**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
CENTRO DE RECURSOS HÍDRICOS E ESTUDOS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA AMBIENTAL**

CLÁUDIO BIELENKI JÚNIOR

**Metodologia alternativa ao preenchimento de falhas para a geração de séries de precipitação
mensal média de forma automatizada em ambiente SIG**

**São Carlos SP
2018**

CLÁUDIO BIELENKI JÚNIOR

Metodologia alternativa ao preenchimento de falhas para a geração de séries de precipitação mensal
média de forma automatizada em ambiente SIG

Versão Corrigida

Tese apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos
da Universidade de São Paulo, como parte dos
requisitos para a obtenção do título de Doutor em
Ciências

Orientador: Prof. Ass. Frederico Fabio Mauad

São Carlos SP
2018

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes e Seção Técnica de Informática, EESC/USP com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Bielenki Junior, Claudio

B587m Metodologia alternativa ao preenchimento de falhas para a geração de séries de precipitação mensal média de forma automatizada em ambiente SIG / Claudio Bielenki Junior; orientador Frederico Fábio Mauad. São Carlos, 2018.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação e Área de Concentração em Ciências da Engenharia Ambiental -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2018.

1. SIG. 2. Precipitação. 3. Preenchimento de falhas. I. Título.

Bibliotecário responsável pela estrutura de catalogação da publicação:

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **CLÁUDIO BIELENKI JÚNIOR.**

Título da tese: "Metodologia alternativa ao preenchimento de falhas para a geração de séries de precipitação mensal média de forma automatizada em ambientes SIG".

Data da defesa: 23/02/2018.

Comissão Julgadora:

Prof. Associado **Frederico Fabio Mauad**
(Orientador)
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Prof. Dr. **Ademir Paceli Barbassa**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Prof. Associado **Marcelo Montaña**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Dr. **Bolivar Antunes Matos**
(Agência Nacional de Águas)

Profa. Dra. **Liliane Lazzari Albertin**
(Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"/UNESP – Ilha Solteira)

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:

Prof. Associado **Frederico Fabio Mauad**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Associado **Luís Fernando Costa Alberto**

Resultado:

Aprovado

APROVADO

Aprovado

Aprovado

Aprovado

Dedico este trabalho as minhas queridas, esposa e filha,
Silvia Cláudia e Vitória, sem elas não teria sentido.

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor, pela condição privilegiada que me oferece.

Aos meus amores Silvia Cláudia e Vitória pela compreensão devido à dedicação a este trabalho e pelo carinho e incentivo.

Aos meus pais, Cláudio e Marlene, pela condição oferecida para que pudesse chegar até aqui.

Ao Prof. Associado Frederico Fábio Mauad, pela orientação segura e incentivo, além da amizade constante e do apoio incessante.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da EESC/USP, pelo conhecimento transmitido e pelo convívio agradável.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da EESC/USP, em especial a Dalva, Renato, Ailton e Bruno pelo apoio e troca de informações sobre os temas de estudo.

Ao Prof. Associado Ademir Pacelli Barbassa, do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de São Carlos, pelo incentivo e apoio.

Aos Especialistas em Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas Marcos Airton Freitas e Teresa Luisa Lima de Carvalho pela ajuda, colaboração e amizade.

Aos funcionários do Programa de pós-graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da EESC/USP pela presteza e cordialidade no dia a dia, em especial ao Técnico Miro.

Aos dirigentes da Agência Nacional de Águas que de acordo com as normas de capacitação oportunizaram-me a condição de realizar este doutoramento.

RESUMO

BIELENKI, Cláudio Júnior. **Metodologia alternativa ao preenchimento de falhas para a geração de séries de precipitação mensal média de forma automatizada em ambiente SIG**. 2018. 230 p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

Alternativamente ao preenchimento de falhas, buscou-se neste estudo apresentar uma metodologia para a geração de séries de precipitações mensais médias apenas com os dados observados disponíveis nas estações pluviométricas presentes na área de estudo e seu entorno. Neste caso, para cada época da série, somente os dados disponíveis foram utilizados para o cálculo da precipitação média, assim em cada época admitiu-se que uma combinação diferente de postos pluviométricos fosse utilizada para o seu cálculo. Para isso foi desenvolvida uma ferramenta computacional em ambiente SIG para automatizar todas as etapas do estudo. Os resultados das séries de precipitação mensal média para uma bacia hidrográfica calculados segundo a metodologia alternativa apresentada foram comparados a dois métodos de preenchimento de falhas comumente utilizados nos estudos hidrológicos. Posteriormente foram avaliados os impactos do quantitativo de falhas nas séries. Também foram avaliados os reflexos na aplicação das séries na modelagem chuva-vazão e por fim a metodologia foi aplicada a um caso concreto. Os resultados encontrados e os testes estatísticos apontam resultados satisfatórios e equivalentes nas condições testadas. Verificou-se uma degradação na correlação entre a série gerada a partir dos dados sem falhas e as séries geradas com os dados com as imposições das falhas com o aumento do número de falhas impostas. As séries de vazões médias mensais geradas utilizando-se o modelo mensal SMAP quando da aplicação das séries de precipitação calculadas pela metodologia alternativa também se mostraram equivalentes, segundo os testes estatísticos realizados, às séries geradas de dados de precipitação sem falhas ou com as falhas preenchidas. As diferenças encontradas entre as séries foram pequenas o que se refletiu nos Índices de Nash-Sutcliffe que foram próximos.

Palavras-chave: SIG. Precipitação. Preenchimento de falhas.

ABSTRACT

BIELENKI, Cláudio Júnior. **Alternative methodology to gap filling for generation of monthly rainfall series with GIS approach**. 2018. 230 p. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

In this study, we proposed a methodology for the generation of average monthly rainfall series only with the observed data available in the rainfall stations present in the study area and its surroundings. In this case, for each season of the series only the available data were used for the calculation of the average precipitation, so in each season it was admitted that a different combination of pluviometric stations was used for its calculation. For this, a computational tool was developed with a GIS approach to automate all stages of the study. The results of the average monthly rainfall series for a river basin calculated according to the alternative methodology presented were compared to two methods of filling gaps commonly used in hydrological studies. Subsequently, the impacts of the number of failures in the series were evaluated. We also evaluated the reflexes in the application of the series in the rainfall-flow modeling and finally the methodology was applied to a case study. The results found and the statistical tests show satisfactory and equivalent results under the conditions tested. There was a degradation in the correlation between the series generated from the data without fail and the series generated with the data with the impositions of the failures with the increase of the gaps imposed. The series of monthly average flows generated using the SMAP monthly model when applying the rainfall series calculated by the alternative methodology were also shown to be equivalent, according to the statistical tests carried out, to the series generated of data of precipitation without gaps or with the gaps fulfilled. The differences found between the series were small, which was reflected in the Nash-Sutcliffe Indices that were close.

Keywords: GIS, Rainfall, Filling Gaps

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Traçado do limite da região de domínio entre 3 postos	14
Figura 2 - Região de domínio de um posto em relação aos postos adjacentes.....	14
Figura 3 - Diferentes tipos de regiões críticas	16
Figura 4 - Representação do Modelo SMAP Mensal	37
Figura 5 - Fases desenvolvidas no trabalho	41
Figura 6 - Fluxograma da metodologia para comparar a metodologia alternativa aos métodos de preenchimento convencionais – geração das séries de precipitação média.....	42
Figura 7 - Fluxograma da metodologia para comparação das séries de precipitação média....	43
Figura 8 - Fluxograma da metodologia para avaliar o impacto da quantidade de falhas	44
Figura 9 - Fluxograma da metodologia para avaliação da modelagem chuva vazão	45
Figura 10 - Fluxograma da metodologia para aplicação em um caso de estudo	46
Figura 11 - Caixa de diálogo da ferramenta para gerar as falhas	47
Figura 12 - Caixa de diálogo da ferramenta para preenchimento de falhas	48
Figura 13 - Exemplo de arquivo xls com os dados de entrada	50
Figura 14 - Exemplo da tabela de atributos da <i>feature class</i> das estações	51
Figura 15 - Exemplo da tabela de atributos da <i>feature class</i> da bacia hidrográfica	51
Figura 16 - Janela da ferramenta de Polígonos de Thiessen Variáveis	52
Figura 17 - Exemplo de arquivo xls com os resultados.....	52
Figura 18 - Campo “prec” adicionado à tabela de atributos da <i>feature class</i> das estações	54
Figura 19 - Janela da ferramenta de Interpolação IDW.....	55
Figura 20 - Exemplo de resultado da interpolação IDW para bacia dividida em duas zonas ..	55
Figura 21 - Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas	57
Figura 22 - Localização das estações pluviométricas na região da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas	59

Figura 23 - Polígonos de Thiessen das estações pluviométricas selecionadas na região da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas.....	59
Figura 24 - Dendrograma das estações pluviométricas agrupadas por regiões homogêneas na região da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas	60
Figura 25 - Estações pluviométricas agrupadas por regiões homogêneas na região da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas.....	60
Figura 26 - Curva dupla-massa acumulada para a estação 2350052 sem falhas	63
Figura 27 - Curva dupla-massa acumulada para a estação 2350052 30% falhas preenchidas ..	63
Figura 28 - Bacia hidrográfica do Rio San Marcos	65
Figura 7 - Localização das estações pluviométricas na região da bacia hidrográfica do Rio San Marcos	67
Figura 30 - Polígonos de Thiessen das estações pluviométricas selecionadas e grupos homogêneos de precipitação na região da bacia hidrográfica do Rio San Marcos	68
Figura 31 - Dendrograma das estações pluviométricas agrupadas por regiões homogêneas na região da bacia hidrográfica do Rio San Marcos.....	68
Figura 32 - Área de contribuição da estação fluviométrica Andirá.....	72
Figura 33 - Bacia hidrográfica da UHE Santo Antônio do Jari.....	75
Figura 34 - Estações pluviométricas com registros no período de 1931 a 1970	78
Figura 35 - Estações pluviométricas com registros no período de 1971 a 2008	79
Figura 36 - Intervalos de confiança para os desvios padrão	82
Figura 37 - Correlograma da Série CT	84
Figura 38 - Periodograma da Série CT	84
Figura 39 - Correlograma da Série C IDW	85
Figura 40 - Periodograma Série C IDW	85
Figura 41 - Correlograma da Série 30F P MPR M T	86
Figura 42 - Periodograma Série 30F P MPR M T	86
Figura 43 - Correlograma da Série 30F P MPR C T	87
Figura 44 - Periodograma Série 30F P MPR C T	87
Figura 45 - Correlograma da Série 30F P MPR M IDW	88
Figura 46 - Periodograma Série 30F P MPR M IDW	88

Figura 47 - Correlograma da Série 30F P MPR C IDW	89
Figura 48 - Periodograma Série 30F P MPR C IDW	89
Figura 49 - Correlograma da Série 30F TV	90
Figura 50 - Periodograma Série 30F TV	90
Figura 51 - Correlograma da Série 30F IDW V	91
Figura 52 - Periodograma Série 30F IDW V	91
Figura 53 - Periodogramas Acumulados	92
Figura 54 - Intervalos de confiança para os desvios padrão das séries transformadas.....	94
Figura 55 - Correlograma da Série d_{CT}	95
Figura 56 - Periodograma da Série d_{CT}	96
Figura 57 - Dendrograma das séries calculadas	97
Figura 58 - Dendrograma das séries transformadas	98
Figura 59 - Ajuste da estatística O_j à distribuição $U(1,0)$	100
Figura 60 - Ajuste da estatística O_j à distribuição $U(1,0)$	100
Figura 61 - Periodogramas normalizados acumulados – séries calculadas	102
Figura 62 - Periodogramas normalizados acumulados – séries transformadas	102
Figura 63 - Intervalos de confiança para os desvios padrão (análise 50% de falhas)	104
Figura 64 - Correlograma Série 50F P MPR M T	105
Figura 65 - Periodograma Série 50F P MPR M T	106
Figura 66 - Correlograma Série 50F P MPR C T	106
Figura 67 - Periodograma Série 50F P MPR C T	107
Figura 68 - Correlograma Série 50F P MPR M IDW	107
Figura 69 - Periodograma Série 50F P MPR M IDW	108
Figura 70 - Correlograma Série 50F P MPR C IDW	108
Figura 71 - Periodograma Série 50F P MPR C IDW	109
Figura 72 - Correlograma Série 50F TV	109
Figura 73 - Periodograma Série 50F TV	110

Figura 74 - Correlograma Série 50F IDW V	110
Figura 75 - Periodograma Série 50F IDW V	111
Figura 76 - Periodogramas Acumulados (análise 50% de falhas)	111
Figura 77 - Intervalos de confiança para os desvios padrão das séries transformadas (análise 50% de falhas)	113
Figura 78 - Dendrograma das séries calculadas (análise 50% de falhas)	115
Figura 79 - Dendrograma das séries transformadas (análise 50% de falhas)	116
Figura 80 - Periodogramas normalizados acumulados – séries calculadas (análise 50% de falhas)	119
Figura 81 - Periodogramas normalizados acumulados – séries transformadas (análise 50% de falhas)	119
Figura 82 - Pluviogramas das séries calculadas com o método dos polígonos de Thiessen (mm)	121
Figura 83 - Correlação entre Thiessen Completo e 10% Falhas TV	122
Figura 84 - Correlação entre Thiessen Completo e 20% Falhas TV	123
Figura 85 - Correlação entre Thiessen Completo e 30% Falhas TV	123
Figura 86 - Correlação entre Thiessen Completo e 40% Falhas TV	123
Figura 87 - Correlação entre Thiessen Completo e 50% Falhas TV	124
Figura 88 - Correlação entre Thiessen Completo e 60% Falhas TV	124
Figura 89 - Correlação entre Thiessen Completo e 70% Falhas TV	124
Figura 90 - Dendrograma para as séries de precipitação mensal média calculadas pelo método dos polígonos de Thiessen	125
Figura 91 - Pluviogramas das séries calculadas com o método IDW (mm)	126
Figura 92 - Correlação entre IDW Completo e IDW 10% Falhas	127
Figura 93 - Correlação entre IDW Completo e IDW 20% Falhas	127
Figura 94 - Correlação entre IDW Completo e IDW 30% Falhas	128
Figura 95 - Correlação entre IDW Completo e IDW 40% Falhas	128
Figura 96 - Correlação entre IDW Completo e IDW 50% Falhas	128
Figura 97 - Correlação entre IDW Completo e IDW 60% Falhas	129

