = 0,05$)			
	RCA1		PROMES	
	tcalc.	H0	tcalc.	H0
Curitiba	-0,102	Aceita-se	-1,736	Aceita-se
Guarapuava	1,334	Aceita-se	-0,572	Aceita-se
União da Vitória	1,872	Aceita-se	-0,682	Aceita-se
Palmas	1,731	Aceita-se	-1,045	Aceita-se

Teste do Coeficiente Angular de Regressão linear ($t_{tab}=1,991$)

Nome da Estação	Tendência das séries - H0: Não há tendência ($\alpha = 0,05$)			
	RCA1		PROMES	
	tcalc.	H0	tcalc.	H0
Curitiba	-0,006	Rejeita-se	-0,103	Rejeita-se
Guarapuava	0,062	Rejeita-se	-0,025	Rejeita-se
União da Vitória	0,103	Rejeita-se	-0,032	Rejeita-se
Palmas	0,104	Rejeita-se	-0,020	Rejeita-se

APÊNDICE 13 - Tabelas de resultado da análise de tendência sazonal de precipitação dos dados observados, aplicando um teste estatístico Mann-Kendall

Sazonal

Curitiba -SMK - Observados - Período Histórico (1961-2010)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	50	27	12930,556	113,713	0,229	Aceita-se
Outono	50	89	12930,556	113,713	0,774	Aceita-se
Inverno	50	25	12930,556	113,713	0,211	Aceita-se
Primavera	50	-21	12930,556	113,713	-0,176	Aceita-se

Guarapuava -SMK - Observados - Período Histórico (1961-2010)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	50	265	14291,667	119,548	2,208	Rejeita-se
Outono	50	187	14290,667	119,544	1,556	Aceita-se
Inverno	50	61	14291,667	119,548	0,502	Aceita-se
Primavera	50	317	14291,667	119,548	2,643	Rejeita-se

União da Vitória -SMK - Observados - Período Histórico (1961-2010)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	50	43	12930,556	113,713	0,369	Aceita-se
Outono	50	31	12930,556	113,713	0,264	Aceita-se
Inverno	50	-13	12929,556	113,708	-0,106	Aceita-se
Primavera	50	155	12930,556	113,713	1,354	Aceita-se

Palmas -SMK - Observados - Período Histórico (1961-2010)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	49	122	12152,000	110,236	1,098	Aceita-se
Outono	47	81	10689,889	103,392	0,774	Aceita-se
Inverno	47	59	10688,889	103,387	0,561	Aceita-se
Primavera	47	331	10689,889	103,392	3,192	Rejeita-se

APÊNDICE 14 - Tabelas de resultado da análise de tendência sazonal de precipitação para o modelo RCA1, aplicando um teste estatístico Mann-Kendall

Sazonal

Curitiba -SMK - RCA1 - Período Histórico (1961-2010)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	50	23	12930,56	113,713	0,193	Aceita-se
Outono	50	-165	12930,56	113,713	-1,442	Aceita-se
Inverno	50	87	12930,56	113,713	0,756	Aceita-se
Primavera	50	-151	12929,56	113,708	-1,319	Aceita-se

Guarapuava -SMK - RCA1- Período Histórico (1961-2010)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	50	-65	14291,67	119,548	-0,535	Aceita-se
Outono	50	-229	14286,67	119,527	-1,908	Aceita-se
Inverno	50	-53	14291,67	119,548	-0,435	Aceita-se
Primavera	50	-363	14290,67	119,544	-3,028	Rejeita-se

União da Vitória -SMK - RCA1 - Período Histórico (1961-2010)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	50	-91	12930,56	113,713	-0,791	Aceita-se
Outono	50	-149	12930,56	113,713	-1,302	Aceita-se
Inverno	50	-9	12930,56	113,713	-0,070	Aceita-se
Primavera	50	-283	12930,56	113,713	-2,480	Rejeita-se

Palmas -SMK - RCA1 - Período Histórico (1961-2010)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	50	-101	12930,56	113,713	-0,879	Aceita-se
Outono	50	-143	12930,56	113,713	-1,249	Aceita-se
Inverno	50	-41	12929,56	113,708	-0,352	Aceita-se
Primavera	50	-275	12930,56	113,713	-2,410	Rejeita-se

APÊNDICE 15 - Tabelas de resultado da análise de tendência sazonal de precipitação para o modelo RCA1, aplicando um teste estatístico Mann-Kendall

Sazonal

Curitiba -SMK - RCA1 - Período Futuro (2011-2088)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	78	-99	50383,67	224,46	-0,44	Aceita-se
Outono	78	80	50382,67	224,46	0,35	Aceita-se
Inverno	78	-187	50383,67	224,46	-0,83	Aceita-se
Primavera	78	63	50381,67	224,46	0,28	Aceita-se

Guarapuava -SMK - RCA1- Período Futuro (2011-2088)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	78	107	50383,67	224,46	0,47	Aceita-se
Outono	78	149	50383,67	224,46	0,66	Aceita-se
Inverno	78	-65	50383,67	224,46	-0,29	Aceita-se
Primavera	78	151	50383,67	224,46	0,67	Aceita-se

União da Vitória -SMK - RCA1 - Período Futuro (2011-2088)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	78	157	50383,67	224,463	0,695	Aceita-se
Outono	78	304	50382,67	224,461	1,350	Aceita-se
Inverno	78	18	50382,67	224,461	0,076	Aceita-se
Primavera	78	47	50383,67	224,463	0,205	Aceita-se

Palmas -SMK - RCA1 - Período Futuro (2011-2088)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	78	470	50382,67	224,461	2,089	Rejeita-se
Outono	78	343	50383,67	224,463	1,524	Aceita-se
Inverno	78	82	50382,67	224,461	0,361	Aceita-se
Primavera	78	43	50381,67	224,459	0,187	Aceita-se

APÊNDICE 16 - Tabelas de resultado da análise de tendência sazonal de precipitação para o modelo PROMES, aplicando um teste estatístico Mann-Kendall Sazonal

Curitiba -SMK - PROMES - Período Histórico (1961-2010)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	50	21	12930,556	113,713	0,176	Aceita-se
Outono	50	25	12930,556	113,713	0,211	Aceita-se
Inverno	50	283	12930,556	113,713	2,480	Rejeita-se
Primavera	50	73	12930,556	113,713	0,633	Aceita-se

Guarapuava -SMK - PROMES - Período Histórico (1961-2010)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	50	119	14291,667	119,548	0,987	Aceita-se
Outono	50	99	14291,667	119,548	0,820	Aceita-se
Inverno	50	-259	14288,667	119,535	-2,158	Rejeita-se
Primavera	50	-19	14291,667	119,548	-0,151	Aceita-se

União da Vitória -SMK - PROMES - Período Histórico (1961-2010)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	50	67	12929,556	113,708	0,580	Aceita-se
Outono	50	37	12930,556	113,713	0,317	Aceita-se
Inverno	50	-253	12930,556	113,713	-2,216	Rejeita-se
Primavera	50	39	12930,556	113,713	0,334	Aceita-se

Palmas -SMK - PROMES - Período Histórico (1961-2010)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	50	-67	12930,556	113,713	-0,580	Aceita-se
Outono	50	9	12930,556	113,713	0,070	Aceita-se
Inverno	50	-255	12930,556	113,713	-2,234	Rejeita-se
Primavera	50	-13	12930,556	113,713	-0,106	Aceita-se

APÊNDICE 17 - Tabelas de resultado da análise de tendência sazonal de precipitação para o modelo PROMES, aplicando um teste estatístico Mann-Kendall

Sazonal

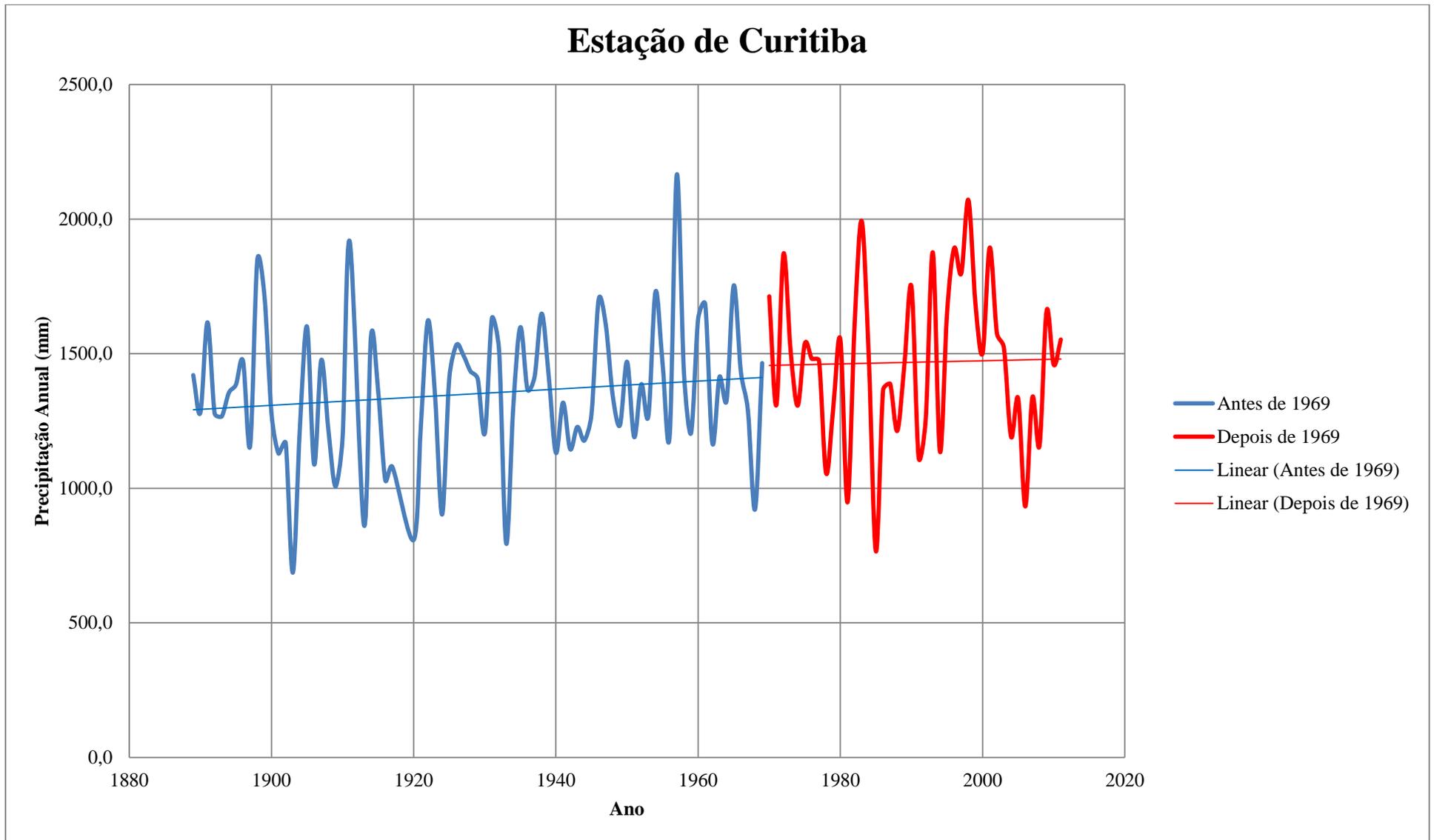
Curitiba -SMK - PROMES - Período Futuro (2011-2088)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	78	-156	50382,67	224,461	-0,691	Aceita-se
Outono	78	-433	50383,67	224,463	-1,925	Aceita-se
Inverno	78	-401	50383,67	224,463	-1,782	Aceita-se
Primavera	78	117	50383,67	224,463	0,517	Aceita-se

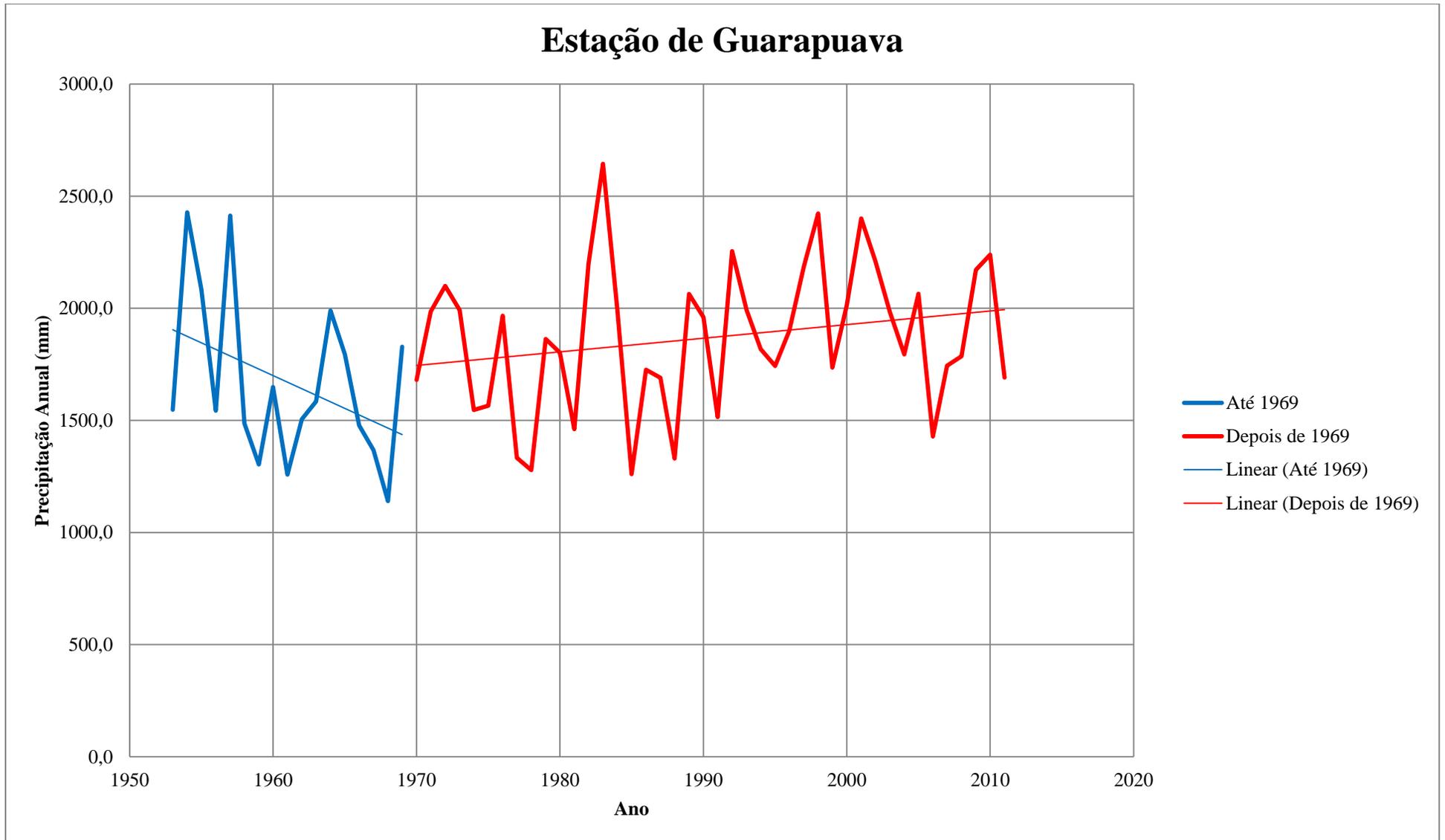
Guarapuava - SMK - PROMES - Período Futuro (2011-2088)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	78	1755	50383,67	224,463	7,814	Rejeita-se
Outono	78	333	50383,67	224,463	1,479	Aceita-se
Inverno	78	-1679	50383,67	224,463	-7,476	Rejeita-se
Primavera	78	-375	50383,67	224,463	-1,666	Aceita-se

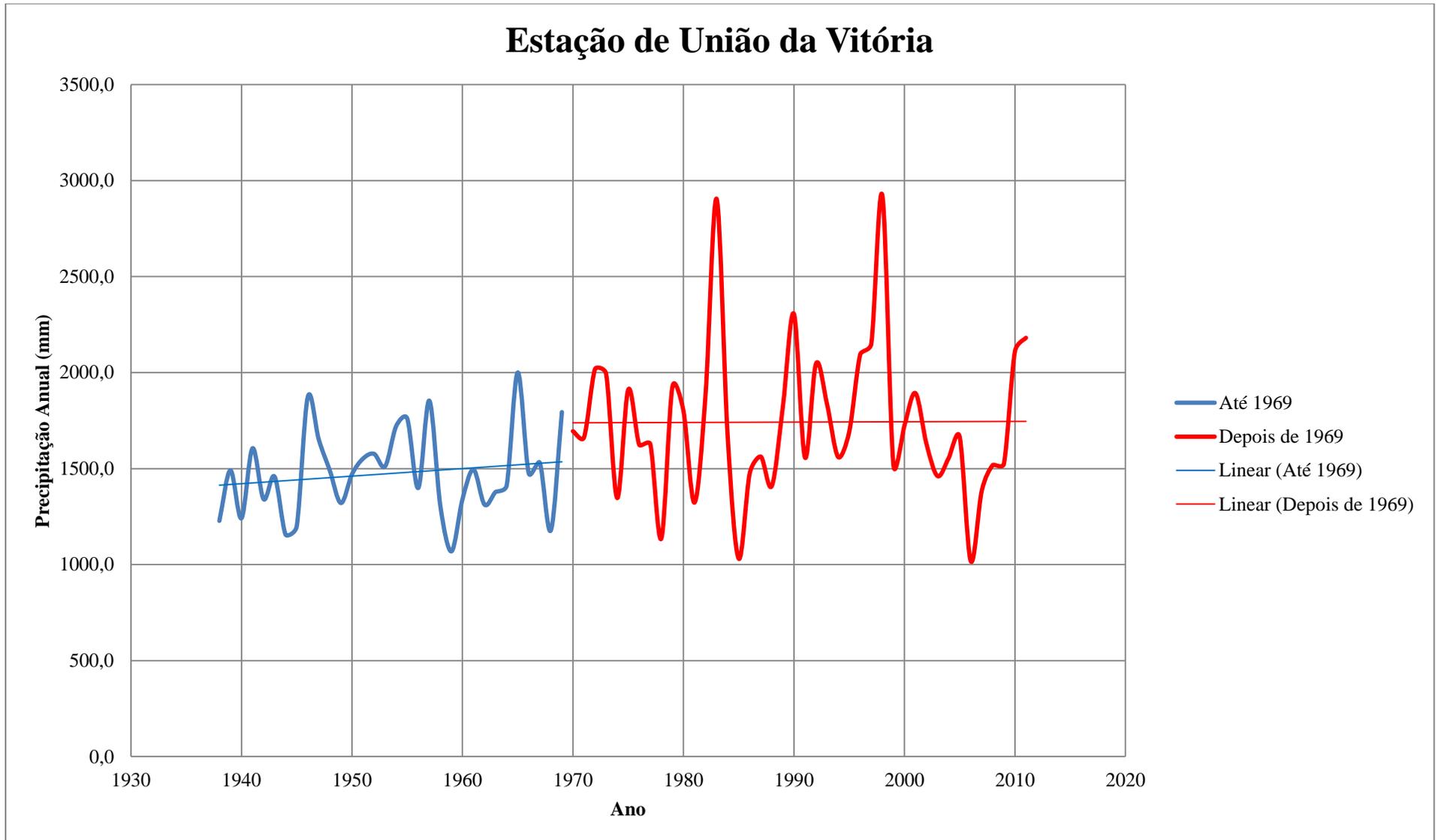
União da Vitória - SMK - PROMES - Período Futuro (2011-2088)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	78	1643	50383,67	224,463	7,315	Rejeita-se
Outono	78	222	50382,67	224,461	0,985	Aceita-se
Inverno	78	-1675	50383,67	224,463	-7,458	Rejeita-se
Primavera	78	-355	50383,67	224,463	-1,577	Aceita-se

Palmas -SMK - PROMES - Período Futuro (2011-2088)						
	n	Si	Variância	D.P.	Zcalc.	Ho
Verão	78	1541	50383,67	224,463	6,861	Rejeita-se
Outono	78	79	50383,67	224,463	0,347	Aceita-se
Inverno	78	-1591	50383,67	224,463	-7,084	Rejeita-se
Primavera	78	-268	50382,67	224,461	-1,190	Aceita-se

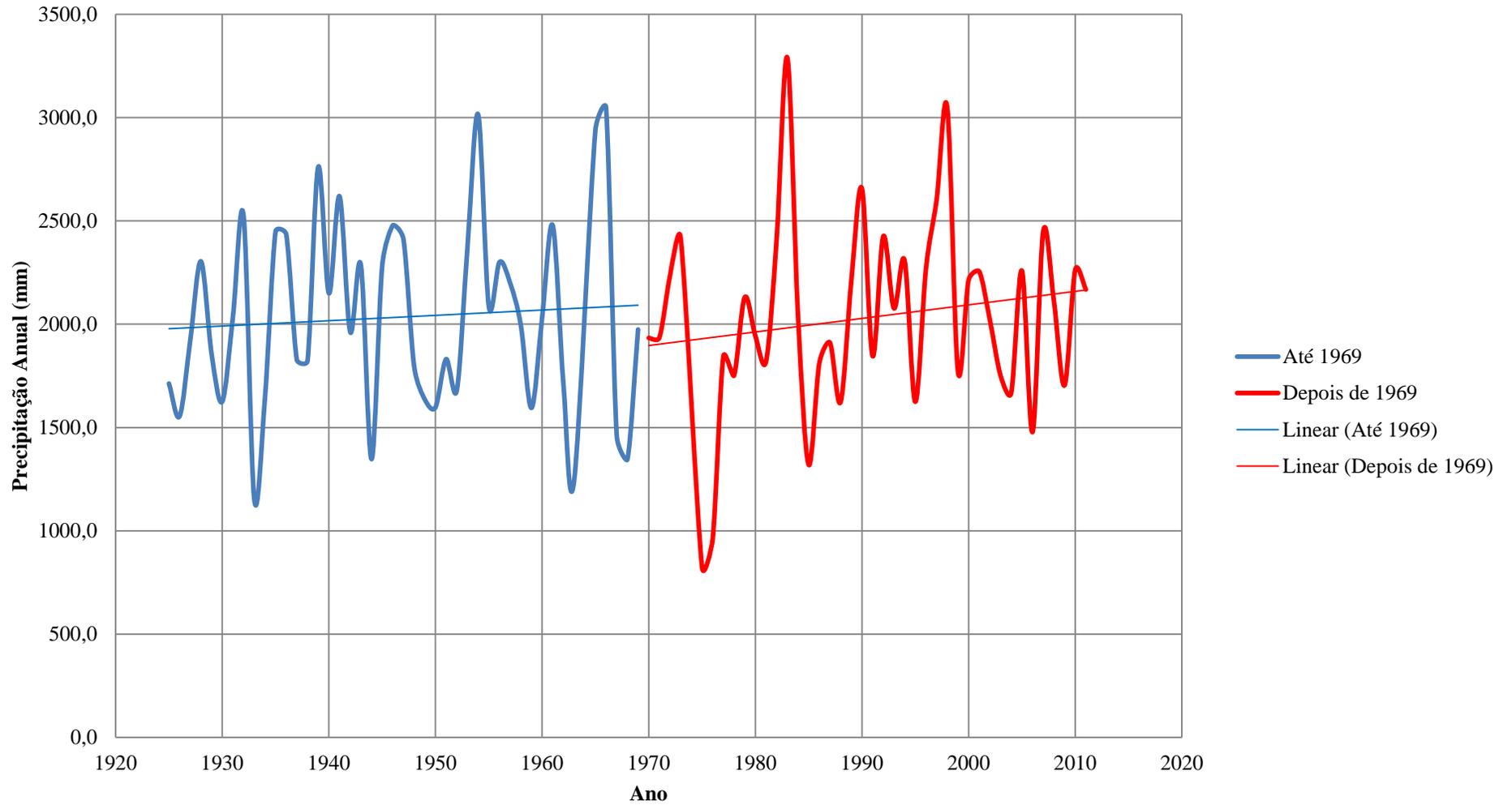
APÊNDICE 18 - Variação anual da precipitação na série total de dados observados