Figura 98 - Correlação entre IDW Completo e IDW 70% Falhas.....	129
Figura 99 - Dendrograma para as séries de precipitação mensal média calculadas pelo método IDW	130
Figura 100 - Dendrograma para as séries de precipitação mensal médias calculadas pelo método IDW e polígonos de Thiessen.....	130
Figura 101 - Hidrograma da série de vazão média mensal Thiessen comparada com a vazão observada.....	133
Figura 102 - Hidrograma da série de vazão média mensal IDW comparada com a vazão observada.....	133
Figura 103 - Hidrograma da série de vazão média mensal 30F_MPRM_T comparada com a vazão observada.....	133
Figura 104 - Hidrograma da série de vazão média mensal 30F_TV comparada com a vazão observada.....	134
Figura 105 - Hidrograma da série de vazão média mensal 30F_MPRM_IDW comparada com a vazão observada.....	134
Figura 106 - Hidrograma da série de vazão média mensal 30F_IDW_V comparada com a vazão observada.....	134
Figura 107 - Hidrograma da série de vazão média mensal 50F_MPRM_T comparada com a vazão observada.....	135
Figura 108 - Hidrograma da série de vazão média mensal 50F_TV comparada com a vazão observada.....	135
Figura 109 - Hidrograma da série de vazão média mensal 50F_MPRM_IDW comparada com a vazão observada.....	135
Figura 110 - Hidrograma da série de vazão média mensal 50F_IDW_V comparada com a vazão observada.....	136
Figura 111 - Hidrogramas das séries de vazão média mensal oriundas dos dados de precipitação média calculados com polígonos de Thiessen.....	136
Figura 112 - Hidrogramas das séries de vazão média mensal oriundas dos dados de precipitação média calculados com IDW.....	137
Figura 113 - Hidrogramas das séries de vazão média mensal IDW e Thiessen.....	137
Figura 114 - Periodogramas normalizados acumulados para as séries originais	141
Figura 115 - Periodogramas normalizados acumulados para as séries sem o efeito da sazonalidade.....	141
Figura 116 - Vazões Calculadas e Observadas (Período de Calibração: 1972 a 1993).....	142

Figura 117 - Curvas de Permanência das Vazões Calculadas e Observadas (Período de Calibração: 1972 a 1993).....	143
Figura 118 - Vazões Calculadas e Observadas (Período de Validação: 1994 a 2008).....	144
Figura 119 - Curvas de Permanência das Vazões Calculadas e Observadas (Período de Validação: 1994 a 2008).....	144
Figura 120 - Curvas de Permanência das Vazões (1931 a 2008)	145
Figura 121 - Séries de Vazões (1931 a 2008).....	145
Figura A2. 1 - Arquivo de entrada com 10% de falhas	171
Figura A2. 2 - Arquivo de entrada com 20% de falhas	172
Figura A2. 3 - Arquivo de entrada com 30% de falhas	173
Figura A2. 4 - Arquivo de entrada com 40% de falhas	174
Figura A2. 5 - Arquivo de entrada com 50% de falhas	175
Figura A2. 6 - Arquivo de entrada com 60% de falhas	176
Figura A2. 7 - Arquivo de entrada com 70% de falhas	177
Figura A3.1 - Hietograma da série TC	179
Figura A3.2 - Hietograma da série C IDW	180
Figura A3.3 - Hietograma da série 30F P MPR M T	181
Figura A3.4 - Hietograma da série 30F P MPR C T	182
Figura A3.5 - Hietograma da série 30F P MPR M IDW	183
Figura A3.6 - Hietograma da série 30F P MPR C IDW	184
Figura A3.7 - Hietograma da série 30F TV	185
Figura A3.8 - Hietograma da série 30F IDW V	186
Figura A3.9 - Hietograma da série 50F P MPR M T	187
Figura A3.10 - Hietograma da série 50F P MPR C T	188
Figura A3.11 - Hietograma da série 50F P MPR M IDW	189
Figura A3.12 - Hietograma da série 50F P MPR C IDW	190
Figura A3.13 - Hietograma da série 50F TV	191
Figura A3.14 - Hietograma da série 50F IDW V	192

Figura A4. 1 - Precipitações mês de janeiro (análise 30% falhas)	194
Figura A4. 2 - Precipitações mês de fevereiro (análise 30% falhas).....	194
Figura A4. 3 - Precipitações mês de março (análise 30% falhas)	195
Figura A4. 4 - Precipitações mês de abril (análise 30% falhas)	196
Figura A4. 5 - Precipitações mês de maio (análise 30% falhas)	196
Figura A4. 6 - Precipitações mês de junho (análise 30% falhas)	197
Figura A4. 7 - Precipitações mês de julho (análise 30% falhas)	198
Figura A4. 8 - Precipitações mês de agosto (análise 30% falhas).....	198
Figura A4. 9 - Precipitações mês de setembro (análise 30% falhas).....	199
Figura A4. 10 - Precipitações mês de outubro (análise 30% falhas).....	200
Figura A4. 11 - Precipitações mês de novembro (análise 30% falhas)	200
Figura A4. 12 - Precipitações mês de dezembro (análise 30% falhas).....	201
Figura A4. 13 - Precipitações mês de janeiro (análise 50% falhas)	202
Figura A4. 14 - Precipitações mês de fevereiro (análise 50% falhas).....	202
Figura A4. 15 - Precipitações mês de março (análise 50% falhas)	203
Figura A4. 16 - Precipitações mês de abril (análise 50% falhas)	204
Figura A4. 17 - Precipitações mês de maio (análise 50% falhas)	204
Figura A4. 18 - Precipitações mês de junho (análise 50% falhas)	205
Figura A4. 19 - Precipitações mês de julho (análise 50% falhas)	206
Figura A4. 20 - Precipitações mês de agosto (análise 50% falhas).....	206
Figura A4. 21 - Precipitações mês de setembro (análise 50% falhas).....	207
Figura A4. 22 - Precipitações mês de outubro (análise 50% falhas).....	208
Figura A4. 23 - Precipitações mês de novembro (análise 50% falhas)	208
Figura A4. 24 - Precipitações mês de dezembro (análise 50% falhas).....	209

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores críticos da estatística $D_{N\alpha}$ do teste de aderência KS	18
Tabela 2 - Estrutura dos dados para a ANOVA com 1 fator com qualquer número de séries e extensões iguais	26
Tabela 3 - Análise de variância do delineamento completamente casualizado com qualquer número de séries e mesma extensão	28
Tabela 4 - Valores de CN e os coeficientes de regressão	36
Tabela 5 - Relação de estações pluviométricas utilizadas para as comparações na região da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas.....	58
Tabela 6 - Nomenclatura utilizada para as séries originadas dos dados sem falhas.....	61
Tabela 7 - Nomenclatura utilizada para as séries na análise com 30% de falhas.....	61
Tabela 8 - Nomenclatura utilizada para as séries na análise com 50% de falhas.....	62
Tabela 9 - Relação de estações pluviométricas utilizadas para os testes na região da bacia do Rio San Marcos	66
Tabela 10 - Nomenclatura utilizada para as séries geradas pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis.....	69
Tabela 11 - Nomenclatura utilizada para as séries geradas pelo método dos ponderadores IDW variáveis.....	70
Tabela 12 - Dados de vazões médias mensais observadas na estação Andirá em m^3/s	72
Tabela 13 - Série de vazões média mensal (m^3/s) para a estação São Francisco	77
Tabela 14 - Estatísticas descritivas das séries calculadas (análise 30% falhas)	81
Tabela 15 - Intervalos de confiança para os desvios padrão	82
Tabela 16 - Testes para averiguar a normalidade das séries.....	83
Tabela 17 - Teste de tendência Mann-Kendall para averiguar a presença de tendência nas séries	83
Tabela 18 - Testes para averiguar a estacionariedade das séries	83
Tabela 19 - Estatísticas descritivas das séries transformadas.....	93
Tabela 20 - Intervalos de confiança para os desvios padrão das séries transformadas	93

Tabela 21 - Testes para averiguar a normalidade das séries transformadas	94
Tabela 22 - Teste de tendência Mann-Kendall para averiguar a presença de tendência nas séries transformadas.....	94
Tabela 23 - Testes para averiguar a estacionariedade das séries transformadas	94
Tabela 24 - ANOVA das séries transformadas	96
Tabela 25 - Teste de Tukey entre as séries transformadas	97
Tabela 26 - Valores de P-Valor para o teste de Kolmogorov-Smirnov.....	98
Tabela 27 - Valores de P-Valor para o teste de Kolmogorov-Smirnov Séries transformadas .	99
Tabela 28 - Valores de P-Valor para o teste de Kolmogorov-Smirnov da comparação com a série N(80,60)	99
Tabela 29 - Valores de P-Valor para o teste de igualdade das funções de autocorrelação para as séries calculadas	101
Tabela 30 - Valores de P-Valor para o teste de igualdade das funções de autocorrelação das séries transformadas	101
Tabela 31 - Estatísticas descritivas das séries calculadas (análise 50% de falhas)	103
Tabela 32 - Intervalos de confiança para os desvios padrão (análise 50% de falhas)	103
Tabela 33 - Testes para averiguar a normalidade das séries (análise 50% de falhas)	104
Tabela 34 - Teste de tendência Mann-Kendall para averiguar a presença de tendência nas séries (análise 50% de falhas).....	104
Tabela 35 - Testes para averiguar a estacionariedade das séries calculadas (análise 50% de falhas)	105
Tabela 36 - Estatísticas descritivas das séries transformadas (análise 50% de falhas)	112
Tabela 37 - Intervalos de confiança para os desvios padrão das séries transformadas (análise 50% de falhas)	112
Tabela 38 - Testes para averiguar a normalidade das séries transformadas (análise 50% de falhas)	113
Tabela 39 - Teste de tendência Mann-Kendall para averiguar a presença de tendência nas séries transformadas (análise 50% de falhas)	113
Tabela 40 - Testes para averiguar a estacionariedade das séries transformadas (análise 50% de falhas)	114
Tabela 41 - ANOVA das séries transformadas (análise 50% de falhas)	114
Tabela 42 - Teste de Tukey entre as séries transformadas (análise 50% de falhas).....	115

Tabela 43 - Valores de P-Valor para o teste de Kolmogorov-Smirnov (análise 50% de falhas)	116
Tabela 44 - Valores de P-Valor para o teste de Kolmogorov-Smirnov Séries transformadas (análise 50% de falhas).....	117
Tabela 45 - Valores de P-Valor para o teste de igualdade das funções de autocorrelação para as séries calculadas (análise 50% de falhas)	118
Tabela 46 - Valores de P-Valor para o teste de igualdade das funções de autocorrelação das séries transformadas	118
Tabela 47 - Medidas resumo para a análise com 30% de falhas	120
Tabela 48 - Medidas resumo para a análise com 50% de falhas	120
Tabela 49 - Estatísticas Descritivas das séries de precipitação mensal média (mm)	121
Tabela 50 - Coeficientes de correlação entre as séries Thiessen completo e Thiessen variáveis	122
Tabela 51 - Estatísticas Descritivas das séries de precipitação mensal média (mm)	126
Tabela 52 - Coeficientes de correlação entre as séries IDW Completo e IDW variáveis	127
Tabela 53 - Estatísticas descritivas das séries de precipitações mensais médias (mm) calculadas para a área de contribuição da estação fluviométrica Andirá.....	131
Tabela 54 - Parâmetros calibrados para o modelo SMAP mensal	132
Tabela 55 - Estatísticas descritivas das séries de vazões médias mensais (m ³ /s) calculadas para a estação fluviométrica Andirá	132
Tabela 56 - Estatísticas de comparação das séries de vazões médias mensais calculadas para a estação fluviométrica Andirá comparadas aos dados observados	132
Tabela 57 - Índice de Nash-Sutcliffe das séries de vazões médias mensais oriundas dos dados de precipitação média calculados com polígonos de Thiessen comparadas à série Thiessen	136
Tabela 58 - Índice de Nash-Sutcliffe das séries de vazões médias mensais oriundas dos dados de precipitação média calculados com IDW comparadas à série IDW	137
Tabela 59 - Índice de Nash-Sutcliffe das séries de vazões médias mensais IDW e Thiessen comparadas entre si	138
Tabela 60 - Série de precipitação mensal média para a área de estudo para o período de 1971 a 2008	138
Tabela 61 - Série de precipitação mensal média para a área de estudo para o período de 1931 a 1970	139
Tabela 62 - Estatísticas descritivas para as séries de precipitação mensal média para a área de estudo.....	140

Tabela 63 - Resultados do teste de análise de variâncias	140
Tabela 64 - Parâmetros otimizados do modelo CN3S para a bacia de drenagem do Posto São Francisco, calibrado no período de 1972 a 1993).....	142
Tabela 65 - Parâmetros estatísticos das séries de vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, no período de calibração (1972 a 1993)	143
Tabela 66 - Parâmetros estatísticos das séries de vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, no período de validação (1994 a 2008)	144
Tabela A3.1 - Dados pluviométricos da série TC (mm).....	179
Tabela A3.2 - Dados pluviométricos da série C IDW (mm)	180
Tabela A3.3 - Dados pluviométricos da série 30F P MPR M T (mm).....	181
Tabela A3.4 - Dados pluviométricos da série 30F P MPR C T (mm).....	182
Tabela A3.514 - Dados pluviométricos da série 30F P MPR M IDW (mm)	183
Tabela A3.6 - Dados pluviométricos da série 30F P MPR C IDW (mm)	184
Tabela A3.7 - Dados pluviométricos da série 30F TV (mm)	185
Tabela A3.8 - Dados pluviométricos da série 30F IDW V (mm).....	186
Tabela A3.9 - Dados pluviométricos da série 50F P MPR M T (mm).....	187
Tabela A3.10 - Dados pluviométricos da série 50F P MPR C T (mm).....	188
Tabela A3.11 - Dados pluviométricos da série 50F P MPR M IDW (mm)	189
Tabela A3.12 - Dados pluviométricos da série 50F P MPR C IDW (mm)	190
Tabela A3.13 - Dados pluviométricos da série 50F TV (mm)	191
Tabela A3.14 - Dados pluviométricos da série 50F IDW V (mm).....	192
Tabela A4. 1 Média e variância para o mês de janeiro (análise 30% falhas).....	193
Tabela A4. 2 - Análise da variância para o mês de janeiro (análise 30% falhas).....	193
Tabela A4. 3 - Média e variância para o mês de fevereiro (análise 30% falhas).....	194
Tabela A4. 4 - Análise da variância para o mês de fevereiro (análise 30% falhas)	194
Tabela A4. 5 - Média e variância para o mês de março (análise 30% falhas).....	195
Tabela A4. 6 - Análise da variância para o mês de março (análise 30% falhas).....	195
Tabela A4. 7 - Média e variância para o mês de abril (análise 30% falhas)	195
Tabela A4. 8 - Análise da variância para o mês de abril (análise 30% falhas)	196

Tabela A4. 9 - Média e variância para o mês de maio (análise 30% falhas).....	196
Tabela A4. 10 - Análise da variância para o mês de maio (análise 30% falhas).....	196
Tabela A4. 11 - Média e variância para o mês de junho (análise 30% falhas).....	197
Tabela A4. 12 - Análise da variância para o mês de junho (análise 30% falhas).....	197
Tabela A4. 13 - Média e variância para o mês de julho (análise 30% falhas)	197
Tabela A4. 14 - Análise da variância para o mês de julho (análise 30% falhas)	197
Tabela A4. 15 - Média e variância para o mês de agosto (análise 30% falhas)	198
Tabela A4. 16 - Análise da variância para o mês de agosto (análise 30% falhas)	198
Tabela A4. 17 - Média e variância para o mês de setembro (análise 30% falhas)	199
Tabela A4. 18 - Análise da variância para o mês de setembro (análise 30% falhas)	199
Tabela A4. 19 - Média e variância para o mês de outubro (análise 30% falhas)	199
Tabela A4. 20 - Análise da variância para o mês de outubro (análise 30% falhas)	199
Tabela A4. 21 - Média e variância para o mês de novembro (análise 30% falhas)	200
Tabela A4. 22 - Análise da variância para o mês de novembro (análise 30% falhas)	200
Tabela A4. 23 - Média e variância para o mês de dezembro (análise 30% falhas).....	201
Tabela A4. 24 - Análise da variância para o mês de dezembro (análise 30% falhas).....	201
Tabela A4. 25 - Média e variância para o mês de janeiro (análise 50% falhas).....	201
Tabela A4. 26 - Análise da variância para o mês de janeiro (análise 50% falhas).....	202
Tabela A4. 27 - Média e variância para o mês de fevereiro (análise 50% falhas)	202
Tabela A4. 28 - Análise da variância para o mês de fevereiro (análise 50% falhas)	202
Tabela A4. 29 - Média e variância para o mês de março (análise 50% falhas).....	203
Tabela A4. 30 - Análise da variância para o mês de março (análise 50% falhas).....	203
Tabela A4. 31 - Média e variância para o mês de abril (análise 50% falhas)	203
Tabela A4. 32 - Análise da variância para o mês de abril (análise 50% falhas)	203
Tabela A4. 33 - Média e variância para o mês de maio (análise 50% falhas).....	204
Tabela A4. 34 - Análise da variância para o mês de maio (análise 50% falhas).....	204
Tabela A4. 35 - Média e variância para o mês de junho (análise 50% falhas).....	205

Tabela A4. 36 - Análise da variância para o mês de junho (análise 50% falhas).....	205
Tabela A4. 37 - Média e variância para o mês de julho (análise 50% falhas)	205
Tabela A4. 38 - Análise da variância para o mês de julho (análise 50% falhas)	205
Tabela A4. 39 - Média e variância para o mês de agosto (análise 50% falhas)	206
Tabela A4. 40 - Análise da variância para o mês de agosto (análise 50% falhas)	206
Tabela A4. 41 - Média e variância para o mês de setembro (análise 50% falhas)	207
Tabela A4. 42 - Análise da variância para o mês de setembro (análise 50% falhas)	207
Tabela A4. 43 - Média e variância para o mês de outubro (análise 50% falhas)	207
Tabela A4. 44 - Análise da variância para o mês de outubro (análise 50% falhas)	207
Tabela A4. 45 - Média e variância para o mês de novembro (análise 50% falhas)	208
Tabela A4. 46 - Análise da variância para o mês de novembro (análise 50% falhas)	208
Tabela A4. 47 - Média e variância para o mês de dezembro (análise 50% falhas)	208
Tabela A4. 48 - Análise da variância para o mês de dezembro (análise 50% falhas)	209
Tabela A5.1 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen Sem Falhas (Thiessen Completo) (mm)	211
Tabela A5.2 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 10% Falhas TV (mm)	211
Tabela A5.3 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 20% Falhas TV (mm)	212
Tabela A5.4 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 30% Falhas TV (mm)	212
Tabela A5.5 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 40% Falhas TV (mm)	212
Tabela A5.6 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 50% Falhas TV (mm)	213
Tabela A5.7 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 60% Falhas TV (mm)	213
Tabela A5.8 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 70% Falhas TV (mm)	213
Tabela A5.9 - Série Precipitação Mensal Média - IDW Sem Falhas (mm)	214
Tabela A5.10 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 10% Falhas (mm)	214

Tabela A5.11 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 20% Falhas (mm)	215
Tabela A5.12 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 30% Falhas (mm)	215
Tabela A5.13 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 40% Falhas (mm)	215
Tabela A5.14 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 50% Falhas (mm)	216
Tabela A5.15 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 60% Falhas (mm)	216
Tabela A5.16 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 70% Falhas (mm)	216
Tabela A6.1 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação sem falhas pelo método dos polígonos de Thiessen (Thiessen)	217
Tabela A6.2 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação sem falhas pelo método do IDW (IDW)	217
Tabela A6.3 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 30% de falhas preenchidos pelo método da ponderação regional pela média e calculada pelo método dos polígonos de Thiessen (30F_MPRM_T)	218
Tabela A6.4 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 30% de falhas preenchidos pelo método da ponderação regional pela média e calculada pelo método dos IDW (30F_MPRM_IDW)	218
Tabela A6.5 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 30% de falhas calculada pelo método dos polígonos de Thiessen Variáveis (30F_TV)	219
Tabela A6.6 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 30% de falhas calculada pelo método dos IDW Variáveis (30F_IDW_V)	219
Tabela A6.7 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 50% de falhas preenchidos pelo método da ponderação regional pela média e calculada pelo método dos polígonos de Thiessen (50F_MPRM_T)	220
Tabela A6.8 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 50% de falhas preenchidos pelo método da ponderação regional pela média e calculada pelo método dos IDW (50F_MPRM_IDW)	220
Tabela A6.9 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 50% de falhas calculada pelo método dos polígonos de Thiessen Variáveis (50F_TV)	221

Tabela A6.10 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 50% de falhas calculada pelo método dos IDW Variáveis (50F_IDW_V).....	221
Tabela A7.1 - Série de vazões médias mensal (m^3/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série Thiessen.....	223
Tabela A7.2 - Série de vazões médias mensal (m^3/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série IDW	223
Tabela A7.3 - Série de vazões médias mensal (m^3/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 30F_MPRM_T	224
Tabela A7.4 - Série de vazões médias mensal (m^3/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 30F_TV	224
Tabela A7.5 - Série de vazões médias mensal (m^3/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 30F_MPRM_IDW	225
Tabela A7.6 - Série de vazões médias mensal (m^3/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 30F_IDW_V	225
Tabela A7.7 - Série de vazões médias mensal (m^3/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 50F_MPRM_T	226
Tabela A7.8 - Série de vazões médias mensal (m^3/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 50F_TV	226
Tabela A7.9 - Série de vazões médias mensal (m^3/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 50F_MPRM_IDW	227
Tabela A7.10 - Série de vazões médias mensal (m^3/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 50F_IDW_V	227

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas
ANOVA	Análise de Variância
ARMA	Autoregressive Moving Average
CN	Curve Number
DDS	Dinamically Dimensioned Search
DE	Distância Euclidiana
DRDH	Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica
DT	Descontinuidade Tropical
EM	Equador Meteorológico
FIT	Frente Intertropical
GL	Graus de Liberdade
IDW	Inverse Distance Weighting
MAPE	Mean Absolute Percentual Error
MBE	Median Bias Error
MEAN	Massa Equatorial do Atlântico Norte
MEANS	Massa Equatorial do Atlântico Sul
MEC	Massa Equatorial Continental
KS	Kolmogorov - Smirnov
RMSE	Root Mean Square Error
SCS	Soil Conservation Service
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SQ	Soma dos Quadrados
SQT	Soma Total dos Quadrados
SMAP	Soil Moisture Accounting Procedure
UHE	Usina Hidroelétrica
USGS	United States Geological Service
VBA	Visual Basic for Application
WMO	World Meteorological Organization
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

RESUMO.....	I
ABSTRACT	III
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABELAS.....	XIII
LISTA DE SIGLAS.....	XXI
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS, JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE	5
2.1 OBJETIVO PRINCIPAL	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
2.3 JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE DO TRABALHO	6
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.1 CONSISTÊNCIA DE DADOS HIDROLÓGICOS	9
3.2 PRECIPITAÇÃO MÉDIA	13
3.3 ESTATÍSTICA APLICADA À HIDROLOGIA.....	15
3.4 MODELAGEM HIDROLÓGICA	33
4 METODOLOGIA.....	41
4.1 GERAÇÃO DE SÉRIES COM FALHAS	46
4.2 PREENCHIMENTO DE FALHAS OTIMIZADO E AUTOMÁTICO	47
4.3 METODOLOGIA ALTERNATIVA AO PREENCHIMENTO DE FALHAS.....	48
4.3.1 Método dos polígonos de Thiessen Variáveis	49
4.3.2 Método dos interpoladores IDW variável.....	53
4.4 COMPARAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA FRENTE AOS MÉTODOS DE PREENCHIMENTO CONVENCIONAIS.....	56
4.4.1 Escolha da bacia hidrográfica para realizar a comparação e aquisição dos dados de precipitação	56
4.4.2 Análise da homogeneidade dos dados de precipitação originais para a bacia do rio das Cinzas.....	60
4.4.3 Séries de precipitação mensal média para a bacia do rio das Cinzas e as respectivas nomenclaturas ...	61
4.4.4 Análise de consistência das séries com dados preenchidos	62
4.4.5 Análises estatísticas e comparações entre as séries de precipitação média mensal para a bacia do rio das Cinzas	63
4.5 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA QUANTIDADE DE FALHAS NA METODOLOGIA PROPOSTA.....	64
4.5.1 Escolha da bacia hidrográfica para realizar a avaliação do impacto da quantidade de falhas na metodologia proposta e aquisição dos dados de precipitação	64
4.5.2 Análise da homogeneidade dos dados de precipitação originais para a bacia do rio San Marcos	67
4.5.3 Séries de precipitação mensal média para a bacia do rio San Marcos e as respectivas nomenclaturas .	69

4.5.4 Análises estatísticas e comparações entre as séries de precipitação média mensal para a bacia do rio San Marcos	70
4.6 AVALIAÇÃO DO USO DA METODOLOGIA PROPOSTA NA MODELAGEM CHUVA – VAZÃO	71
4.6.1 Escolha da bacia hidrográfica para realizar a avaliação do uso da metodologia proposta para geração das séries de precipitação média mensal utilizadas na modelagem chuva-vazão e aquisição dos dados de precipitação e vazão	71
4.6.2 Modelo chuva – vazão escolhido	73
4.6.3 Séries de precipitação mensal média e de vazões mensais médias para a área de contribuição da estação fluviométrica Andirá e as respectivas nomenclaturas	73
4.6.4 Análises estatísticas e comparações entre as séries vazão média mensal	74
4.7 ESTUDO DE CASO – UHE SANTO ANTÔNIO DO JARI	74
4.7.1 A bacia hidrográfica do RIO JARI.....	75
4.7.2 Dados pluviométricos e fluviométricos disponíveis	77
4.7.3 Cálculo das séries de precipitação mensal média pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis	79
4.7.4 Extensão da série de vazões médias mensais pelo modelo CN3S	79
5 PROCESSAMENTOS, ANÁLISES E RESULTADOS	81
5.1 COMPARAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA AOS MÉTODOS DE PREENCHIMENTO CONVENCIONAIS...	81
5.2 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA QUANTIDADE DE FALHAS NA METODOLOGIA PROPOSTA.....	120
5.3 AVALIAÇÃO DO USO DA METODOLOGIA PROPOSTA NA MODELAGEM CHUVA - VAZÃO	131
5.4 RESULTADOS PARA O ESTUDO DE CASO UHE SANTO ANTÔNIO DO JARI.....	138
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	147
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151
ANEXO 1: CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO DAS FERRAMENTAS DESENVOLVIDAS	159
A1.1 CÓDIGO VBA PARA GERAR AS FALHAS NAS SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS	159
A1.2 CÓDIGO VBA PARA PREENCHER AS FALHAS AUTOMATICAMENTE NAS SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS	159
A1.3 CÓDIGO PYTHON PARA O CÁLCULO DA SÉRIE PRECIPITAÇÃO MÉDIA PELO MÉTODO DOS POLÍGONOS DE THIESSEN VARIÁVEIS	163
A1.4 CÓDIGO PYTHON PARA O CÁLCULO DA SÉRIE PRECIPITAÇÃO MÉDIA PELO MÉTODO DOS PONDERADORES IDW VARIÁVEIS	166
A1.5 CÓDIGO VBA PARA GERAR O GRÁFICO DE DUPLA MASSA	168
ANEXO 2: ARQUIVOS DE ENTRADA PARA A AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS FALHAS NA METODOLOGIA PROPOSTA	171
ANEXO 3: SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL MÉDIA CALCULADAS NA 1ª FASE DA METODOLOGIA	179
A3.1 SÉRIES GERADAS COM DADOS DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS SEM FALHAS:	179
A3.2 ANÁLISE DAS SÉRIES GERADAS COM DADOS DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS COM 30% DE FALHAS:.....	181
A3.3 ANÁLISE DAS SÉRIES GERADAS COM DADOS DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS COM 50% DE FALHAS:.....	187

ANEXO 4: ANÁLISE DE VARIÂNCIA MÊS A MÊS	193
A4.1 ANÁLISE PARA SÉRIES COM 30% FALHAS.....	193
A4.2 ANÁLISE PARA SÉRIES COM 50% FALHAS.....	201
ANEXO 5: SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL MÉDIA CALCULADAS NA 2ª FASE DA METODOLOGIA	211
A5.1 MÉTODO DOS POLÍGONOS DE THIESSEN VARIÁVEIS:	211
ANEXO 6: SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL MÉDIA CALCULADAS NA 3ª FASE DA METODOLOGIA	217
ANEXO 7: SÉRIES DE VAZÕES MÉDIAS MENSAL PARA ESTAÇÃO ANDIRÁ CALCULADAS NA 3ª FASE DA METODOLOGIA	223

1 INTRODUÇÃO

Sabe-se da fundamental importância que a água desempenha para que a vida em nosso planeta seja viável. Desde os remotos tempos, em que as grandes civilizações procuraram se estabelecer em locais onde sua disponibilidade era abundante, significa status de poder e proporciona condições favoráveis de crescimento. Desde então tem sido explorada e utilizada como um meio de desenvolvimento.