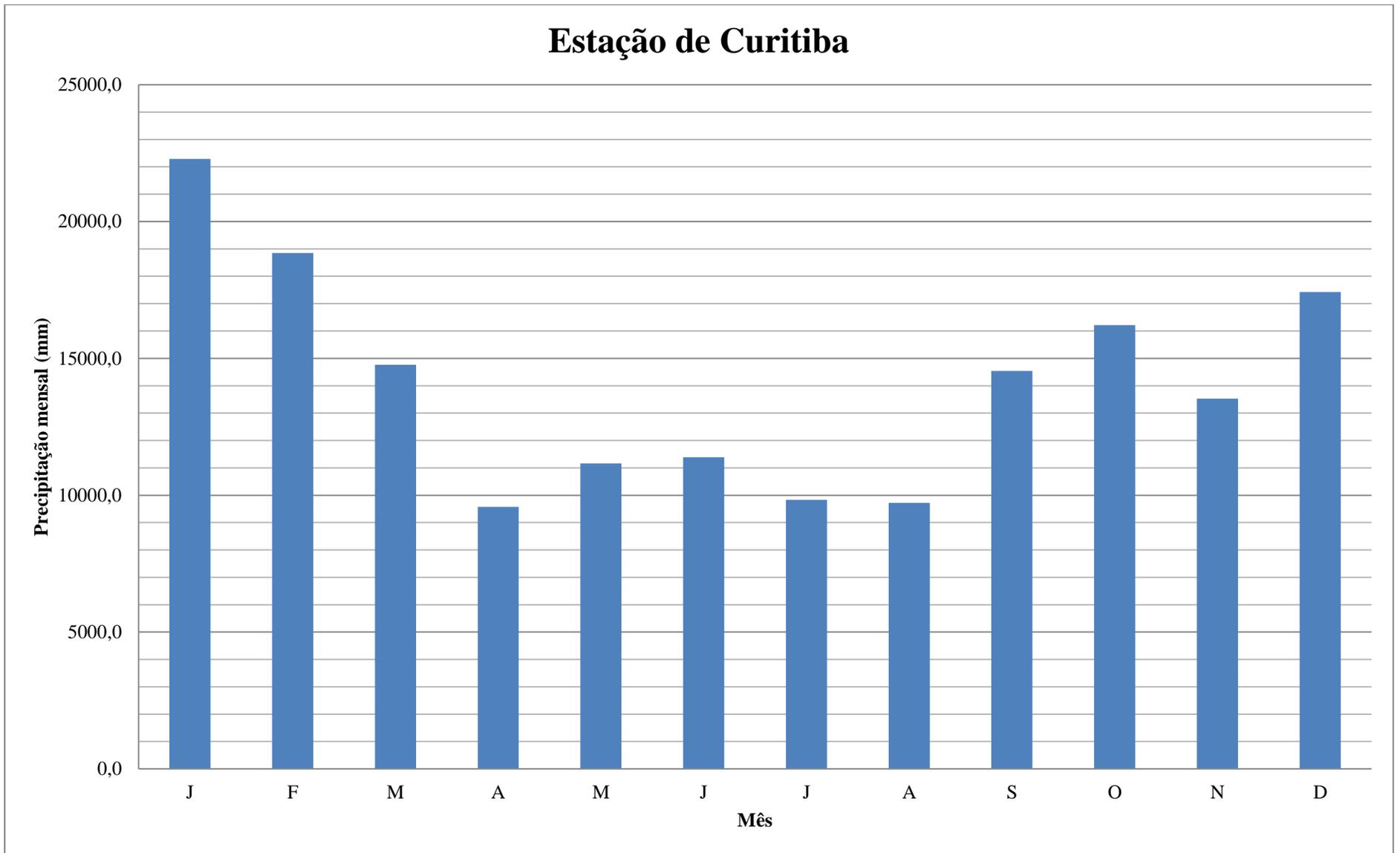


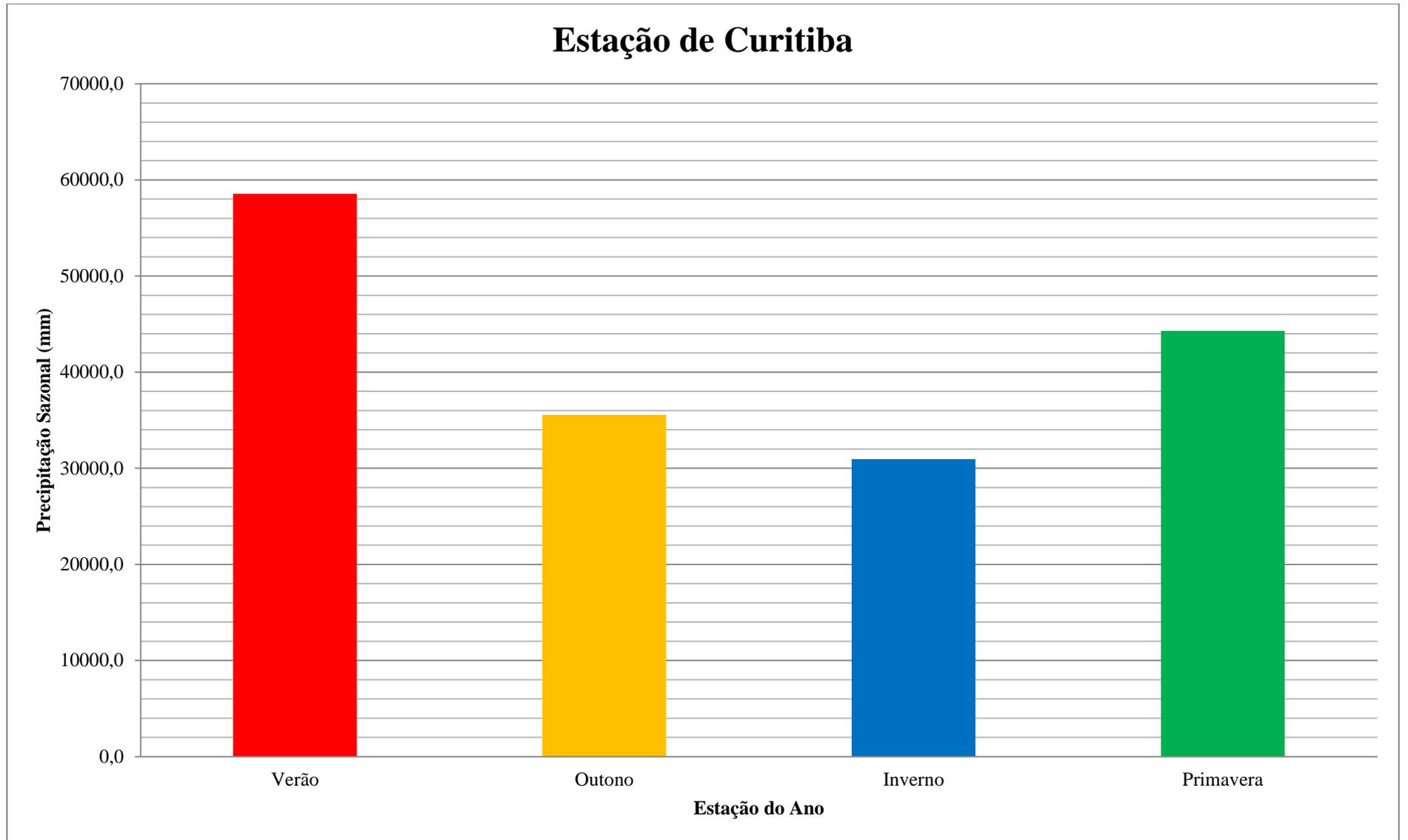


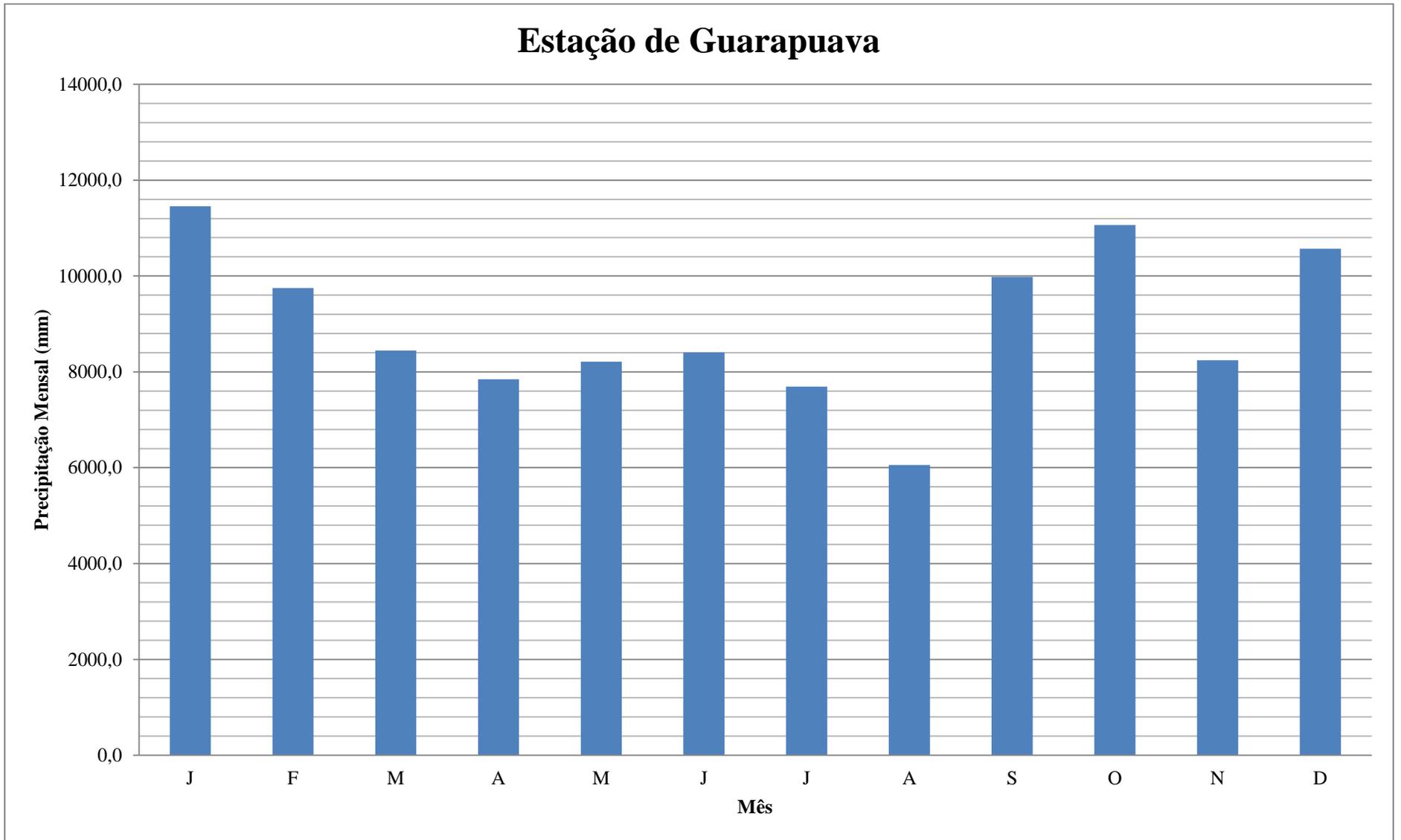
Estação de Palmas

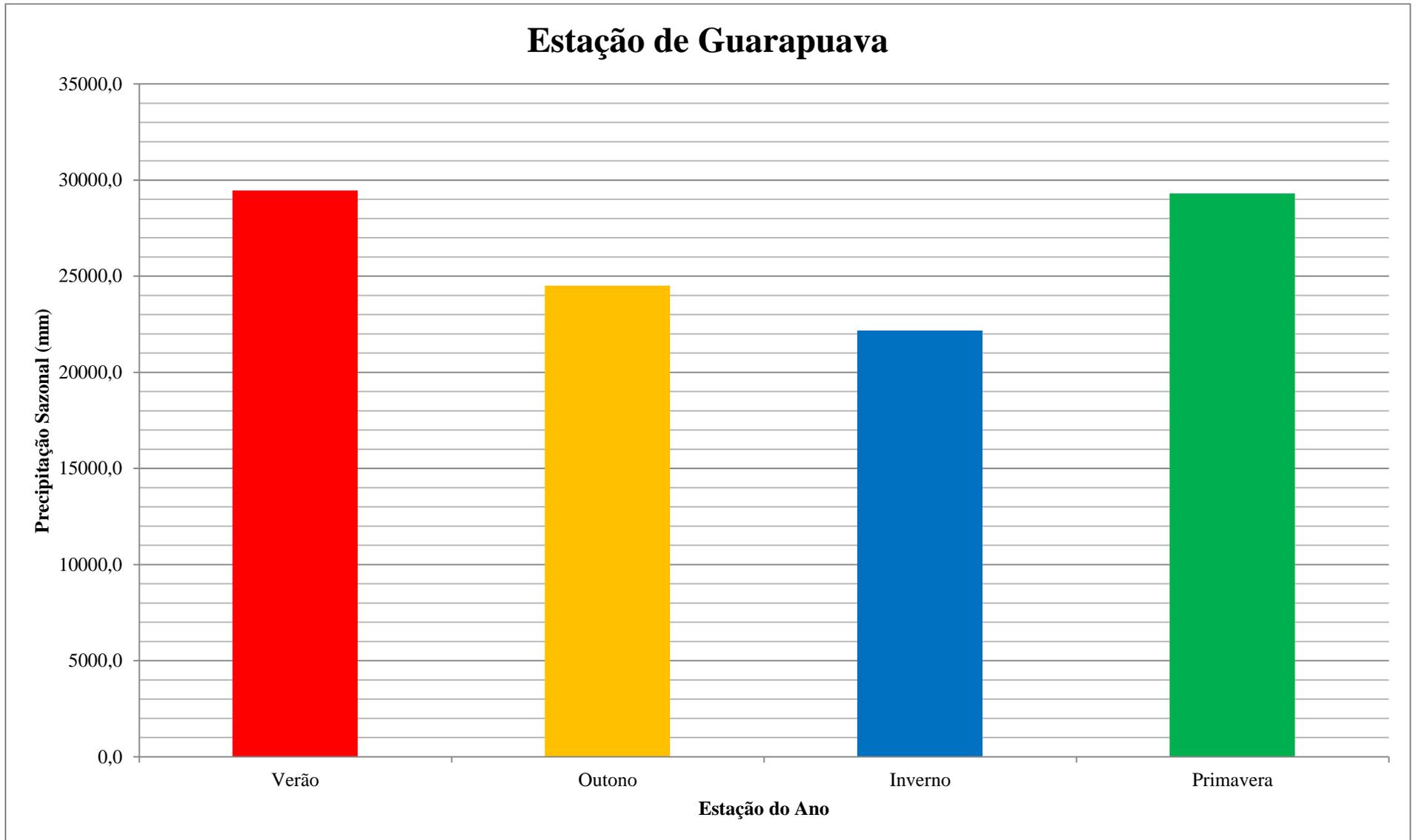


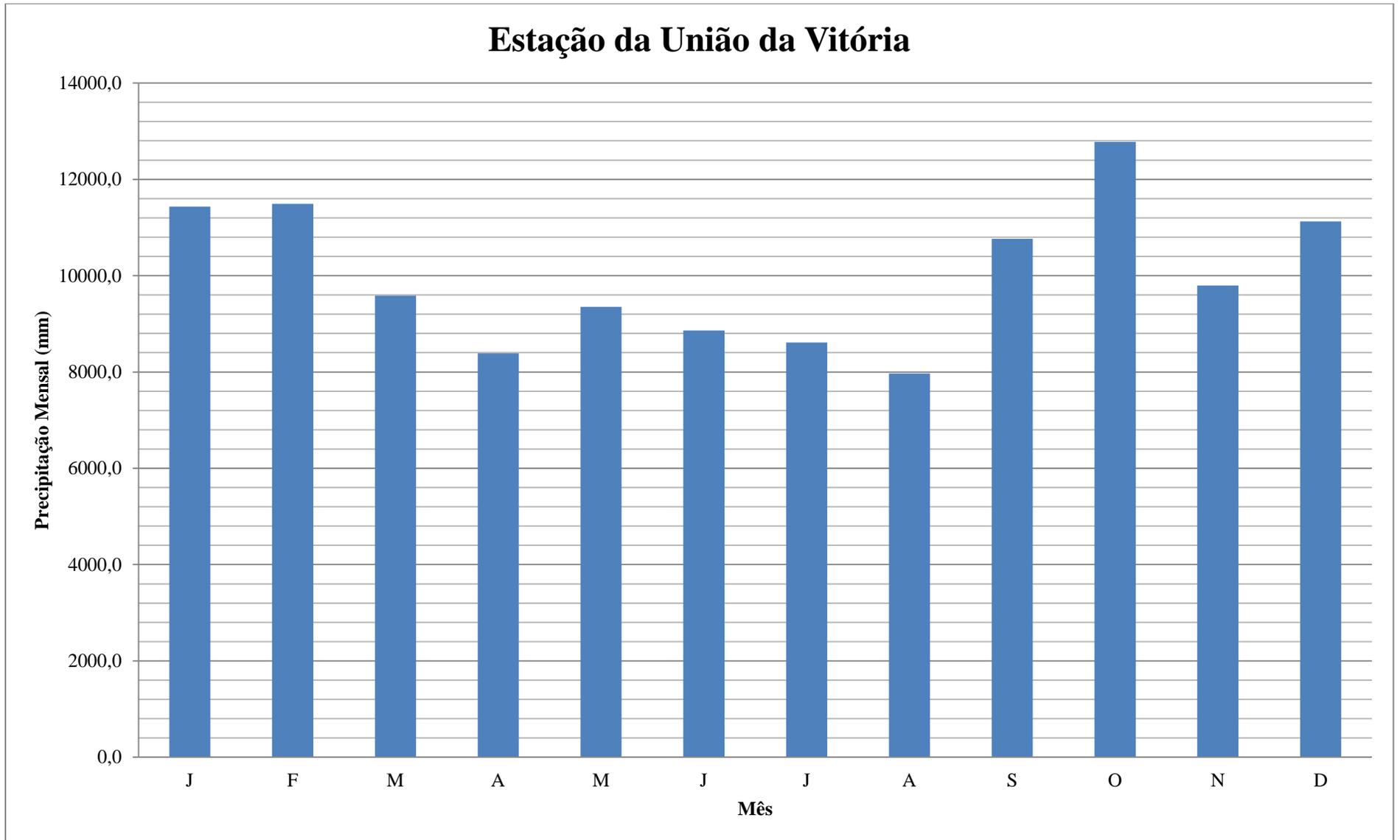
APÊNDICE 19 - Variação sazonal da precipitação na série total de dados observados

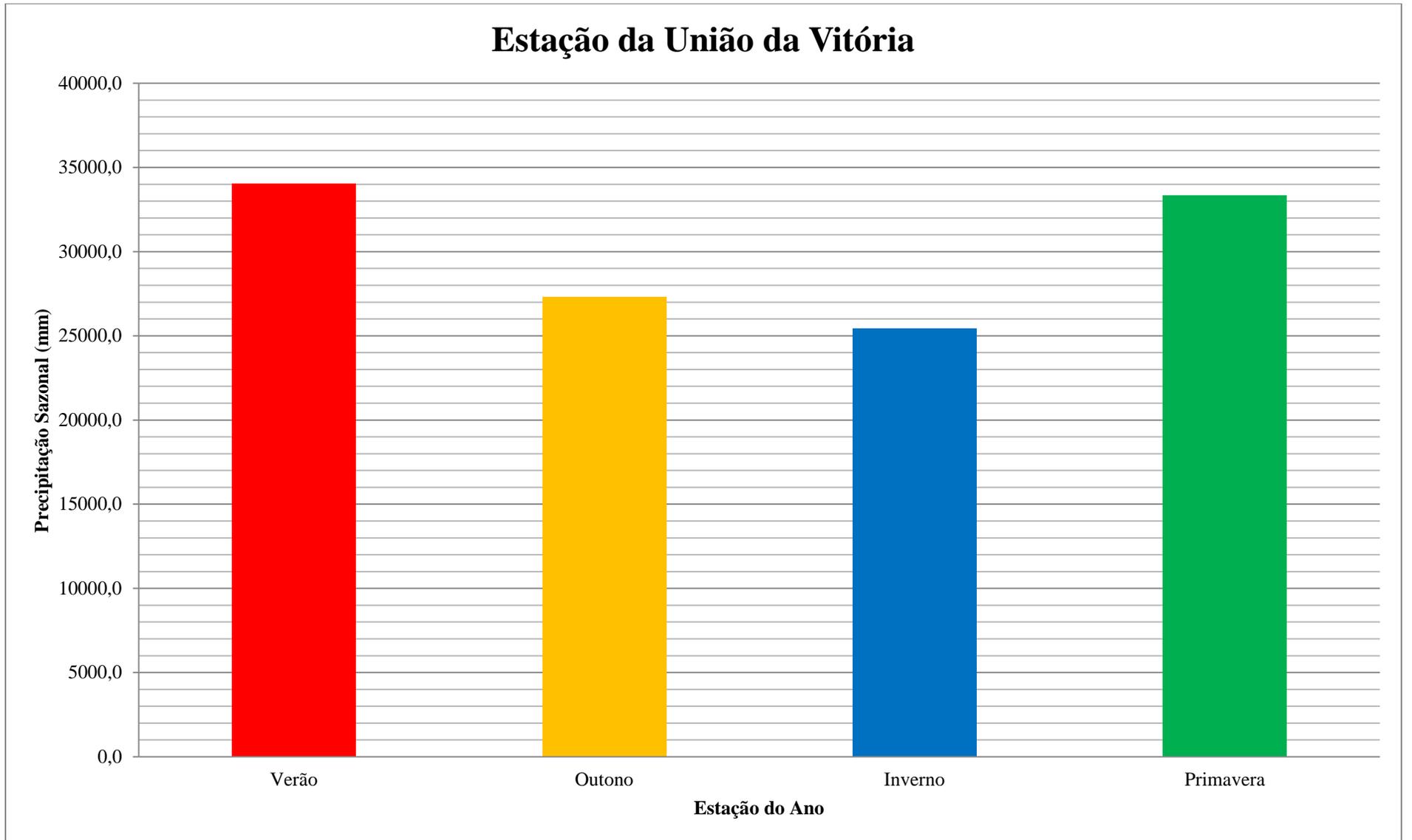




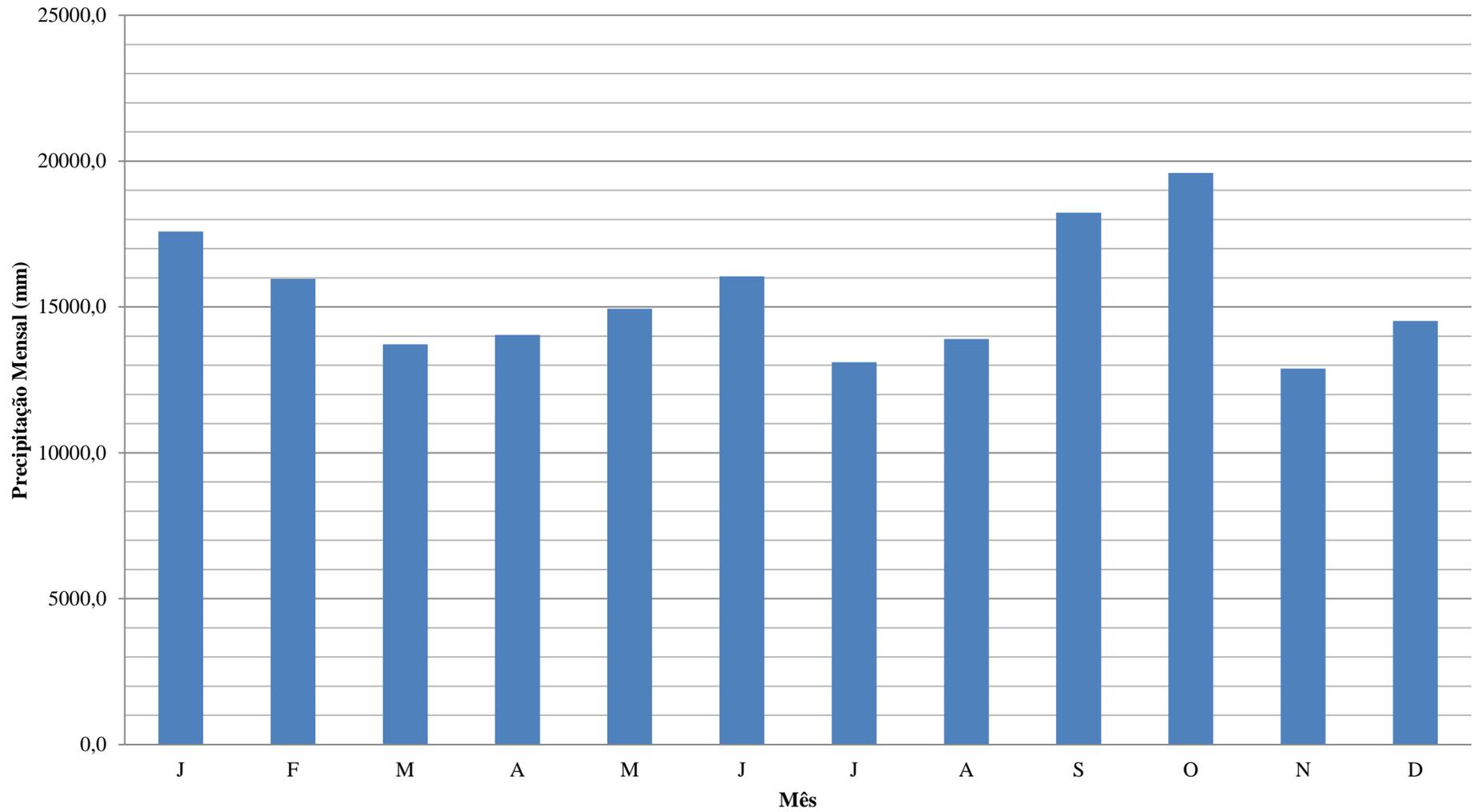


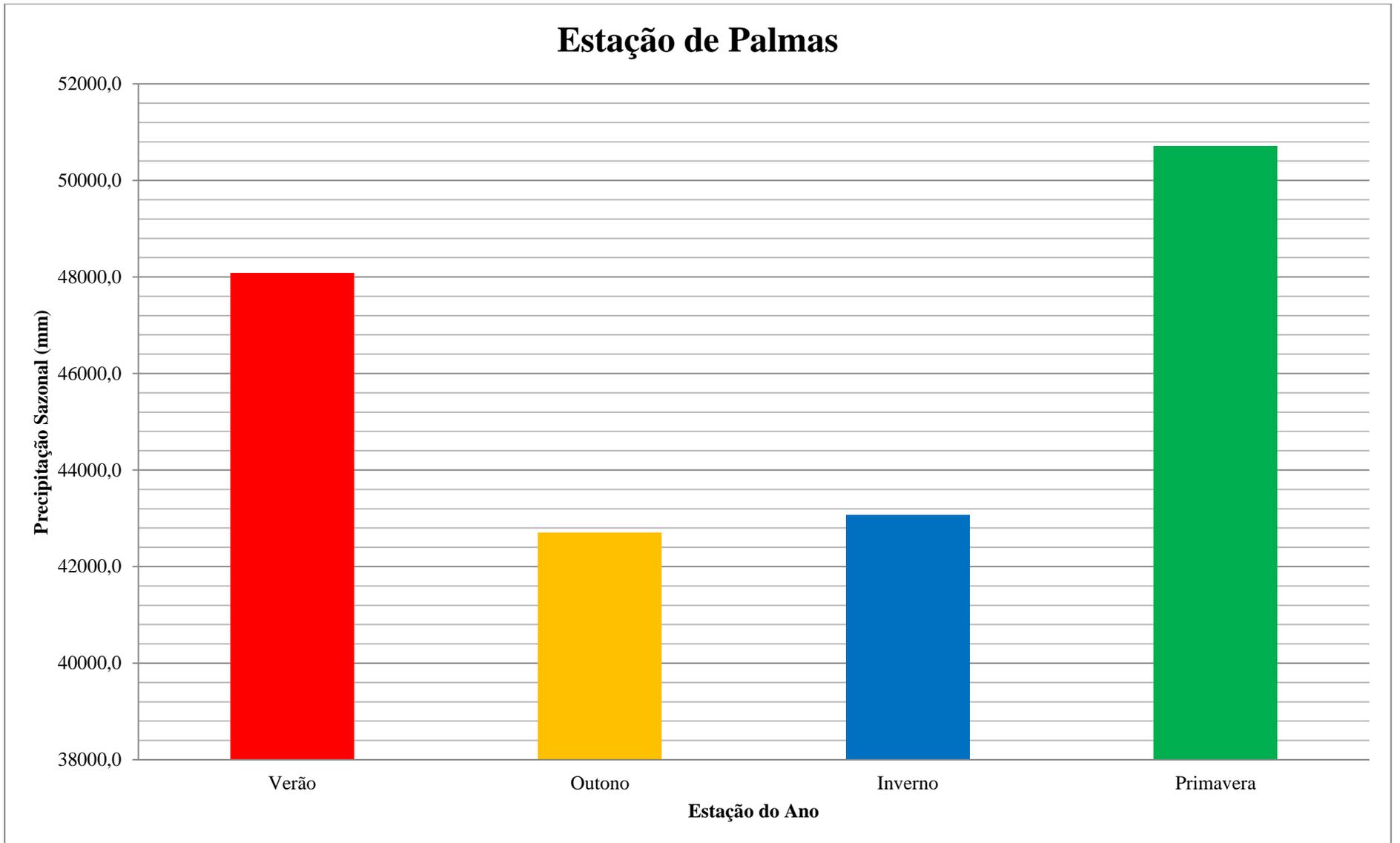




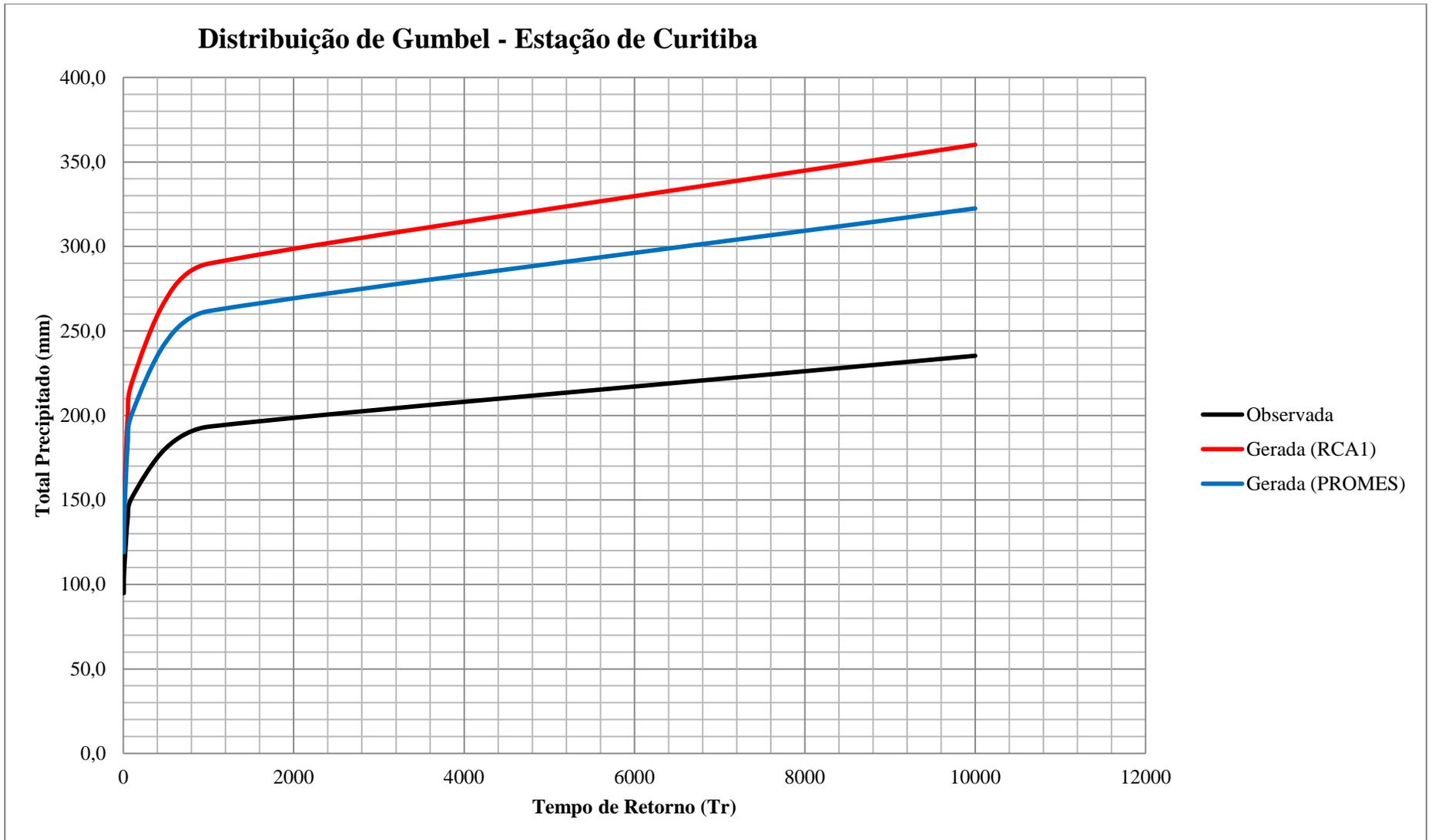


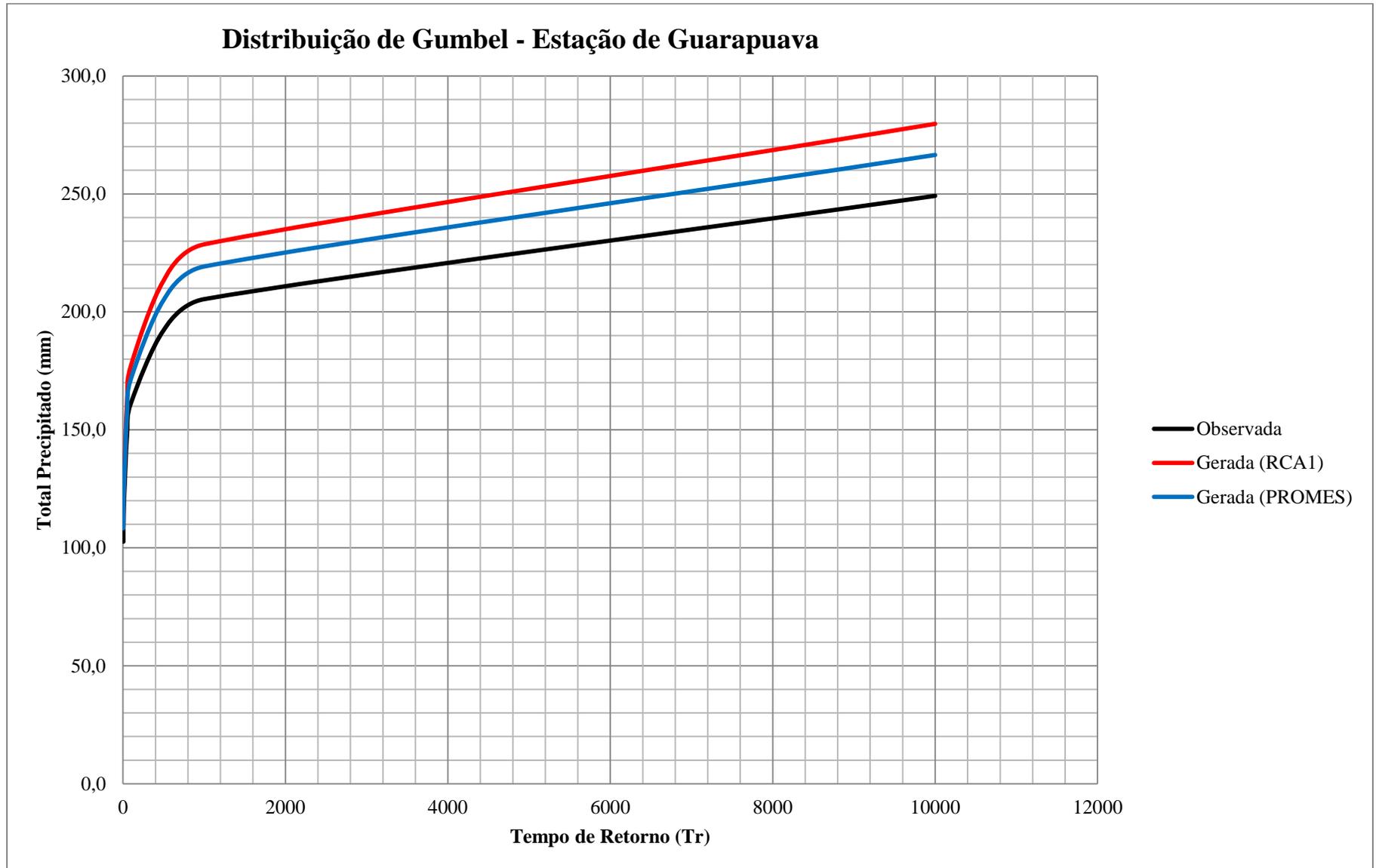
Estação de Palmas

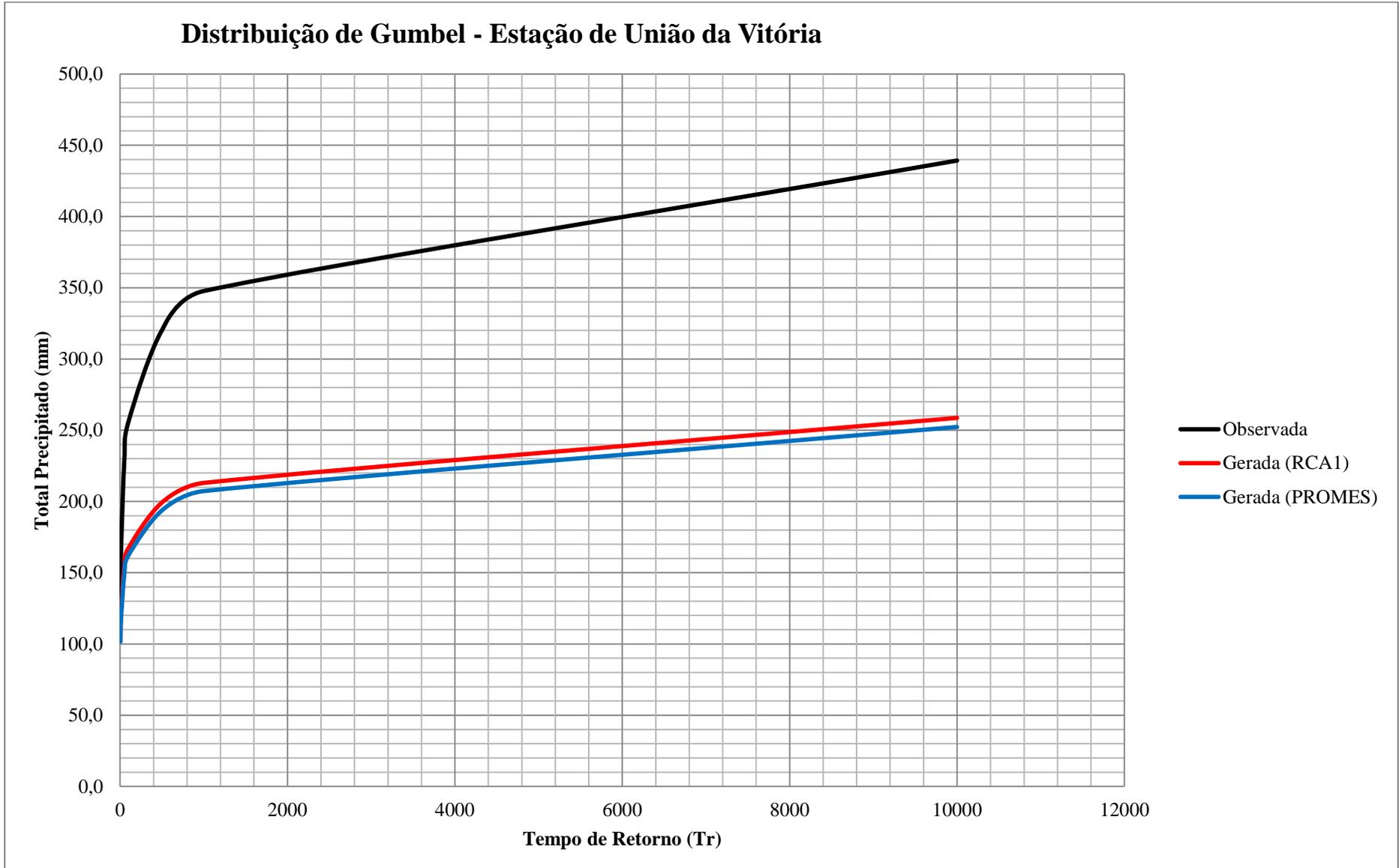




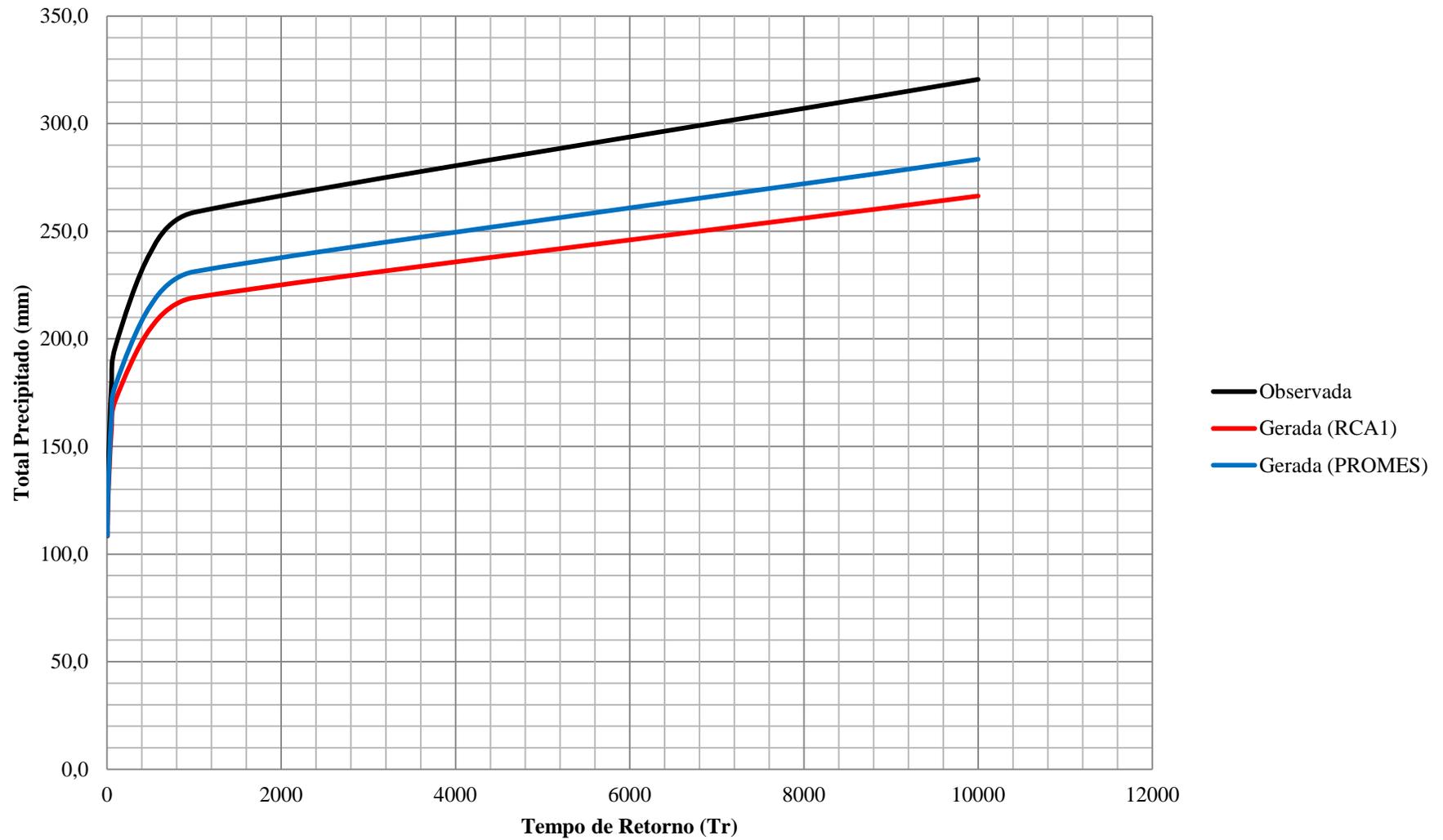
APÊNDICE 20 - Análise de frequência de precipitação máxima diária em função do período de retorno no período histórico (1961 – 2010)