Este longo caminho de exploração, acelerada nos últimos séculos pelo advento da revolução industrial e das altas taxas de crescimento populacional, sem a devida preocupação necessária com a sua preservação, colocaram a água sob uma pressão de demanda além dos limites de sua capacidade.

Apenas recentemente o conceito de que a água doce é um recurso finito e extremamente vulnerável do ponto de vista qualitativo tem sido discutido e começou a despertar grande preocupação por parte da humanidade, e já se vislumbra um futuro em que os principais conflitos mundiais se darão em virtude da escassez deste recurso.

Nosso país, ainda que possamos dizer que se encontra em uma situação privilegiada, pois reserva em torno de 18% da água doce do planeta e tem uma disponibilidade hídrica superficial estimada em 8160 Km³/ano (ANA, 2009), enfrenta dificuldades para equacionar a sua exploração do ponto de vista da sustentabilidade, bem como para resolver o problema da oferta e demanda, já que a sua distribuição espacial não é favorável. Senão, vejamos o problema vivenciado por longos períodos na história pelo povo nordestino sofrido por estiagens que se sucedem no curso dos anos, tendo sido inclusive, retratados em nossa rica literatura.

Do ponto de vista político a gestão de recursos hídricos no Brasil caminha a passos lentos, embora o primeiro código sobre águas tenha aparecido em 1934 (BRASIL, 1934), apenas em 1997 com a instituição da lei 9433 (BRASIL, 1997) foram incorporados instrumentos efetivos de gestão e regulação de uso e exploração, e no ano de 2000 foi criada uma agência reguladora para o setor a fim de implementar esta política (BRASIL, 2000).

Ainda recente, esta política traz avanços significativos, e muito ainda precisa ser percorrido. Um importante instrumento instituído é o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, que deverá ser uma ferramenta poderosa de disponibilização de dados e informações relevantes a serem utilizadas nos processos decisórios de alocação dos recursos hídricos disponíveis. Desta forma, o monitoramento hidrológico, capaz de prover dados suficientemente confiáveis, é parte preponderante deste sistema, configura-se etapa anterior e fundamental sem o qual não se pode efetivamente executar o gerenciamento.

No contexto de gerenciamento de recursos hídricos os modelos hidrológicos fornecem meios de avaliar o comportamento destes recursos bem como simular as respostas frente às alternativas de planejamento.

A precipitação, caracterizada por sua variação espacial e temporal, é um dos insumos essenciais para a modelagem hidrológica. Medições precisas de precipitação são importantes para todas as aplicações relacionadas com a chuva. Tradicionalmente, os pluviômetros medem fisicamente o acúmulo de chuvas em um ponto e, geralmente, fornecem dados para uma pequena área. Estas medidas por pontos de precipitação, são utilizados em todos os tipos de modelos hídricos (JAYAKRISHNAN; SRINIVASAN; ARNOLD; 2004). Entretanto, problemas com medições de precipitação por pluviômetros foram documentadas em vários estudos (LEGATES, DELIBERTY, 1993; FINNERTY et al., 1997).

Talvez, o principal problema no uso da precipitação seja a ocorrência de falhas nas séries históricas. Isto se deve, basicamente, à ausência do observador, falhas nos mecanismos de registro, perda das anotações ou das transcrições dos registros pelos operadores e encerramento das observações, entretanto, como existe a necessidade de se trabalhar com séries contínuas, essas falhas necessitam ser preenchidas (STRECK et al., 2009; BERTONI, TUCCI, 2013). Para o preenchimento das falhas nas séries históricas Leivas, Berlato, Fontana (2006) recomendaram a seleção das estações meteorológicas da mesma região climática e altitude semelhante, caracterizando-a como hidrologicamente homogênea.

O processo de preenchimento de falhas requer um estudo pormenorizado de cada estação disponível, bem como a sua correlação com as demais estações. Além de se constituir um processo demorado, numa situação extrema de ocorrência de um percentual elevado de falhas pode ocasionar a geração de dados sintéticos com pouca conformidade com a realidade, porque pode-se ser forçado a utilizar dados entre estações pouco correlacionadas.

Alternativamente ao preenchimento de falhas, buscou-se neste estudo evitar a geração de dados sintéticos, e ao invés disso, utiliza-se para a geração de séries de precipitações mensais médias apenas os dados observados disponíveis nas estações pluviométricas presentes na área de estudo e seu entorno. Neste caso, para cada mês da série, somente os dados disponíveis são utilizados para o cálculo da precipitação média, o que faz com que em cada mês admita-se que uma combinação diferente de postos pluviométricos sejam utilizados para o seu cálculo.

Foram ainda avaliadas duas técnicas distintas para o cálculo da precipitação média, pelo método de Polígonos de Thiessen Variáveis e interpolação pelo inverso do quadrado da distância, além de considerar diferentes tratamentos estatísticos para a validação dos resultados.

2 OBJETIVOS, JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE

2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Este trabalho teve como objetivo principal propor uma metodologia alternativa ao preenchimento de falhas para a geração de séries de precipitação mensal média para uma bacia hidrográfica de forma automatizada por meio de ferramentas de geoprocessamento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Além do objetivo geral, pretendeu-se:

- Automatizar a geração de séries de precipitação mensal média a partir de dados sem preenchimento de falhas pelos métodos dos polígonos de Thiessen variáveis e dos ponderadores pelo inverso do quadrado da distância (IDW) variáveis por meio de uma ferramenta computacional, acoplada a um sistema de informações geográficas.
- Avaliar e confrontar os resultados de cálculo de séries de precipitação mensal média pelo método dos Polígonos de Thiessen e pelo método de interpolação por ponderadores pelo inverso do quadrado da distância.
- Comparar os resultados alcançados pela metodologia proposta com os métodos clássicos de preenchimento de falhas por Ponderadores Regionais calculados em função da média e da correlação.
- Avaliar metodologias estatísticas para a comparação das séries de precipitação mensal média.
- Avaliar o impacto do percentual de falhas na geração das séries de precipitação mensal média para uma bacia hidrográfica com a metodologia proposta.

- Comparar os resultados das séries de precipitação mensal média para uma bacia hidrográfica calculada com a metodologia proposta na modelagem chuva vazão.
- Aplicar a metodologia alternativa proposta para o cálculo da série de precipitação mensal média para um caso concreto e a partir desta série estender a série de vazões médias mensais desde o ano de 1931.

2.3 JUSTIFICATIVA E HIPÓTESE DO TRABALHO

De acordo com o Manual de Estudos de Disponibilidade Hídrica para Aproveitamentos Hidrelétricos (ANA, 2010) os períodos das séries de vazões naturais no posto fluviométrico representativo do local dos aproveitamentos necessários aos estudos para a caracterização energética dos empreendimentos deve ser de no mínimo trinta anos para as pequenas centrais hidrelétricas. Para as demais usinas hidrelétricas devem se estender do ano de 1931 até o ano anterior ao da solicitação da Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica, compreendendo nesse caso, o período crítico característico do Sistema Interligado Nacional, adotado pela Agência Nacional de Energia Elétrica e pela Empresa de Pesquisa Energética.

Uma vez que a disponibilidade de dados fluviométricos e pluviométricos em períodos anteriores à década de 1960 é demasiadamente precária, a solução recomendada é que as séries fluviométricas devem ser estendidas por meio de modelos determinísticos ou estocásticos de forma a abranger este período.

A utilização de modelos chuva-vazão para extensão da série de vazões mensais médias implica na consideração de correlações entre a precipitação média na bacia hidrográfica do posto fluviométrico de referência e a precipitação observada em postos pluviométricos ou climatológicos com histórico de dados a partir de 1931. Nesse caso, tendo em vista a variabilidade amostral dos dados pluviométricos, a tendência é a de obtenção de valores de coeficientes de determinação (R^2) baixos.

Assim, é recomendável que se utilizem técnicas que permitam melhor adequar a realidade da disponibilidade de dados para a extensão das séries, o que nos casos de baixas correlação entre os postos pluviométricos ou da falta de períodos comuns entre algumas estações não permitem o adequado preenchimento das falhas.

Além disso, várias são as áreas de estudo que demandam séries de precipitação média, como os estudos de disponibilidade hídrica, gestão agroclimática, entre outros, e que podem se beneficiar de novas metodologias como a apresentada nesta pesquisa.

Portanto as hipóteses deste trabalho são:

A metodologia proposta de cálculo das séries de precipitação mensal média em bacias hidrográficas, sem preenchimento de falhas, é equivalente aos métodos convencionais com o uso de preenchimento de falhas.

Esta proposta metodológica para o cálculo das séries de precipitação mensal média é uma alternativa para diversos estudos hidrológicos, principalmente como subsídio para a extensão de séries de vazão por meio de modelagem chuva-vazão.

A automatização desta metodologia proposta em um software de geoprocessamento é uma solução eficiente que minimiza o tempo de execução, bem como, elimina possíveis erros grosseiros quando da edição de várias planilhas eletrônicas tipicamente utilizadas.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 CONSISTÊNCIA DE DADOS HIDROLÓGICOS

Os dados e informações gerados pelas redes de monitoramento hidrológico são imprescindíveis para as tomadas de decisão relacionadas ao uso, gestão ou preservação dos recursos hídricos por meio de estudos das variáveis coletadas como por exemplo a precipitação.

Para a garantia da qualidade dos dados, diversas exigências devem ser cumpridas pelos responsáveis pela coleta de informações, antes mesmo da utilização ou divulgação das mesmas. Trata-se das atividades de pré-processamento, que incluem a consistência dos dados coletados, bem como o preenchimento e a extensão das séries históricas (RHA, 2011).

Segundo Tucci (2007), o objetivo de uma estação pluviométrica é obter uma série ininterrupta de precipitação ao longo do tempo, que servirá para se conhecer o regime climatológico de determinado local ou região, realização de estudos específicos sobre intensidade de precipitação, utilização dos dados para modelagem hidrológica, entre outros.

Os dados de precipitação, para serem úteis aos diversos tipos de usos deverão ser submetidos a controles mínimos de qualidade, correções e eventual preenchimento de falhas, processo usualmente conhecido como análise de consistência. Segundo ANA (2012) de um modo geral a análise de consistência pode ser dividida em diferentes etapas, sendo que uma das formas de classificação é apresentada a seguir:

- Análise Preliminar, que visa identificar, registrar e eliminar erros grosseiros contidos nos dados coletados de forma manual ou automática.
- Identificação de regiões homogêneas de precipitação.
- Análise de inconsistências.
- Correção de dados.
- Preenchimento de falhas e extensão de séries.

A variação espacial da precipitação sugere a necessidade de analisar os dados de conjuntos de estações de medição pluviométricas próximas para permitir o preenchimento de lacunas nos registros ou a substituição de dados observados e considerados errôneos (ANA, 2012).

É desejável que o analista tenha conhecimento do regime climático, do sistema de circulação geral e demais processos geradores das chuvas, da orografia, da existência de microclimas e demais fatores que possam influenciar na ocorrência das chuvas na região em

estudo. Em muitas ocasiões, totais pluviométricos bastante diferenciados entre estações próximas podem ser explicados por diferenças de altitude, pela localização das estações a barlavento ou sotavento, pela ocorrência de chuvas convectivas, etc. A qualidade do observador e a existência de aparelhos registradores são as variáveis mais importantes para decidir pela substituição ou não de um dado duvidoso (DNAEE, 1982; BERTONI, TUCCI, 2013).

Em ANA (2014) é apresentado detalhadamente um levantamento das técnicas e métodos de consistência de dados pluviométricos utilizados e adotados pela Agência Nacional de Águas. Verificou-se que existe uma variação muito grande nas técnicas utilizadas e nos procedimentos metodológicos adotados para a análise de consistência, correção e preenchimento de falhas nas séries de dados pluviométricos, mesmo em diferentes estudos coordenados por uma mesma entidade e que a grande maioria das metodologias utilizadas são baseadas na adoção de critérios subjetivos que, apesar de bem documentados, são difíceis de serem replicados de forma sistemática em novos estudos. Isto ocorre mesmo em estudos que tiveram como premissa a sistematização e automação dos procedimentos aplicados, como é o caso do estudo realizado pela RHA Engenharia para a ANA (RHA, 2011), onde em várias etapas do estudo houve a necessidade de se adotar critérios baseados em análise empírica e experiência dos analistas.

O Guia de Práticas Hidrológicas (WMO, 2008) e o Guia de Práticas Meteorológicas (WMO, 2011) apresentam recomendações referentes a práticas e procedimentos que devem ser adotados para assegurar a padronização e qualidade das informações hidrometeorológicas coletadas e disponibilizadas (WMO, 2008). Para a Organização Mundial de Meteorologia o hidrólogo tem o dever de ser conservador no que concerne a realização de qualquer correção de dados, e sugere-se o uso de critérios rigorosos para alterar ou adicionar valores de dados. Isso deve ser feito sempre usando pressupostos com base em evidências, e não em suposições sendo que, qualquer alteração efetuada nos dados deve ser registrada de forma que outros usuários possam ter conhecimento do que foi feito e o motivo da atualização.

Para a fase de consistência de dados o método da dupla massa (ou curva dupla acumulativa) é a técnica de análise de dados pluviométricos mais utilizada no Brasil. A metodologia foi desenvolvida pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos - USGS (SEARCY; HARDISON, 1960), e pode ser utilizada tanto para consistência de séries mensais quanto anuais. Basicamente, o método consiste em:

- Selecionar as estações da região a ser analisada (estações de apoio);
- Acumular, para cada estação, os valores mensais (ou anuais) de precipitação;

- Plotar, em um gráfico cartesiano, os valores acumulados correspondentes à estação em análise (nas ordenadas) contra os valores acumulados de outra estação confiável (estação de referência) adotada como base de comparação (nas abscissas). Também pode ser utilizada como base de comparação, ao invés de uma única estação de apoio, a média das estações selecionadas.

Por esse método é possível verificar o grau de homogeneidade dos dados disponíveis na estação em análise com relação às observações registradas nas estações vizinhas. Se os valores da estação a consistir são 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. Com isso, pode-se verificar a existência de anormalidades na estação pluviométrica, tais como: mudança de local ou das condições do aparelho ou modificação no método de observação.

Quando trata-se da fase de preenchimento e extensão de séries um dos métodos mais presente nos estudos hidrológicos é o Método da Ponderação Regional. Segundo Bertoni e Tucci (2013), o método da ponderação regional é um método simplificado normalmente utilizado para o preenchimento de séries mensais ou anuais de precipitações, visando à homogeneização do período de informações e à análise estatística das precipitações, sendo também utilizado para a extensão de séries pluviométricas. O método pode ser classificado segundo o tipo de estatística utilizado na ponderação do peso das estações: médias ou correlação. A seguir é apresentada uma breve descrição do método conforme descrito em RHA (2011).

Método da Ponderação Regional por Médias

Considera-se um grupo de N postos, $X_1, X_2, \dots, X_{N-1}$ e Y (pelo menos 3 (três) estações com no mínimo 10 (dez) anos comuns de observação), este último representando a série dependente do grupo homogêneo. O valor proposto para preenchimento ou extensão da série do posto “Y”, em determinado mês, é definido pela equação 01.

$$y = \frac{1}{N-1} \cdot \left[\left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}_1} \right) \cdot x_1 + \left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}_2} \right) \cdot x_2 + \dots + \left(\frac{\bar{y}}{\bar{x}_{N-1}} \right) \cdot x_{N-1} \right] \quad \text{Eq 01}$$

onde,

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

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

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

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

Método da Ponderação Regional por Correlação

O método de ponderação regional por correlação consiste em estabelecer regressões lineares entre o posto com dados a serem preenchidos ou estendidos (posto Y), e cada um dos postos vizinhos (postos X_i, i = 1,2,...,N-1). Para o período comum de observação, determina-se para cada mês do ano o correspondente vetor de correlação, composto por N-1 valores determinados pela respectiva correlação linear (r_i) entre a série da estação Y com as correspondentes séries das estações X_i. Ou seja, obtêm 12 vetores de correlação, um para cada mês do ano, de forma a levar em consideração os eventuais efeitos de sazonalidade da série em análise. Para um mês específico qualquer, o método é representado pela equação 02.

$$y = \frac{s_y}{N-1} \cdot \left[r_1 \cdot \frac{x_1 - \bar{x}_1}{s_{x_1}} + r_2 \cdot \frac{x_2 - \bar{x}_2}{s_{x_2}} + \dots + r_{N-1} \cdot \frac{x_{N-1} - \bar{x}_{N-1}}{s_{x_{N-1}}} \right] + \bar{y} \quad \text{Eq 02}$$

onde,

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

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

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

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

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

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

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

3.2 PRECIPITAÇÃO MÉDIA

Dentre os métodos para estimativa de precipitação média em bacias hidrográficas, três são os mais usuais: Método da Média Aritmética; o Método de Thiessen (MT) e o Método das Isoietas. Entretanto, desses o mais largamente empregado é o denominado Método de Thiessen (LINSLEY; KOHLER; PAULHUS, 1975). Esse método consiste em dar pesos aos totais precipitados em cada posto, proporcionais à área de influência de cada um, determinada a partir dos denominados polígonos de Thiessen (SOUZA PINTO et al., 1976).

Porto, Andrade, Teixeira (2002) empregando 74 postos pluviométricos distribuídos no Estado do Ceará, objetivando gerar mapas georeferenciados da distribuição espaço-temporal da precipitação no estado, estimaram a precipitação média pelo Método de Thiessen, empregando-se o software Arcview 3.2. Pruski et al. (2004) utilizando-se de 178 estações pluviométricas determinaram a precipitação média, para cada área de drenagem, da bacia do rio São Francisco, pelo Método de Thiessen.

Gomig, Lindner, Kobiyana, (2007) determinam as áreas de influências das estações pluviométricas na bacia do rio do Peixe, em Santa Catarina, também pelo Método dos Polígonos de Thiessen. Freitas (2010) emprega o Método de Thiessen para inúmeras bacias de rios intermitentes do Nordeste do Brasil. Tibúrcio e Castro (2007) com auxílio do Arcview, determinam a altura pluviométrica média para a bacia de Aracoiaba, no Estado do Ceará, empregando o Método de Thiessen e o Método das Isoietas.

Os polígonos de Thiessen são áreas de “domínio” de um posto pluviométrico. Considera-se que no interior dessas áreas a altura pluviométrica é a mesma do respectivo posto. Os polígonos são traçados da seguinte forma:

1º- dois postos adjacentes são ligados por um segmento de reta;

2º- traça-se a mediatriz deste segmento de reta. Esta mediatriz divide para um lado e para outro, as regiões de “domínio”; A figura 1 apresenta o traçado do limite da região de domínio entre 3 postos.

Figura 1 - Traçado do limite da região de domínio entre 3 postos

3º- Este procedimento é realizado, inicialmente, para um posto qualquer (ex.: posto B), ligando-o aos adjacentes. Define-se, desta forma, o polígono daquele posto; A figura 2 apresenta a região de domínio de um posto em relação aos postos adjacentes.

Figura 2 - Região de domínio de um posto em relação aos postos adjacentes

4º- Repete-se o mesmo procedimento para todos os postos;

5º- Desconsideram-se as áreas dos polígonos que estão fora da bacia;

6º- A precipitação média na bacia é calculada pela equação 03.

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i P_i}{A}$$

Eq 03

Em que

P_m é a precipitação média na bacia (mm);

P_i é a precipitação no posto i (mm);

A_i é a área do respectivo polígono, dentro da bacia (km²);

A é a área total da bacia (km²).

3.3 ESTATÍSTICA APLICADA À HIDROLOGIA

Nenhum processo hidrológico é puramente determinístico, isto é, não é possível determinar com exatidão a realização desse processo, pois ele está sujeito à ação de fatores aleatórios. Apesar de ser possível prever com alguma antecedência a ocorrência de precipitação, não é possível determinar qual a quantidade exata de precipitação que irá ocorrer. No entanto, esta dificuldade pode ser ultrapassada, considerando que os processos hidrológicos são processos estocásticos, isto é, processos governados pelo menos em parte por fatores aleatórios, e sendo processos estocásticos podem ser tratados recorrendo às leis de probabilidade e à estatística, sendo possível determinar qual a probabilidade de uma realização desses processos se situar dentro de determinados intervalos (GUIMARÃES, 2015).

Os testes de hipóteses constituem uma área de extrema importância na Estatística Aplicada à Hidrologia e são utilizados para averiguar a normalidade, estacionariedade, tendência, entre outras características das séries hidrológicas.

O estabelecimento de um teste de hipóteses consta das seguintes etapas:

- Formulação da hipótese a ser testada, H_0 - Hipótese nula
- Formulação da hipótese alternativa, H_1
- Seleção da estatística amostral a ser utilizada
- Estabelecimento da regra de decisão, em função de uma constante c .
- Seleção do nível de significância, α
- Utilização da estatística amostral para determinar o valor da constante c , de modo a que, quando H_0 for verdadeira, haja uma probabilidade α de se rejeitar esta hipótese.
- Rejeição ou aceitação da hipótese H_0 , se a estatística amostral observada cair, respectivamente, na região de rejeição (crítica), ou na região de aceitação.

Ao tomar uma destas duas decisões, pode-se cometer dois tipos de erros:

- Erro de primeira espécie – erro que se comete quando se rejeita H_0 , sendo ela verdadeira e;
- Erro de segunda espécie – erro que se comete quando se aceita H_0 , sendo ela falsa.

A probabilidade α de se cometer um erro de primeira espécie, chama-se nível de significância do teste. A probabilidade β de se cometer um erro de segunda espécie, chama-se nível de confiança do teste. A região crítica, apresentada na figura 3, do teste é o conjunto dos valores de uma estatística que determinam a rejeição de H_0 , de acordo com uma regra pré-estabelecida.

Figura 3 - Diferentes tipos de regiões críticas

De um modo geral, α e β variam em sentido contrário. O que se costuma fazer é fixar α num nível conveniente (5%, 1%, etc.) e procurar, dentro de todas as regiões de nível α , aquela que minimiza β , isto é, aquela que maximiza $1 - \beta$, chamada potência do teste. Um melhor teste de nível α é aquele a que corresponde uma maior potência.

3.3.1 Homogeneidade

Um importante aspecto que se deve considerar diz respeito a homogeneidade dos dados pluviométricos em análise. Nesse sentido a análise de agrupamento das variáveis através do método proposto por Scott e Symons (1971) que consiste no agrupamento de um conjunto de observações multivariadas, divididas em um número pequeno de grupos relativamente homogêneos tem sido utilizado com destaque em diversos trabalhos.

Romero et al. (1999) e Ramos (2001) afirmam que técnicas multivariadas como as técnicas de agrupamento são muito comuns para classificação de variáveis hidroclimáticas como a precipitação. Dentro da análise de agrupamento encontram-se na literatura vários métodos que podem ser utilizados em diversos conjuntos de dados, bem como para a regionalização hidrológica. Por exemplo, Sthal e Demuth (1999), Lecce (2000), Corduas (2011), e Ramachandra e Srinivas (2006) utilizaram, respectivamente, o método de Ward, o método K-means, o modelo ARMA, e a inferência Fuzzy na elaboração de seus trabalhos sobre agrupamentos em regionalização hidrológica.

A determinação de grupos hidrológicamente homogêneos pode ser determinada utilizando-se a metodologia da distância Euclideana pelo método de Ward, segundo a equação 04.

$$DE = \sqrt{\sum_{k=1}^p (X_{i,k} - X_{j,k})^2} \quad Eq\ 04$$

Em que DE é a distância euclideana; X_{ik} é a k -ésima característica do i -ésimo indivíduo; X_{jk} é a k -ésima característica do j -ésimo indivíduo.

Quanto mais próximo de zero for a DE , mais similares são os objetos comparados.

O método de Ward Júnior (1963), equação 05, emprega a análise de variância para determinar as distâncias entre grupos, através da soma dos quadrados entre os dois agrupamentos feita sobre todas as variáveis (NAGHETTINI e PINTO, 2007). Nesse método a formação dos grupos se dá pela maximização da homogeneidade dentro dos grupos.

$$W = \sum_{i=1}^n X_i^2 - \frac{1}{n} (\sum_{i=1}^n X_i)^2 \quad Eq\ 05$$

Em que n é o número total de elementos do agrupamento e X_i é o i -ésimo elemento do agrupamento.

As informações que resultam da análise estatística referentes à formação dos agrupamentos e à sua ordenação hierárquica ascendente podem ser representadas por um tipo específico de diagrama do tipo árvore denominado dendrograma, em que o nível de similaridade é medido no eixo vertical e as diferentes observações são listadas no eixo horizontal.

3.3.2 Normalidade

Tipicamente, em estudos hidrológicos, requer-se que as variáveis analisadas sejam normalmente distribuídas na população, ou seja, que elas atendam à suposição de normalidade.

Os testes de normalidade são testes que examinam formalmente se um conjunto de observações de uma determinada variável possuem distribuição normal.

Existem vários testes que examinam se a distribuição dos dados é normal. Entre os mais famosos estão o de Kolmogorov-Smirnov, Shapiro-Wilk e Anderson-Darling. Todos eles possuem a hipótese alternativa que os dados possuem distribuição diferente da normal, de maneira que, a hipótese nula deles é que os dados possuem a distribuição normal.

3.3.2.1 Teste de Kolmogorov- Smirnov

O teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov (KS) (SMIRNOV, 1948) é um teste não paramétrico, cuja estatística de teste tem como base a diferença máxima entre as funções de probabilidades acumuladas, empírica e teórica, de variáveis aleatórias contínuas. O teste não é aplicável a variáveis aleatórias discretas.

Considere que X represente uma variável aleatória contínua, de cuja população extraiu-se a amostra $\{X_1, X_2, \dots, X_N\}$. A hipótese nula a ser testada é $H_0: P(X < x) = FX(x)$, onde $FX(x)$ é suposta completamente conhecida, ou seja, seus parâmetros não são estimados a partir da amostra. Para implementar o teste KS, inicialmente, classifique os elementos da amostra $\{X_1, X_2, \dots, X_N\}$ em ordem crescente, de modo a constituir a sequência $\{x(1), x(2), \dots, x(m), \dots, x(N)\}$, na qual $1 < m < N$ denota a ordem de classificação. Para cada elemento $x(m)$, a distribuição empírica $FN(x(m))$ é calculada pela proporção de valores amostrais que não excedem $x(m)$, conforme a equação 06:

$$F_X(x) = m/N \quad \text{Eq 06}$$

Em seguida, calcule as probabilidades teóricas, segundo $FX(x)$, tendo como argumento os valores $x(m)$. A estatística do teste KS é dada pela equação 07:

$$D_N = M_{AX} / FN(x) - FX(x) \quad \text{Eq 07}$$

A estatística do teste KS corresponde, portanto, à maior diferença entre as probabilidades empírica e teórica. Para amostras de tamanho superior a 40, os valores críticos da estatística de teste D_N serão $1,3581 \times N$, para o nível de significância $\alpha = 0,05$, e $1,6276 \times N$, para $\alpha = 0,01$. Para amostras de tamanho inferior a 40, os valores críticos de D_N devem ser obtidos da tabela 1.