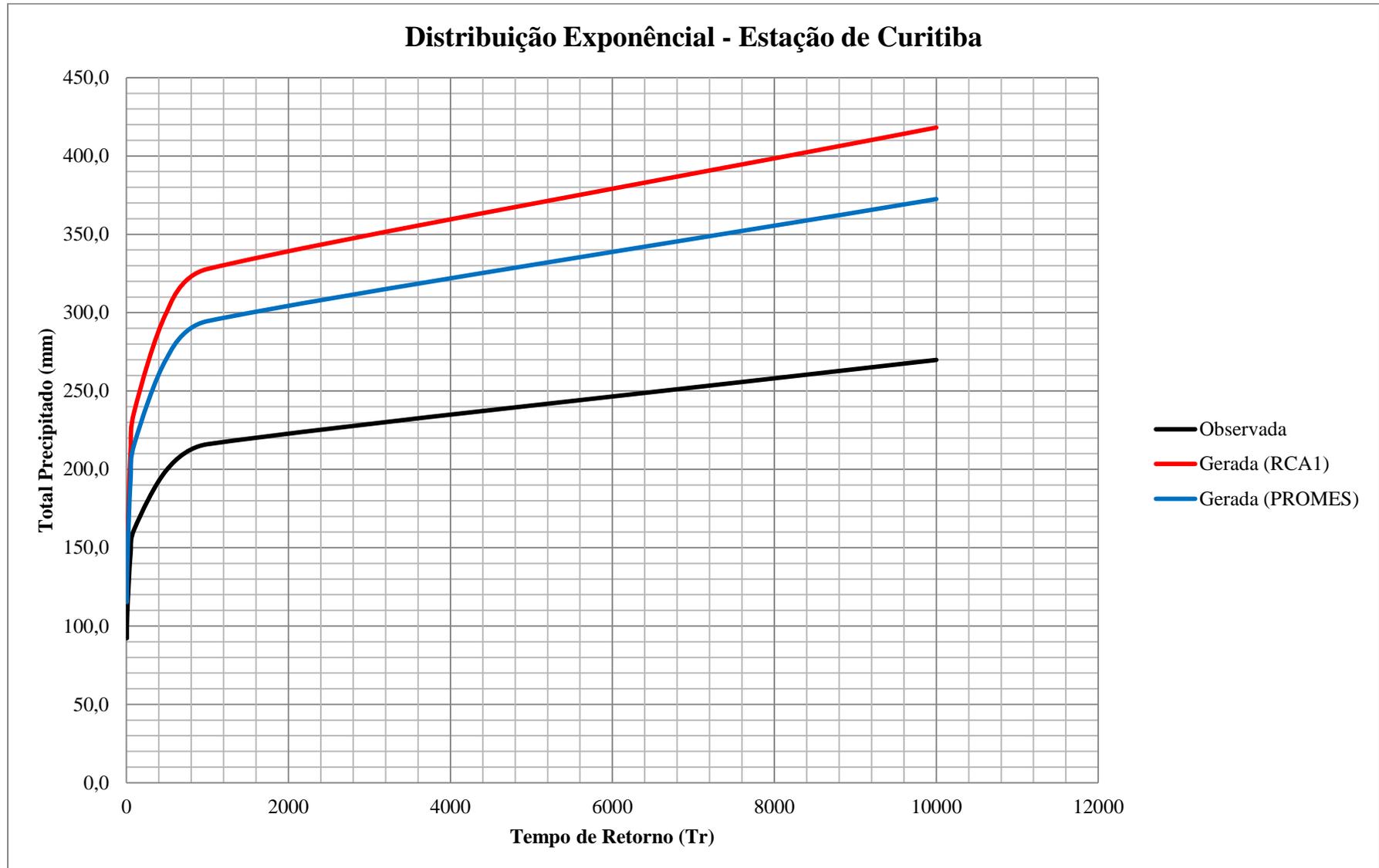


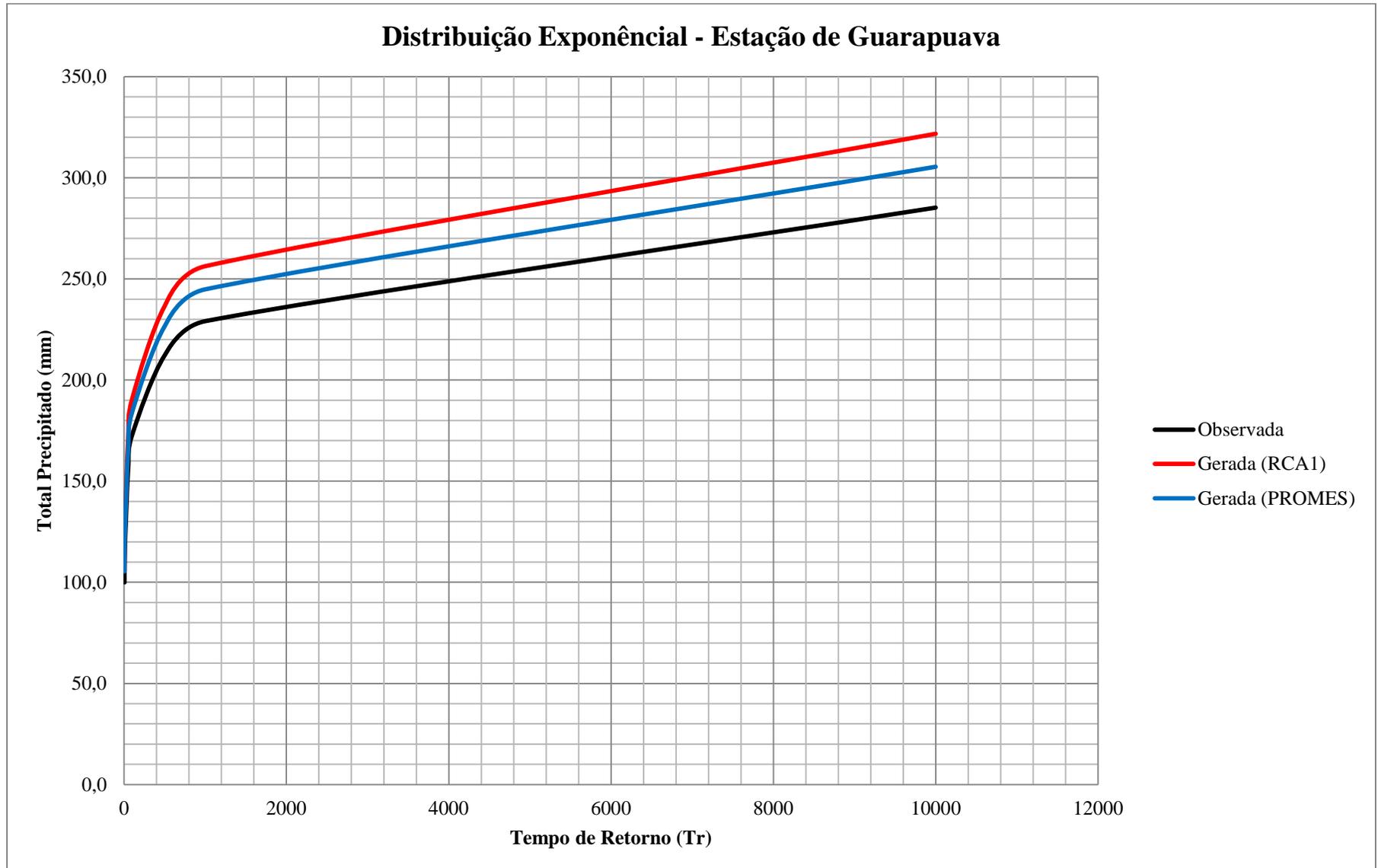


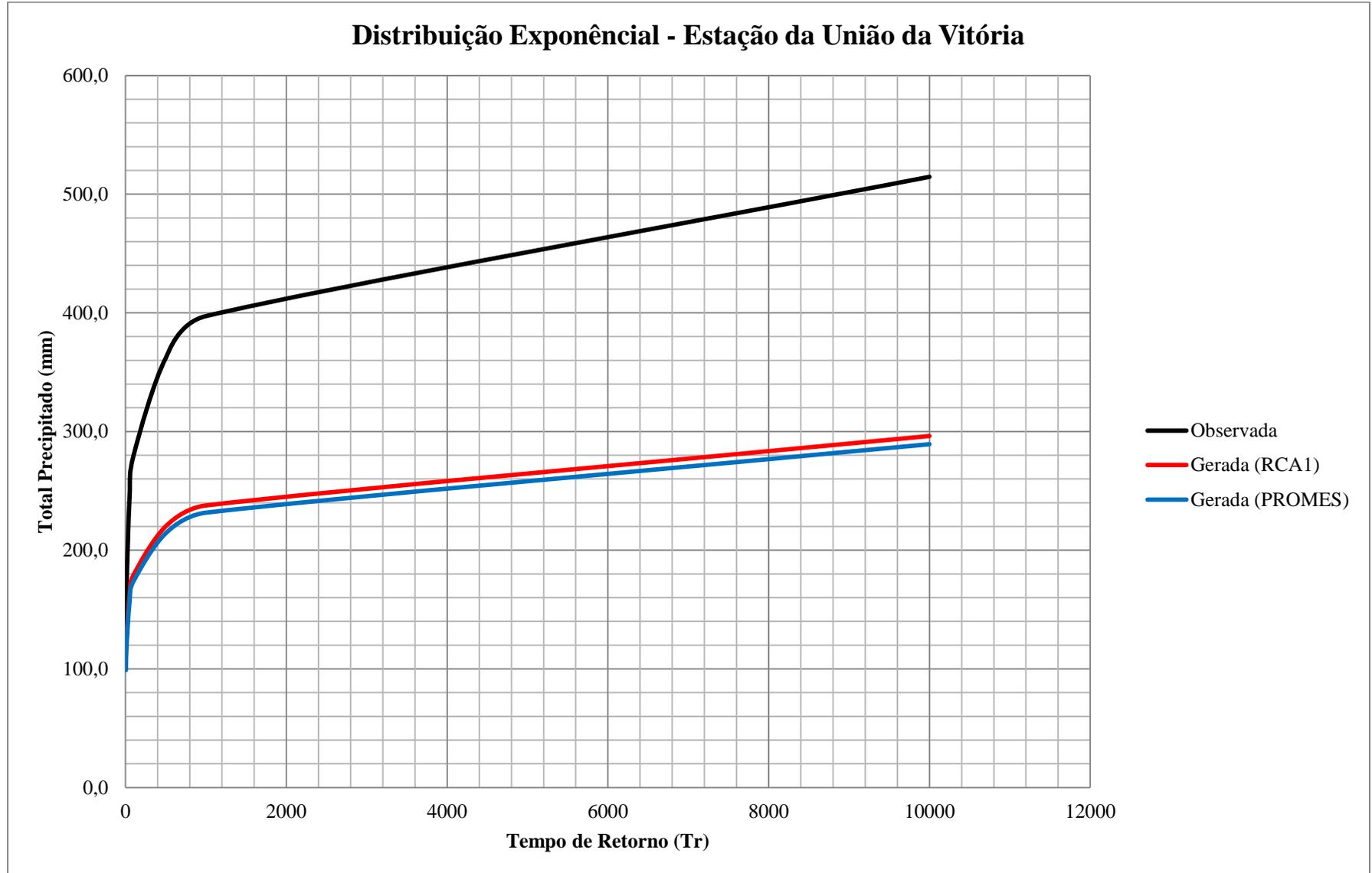


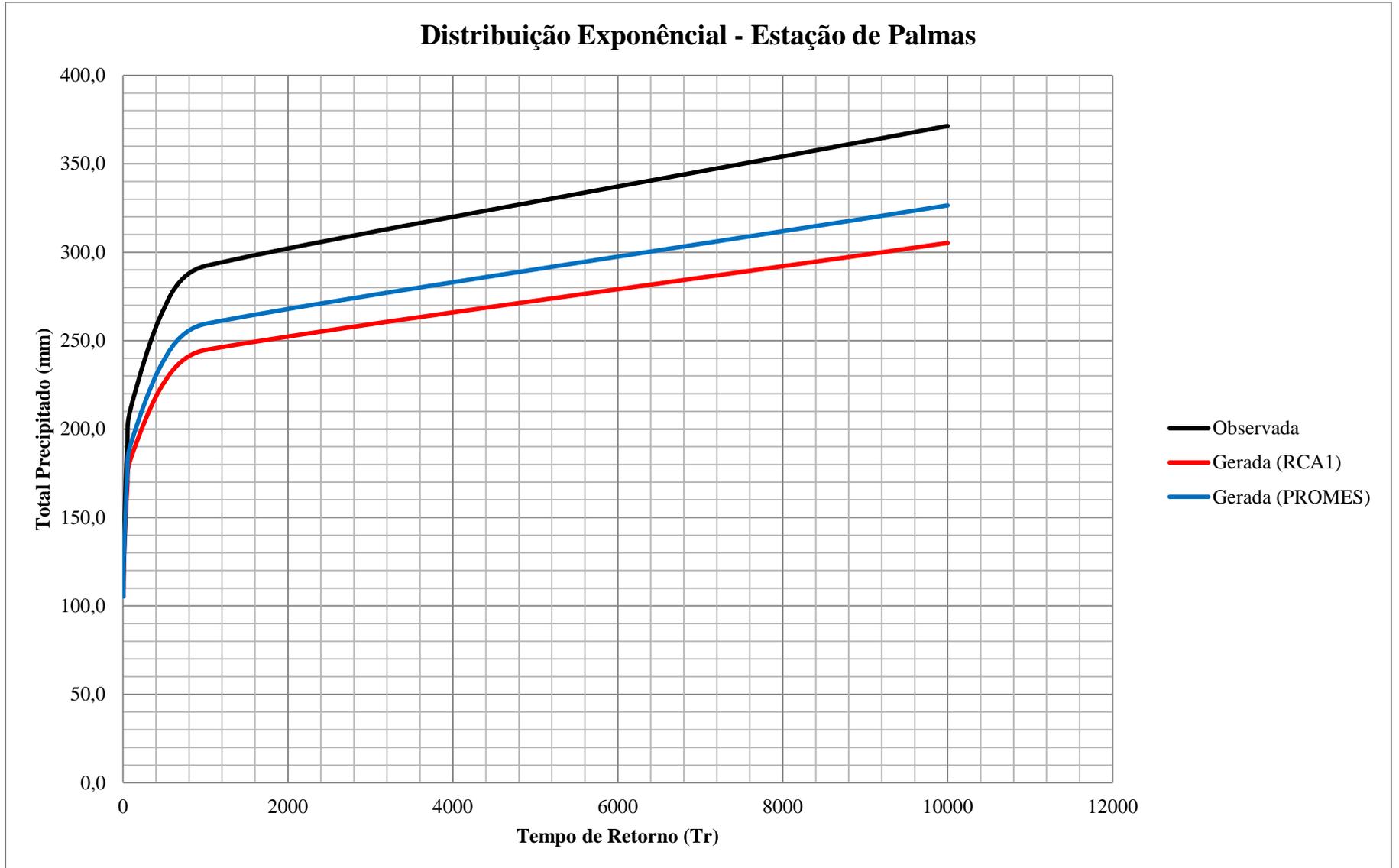
Distribuição de Gumbel - Estação de Palmas