Tabela 1 - Valores críticos da estatística $D_{N\alpha}$ do teste de aderência KS

α						α					
n	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	n	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01
1	0.900	0.95	0.975	0.990	0.995	21	0.226	0.259	0.287	0.321	0.344
2	0.684	0.776	0.842	0.900	0.929	22	0.221	0.253	0.281	0.314	0.337
3	0.565	0.636	0.708	0.785	0.829	23	0.216	0.247	0.275	0.307	0.330
4	0.493	0.565	0.624	0.689	0.734	24	0.212	0.242	0.269	0.301	0.323
5	0.447	0.509	0.563	0.627	0.669	25	0.208	0.238	0.264	0.295	0.317
6	0.410	0.468	0.519	0.577	0.617	26	0.204	0.233	0.259	0.290	0.311
7	0.381	0.436	0.483	0.538	0.576	27	0.200	0.229	0.254	0.284	0.305
8	0.358	0.410	0.454	0.407	0.542	28	0.197	0.225	0.250	0.279	0.300
9	0.339	0.387	0.430	0.480	0.513	29	0.193	0.221	0.246	0.275	0.295
10	0.323	0.369	0.409	0.457	0.489	30	0.190	0.218	0.242	0.270	0.290
11	0.308	0.352	0.391	0.437	0.468	31	0.187	0.214	0.238	0.266	0.285
12	0.296	0.338	0.375	0.419	0.449	32	0.184	0.211	0.234	0.262	0.181
13	0.285	0.325	0.361	0.404	0.432	33	0.182	0.208	0.231	0.258	0.277
14	0.275	0.314	0.349	0.390	0.418	34	0.179	0.205	0.227	0.254	0.273
15	0.266	0.304	0.338	0.377	0.404	35	0.177	0.202	0.224	0.251	0.269
16	0.258	0.295	0.327	0.366	0.392	36	0.174	0.199	0.221	0.247	0.265
17	0.250	0.286	0.318	0.355	0.381	37	0.172	0.196	0.218	0.244	0.262
18	0.244	0.279	0.309	0.346	0.371	38	0.170	0.194	0.215	0.241	0.258
19	0.237	0.271	0.301	0.337	0.361	39	0.168	0.191	0.213	0.238	0.255
20	0.232	0.265	0.294	0.329	0.352	40	0.165	0.189	0.210	0.235	0.252

3.3.2.2 Teste de Shapiro - Wilk

O teste Shapiro-Wilk (1965), para averiguar a normalidade dos dados, é baseado na estatística W dada pela equação 08:

$$W = \frac{[\sum_{i=1}^n a_i X_{i:n}]^2}{\sum_{i=1}^n (x_{(i)} - \bar{x})^2} \quad Eq\ 08$$

Em que $X_{1:n} \geq X_{2:n} \geq \dots X_{n:n}$ são as estatísticas ordenadas de uma amostra randômica $X_1, X_2, \dots, X_n$, e a_i ($i=1, \dots, n$) são as constantes antissimétricas normalizadas, tal que $\sum_{i=1}^n a_i^2 = 1$, $a_i = -a_{n-i+1}$, e $a_{(n+1)/2} = 0$ se n for par. Pequenos valores para W indicam a não normalidade dos dados. Os valores críticos para $W_{\alpha,n}$ são tabelados e podem ser encontrados em Shapiro e Wilk (1965).

3.3.2.3 Teste de Anderson – Darling

Este teste de aderência é baseado na transformação integral de probabilidade, conforme apresentado em Montgomery e Runger (2003) e mostrada na equação 09.

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(u) du \quad Eq\ 09$$

Assim como no teste de Kolmogorov – Smirnov utiliza a diferença entre as funções de probabilidades acumuladas empírica e teórica. Sua estatística A^2 é descrita conforme a equação 10.

$$A^2 = -N - \sum_{i=1}^N \frac{(2i-1)\{\ln F_X(x_{(i)}) + \ln[1 - F_X(x_{(N-i+1)})]\}}{N} \quad Eq\ 10$$

onde $\{x(1), x(2), \dots, x(m), \dots, x(n)\}$ representam as observações ordenadas em modo crescente, e $F_{N(x)}$ e $F_{X(x)}$, as distribuições empírica e teórica, respectivamente.

3.3.3 Estacionariedade

Uma série temporal é dita estacionária quando ela se desenvolve no tempo aleatoriamente ao redor de uma média constante e com variância constante, refletindo alguma forma de equilíbrio estável. Outra característica das séries estacionárias é que a sua estrutura de autocorrelação não muda ao longo do tempo.

A maioria dos procedimentos de análise estatística de séries temporais supõe que estas sejam estacionárias, portanto, será necessário transformar os dados originais se estes não formam uma série estacionária. A transformação mais comum consiste em tomar diferenças sucessivas da série original, até se obter uma série estacionária.

Entretanto, muitas séries temporais, como as séries de precipitações mensais ao longo do ano hidrológico, apresentam flutuações periódicas chamadas de sazonalidades. As sazonalidades podem ser identificadas e estudadas por meio das técnicas de análise de frequência das estruturas de autocorrelação.

Existem muitos testes relatados na literatura, aplicados aos estudos hidrológicos para averiguar a estacionariedade das séries hidrológicas. Técnicas para avaliações de tendências em séries temporais são conhecidas desde a segunda metade do último século, com vasta aplicação tanto para séries de precipitação (Hamed e Rao, 1998 e Yue et al., 2002), como de vazão (Hamed e Rao, 1998 e Kahya e Kalayci, 2004).

3.3.3.1 Teste de Mann-Kendall

O teste de Mann-Kendall é um teste não-paramétrico (Mann, 1945; Kendall, 1975), sugerido pela Organização Meteorológica Mundial (WMO) para avaliação da tendência em séries temporais de dados ambientais.

Yevjevich (1972) 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.

Este método não paramétrico testa se há uma tendência na série temporal. Com os n valores da série ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$) é criada uma sequência de n termos ($T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$) onde cada termo i é obtido pela soma dos sinais da diferença entre o termo i e os demais $n-1$ termos (representados pelo índice j). Essa diferença é definida como $(R_j - R_i)$. O coeficiente do teste S é dado pela soma $T_1 + T_2 + T_3, \dots, T_n$, conforme a equação 11:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(R_j - R_i) \right] \quad \text{Eq 11}$$

Onde: $\text{sgn}(x) = 1$ para $x > 0$; $\text{sgn}(x) = 0$ para $x = 0$; $\text{sgn}(x) = -1$ para $x < 0$.

Se a hipótese nula H_0 é verdadeira então S segue aproximadamente uma distribuição normal com média μ e desvio-padrão σ dados pelas equações 12 e 13:

$$\mu = 0 \quad e \quad \quad \quad \text{Eq 12}$$

$$\sigma = \sqrt{n(n-1)(2n+5)/18} \quad \text{Eq 13}$$

Considerando a distribuição normal, a estatística do teste (ET) pode ser definida pela variável z conforme a equação 14:

$$ET = z = |S| / \sigma, \quad \text{Eq 14}$$

Os valores positivos de S indicam que há uma tendência crescente na série e vice-versa. Da comparação do valor da estatística do teste z com o módulo dos valores críticos tabelados para os níveis de significância $\alpha = 0,10$, $\alpha = 0,05$ e $\alpha = 0,01$, que são respectivamente 1,645, 1,96 e 2,576 obtém-se a região crítica. Assim caso a estatística do teste esteja dentro da região crítica, ou seja, o módulo da estatística for maior que o do valor crítico, existe evidências pela rejeição da hipótese nula da série não apresentar tendência no nível de significância considerado.

3.3.3.2 Teste de Friedman

O teste de Friedman (FRIEDMAN, 1937) é um teste não paramétrico utilizado, neste caso, para a averiguação de estacionariedade das séries.

O teste é realizado mediante a ordenação dos dados dentro de blocos que são considerados independentes.

A estatística do teste T_2 é baseada na equação 15.

$$T_2 = \frac{12}{pk(k+1)} \sum_{j=1}^k R_j^{*2} - 3p(k+1) \quad \text{Eq 15}$$

Em que p = número de blocos, K = número de tratamentos e R_j^{*2} denota a soma dos postos da j -ésima coluna.

O valor crítico T_{1c} é um valor tabelado da distribuição χ^2 , a distribuição T_2 pode ser aproximada por um χ^2 com $K-1$ graus de liberdade a um nível de significância estabelecido.

3.3.3.3 Teste de Kruskal – Wallis

O teste de Kruskal – Wallis (KRUSKAL; WALLIS, 1952) é um teste não paramétrico, neste caso usado na identificação de sazonalidade, onde trabalha-se com sub-amostras ordenadas da série total e verificam-se a posição relativa dos elementos das sub-amostras antes e depois da ordenação.

Considerando que os dados são coletados em períodos com espaçamento iguais de tempo, cada coluna K é considerada uma amostra de tamanho n_j , ou seja, as observações são:

$$Y_{ij}, j = 1, \dots, n_j, N = \sum_{j=1}^k n_j \quad Eq 16$$

As observações Y_{ij} são substituídas pelos correspondentes postos ou ordens R_{ij} , obtidos ordenando-se todas as N observações, sendo $R_{.j}$ a soma dos postos associados à j -ésima amostra.

$$R_{.j} = \sum_{i=1}^{n_j} R_{ij}, j = 1, \dots, k \quad Eq 17$$

Assim, a estatística do teste H é dada pela equação 18.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^k R_{.j}^2 - 3(N+1) \quad Eq 18$$

O valor crítico T_{1c} é um valor tabelado da distribuição χ^2 , tal que $Ph(H \geq T_{1c}) = \alpha$ e α é o nível de significância do teste. Para n_j suficientemente grande $K \geq 4$, sob H_0 a distribuição H pode ser aproximada por um χ^2 com $K-1$ graus de liberdade.

3.3.3.4 Técnicas de análise de frequência das estruturas de autocorrelação

A análise da autocorrelação das séries temporais é efetuada para detecção de possível periodicidade. Em se confirmando a existência de periodicidade no correlograma, avaliações no domínio de frequências (ou de Fourier) passam a ser realizadas para estimar esta periodicidade, através do periodograma.

Um gráfico com os k primeiros coeficientes de autocorrelação como função de k é chamado de correlograma e pode ser uma ferramenta poderosa para identificar características da série temporal

Existem duas aproximações fundamentais para a análise de séries temporais: análise no domínio do tempo e análise no domínio de frequência. Estas duas aproximações são processadas de forma bem diferente e podem ser vistas como bastante distintas. Contudo, não são independentes, ao contrário, são métodos complementares que são ligados matematicamente.

Os métodos de domínio temporal procuram caracterizar as séries de dados nos mesmos termos em que são observados e reportados. A ferramenta primária para a caracterização de relações entre valores de dados na aproximação do domínio temporal é a Função de Autocorrelação. Matematicamente, as análises do domínio temporal operam no mesmo espaço dos valores dos dados.

As análises no domínio de frequência representam as séries de dados em termos de contribuições ocorrendo em diferentes escalas temporais, ou frequências características. Cada escala temporal é representada por um par de funções seno e co-seno. A série completa é

considerada como resultante de efeitos combinados de uma coleção de ondas senoidais e co-senoidais oscilando em diferentes taxas. A soma destas ondas reproduz os dados originais, mas comumente é a intensidade relativa das componentes individuais das ondas que são de interesse primário. Análises no domínio de frequência ocorrem no espaço matemático definido por esta coleção de senos e co-senos. Isto é, as análises no domínio de frequência envolvem transformação dos valores de n dados originais em coeficientes que multiplicam um igual número de funções periódicas (os senos e co-senos). Estes métodos são comumente aplicados em séries temporais atmosféricas e são de grande valia para vários propósitos.

3.3.3.4.1 Função de autocorrelação

Em estatística clássica as observações x_t ($t=1,2,...,N$) de alguns parâmetros físicos podem ser consideradas independentes desde que os experimentos que geraram essas observações sejam fisicamente independentes. Se a distribuição de probabilidade $F_x(x)$ associada com as observações é normal ou gaussiana, a mesma pode ser completamente caracterizada pela sua média, conforme a equação 19:

$$\mu = E[X] = \int_{-\infty}^{\infty} x f_x(x) dx \quad \text{Eq 19}$$

e sua variância, conforme a equação 20:

$$\sigma^2 = E[(x - \mu)^2] = \int_{-\infty}^{\infty} (x - \mu)^2 f_x(x) dx \quad \text{Eq 20}$$

A média mede a localização ou centro de gravidade da distribuição e a variância a sua variabilidade em torno da média.

Se as observações x_t formam parte da série temporal, então apenas se o processo que gerou os dados for puramente aleatório os valores vizinhos serão independentes. Em geral, os valores vizinhos de uma série temporal são correlacionados. Assim, além de se especificar a média μ e a variância σ^2 , é necessário no caso de uma série normal estacionária que se especifique a função de auto-covariância, equação 21:

$$\gamma(k) = E[(X(t) - \mu)(X(t + k) - \mu)] \quad \text{Eq 21}$$

Na prática, a função de auto-covariância pode ser estimada pela equação 22:

$$c(k) = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x}) \quad \text{Eq 22}$$

onde,

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N x_t \quad \text{Eq 23}$$

A equação 23 representa a média da série observada. O gráfico de $c(k)$ versus k (conhecido como ‘lag’ ou intervalo no tempo) é chamado de Função de Autocovariância Amostral da série temporal. Algumas vezes, é conveniente quando comparamos séries com diferentes escalas de medida, normalizarmos a equação 22 dividindo pela variância $c(0)$, de forma a obtermos a Função de Autocorrelação Amostral:

$$r(k) = \frac{c(k)}{c(0)} \quad \text{Eq 24}$$

O que é equivalente a usar a equação 25:

$$r(k) = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2} \quad \text{Eq 25}$$

Como citado anteriormente o gráfico de $r(k)$ versus k é correlograma. A função de autocorrelação é útil em algumas situações porque fornece uma visão do jeito de como a dependência da série cai com o ‘lag’ ou separação k entre pontos da série.