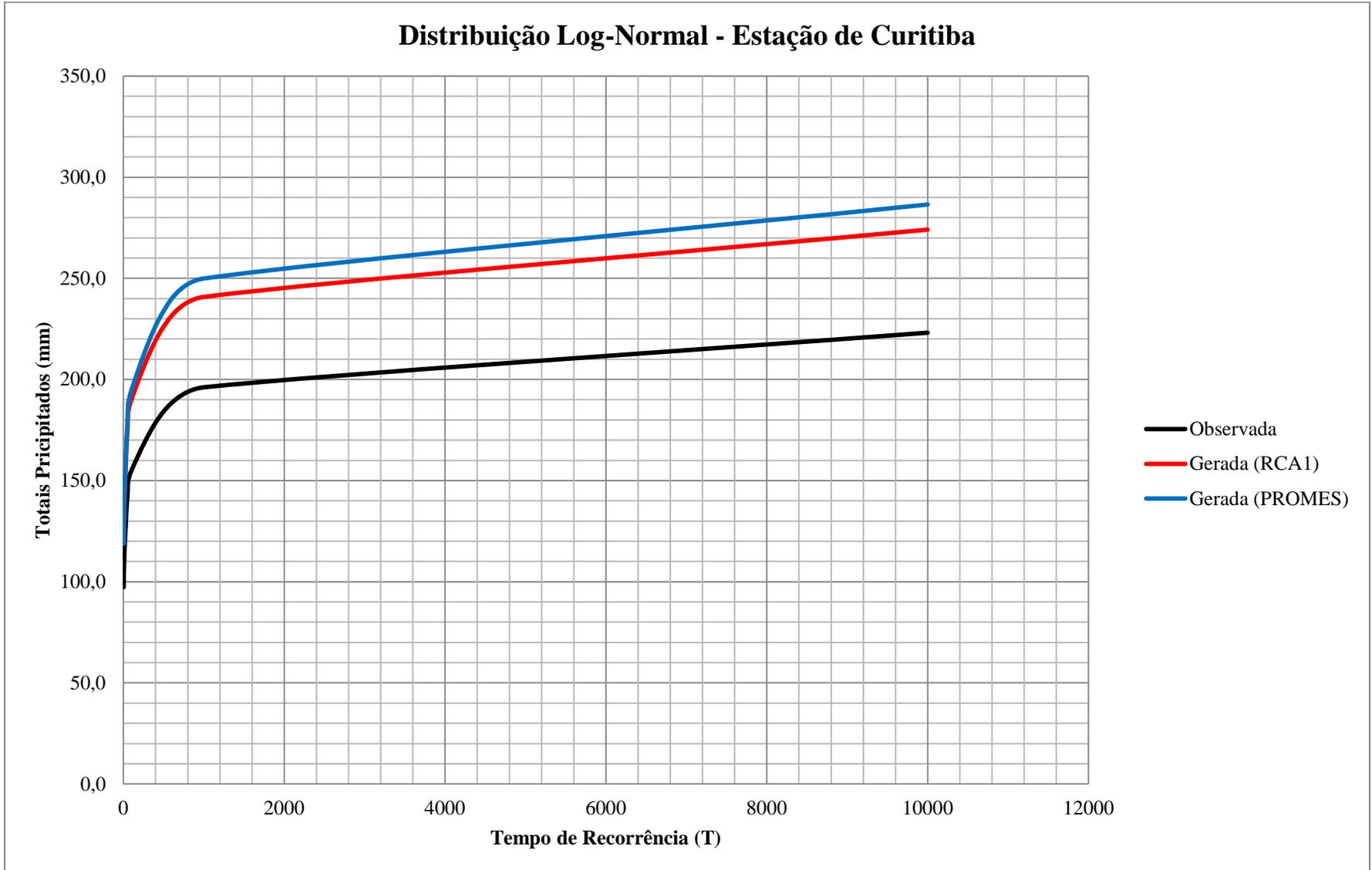


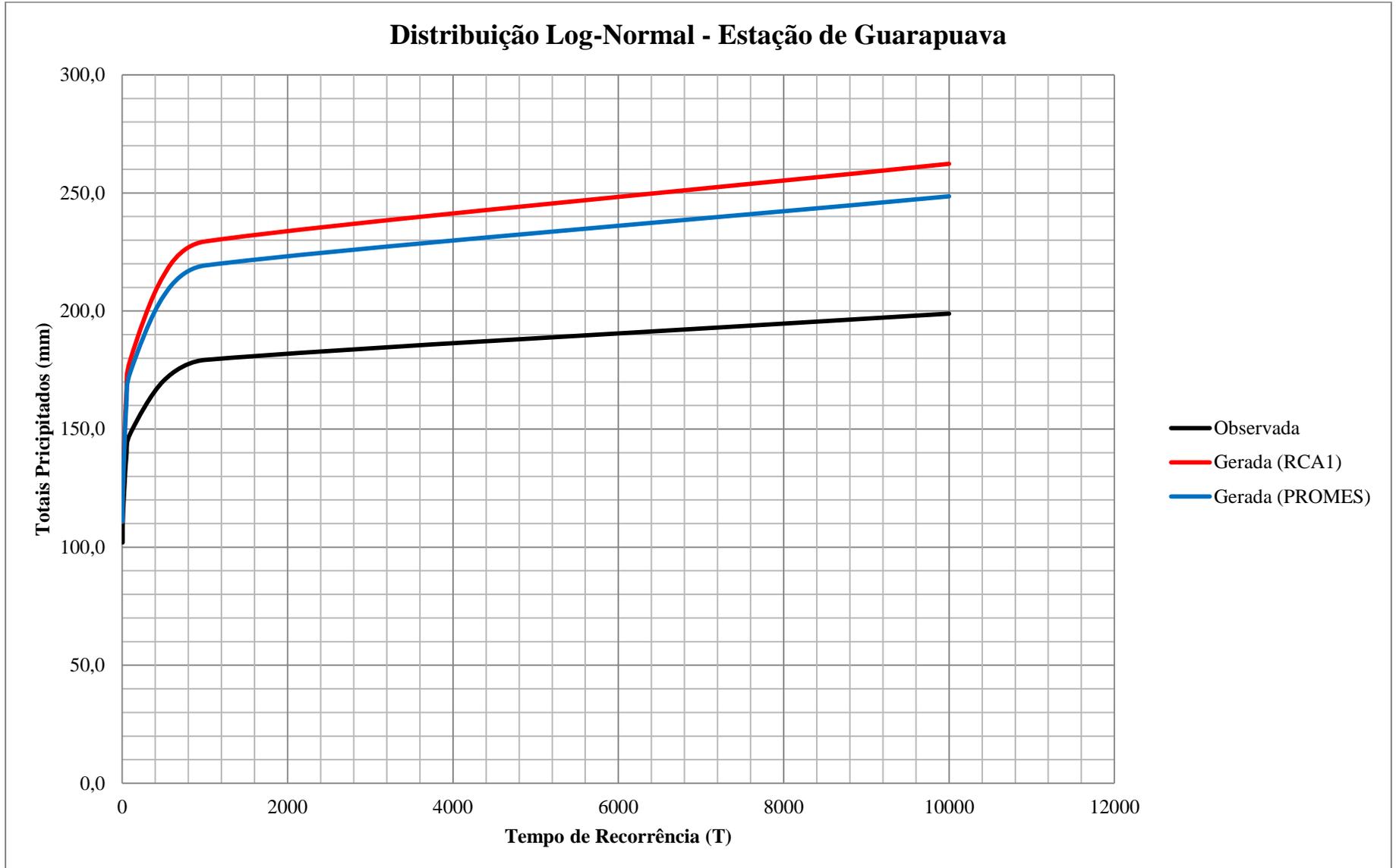


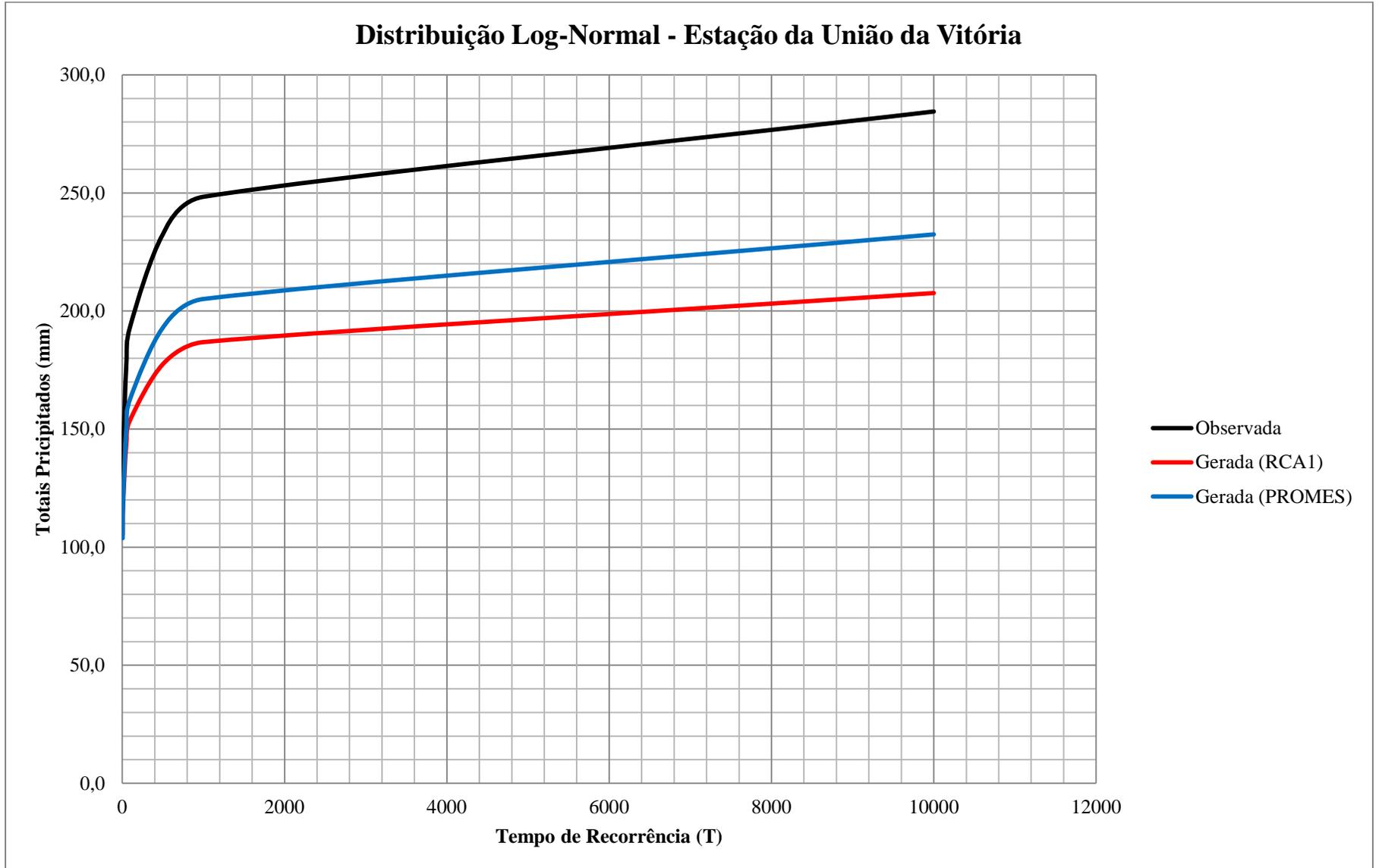


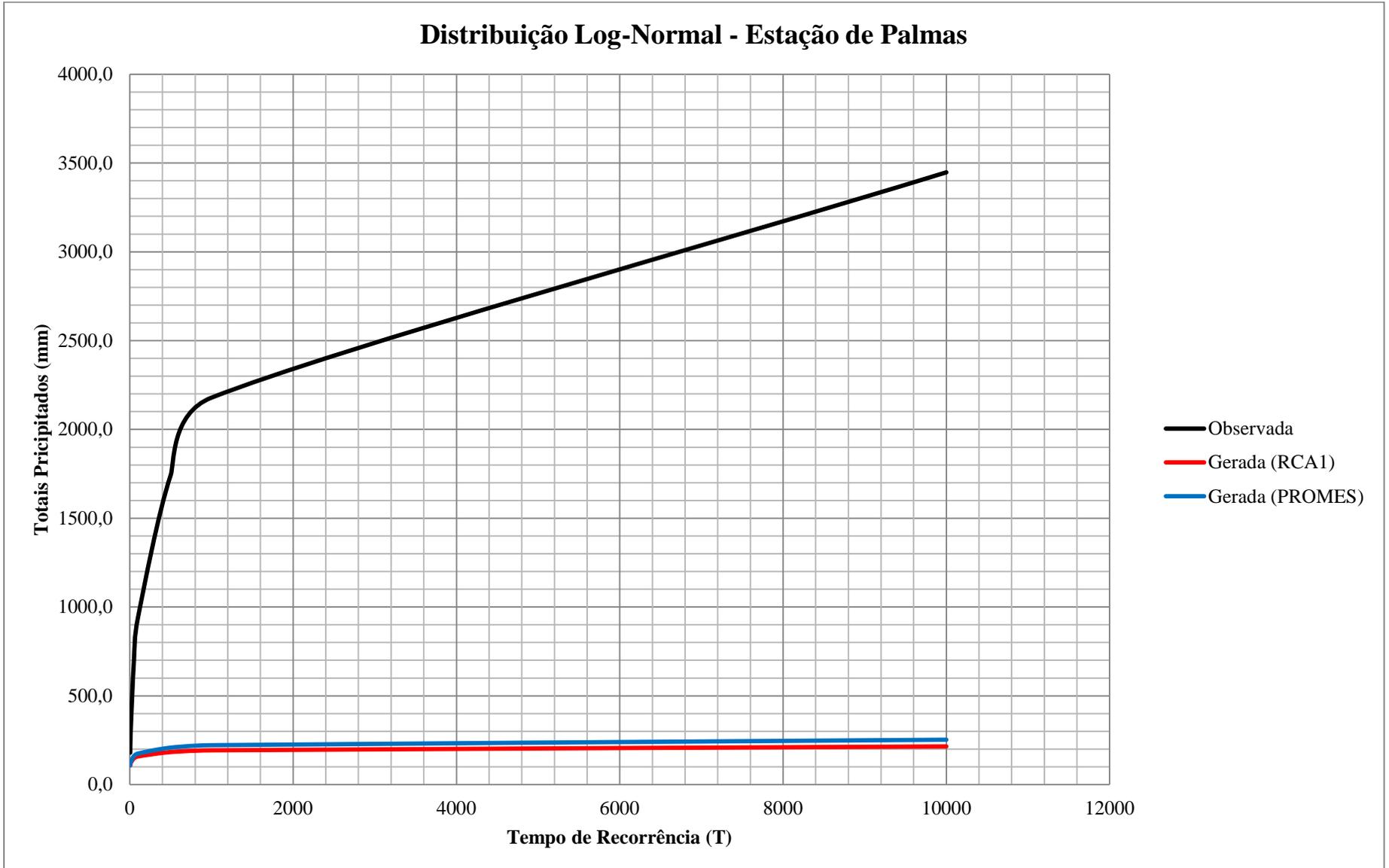




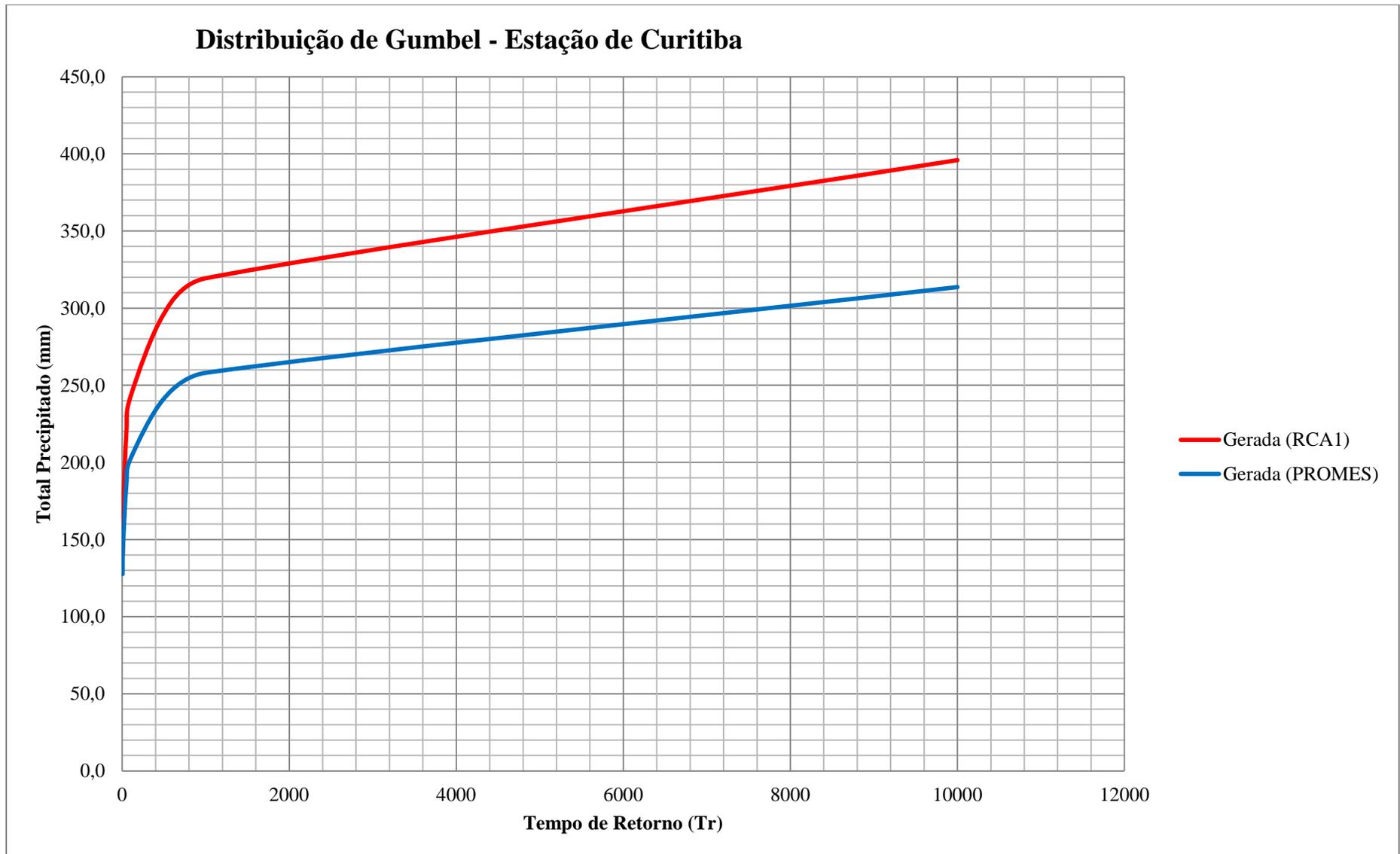




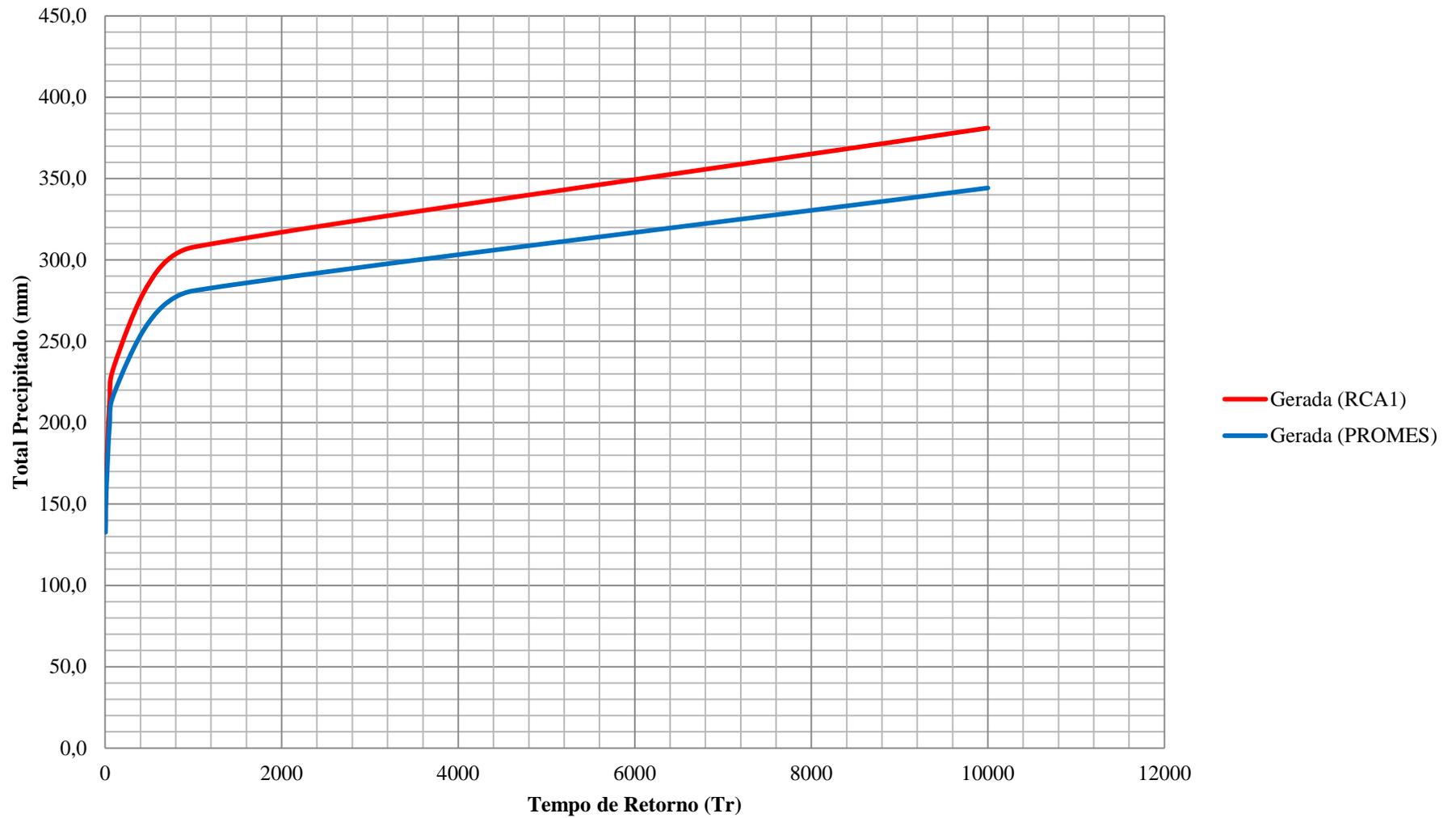


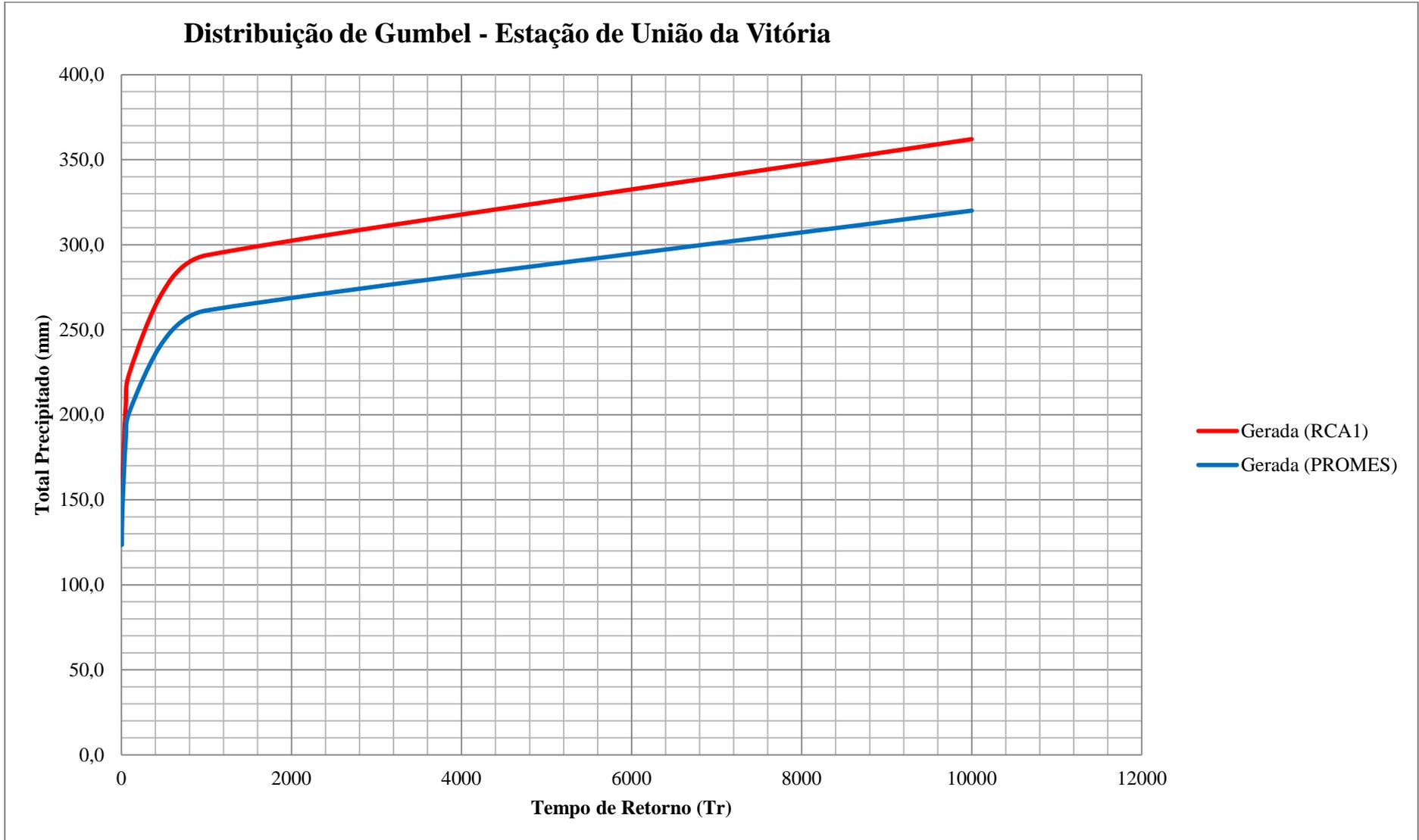


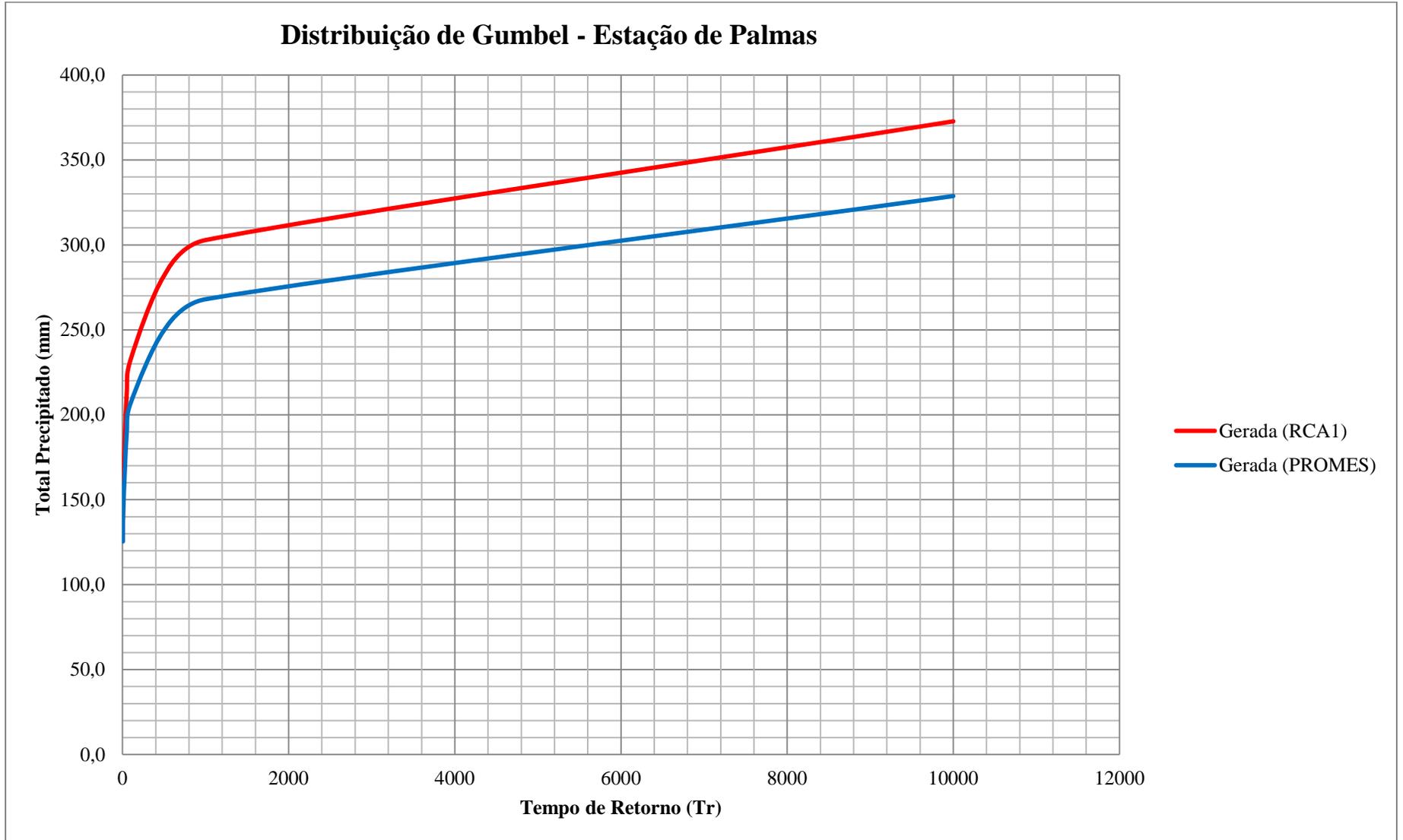
APÊNDICE 21 - Análise de frequência de precipitação máxima diária em função do período de retorno no período futuro (2011 – 2088)



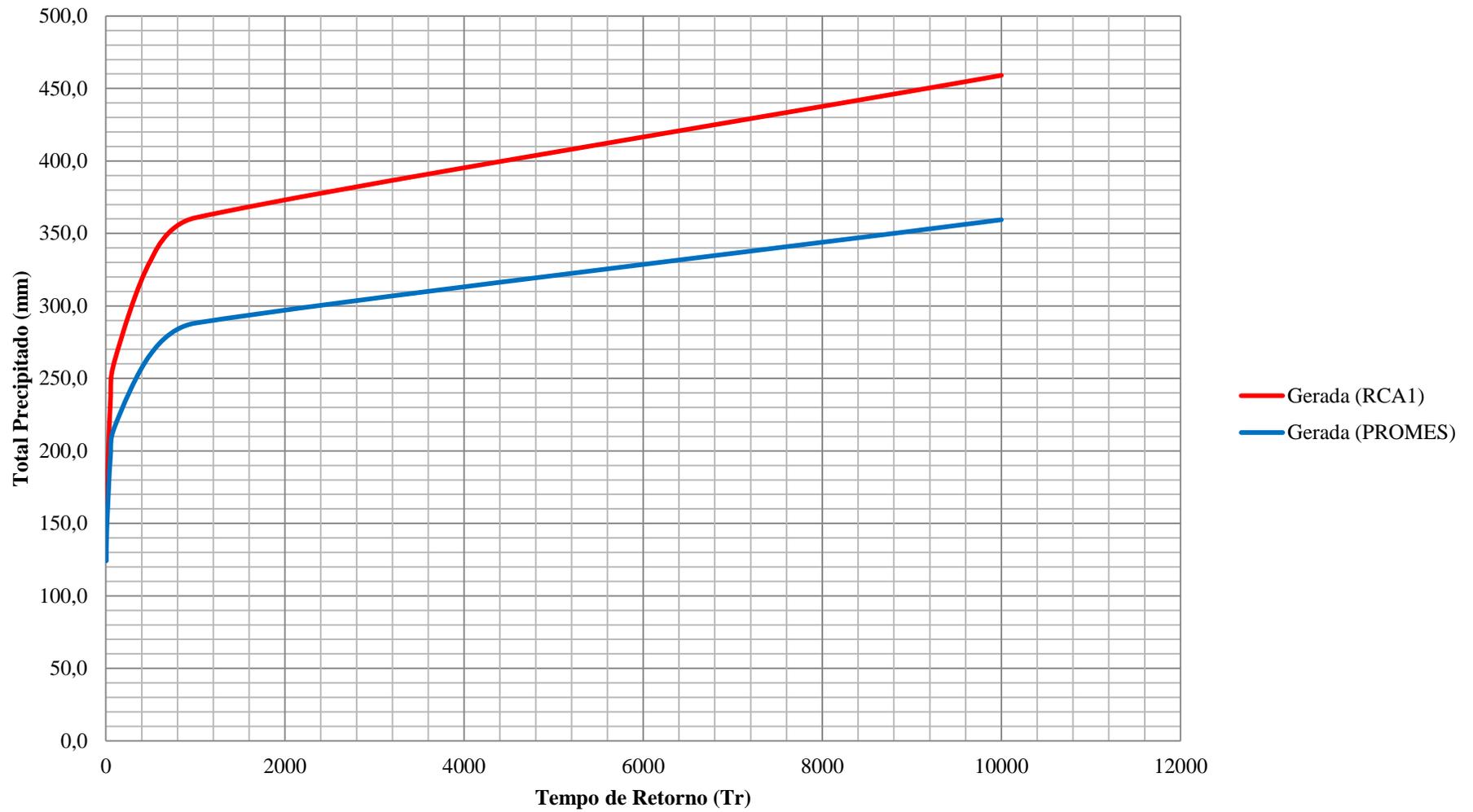
Distribuição de Gumbel - Estação de Guarapuava