3.3.3.4.2 Teste do periodograma acumulado

As características de uma série temporal que foram obtidas por transformadas de Fourier no domínio de frequência são comumente examinadas graficamente, usando um gráfico conhecido como periodograma, ou linha de espectro de Fourier. Este tipo de gráfico é às vezes chamado de espectro de potência de uma série de dados, as ordenadas são calculadas pela equação 26, deduzida a partir da transformada de Fourier, e apresentada em vasta literatura como Priestley (1981).

Na sua forma mais simples, este gráfico de um espectro consiste das amplitudes ao quadrado, como função da frequência ω_k . O eixo vertical é algumas vezes numericamente reescalado, neste caso os pontos plotados são proporcionais ao quadrado das amplitudes.

$$I(\omega) = \frac{1}{N} \left| \sum_{t=1}^N y(t) e^{-i\omega t} \right|^2 \quad \text{Eq 26}$$

O teste consiste na comparação dos periodogramas acumulados da série $\hat{a}_t$ e de um ruído branco para verificar a existência de componentes periódicas na série $\hat{a}_t$. Neste caso, a análise da série temporal é baseada na suposição de que ela é constituída de ondas senoidais e cosenoidais com diferentes frequências. Para o ruído branco o espectro acumulado de potência varia linearmente com a frequência.

Calculando-se o periodograma da série $I(f_i)$ com $i=1,2,\dots,n/2$ o periodograma normalizado acumulado é dado pela equação 27.

$$c(f_i) = \frac{1}{n\sigma_a^2} \sum_{j=1}^i I(f_j) \quad Eq\ 27$$

Então, quando a série $\hat{a}_t$ se aproxima do ruído branco, a função $c(f_i) \times f_i$ tem comportamento linear entre os pontos (0;0) e (0,5;1) e aceita-se o modelo fixado como válido. Ainda, como o periodograma acumulado está para o espectro teórico assim como a distribuição de frequências acumuladas observadas está para a experimental, com isso pode ser usado o teste de Kolmogorov - Smirnov para traçar linhas limites próximas da linha teórica e isto serve para indicar, com uma probabilidade determinada, a aproximação de $\hat{a}_t$ para o ruído branco.

3.3.4 Análise de variâncias (ANOVA)

A análise de variância introduzida por Fisher é essencialmente um processo aritmético para decompor a variação total entre as unidades experimentais (variância total ou soma de quadrados de desvios totais ou soma dos quadrados total), em componentes associados a fontes ou causas previstas ou identificáveis de variação.

A análise de variância constitui-se na técnica estatística geralmente empregada na análise de dados quantitativos, nas diversas áreas de pesquisa, aplicando-se inclusive, nos casos em que se pretende comparar séries distintas, como no caso das séries de precipitação neste trabalho.

3.3.4.1 Teste de equivalência das variâncias

Na estatística quando da realização da ANOVA assume-se que as variâncias dos grupos testados são estatisticamente iguais. Se esta premissa não é verdadeira o resultado do teste F é inválido. Assim, antes da realização da ANOVA, deve-se utilizar um teste que verifique a igualdade das variâncias.

O teste de Bartlett (BARTLETT, 1937) é usado para testar se k amostras têm variâncias iguais. A igualdade das variâncias entre amostras é chamada de homocedasticidade ou homogeneidade de variâncias. O teste de Bartlett é sensível a desvios à normalidade. Isto é, se suas amostras vierem de distribuições não-normais, então o teste de Bartlett pode simplesmente estar testando para não-normalidade.

O teste de Bartlett é usado para testar a hipótese nula H_0 que todas as variâncias de k são iguais contra a alternativa que pelo menos duas são diferentes.

Se existem K amostras com tamanho n_i e variância S_i^2 , então a estatística do teste de Bartlett é dada pela equação 28.

$$X^2 = \frac{(N-K) \ln(S_p^2) - \sum_{i=1}^k (n_i - 1) \ln(S_i^2)}{1 + \frac{1}{3(K-1)} \left(\sum_{i=1}^k \left(\frac{1}{n_i - 1} \right) - \frac{1}{N-K} \right)} \quad Eq 28$$

Em que $N = \sum_{i=1}^k n_i$ e $S_p^2 = \frac{1}{N-K} \sum_{i=1}^k (n_i - 1) S_i^2$ é a estimativas das variâncias agrupadas.

A estatística do teste tem uma aproximação a distribuição χ_{K-1}^2 . Assim a hipótese nula é rejeitada se $X^2 > \chi_{K-1, \alpha}^2$ (onde $\chi_{K-1, \alpha}^2$ é o valor crítico da cauda superior para a distribuição χ_{K-1}^2).

3.3.4.2 ANOVA com 1 fator

Sejam as observações Y_{ij} dispostas conforme a tabela 2.

Tabela 2 - Estrutura dos dados para a ANOVA com 1 fator com qualquer número de séries e extensões iguais

Séries	Observações				Totais	Médias
	1	2	...	r		
1	y_{11}	y_{12}	...	y_{1r}	$y_{1.}$	$\bar{y}_{1.}$
2	y_{21}	y_{22}	...	y_{2r}	$y_{2.}$	$\bar{y}_{2.}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	y_{ij}	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
t	y_{t1}	y_{t2}	...	y_{tr}	$y_{t.}$	$\bar{y}_{t.}$
					$y_{..}$	$\bar{y}_{..}$

Na tabela 2 y_{ij} denota a observação da j-ésima repetição da série i, onde $i = 1, 2, \dots, t$ é o índice da série; $j = 1, 2, \dots, r$ é o índice da observação.

Os totais das séries são designados $y_{i.}$, em que o índice i. (i ponto) significa que as observações j da série foram somadas. Da mesma forma, $\bar{y}_{i.}$ representa a média ($y_{i.}/r$) da série i. O total geral é descrito pela equação 29.

$$y_{..} = \sum y_{ij} \quad Eq 29$$

e a média geral é descrito pela equação 30.

$$\bar{y}_{..} = \sum y_{ij} / rt = y_{..} / rt. \quad Eq 30$$

No delineamento completamente casualizado a variação total é decomposta em duas partes: a variação entre as séries e a variação dentro das séries.

Comprova-se algebricamente que:

$$\sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2 = r \sum_i (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 + \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2 \quad Eq 31$$

O termo $\sum (y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$ na equação 31 é chamado soma dos quadrados total (SQ Total). Representa a variação de todas as observações em torno da média geral.

O termo $r \sum (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$ na equação 31 é chamado soma dos quadrados dos tratamentos (SQ Séries ou SQT). Representa a variação das médias das séries em torno da média geral

Enfim, o termo $\sum (y_{ij} - \bar{y}_{i.})^2$ na equação 31 é chamado soma dos quadrados do erro experimental (SQ Erro ou SQE). Representa a variação dentro das séries, isto é, a variação entre as unidades experimentais com o mesmo tratamento, ou seja a variação devida ao erro experimental, que não é de responsabilidade dos tratamentos.

Os três termos têm, respectivamente, $(r_i - 1)$, $(t - 1)$ e $t(r - 1)$ graus de liberdade (GL), de forma que $(rt - 1) = (t - 1) + t(r - 1)$.

Ainda que essas somas dos quadrados possam ser obtidas pelas equações dadas, é preferível usar equações transformadas, equações 32 a 34, mais adaptadas aos procedimentos computacionais:

$$SQ \text{ Total} = \sum y_{ij}^2 - \frac{y_{..}^2}{rt} \quad Eq 32$$

$$SQ \text{ Séries} = SQT = \sum \frac{y_{i.}^2}{r} - \frac{y_{..}^2}{rt} \quad Eq 33$$

$$SQ \text{ Erro Experimental} = SQE = SQ \text{ Total} - SQT \quad Eq 34$$

A soma dos quadrados para erro experimental, mesmo que possa ser calculada diretamente, é determinada mais facilmente por subtração. Isto, como decorrência da equação geral de subdivisão da soma dos quadrados total. Por esta razão o erro experimental é também denominado resíduo ou discrepância.

O termo $y_{..}^2/rt$, comum em Eq 32 e Eq 33, é o fator de correção, FC. A análise de variância é estruturada numa tabela especial denominada tabela da análise de variância. A tabela

3 é o modelo geral para a análise da variância de um experimento conduzido no delineamento completamente casualizado.

Tabela 3 - Análise de variância do delineamento completamente casualizado com qualquer número de séries e mesma extensão

Causas de variação	GL	SQ	QM	F
Entre os grupos	t - 1	SQT	QMT	$\frac{QMT}{QME}$
Dentro dos grupos	t(r - 1)	SQE	QME	
Total	rt - 1	SQ Total		

Após o cálculo das somas dos quadrados, calculam-se os quadrados médios QMT, para tratamentos, e QME para o erro experimental, dividindo as somas dos quadrados pelos respectivos graus de liberdade.

A hipótese de nulidade (H_0) que se formula é de que não há diferença entre as médias dos tratamentos ($H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_t$). Outras maneiras de formular a hipótese de nulidade são as seguintes: não há diferença entre os efeitos dos tratamentos ou os efeitos de tratamentos são nulos ($H_0: \tau_i = 0$), ou a variância dos efeitos dos tratamentos é igual a zero ($H_0: \sigma_\tau^2 = 0$).

O teste da hipótese de nulidade é dado pela equação 35.

$$F = \frac{QM_{Tratamentos}}{QM_{ErroExperimental}} \quad Eq\ 35$$

O F calculado é comparado com o dado na tabela de distribuição F para (t - 1) e t(r - 1) graus de liberdade, respectivamente, das séries e do erro experimental. Se for maior que o dado para o nível 5%, a diferença é dita significativa ($P < 0,05$); será muito significativa quando F calculado for maior do que o dado para o nível 1% ($P < 0,01$). No caso de F calculado ser menor do que o tabelado, não haverá diferença significativa entre as séries.

O teste F é essencialmente a comparação da variância das médias dos tratamentos com a variância do erro experimental. O erro experimental representa a variação aleatória dentro das séries. Se a variação entre as médias das séries for semelhante à variação do erro experimental, a relação QM_T / QM_E será aproximadamente igual à unidade. Neste caso a diferença entre as

médias não será significativa e poderá ser atribuída à variação de amostragem. Para que a diferença entre as médias tenha significância estatística, o valor F calculado deverá ser bem maior do que a unidade. Quando isto sucede, a variação entre as médias das séries incluirá, além da variação do erro experimental, uma variação devida ao efeito intrínseco das séries.

3.3.4.3 Comparações múltiplas – Teste de Tukey

O Teste proposto por Tukey (1953) é também conhecido como teste de Tukey da diferença honestamente significativa. É um teste exato em que, para a família de todas as $c = \frac{1}{2}k(k - 1)$ comparações duas a duas, a taxa de erro da família dos testes é exatamente α (e o intervalo de confiança é exatamente $1-\alpha$).

Métodos de comparações múltiplas exatos são raros. O teste de Tukey tem sido mostrado analiticamente ótimo, no sentido que, entre todos os procedimentos que resultam em intervalos de confiança com mesmo tamanho para todas diferenças duas a duas com coeficiente de confiança da família de pelo menos $1-\alpha$, o teste de Tukey resulta em intervalos menores. Isso quer dizer que, se a família consiste em todas comparações duas a duas e o teste de Tukey pode ser usado, ele resultará em intervalos menores que qualquer outro método de comparação múltipla de uma etapa.

A estratégia de Tukey consiste em definir a menor diferença significativa. Tal procedimento utiliza a amplitude da distribuição studentizada.

Suponhamos que temos k observações independentes, $Y_1, \dots, Y_k$, de uma distribuição normal com média μ e variância σ^2 . Seja ω a amplitude para esse conjunto de observações, calculada conforme a equação 36

$$\omega = \max(Y_i) - \min(Y_i) \quad \text{Eq 36}$$

Suponhamos que temos uma estimativa s^2 da variância σ^2 , que é baseada nos N-k graus de liberdade e é independente de Y_i , em que N é o número total de observações. Dessa forma, a razão ω/S é chamada amplitude studentizada e é denotada por $q(k, N-k)=\omega/S$, em que q é um valor tabelado.

Para tamanhos de amostras iguais (dados balanceados), o teste de Tukey declara duas médias significativamente diferentes se o valor absoluto de suas diferenças amostrais ultrapassar o valor conforme a equação 37.

$$TSD = q_{\alpha}(k, N - k) \sqrt{\frac{QME}{n}} \quad Eq 37$$

em que n é o número de réplicas do nível. Em outras palavras, rejeitamos a igualdade da média de dois níveis se $|\bar{y}_l - \bar{y}_j| > TSD$.

3.3.5 Medidas resumo

A avaliação da eficiência dos modelos e a comparação entre as séries nos estudos hidrológicos tem sido comumente realizada por meio dos parâmetros estatísticos Erro Médio Quadrático (RMSE), Desvio das Médias (MBE) e índice de Nash-Sutcliffe.

3.3.5.1 Coeficiente Nash-Sutcliffe

Para Machado e Vettorazzi (2003), um dos mais importantes critérios estatísticos para avaliar o ajuste de modelos hidrológicos é o Coeficiente de Eficiência de Nash e Sutcliffe, calculado por meio da equação 38:

$$E = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{sim})^2}{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - \bar{X}_{obs})^2} \quad Eq 38$$

Em que X_{obs} é o evento observado; X_{sim} , o evento simulado pelo modelo; $\bar{X}_{obs}$, a média do evento observado no período de simulação; e n , o número de eventos. O coeficiente pode variar entre negativo infinito a 1, sendo o valor 1 indicativo de um perfeito ajuste (ASCE, 1993).