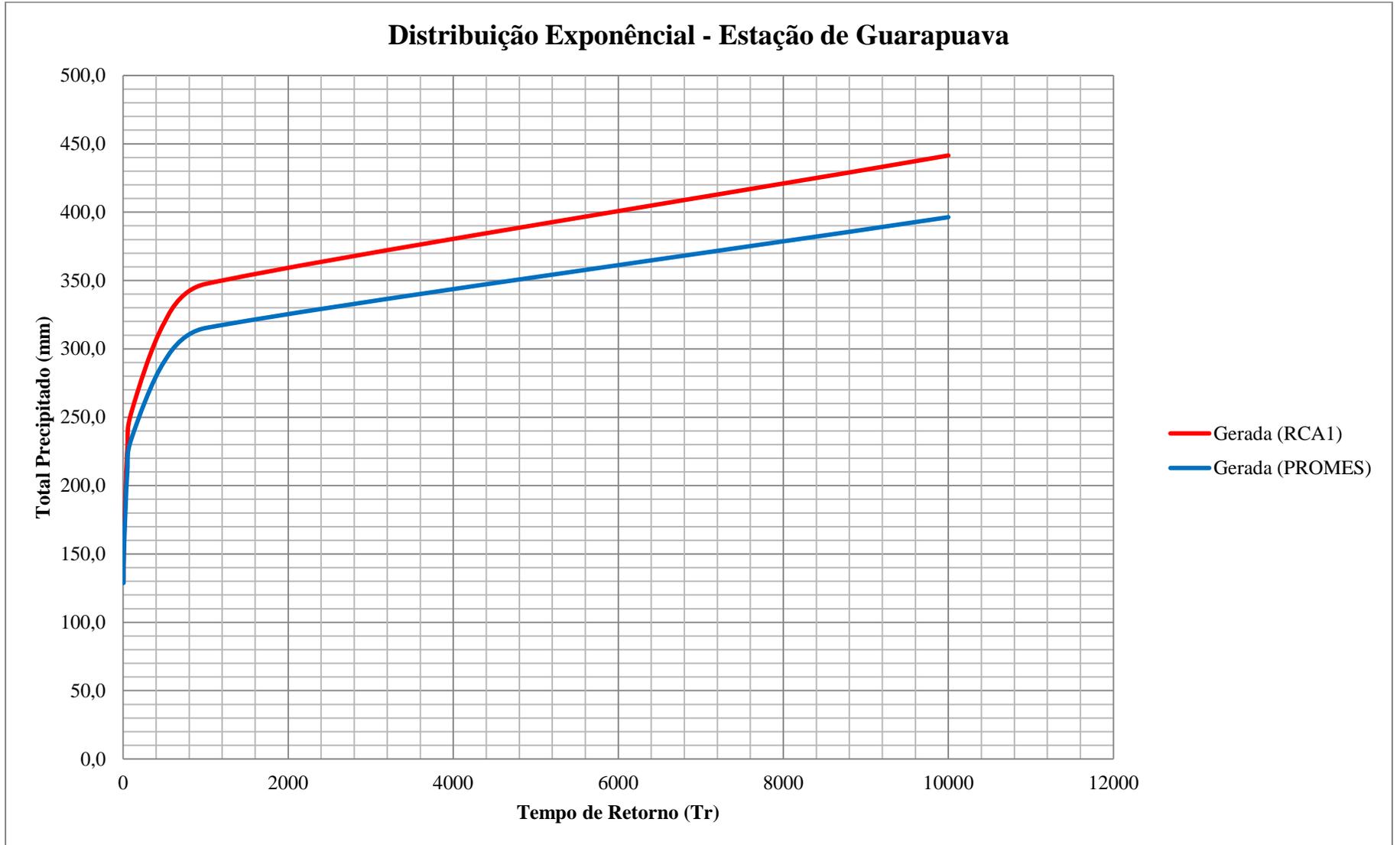


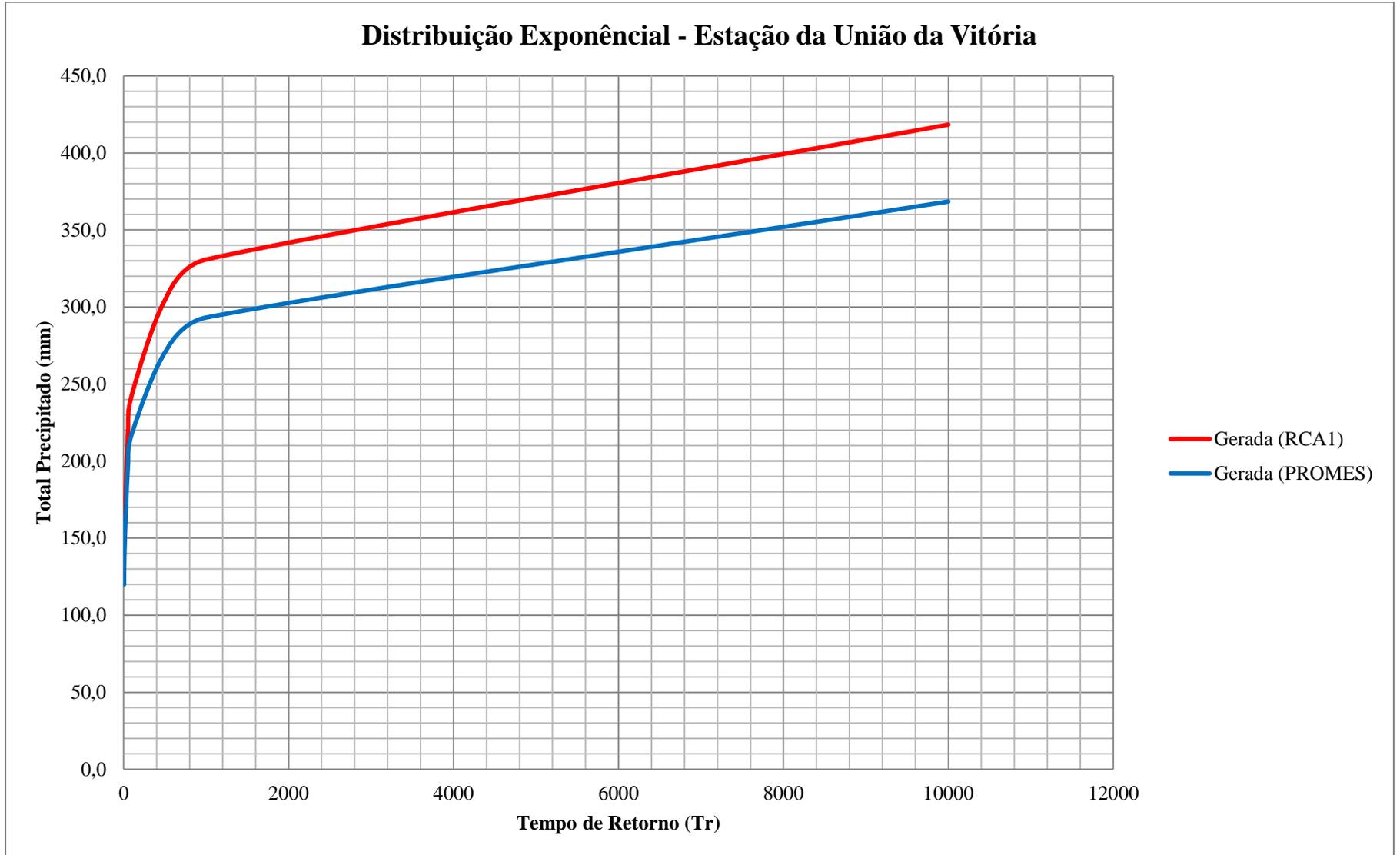


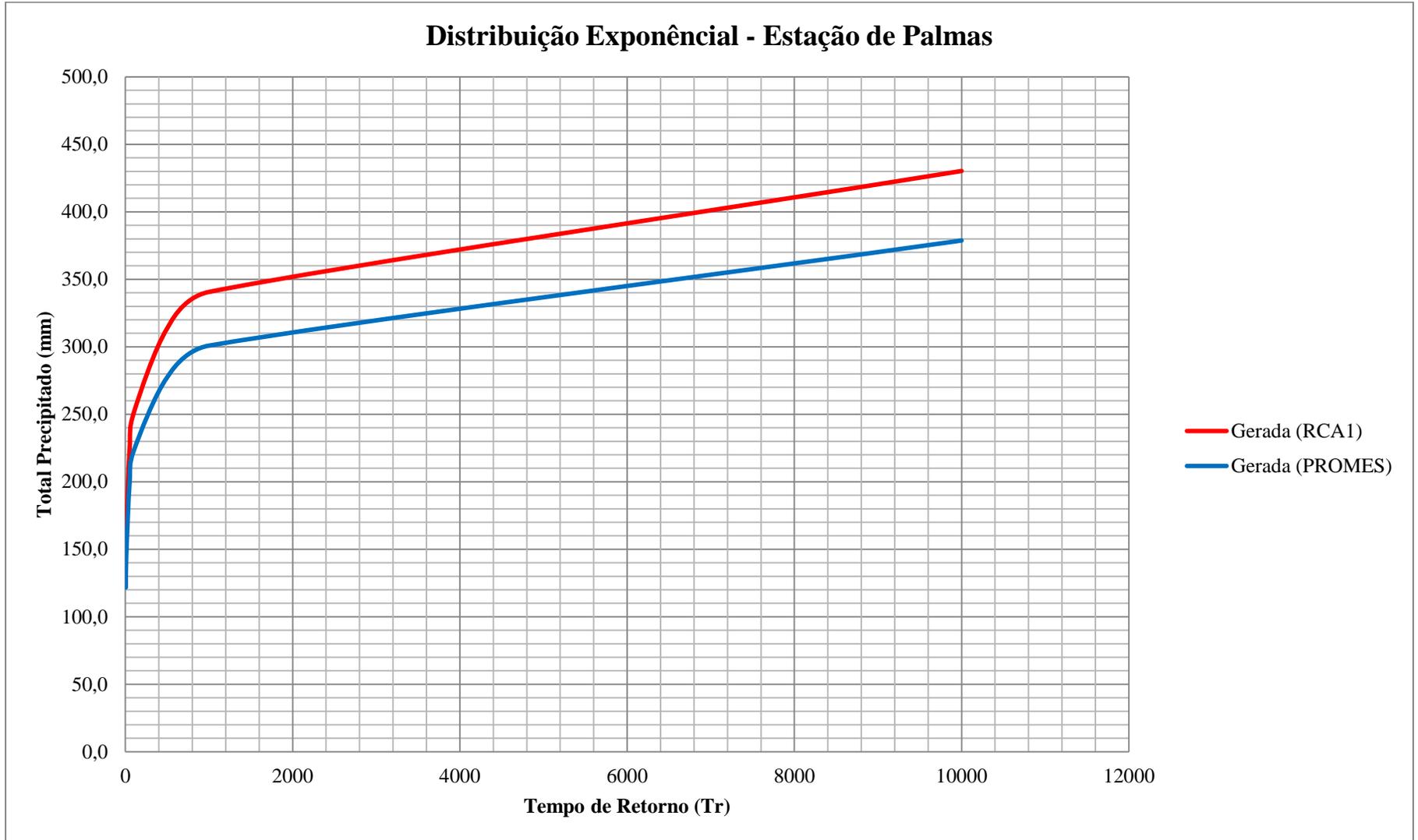


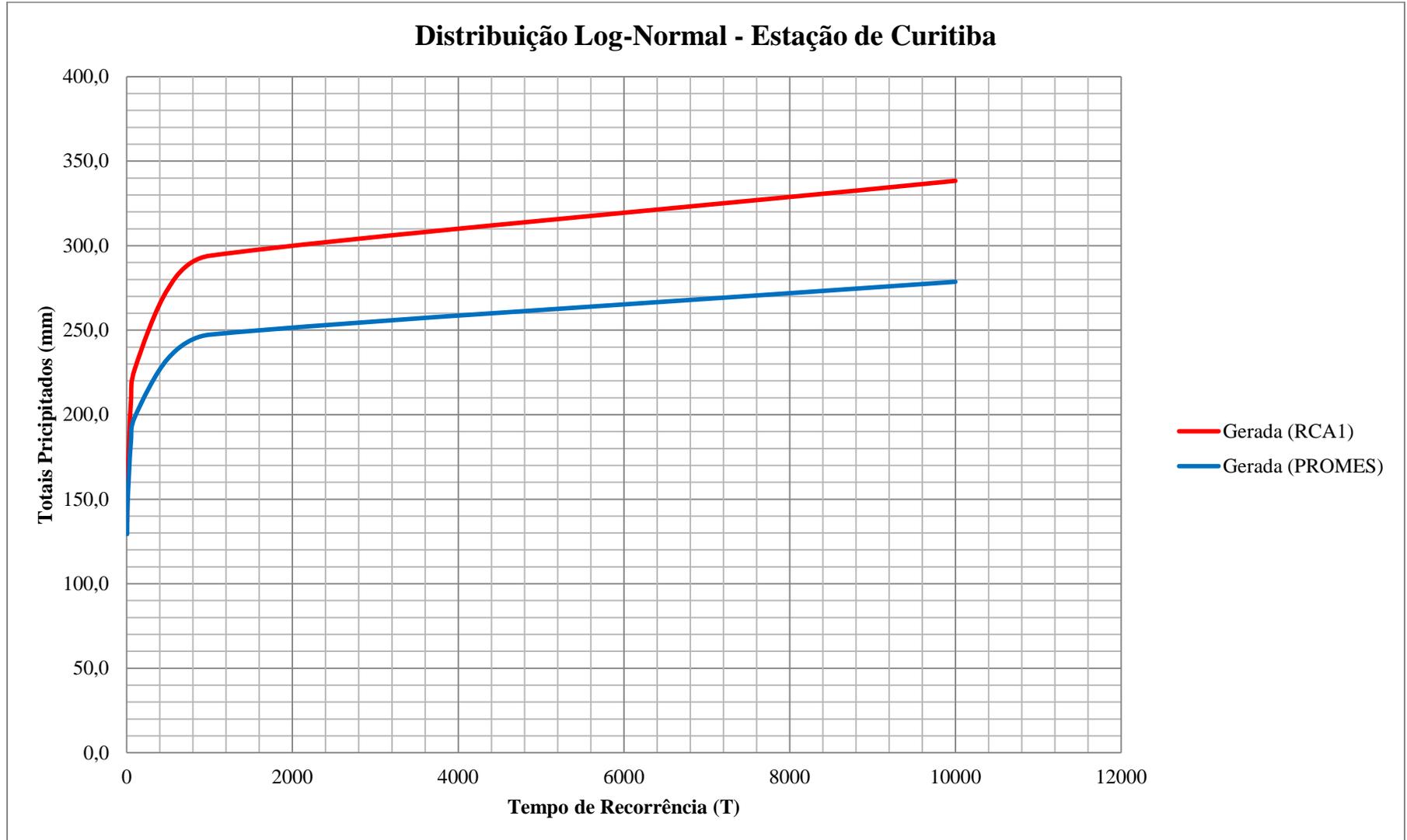
Distribuição Exponencial - Estação de Curitiba

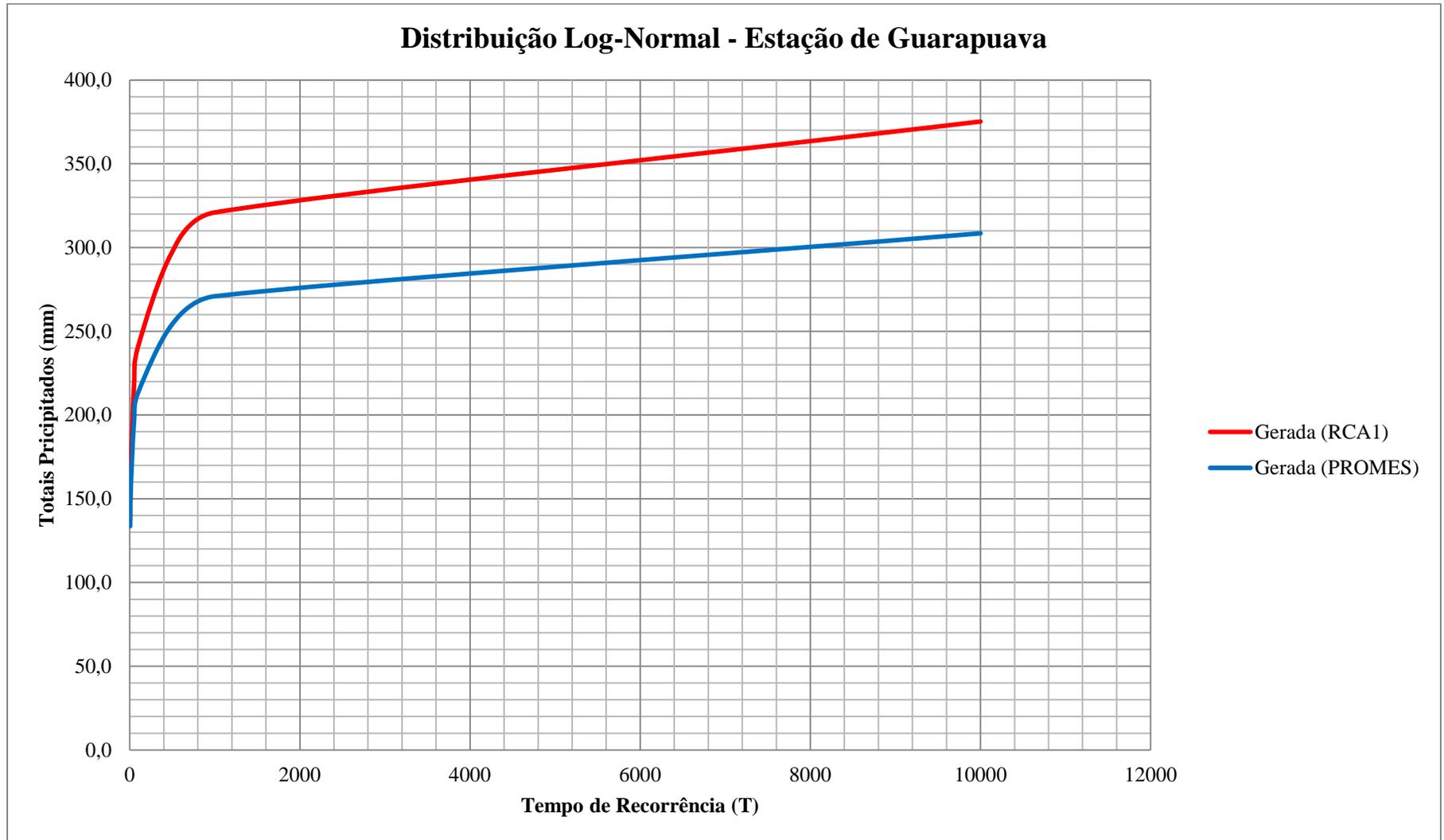


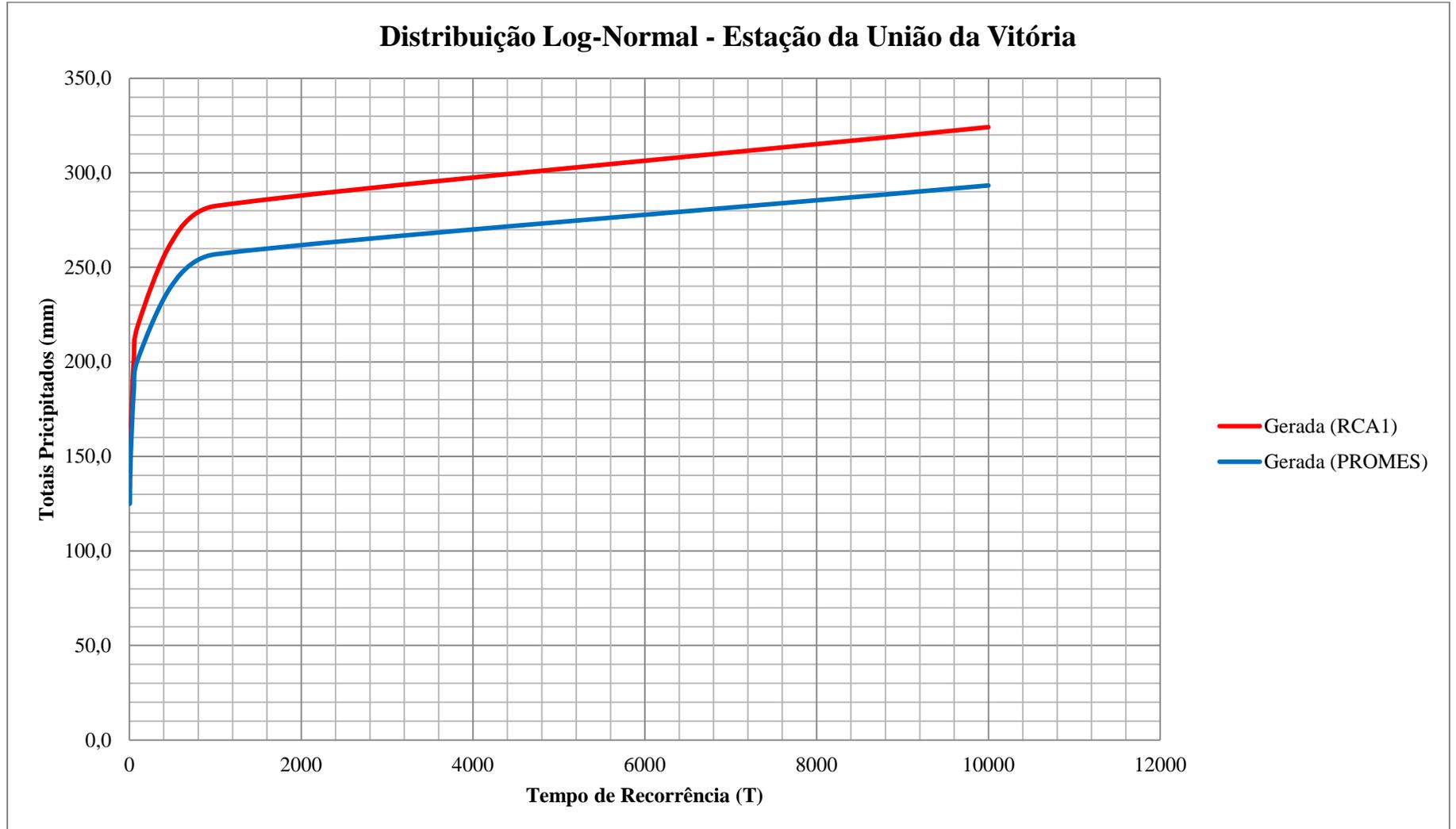


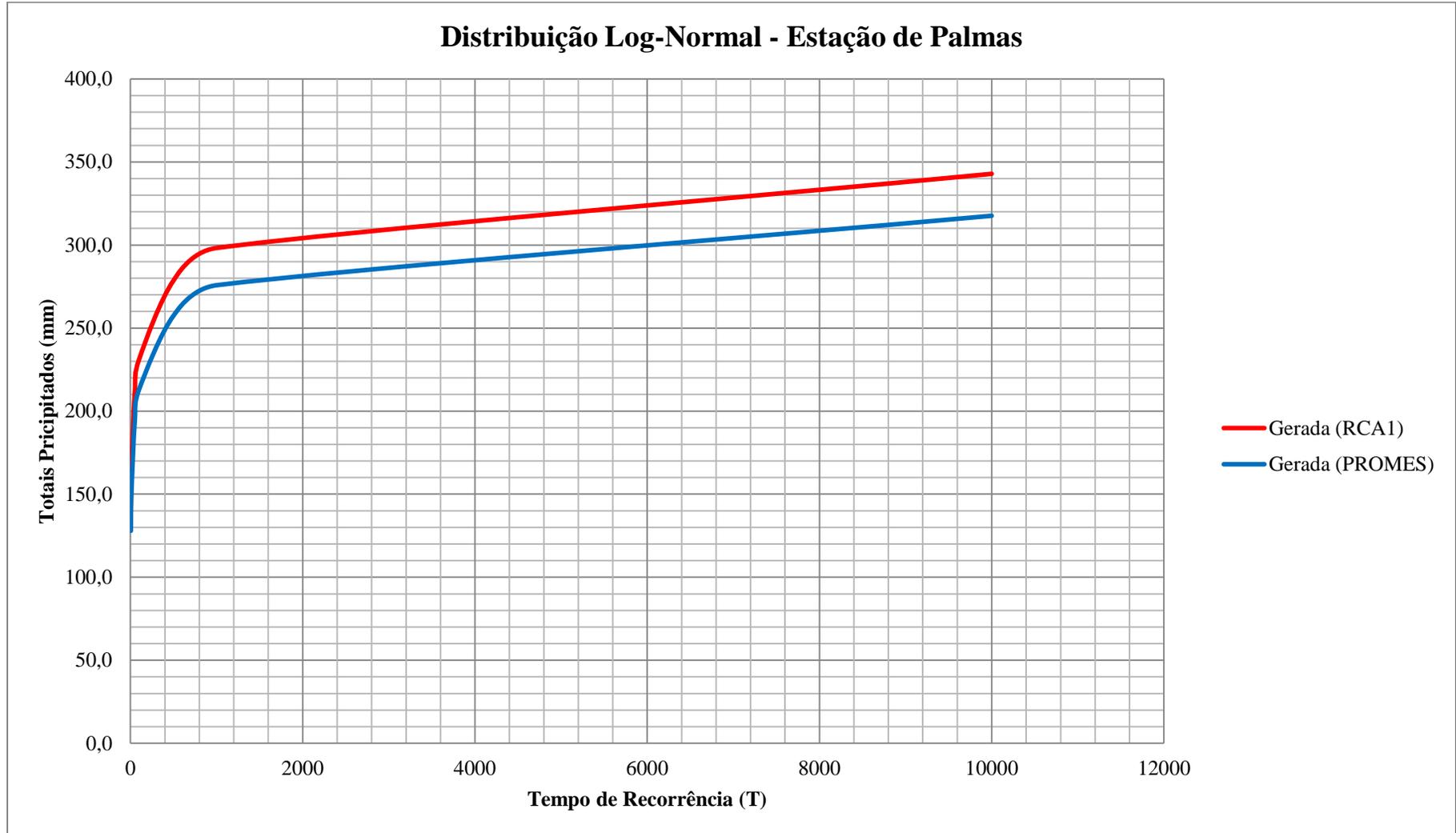






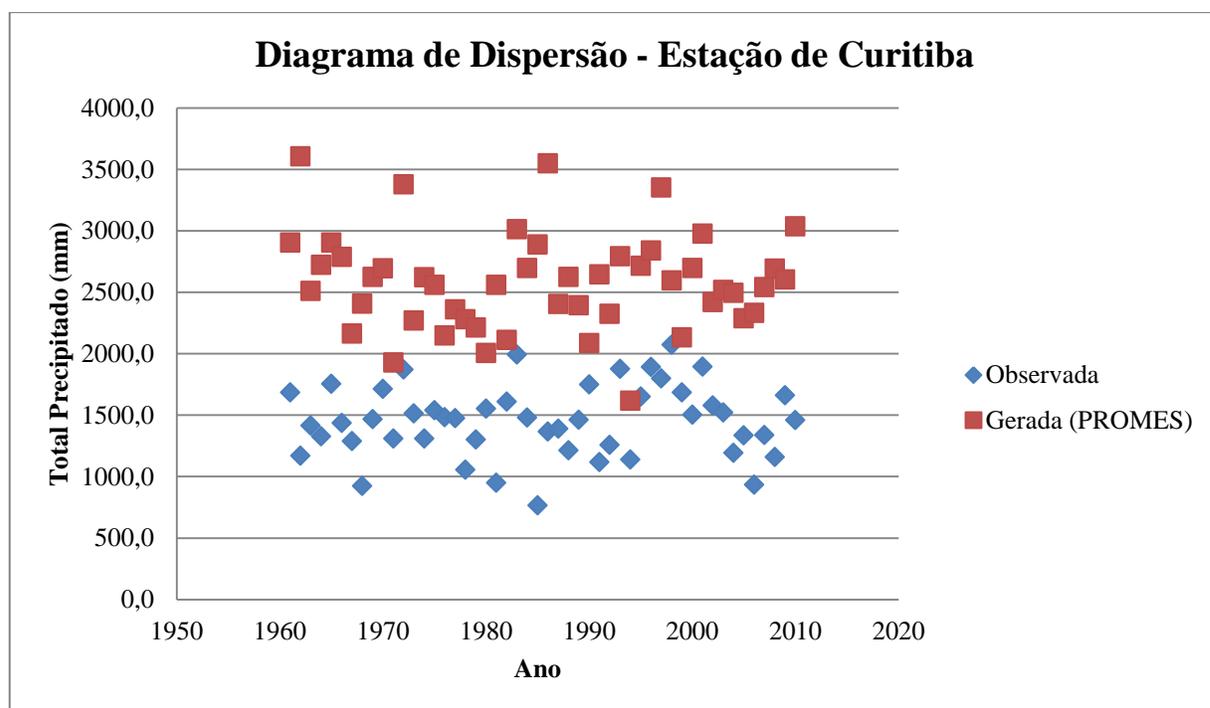
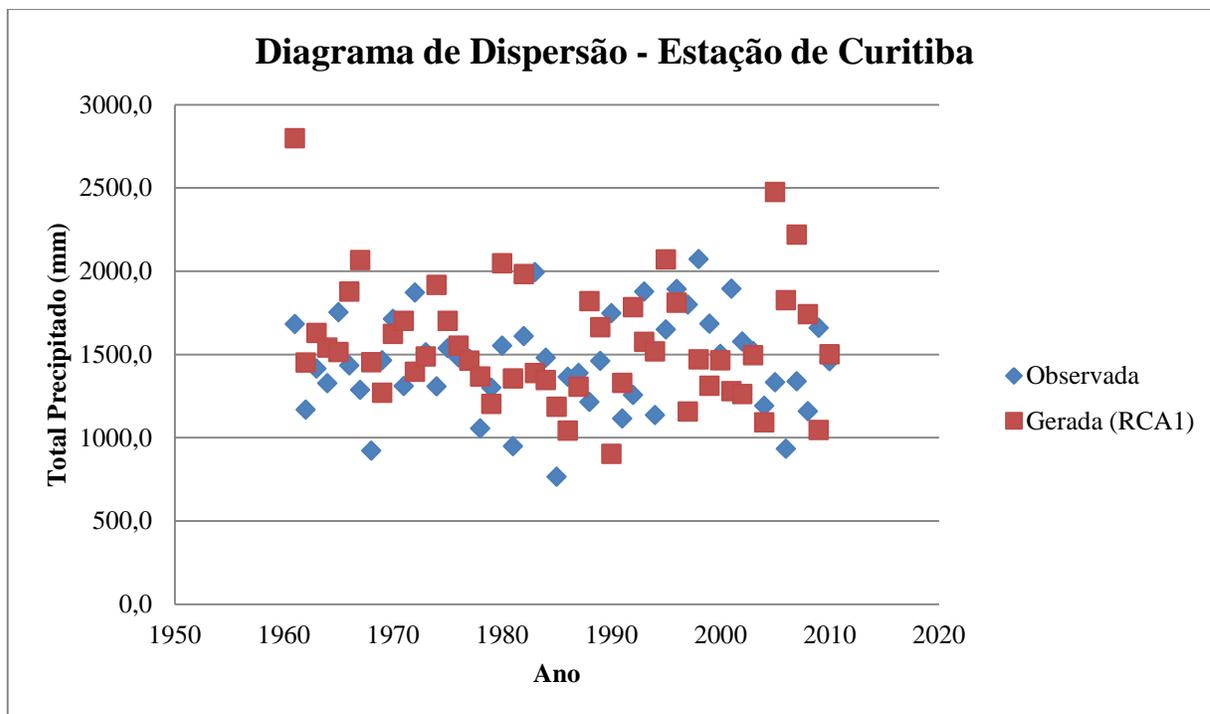


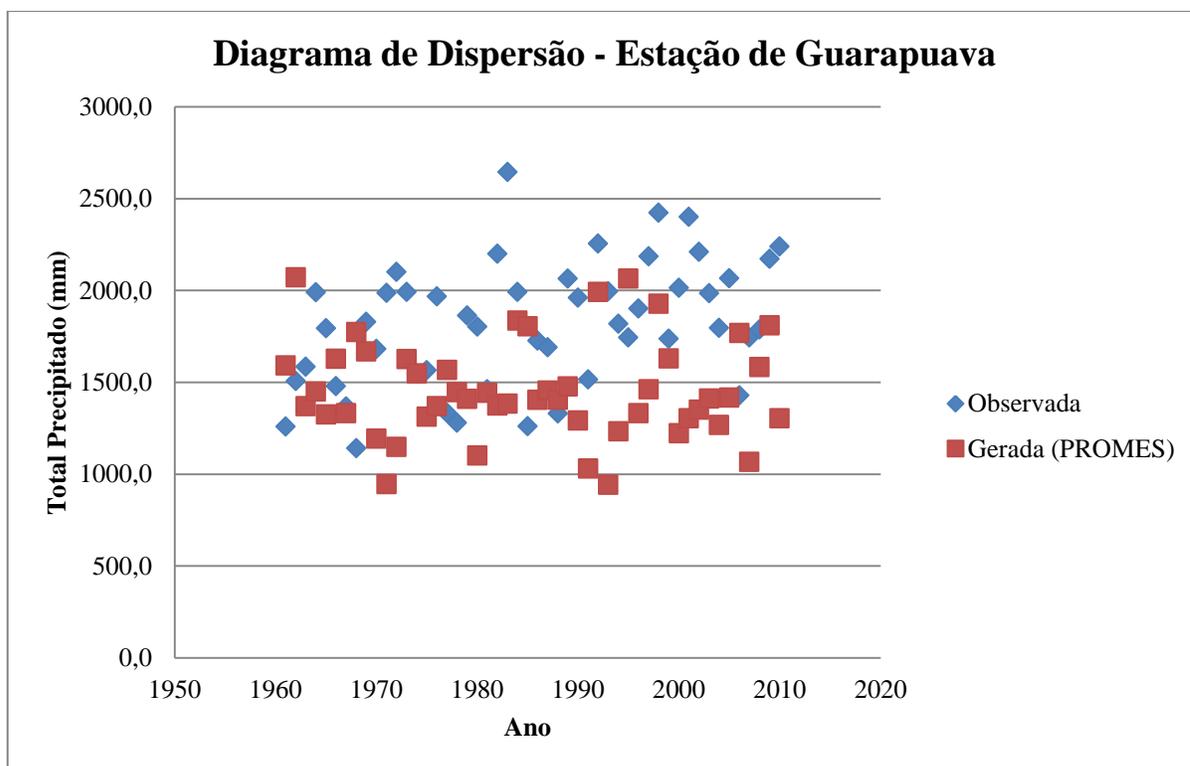
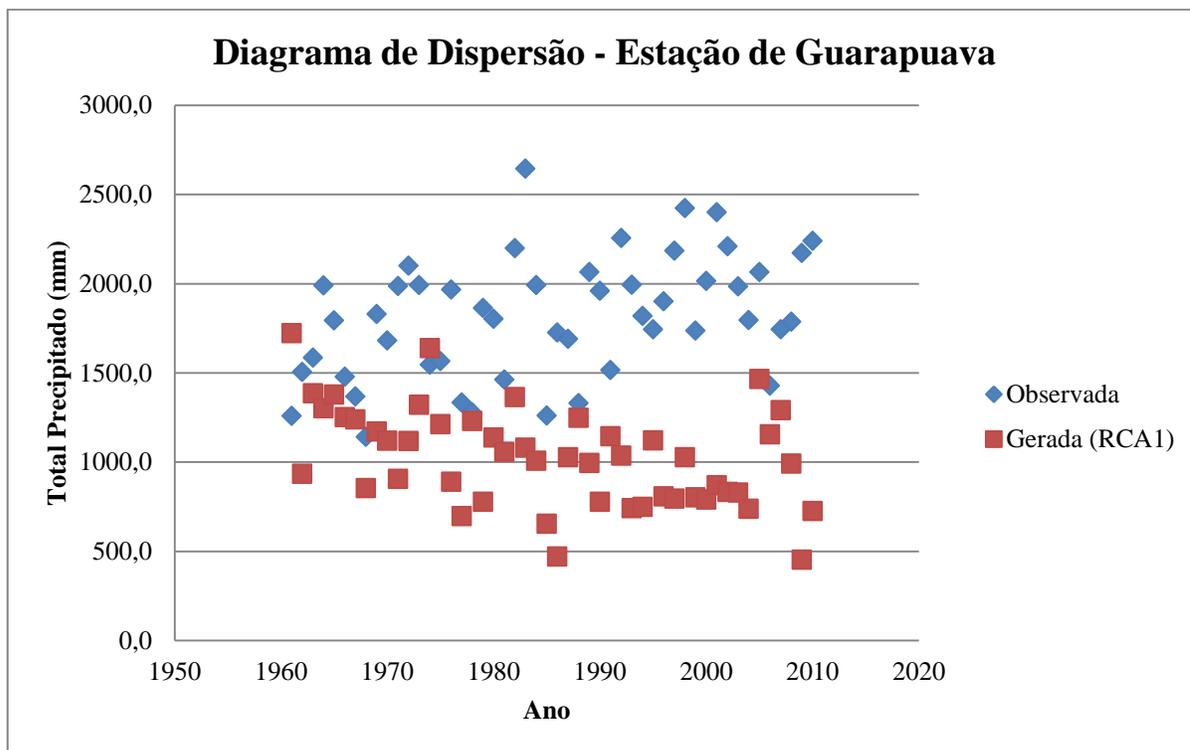


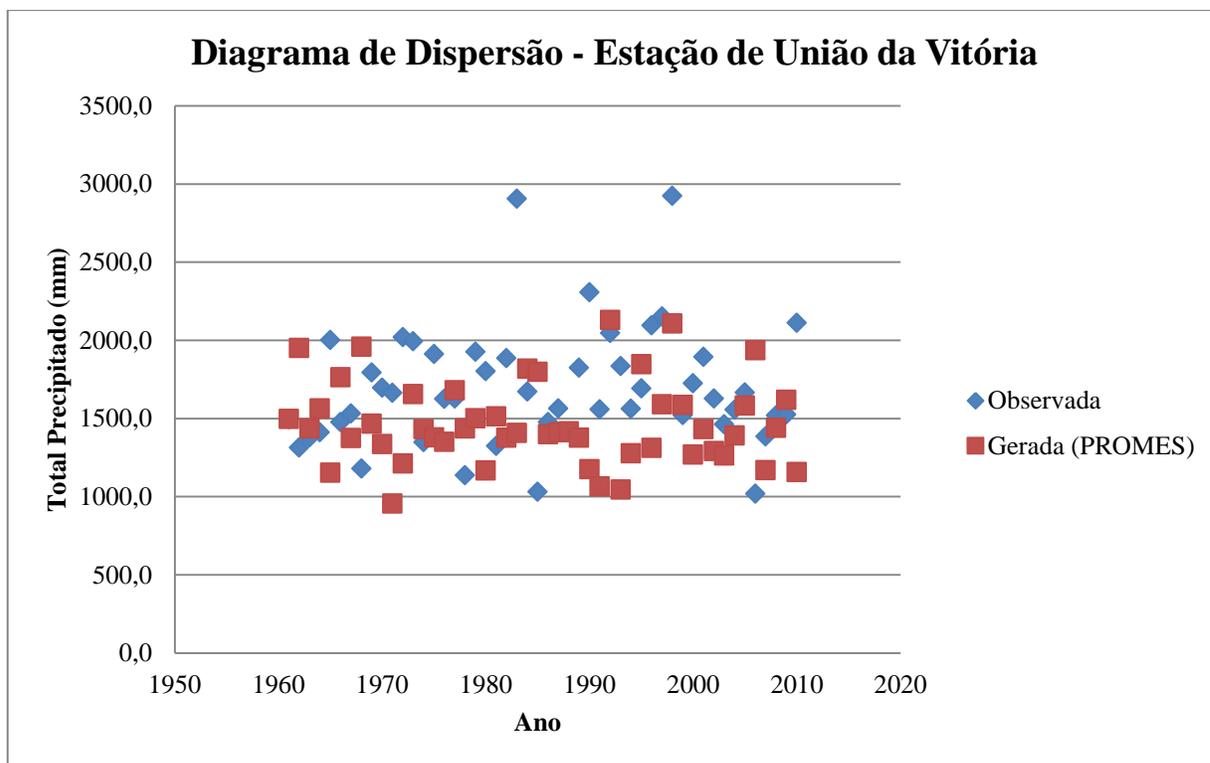
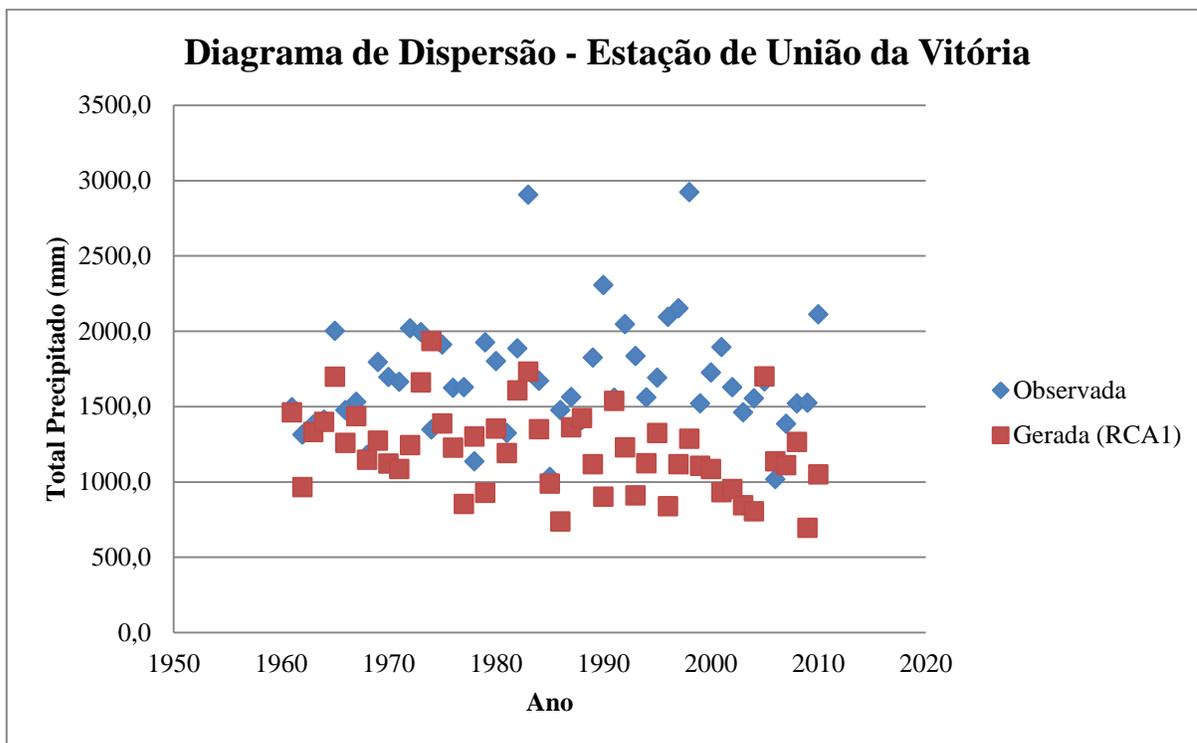


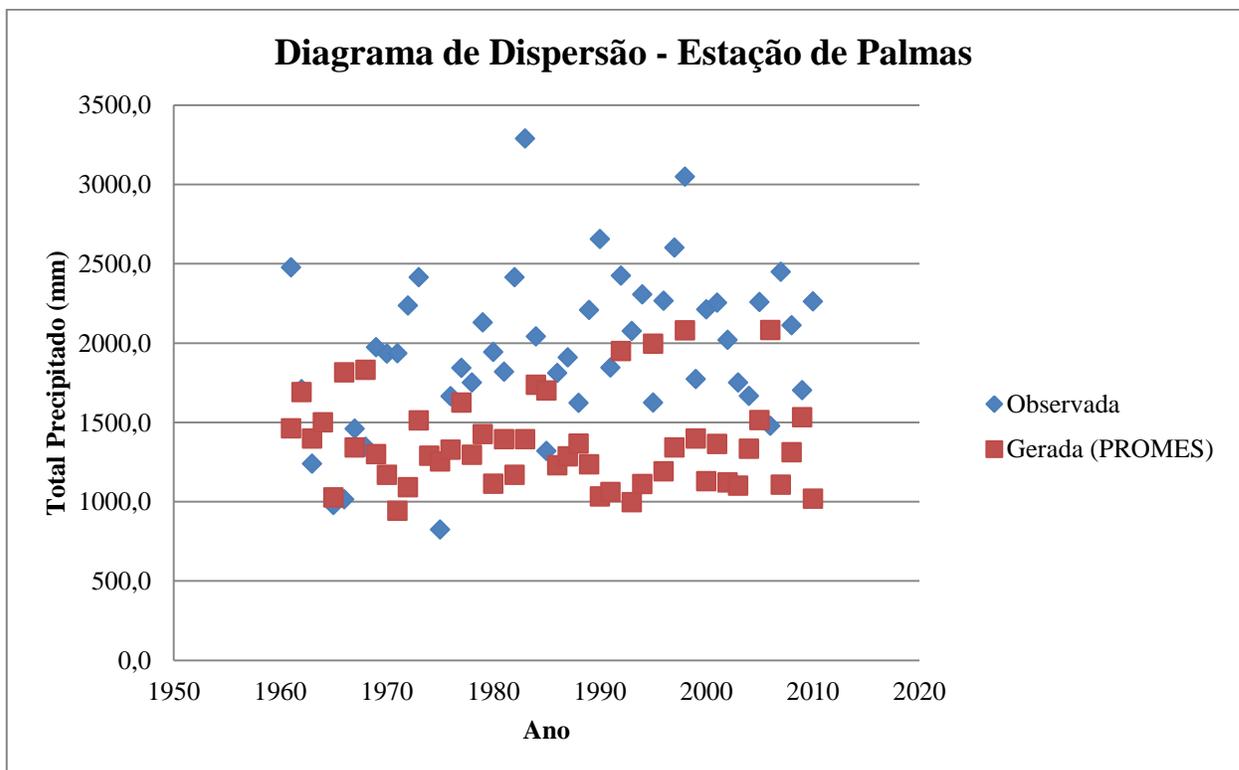
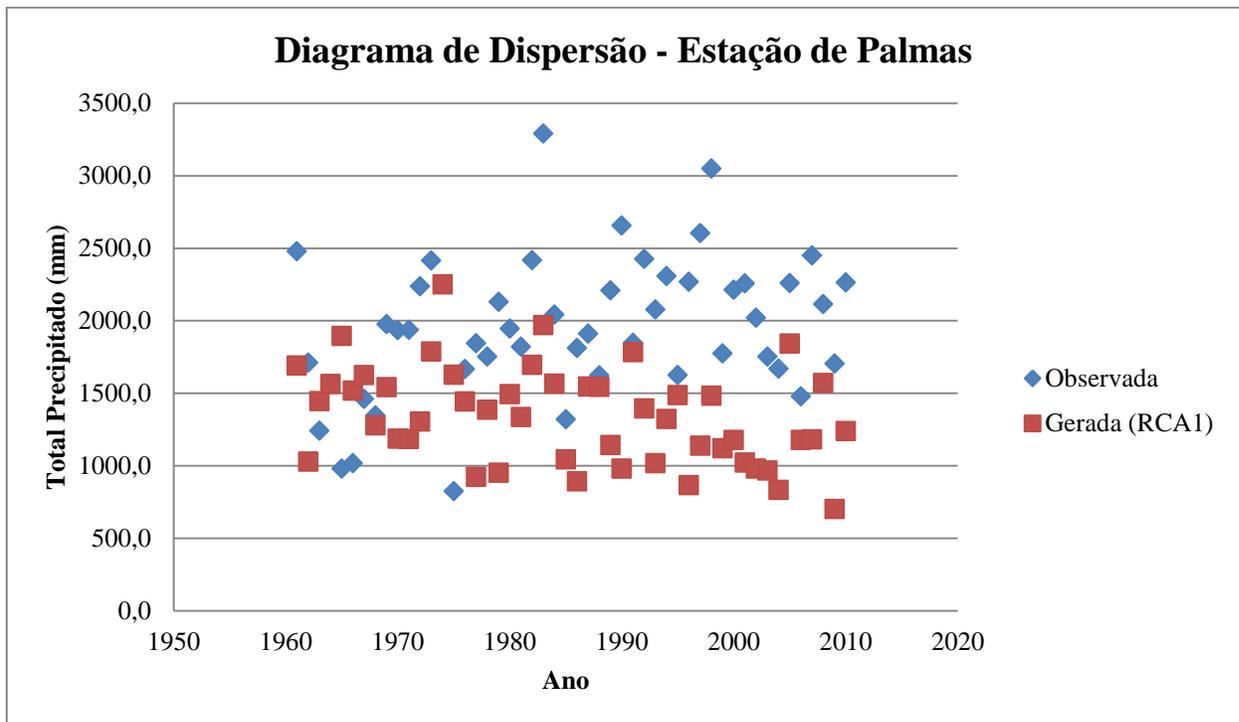
APÊNDICE 22 – Correlação linear entre os dados observados e gerados pelos modelos

(Totais anuais precipitados)



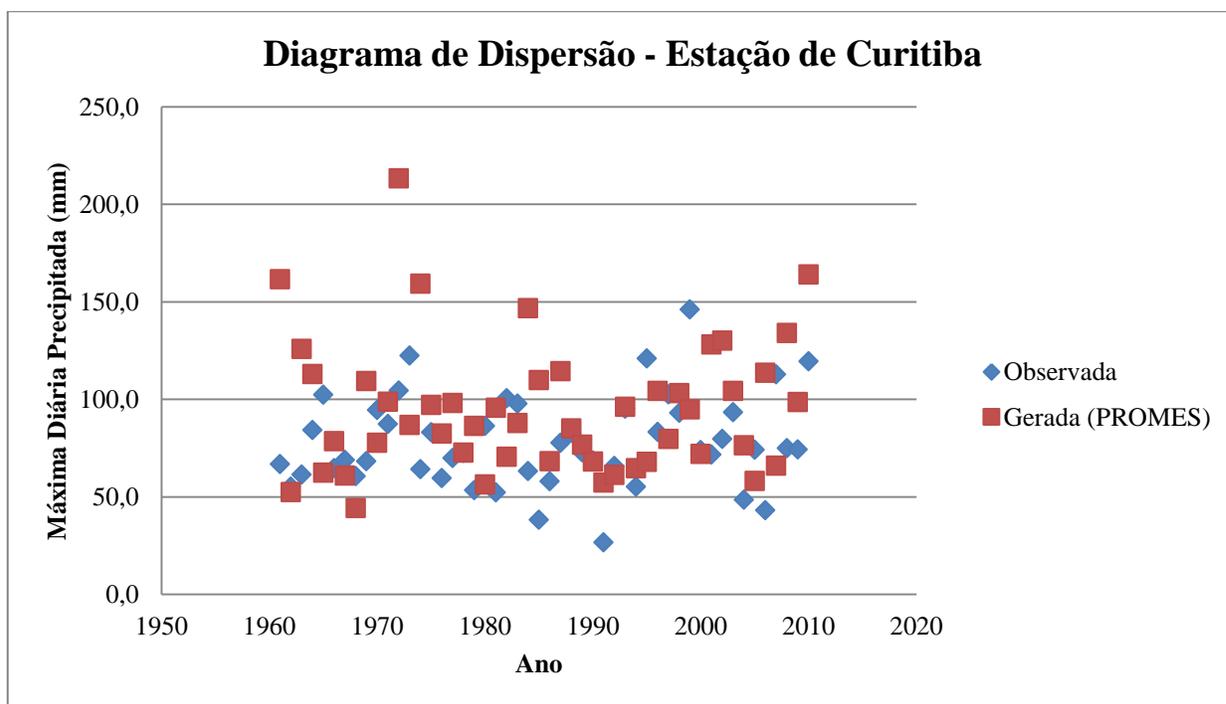
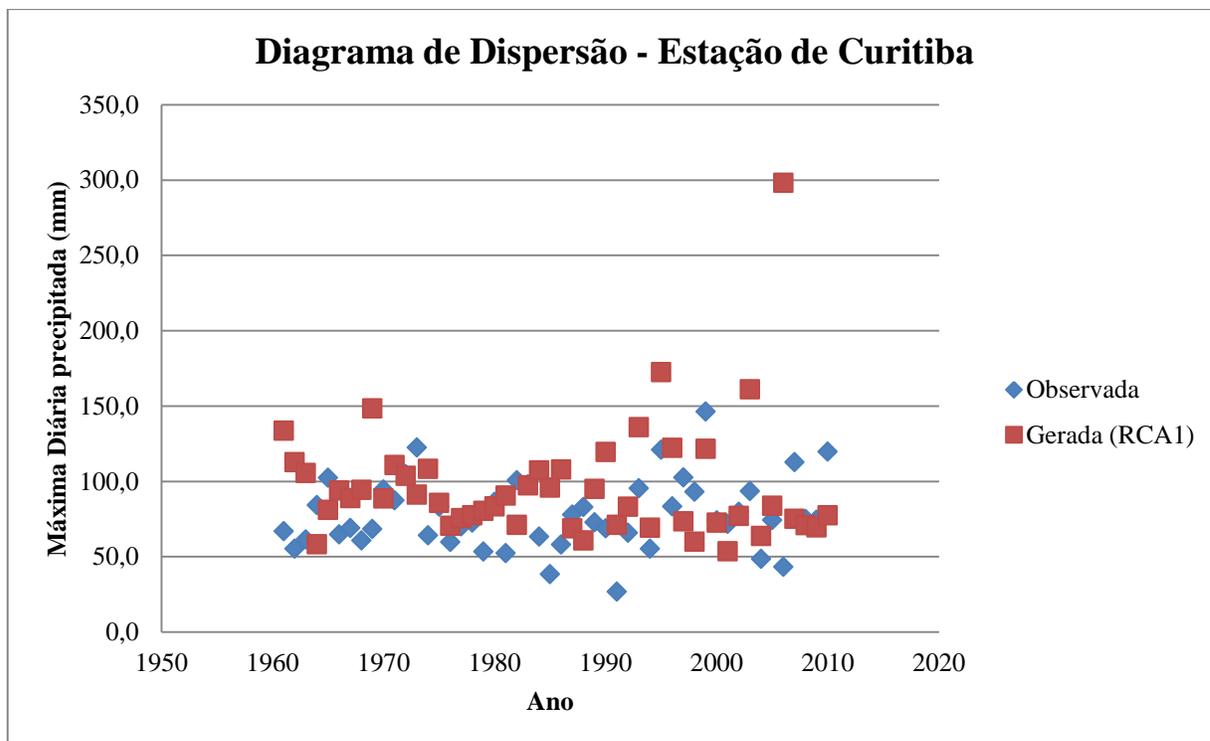


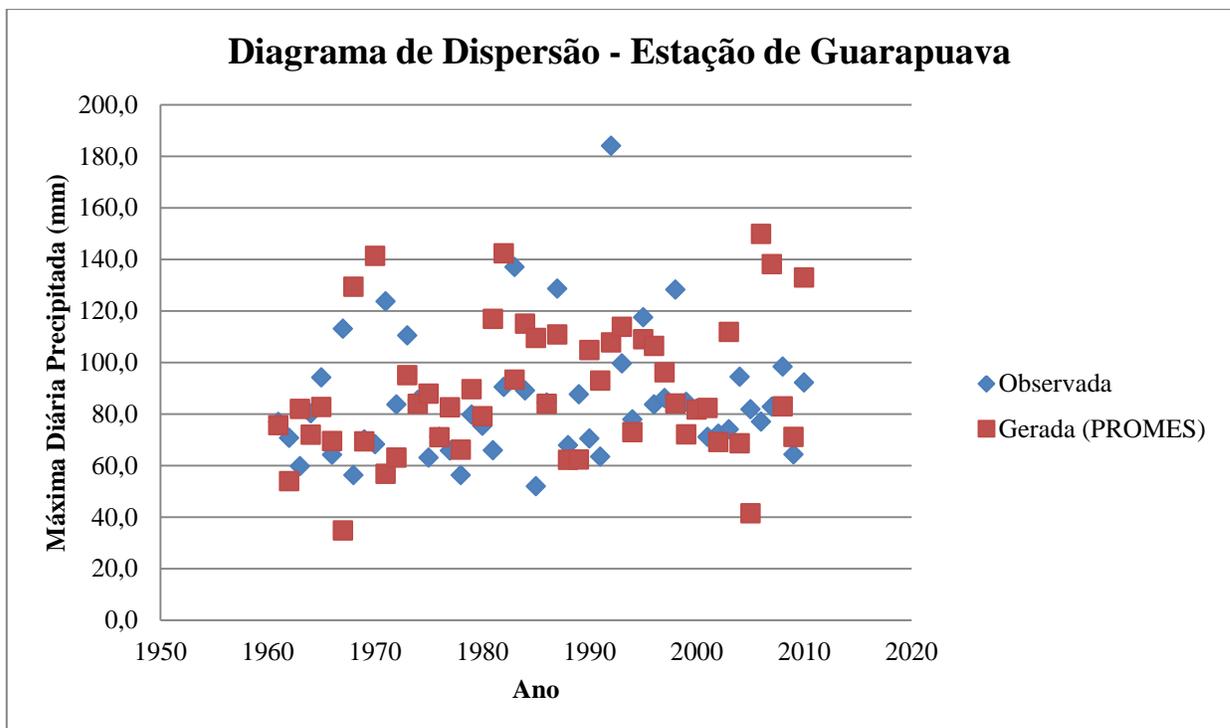
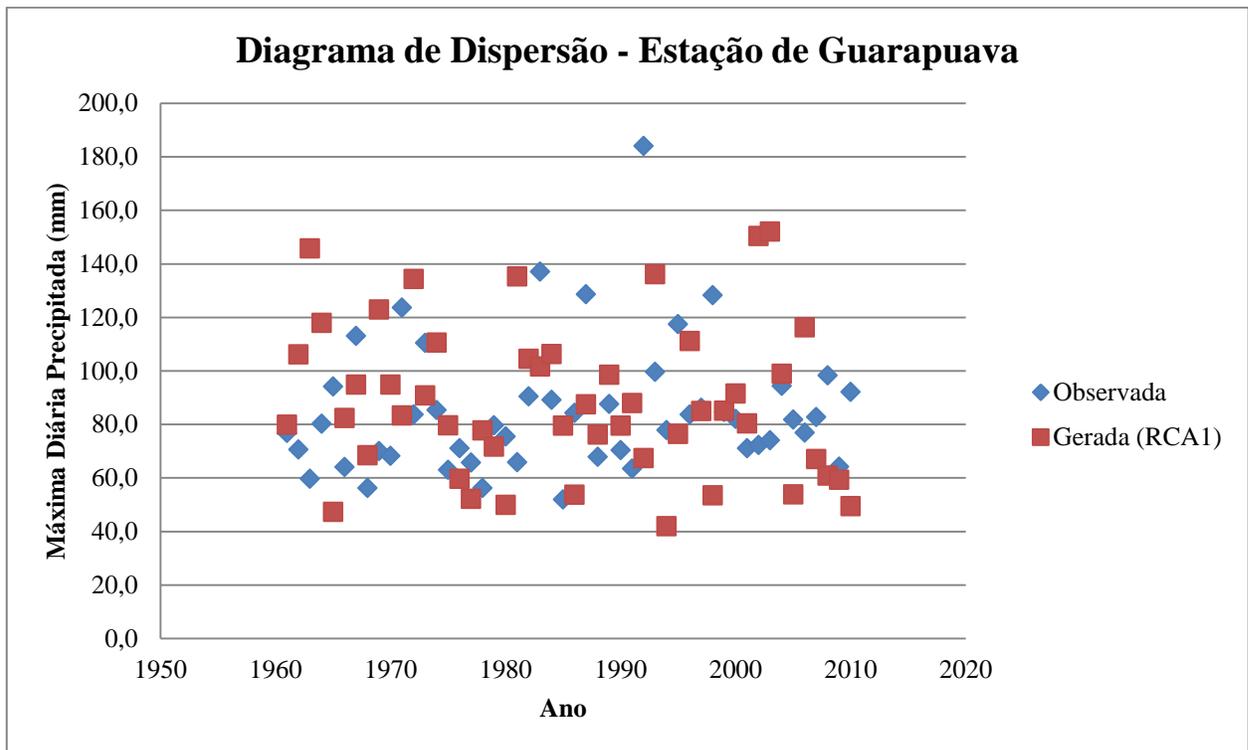


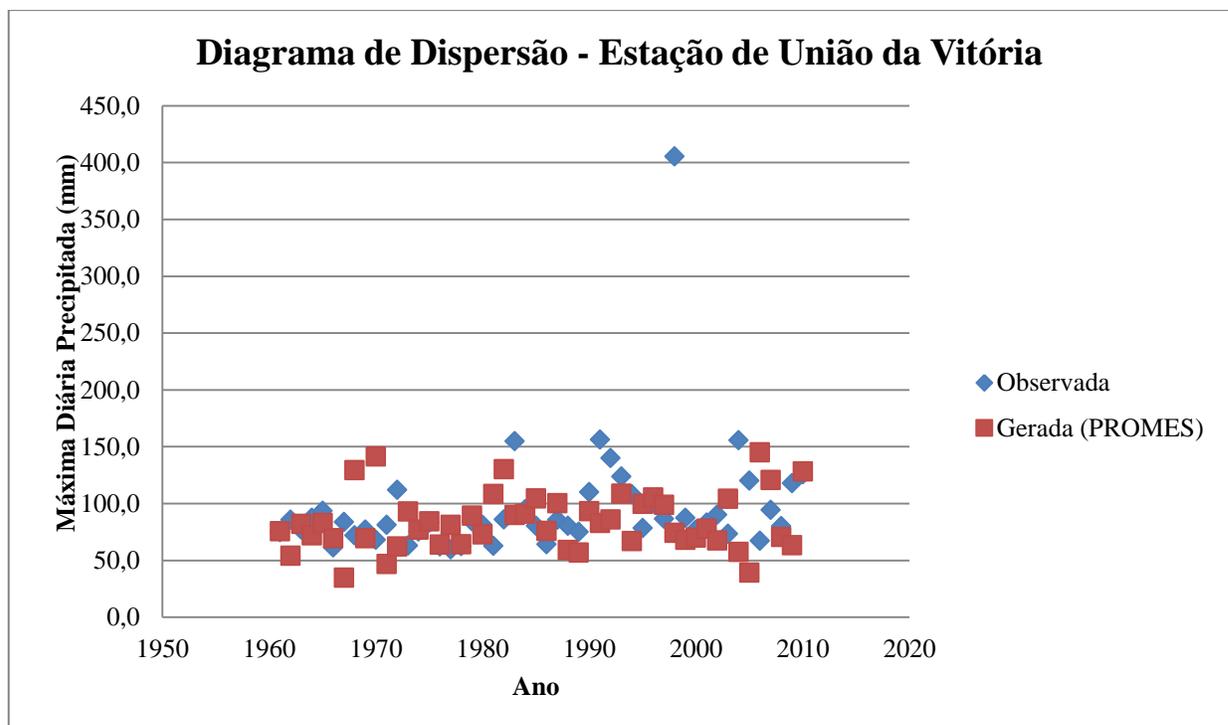
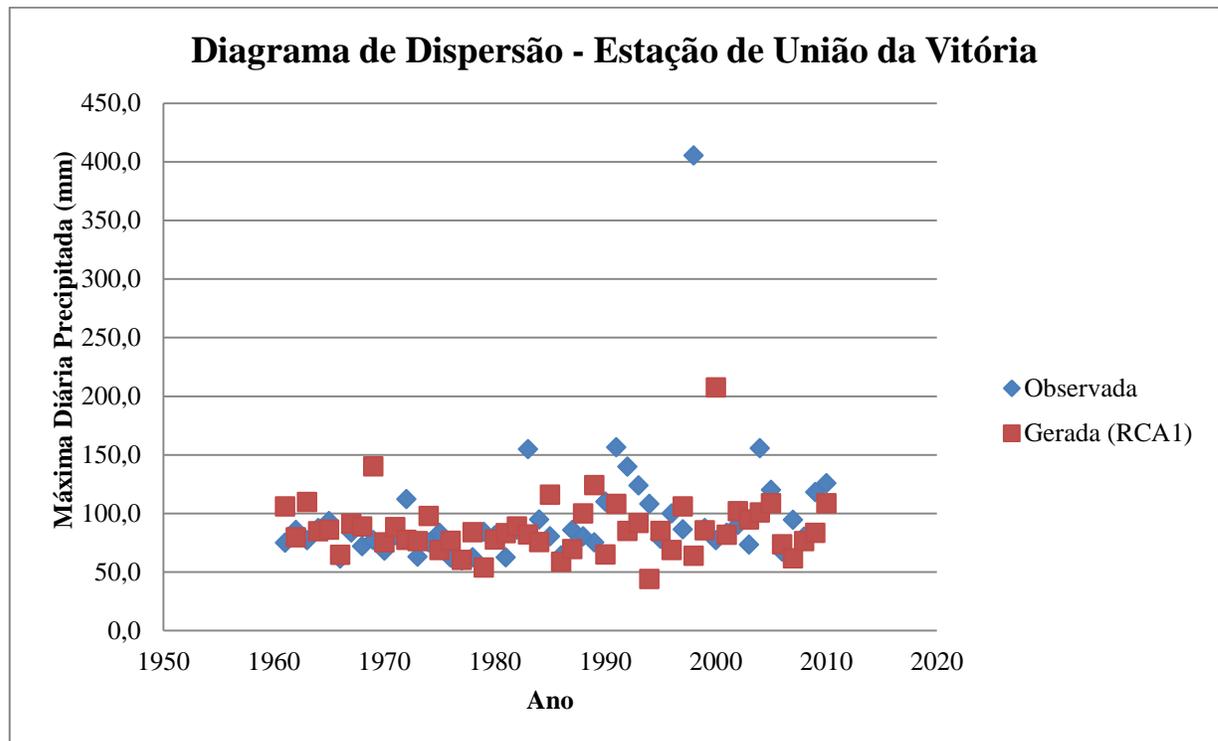


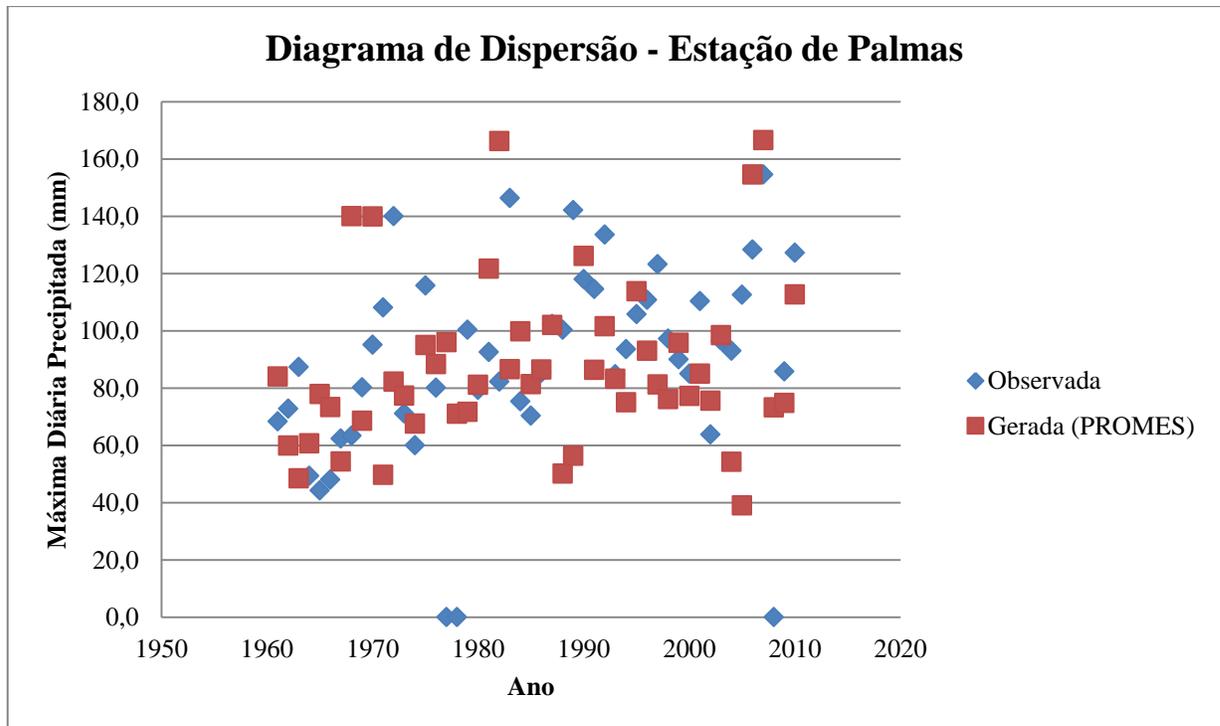
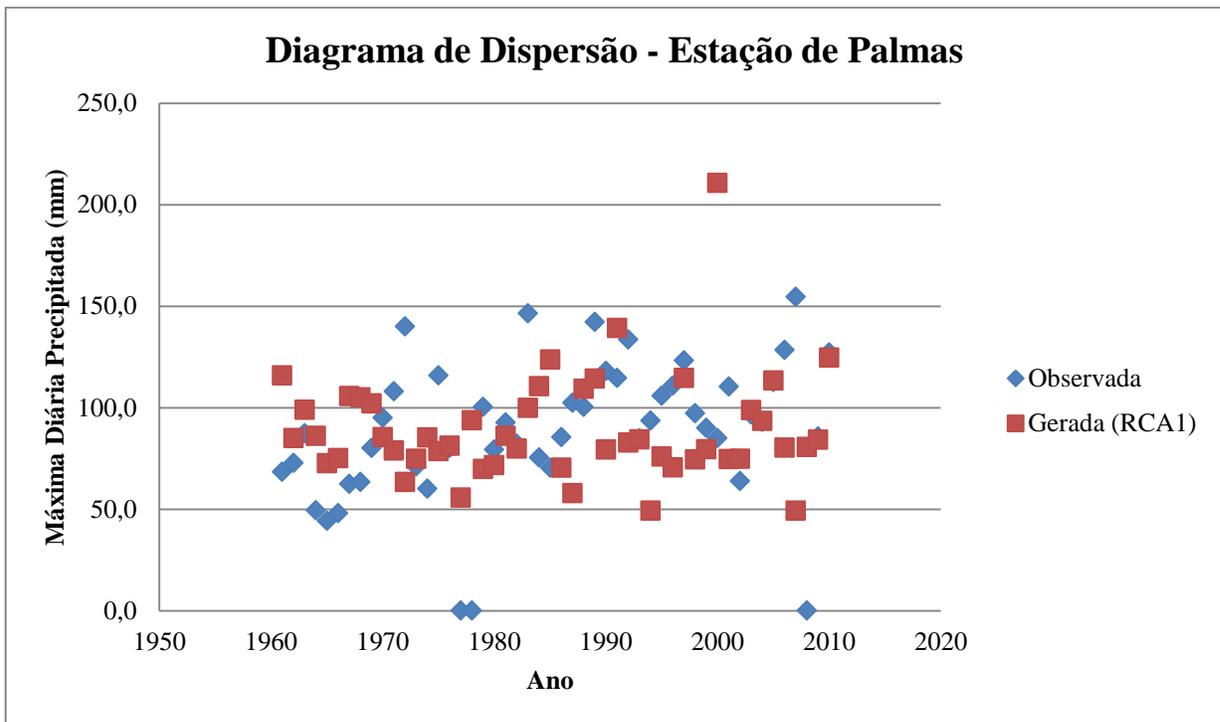
APÊNDICE 23 - Correlação linear entre os dados observados e gerados pelos modelos

(Precipitação máxima diária)









APÊNDICE 24 - Funções desenvolvidas para programas de linguagem matemática

Para Curitiba (GrADS):

```
'reinit'
'sdfopen C:\Users\SONY\Desktop\RCA1\CRU_SMHI_RCA_ECHAM5-A1B-1_MM_1961-2100_prc.nc' (A
localização do ficheiro)
```

```
'set lat -25' (Coordenadas da estação)
'set lon -50'
```

```
tt=1
```

```
while(tt<=1680) (número de dados disponíveis)
'set t 'tt
'd prc*86400' (conversão de unidades)
```

```
valor=subwrd(result,4)
xx=write('C:\Users\SONY\Desktop\RCA1\prc.txt',valor)
tt=tt+1
endwhile
```

```
-----
'reinit'
'sdfopen C:\Users\SONY\Desktop\RCA1\CRU_SMHI_RCA_ECHAM5-A1B-1_MM_1961-2100_pris.nc'
```

```
'set lat -25'
'set lon -50'
```

```
tt=1
```

```
while(tt<=1680)
'set t 'tt
'd prls*86400'
```

```
valor=subwrd(result,4)
xx=write('C:\Users\SONY\Desktop\RCA1\prls.txt',valor)
tt=tt+1
endwhile
```

```
'reinit'
'sdfopen C:\Users\SONY\Desktop\PROMES\CRU_UCLM_PROMES_HadCM3_MM_2061-2070_prc.nc'
```

```
'set lat -25.26'
'set lon -49.16'
```

```
tt=1
```

```
while(tt<=120)
'set t 'tt
'd prc*86400'
```

```
valor=subwrd(result,4)
xx=write('C:\Users\SONY\Desktop\PROMES\prc.txt',valor)
tt=tt+1
```

```
endwhile
```

```
-----
'reinit'
'sdfopen C:\Users\SONY\Desktop\PROMES\CRU_UCLM_PROMES_HadCM3_MM_2061-2070_prls.nc'
'set lat -25.26'
'set lon -49.16'
tt=1

while(tt<=120)
'set t 'tt
'd prls*86400'

valor=subwrd(result,4)
xx=write('C:\Users\SONY\Desktop\PROMES\prls.txt',valor)
tt=tt+1
endwhile
```

```
-----
'reinit'
'sdfopen C:\Users\SONY\Desktop\RCA1_Diario\CRU_SMHI_RCA_ECHAM5-A1B-1_6H_1961-1970_prc.nc'

'set lat -25.26'
'set lon -49.16'

tt=1

while(tt<=14600)
'set t 'tt
'd prc*21600'

valor=subwrd(result,4)
xx=write('C:\Users\SONY\Desktop\RCA1_Diario\prc.txt',valor)
tt=tt+1
endwhile
```

```
-----
'reinit'
'sdfopen C:\Users\SONY\Desktop\RCA1_Diario\CRU_SMHI_RCA_ECHAM5-A1B-1_6H_1961-1970_prls.nc'

'set lat -25.26'
'set lon -49.16'

tt=1

while(tt<=14600)
'set t 'tt
'd prls*21600'
```

```
valor=subwrd(result,4)
xx=write('C:\Users\SONY\Desktop\RCA1_Diario\prls.txt',valor)
tt=tt+1
endwhile
```

```
'reinit'
'sdfopen
C:\Users\SONY\Desktop\PROMES_Diario\CRU_UCLM_PROMES_HadCM3_6H_1961-
1970_prc.nc'
```

```
'set lat -25.26'
'set lon -49.16'
```

```
tt=1
```

```
while(tt<=14600)
'set t 'tt
'd prc*21600'
```

```
valor=subwrd(result,4)
xx=write('C:\Users\SONY\Desktop\PROMES_Diario\prc.txt',valor)
tt=tt+1
endwhile
```

```
'reinit'
'sdfopen
C:\Users\SONY\Desktop\PROMES_Diario\CRU_UCLM_PROMES_HadCM3_6H_1961-
1970_prls.nc'
```

```
'set lat -25.26'
'set lon -49.16'
```

```
tt=1
```

```
while(tt<=14600)
'set t 'tt
'd prls*21600'
```

```
valor=subwrd(result,4)
xx=write('C:\Users\SONY\Desktop\PROMES_Diario\prls.txt',valor)
tt=tt+1
endwhile
```

Para Curitiba (MatLab):

```

function [precipitacao_anual] = Curitiba_RCA1
matriz = xlsread('Curitiba_RCA1.xlsx','Plan1','C2:C1681');
[obs,x] = size(matriz);
dado_anual = 12;
ano = obs/dado_anual;
anoinicial = 1961;
precipitacao_anual = zeros(floor(ano),1);

for i = 1:ano

    for mes = 1:12
        if mes == 1 || mes == 3 || mes == 5 || mes == 7 || mes == 8 || mes == 10 || mes == 12
            k = 31 ;
        elseif mes == 2 && (mod( (anoinicial + i -1),4) == 0)
            k = 29;
        elseif mes == 2
            k = 28;
        else
            k = 30;
        end
        precipitacao_anual(i,1) = precipitacao_anual(i,1) + matriz((i-1)*12 + mes)*k;
    end
    if precipitacao_anual(i,1) < 0
        precipitacao_anual(i,1) = 0;
    end
end
xlswrite('Curitiba_RCA1.xlsx',precipitacao_anual,'Plan1','E2');

end

```

```

function [precipitacao_anual] = Curitiba_PROMES
matriz = xlsread('Curitiba_PROMES.xlsx','Plan1','C5:C1551');
[obs,x] = size(matriz);
dado_anual = 12;
ano = obs/dado_anual;
anoinicial = 1961;
precipitacao_anual = zeros(floor(ano),1);

for i = 1:ano

    for mes = 1:12
        if mes == 1 || mes == 3 || mes == 5 || mes == 7 || mes == 8 || mes == 10 || mes == 12
            k = 31 ;
        elseif mes == 2 && (mod( (anoinicial + i -1),4) == 0)
            k = 29;
        elseif mes == 2
            k = 28;
        else
            k = 30;
        end
        precipitacao_anual(i,1) = precipitacao_anual(i,1) + matriz((i-1)*12 + mes)*k;
    end
end

```

```

if precipitacao_anual(i,1) < 0
    precipitacao_anual(i,1) = 0;
end

end

xlswrite('Curitiba_PROMES.xlsx',precipitacao_anual,'Plan1','F5');

end

```

Para Curitiba (MatLab):

```

function [precipitacao_anual] = Curitiba_RCA1
matriz = xlsread('Curitiba_RCA1.xlsx','Plan1','C2:C1681');
[obs,x] = size(matriz);
dado_anual = 12;
ano = obs/dado_anual;
anoinicial = 1961;
precipitacao_anual = zeros(floor(ano),1);

for i = 1:ano

    for mes = 1:12
        if mes == 1 || mes == 3 || mes == 5 || mes == 7 || mes == 8 || mes == 10 || mes == 12
            k = 31 ;
        elseif mes == 2 && (mod( (anoinicial + i -1),4) == 0)
            k = 29;
        elseif mes == 2
            k = 28;
        else
            k = 30;
        end
        precipitacao_anual(i,1) = precipitacao_anual(i,1) + matriz((i-1)*12 + mes)*k;
    end
    if precipitacao_anual(i,1) < 0
        precipitacao_anual(i,1) = 0;
    end
end

xlswrite('Curitiba_RCA1.xlsx',precipitacao_anual,'Plan1','E2');

end

```

```

function [precipitacao_anual] = Curitiba_PROMES
matriz = xlsread('Curitiba_PROMES.xlsx','Plan1','C5:C1551');
[obs,x] = size(matriz);
dado_anual = 12;
ano = obs/dado_anual;
anoinicial = 1961;
precipitacao_anual = zeros(floor(ano),1);

for i = 1:ano

    for mes = 1:12

```

```

if mes == 1 || mes == 3 || mes == 5 || mes == 7 || mes == 8 || mes == 10 || mes == 12
    k = 31 ;
elseif mes == 2 && (mod( (ano_inicial + i -1),4) == 0)
    k = 29;
elseif mes == 2
    k = 28;
else
    k = 30;
end
precipitacao_anual(i,1) = precipitacao_anual(i,1) + matriz((i-1)*12 + mes)*k;
end
if precipitacao_anual(i,1) < 0
    precipitacao_anual(i,1) = 0;
end

end
xlswrite('Curitiba_PROMES.xlsx',precipitacao_anual,'Plan1','F5');

end

```

CHUVA DIÁRIA

```

function chuva = chuva_diaria
matriz = xlsread('chuva.xlsx','Plan1','C2:C14601');
[obs,x] = size(matriz);
dados_por_dia = 4;
n_dias = obs/dados_por_dia;
ano_inicial = 1961
ano = ano_inicial
precipitacao_diaria = zeros(n_dias,1);
dia_mes = 1;
mes_ano = 1;
max_dias = 0;
max_ano_ind = ones(10,1)
for i = 1:n_dias
    dia_mes = dia_mes + 1;
    if(mes_ano == 1 || mes_ano == 3 || mes_ano == 5 || mes_ano == 7 || mes_ano == 8 || mes_ano == 10
    || mes_ano == 12)
        max_dias = 31;
    elseif(mes_ano == 4 || mes_ano == 6 || mes_ano == 9 || mes_ano == 11)
        max_dias = 30;
    else
        if(mod(ano,4) == 0)
            max_dias = 29;
        else
            max_dias = 28;
        end
    end
    if(dia_mes > max_dias)
        dia_mes = 1;
        mes_ano = mes_ano + 1;
    end
    if(mes_ano > 12)
        mes_ano = 1;
    end
end

```

```

    ano = ano + 1;
end
precipitacao_diaria_string{i,1} = strcat(int2str(dia_mes), '/', int2str(mes_ano), '/', int2str(ano));

for j = 1:4
    if(matriz((i-1)*4 + j) < 0)
        matriz((i-1)*4 + j) = 0;
    end
    precipitacao_diaria(i,1) = precipitacao_diaria(i,1) + matriz((i-1)*4 + j);
end
if(precipitacao_diaria(i,1) > precipitacao_diaria(max_ano_ind(ano - ano_inicial + 1),1))
    max_ano_ind(ano - ano_inicial + 1) = i;
end
end

precipitacao_diaria(max_ano_ind,1)
for i = 1:10
    precipitacao_diaria_string{max_ano_ind(i)}
end
xlswrite('chuva.xlsx',matriz,'Plan1','F2');
xlswrite('chuva.xlsx',precipitacao_diaria,'Plan1','G2');
xlswrite('chuva.xlsx',precipitacao_diaria_string,'Plan1','H2');
xlswrite('chuva.xlsx',precipitacao_diaria(max_ano_ind,1),'Plan1','J2' );
xlswrite('chuva.xlsx',{precipitacao_diaria_string{max_ano_ind}},'Plan1','K2');
end

```