Conforme Silva et al. (2008), quando o valor do coeficiente resultar maior que 0,75, o desempenho do modelo é considerado bom. Para valores entre 0,36 e 0,75, o desempenho é considerado aceitável, enquanto valores inferiores a 0,36 fazem com que o modelo seja julgado como inaceitável.

3.3.5.2 Erro médio quadrático (RMSE)

O RMSE é a medida da magnitude média dos erros estimados, tem valor sempre positivo e quanto mais próximo de zero, maior a qualidade dos valores medidos ou estimados, calculado pela equação 39.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{obs,i} - X_{sim,i})^2}{n}} \quad Eq 39$$

Onde X_{obs} é o valor observado e X_{sim} é o valor simulado na época i .

A desvantagem é que bastam alguns poucos valores discrepantes para que ocorra aumento significativo em sua magnitude (STONE, 1993).

3.3.5.3 Erro percentual absoluto médio (MAPE)

O MAPE expressa a precisão como porcentagem do erro. O ideal é um valor de MAPE tendendo a zero. O índice MAPE é calculado conforme a equação 40.

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{X_{obs,i} - X_{sim,i}}{X_{obs,i}} \right| \quad Eq\ 40$$

3.3.6 Testes para comparação de séries temporais

Echeverry e Toloí (2000) aplicaram os Testes das Somas Acumuladas e de Igualdade das Funções de Autocorrelação como forma de comparação em séries de temperatura e salinidade, Costa e Sáfiadi (2010) usaram ambos os testes na comparação de séries de material particulado na cidade de São Paulo.

3.3.6.1 Teste das somas acumuladas

Segundo Echeverry e Toloí (2000), o Teste das Somas Acumuladas proposto por Coates e Diggle (1986) consiste em obter a estatística O_j e aplicar o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar o afastamento da distribuição uniforme (0,1).

Sejam $f_1(\lambda)$ e $f_2(\lambda)$ as funções de densidade espectral das séries temporais $Z_1(t)$ e $Z_2(t)$, respectivamente. Serão testadas as hipóteses:

$$H_0 : f_1(\lambda) = f_2(\lambda) \text{ para todo } 0 < \lambda, \lambda < \pi;$$

$$H_1 : f_1(\lambda) \neq f_2(\lambda) \text{ para algum } 0 < \lambda, \lambda < \pi.$$

O procedimento de Coates e Diggle (1986) para testar as funções de densidade espectral é dado pelos seguintes passos:

- Calcular os periodogramas $I_1(\lambda_i)$ e $I_2(\lambda_i)$ com $i=1,...,m$ das séries $Z_1(t)$ e $Z_2(t)$, respectivamente;
- Calcular a razão dos periodogramas, $J(\lambda_i) = I_1(\lambda_i) / I_2(\lambda_i)$ com $i=1,...,m$;
- Calcular $Z_i = \ln(1 + J^{-1}(\lambda_i))$ com $i=1,...,m$;
- Calcular $C_j = \sum_{i=1}^j Z_i$ com $j=1,...,m$;
- Obter as estatísticas $O_j = C_j / C_m$ com $j=1,...,m$;

- Comparar a distribuição dos O_j com a distribuição $U(0, 1)$, utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov. Se o p-valor for maior que α , não se rejeita a hipótese H_0 de igualdade das funções de densidade espectral, ao nível de significância α .

3.3.6.2 Teste de igualdade das funções de autocorrelação

Decidir se duas séries temporais ou duas seções de uma série temporal tem a mesma estrutura de correlação é um problema encontrado na prática. Quenouille (1958) propôs o Teste de Igualdade das Funções de Autocorrelação para essa comparação. Esse teste é desenvolvido no domínio do tempo e não requer que as séries temporais utilizadas para comparação tenham o mesmo número de observações.

Considere $\rho_1(j)$ e $\rho_2(j)$ as funções de autocorrelação das séries $Z_1(t)$ e $Z_2(t)$, respectivamente. Serão testadas as hipóteses:

$$H_0 : \rho_1(j) = \rho_2(j) \text{ para todo } j = \pm 1; \pm 2; \dots;$$

$$H_1 : \rho_1(j) \neq \rho_2(j) \text{ para algum } j = \pm 1; \pm 2; \dots$$

Segundo Echeverry e Toloí (2000), o método de Quenouille para testar as funções de autocorrelação pode ser descrito pelos passos seguintes:

- Calcular a função de autocorrelação $\hat{\rho}_1(j)$ e $\hat{\rho}_2(j)$, com $j = 0, 1, \dots, J$, das series $Z_1(t)$ e $Z_2(t)$, respectivamente;
- Calcular a função de autocorrelação comum as duas séries, utilizando a fórmula, $\hat{\rho}(j) = \frac{n_1 \hat{\rho}_1(j) + n_2 \hat{\rho}_2(j)}{n_1 + n_2}$
- , em que n_1 e n_2 são o número de observações das series $Z_1(t)$ e $Z_2(t)$, respectivamente;
- Calcular a função de autocorrelação parcial comum estimada ($\hat{\Phi}(k)$), utilizando a função de autocorrelação comum ($\hat{\rho}(j)$);
- Utiliza-se o $\hat{\Phi}(k)$, para identificar a ordem autorregressiva p ;
- Resolvendo as equações de Yule-Walker, estimar os p coeficientes do modelo autorregressivo;
- Ajustar para as series $Z_1(t)$ e $Z_2(t)$ o modelo autorregressivo com os coeficientes obtidos no passo anterior, obtendo assim as series residuais $\hat{a}_1$ e $\hat{a}_2$;

- Calcular as funções de autocorrelação parcial v_j e v'_j para as series residuais $\hat{a}_1$ e $\hat{a}_2$, respectivamente;
- Obter a estatística do teste, dada por: $SQ = \sum_{j=1}^J \frac{(v_j - v'_j)^2}{\frac{1}{n_1 - j} + \frac{1}{n_2 - j}}$;
- Se $SQ > C_\alpha$, em que é tal C_α que $P(\chi^2_j > C_\alpha) = \alpha$, rejeita-se H_0 ao nível de significância α .

3.4 MODELAGEM HIDROLÓGICA

Um modelo pode ser considerado como uma representação simplificada da realidade, auxiliando no entendimento dos processos que envolvem esta realidade. Os modelos estão sendo cada vez mais utilizados em estudos ambientais, pois ajudam a entender o impacto das mudanças no ambiente bem como estabelecer prognósticos futuros.

Discussões sobre aspectos relacionados à classificação de modelos podem ser encontradas em Maidment (1993), Vertessy et al. (1993) e Tucci e Bertoni (2013). Os modelos podem ser classificados sob diferentes aspectos. Comumente, os modelos são classificados, dentre outras formas, de acordo com o tipo de variáveis utilizadas na modelagem (estocásticos ou determinísticos), o tipo de relações entre essas variáveis (empíricos ou baseados em processos), a forma de representação dos dados (discretos ou contínuos), a existência ou não de relações espaciais (pontuais ou distribuídos), e a existência de dependência temporal (estáticos ou dinâmicos).

Os modelos hidrológicos contêm tanto problemas de representação intrínseca – métodos de representação matemática da natureza – como extrínsecas – erros nos dados que alimentam o modelo (DETTINGER e WILSON, 1981). O'Donnell e Canedo (1980) apresentaram de forma ordenada as principais fontes de incerteza consideradas quando da modelagem hidrológica.

3.4.1 Modelo CN3S

O modelo CN3S (Curve Number 3 Step), baseia-se nas relações desenvolvidas pelo U. S. Conservation Service das curvas CN (Curve Number) e é composto de seis parâmetros de calibragem. Trata-se de um modelo conceitual para a geração de deflúvios que foi desenvolvido por Taborga & Freitas (1987).

Os parâmetros de calibração do modelo são:

CNI – parâmetro de calibragem associado à cobertura vegetal;

- α – parâmetro de calibragem associado à interceptção;
- β – parâmetro de ajuste da chuva antecedente;
- k_0 – parâmetro de ajuste da chuva antecedente;
- k_1 – taxa de alimentação do reservatório subterrâneo; e
- k_2 – taxa de depleção do reservatório subterrâneo.

O modelo determinístico chuva-vazão CN3S foi desenvolvido com o objetivo de gerar vazões sintéticas para a simulação de operações de reservatórios. O CN3S utiliza como dados de entrada, necessário ao cálculo da lâmina de escoamento superficial de um determinado intervalo de tempo, a precipitação pluviométrica do próprio período e as precipitações dos três períodos antecedentes.

Para a avaliação do valor dessa lâmina, emprega as equações 41 e 42 de escoamento real com o escoamento potencial, conforme as equações do U. S. Conservation Service:

$$\frac{(P - I_m) - Q}{S} = \frac{Q}{(P - I_m)} \quad \text{Eq 41}$$

onde:

P – altura de chuva (mm);

Q – lâmina de escoamento direto (mm);

S – diferença máxima de potencial entre P e Q;

I_m – interceptção, infiltração e armazenamento superficial.

Tirando o valor de Q na expressão anterior, com $I_m = \alpha * S$, resulta em:

$$Q = \frac{(P - \alpha S)^2}{P + (1 - \alpha)S} \quad \text{Eq 42}$$

Os técnicos do U. S. Conservation Service adotam $\alpha = 0.2$, ou seja, 20% da capacidade de armazenamento do solo. Para o modelo CN3S, entretanto, α é um parâmetro de calibragem. Em diversos casos analisados (FREITAS; PORTO, 1990), a calibração, adotando-se o valor de α igual a 0,2, mostrou-se satisfatória, o que reduz para cinco o número de parâmetros a serem ajustados.

Conforme detalhes encontrados em Torga & Freitas (1987), a partir dos valores numéricos dos CNs tabelados pelo SCS, em função das características da chuva antecedente (V_j) e dos complexos solo-vegetação, calculam-se as curvas de regressão potencial.

O valor de V_j exprime o coeficiente de chuva antecedente, empregando como insumo a chuva dos três intervalos de tempo antecedentes ao intervalo em questão. Os valores de V_j ($1 \leq V_j \leq 3$), são computados pela equação 43:

$$V_j = 1 + \beta(P_{j-1} + K_0 P_{j-2} + K_0^2 P_{j-3}) \quad \text{Eq 43}$$

onde:

β e K_0 – parâmetros de ajuste da chuva antecedente

Os valores de CN, em função da lâmina de precipitação antecedente e do uso e classe do solo, estão dispostos na tabela 4. Para se encontrar a relação entre os dados ($V=1$, $V=2$ e $V=3$) pode ser empregada uma regressão cruzada. Para cada coluna da Tabela 4 foi ajustada uma equação de regressão. As colunas dos valores de x e y contêm os coeficientes e os expoentes entre $V=1$, $V=2$ e $V=3$, para cada valor de CN, conforme a equação 44:

$$CNV = x.V^y \quad \text{Eq 44}$$

Após, é realizada uma regressão entre a coluna pivô (CNI) com os coeficientes apresentados na coluna x , equação 45.

$$x = 0.925(CNI)^{1.019} \quad \text{Eq 45}$$

Entre a coluna pivô (CNI) e a coluna y é ajustada uma regressão logarítmica dada pela equação 46:

$$y = 2.356 - 0.478.\ln(CNI) \quad \text{Eq 46}$$

Substituindo-se ambas as equações acima na Equação 44, resulta-se em:

$$CNV_j = 0.925(CNI)^{1.019} . V_j^{2.356-0.478.\ln(CNI)} \quad \text{Eq 47}$$

Com o valor de CNV_j obtido, calcula-se, então o valor de S_j pela equação 48:

$$CN = \frac{1000}{(S/25,4) + 10} \quad \text{Eq 48}$$

A equação anterior representa as relações das curvas CN (Curve Number), em função da variável S , ou seja, da diferença máxima de potencial. A lâmina referente ao escoamento direto Q_{up} é obtida pela Equação 42, com os valores de precipitação P e do parâmetro α .

Tabela 4 - Valores de CN e os coeficientes de regressão

V=1 CNI	V=2 CNII	V=3 CNIII	x	y
4	10	26	3.75	1.663
7	15	33	6.65	1.378
9	20	39	8.73	1.315
12	25	45	11.72	1.188
15	30	50	14.76	1.086
19	35	55	18.73	0.958
23	40	60	22.72	0.865
27	45	65	26.72	0.793
31	50	70	30.73	0.736
35	55	75	34.76	0.689
40	60	79	39.77	0.616
45	65	83	44.80	0.554
51	70	87	50.75	0.483
57	75	91	56.72	0.423
63	80	94	62.80	0.362
70	85	97	69.80	0.295
78	90	98	77.99	0.208

O escoamento básico ou de base é calculado sob a hipótese de que uma parcela da diferença entre a precipitação e a lâmina de escoamento direto, a uma taxa K_1 , alimenta o lençol freático, e este sofre, por sua vez, uma depleção a uma taxa K_2 , correspondente ao escoamento básico Q_{low} (mm), consoante sequência de equações 49 a 52:

$$R_j = R_{j-1} + K_1(P_j - Q_{up}), K_1 < 1 \quad Eq\ 49$$

$$Q_{low} = k_2 R_j \quad Eq\ 50$$

O lençol freático após a depleção Q_{low} , no fim do período j , resulta:

$$R_j = R_{j-1} + K_1(P_j - Q_{up}) - Q_{low}, \quad Eq\ 51$$

Então, teremos o escoamento total dado por:

$$Q_{total} = Q_{up} + Q_{low} \quad Eq\ 52$$

Como condição inicial de R_0 , pode-se adotar, para rios não perenes o valor de zero e para rios perenes, calcula-se por iteração, até atingir a quantia do primeiro valor de vazão observado.

3.4.2 Modelo SMAP mensal

O SMAP (Soil Moisture Accounting Procedure), desenvolvido por Lopes, Braga e Conejo (1981) é um modelo chuva-vazão do tipo conceitual e concentrado. O modelo SMAP, assim como outros modelos conceituais, procura representar o armazenamento e os fluxos de água na bacia através de reservatórios lineares fictícios.

Na escala diária o modelo é representado por três reservatórios, sendo o reservatório de superfície, o reservatório do solo e o reservatório subterrâneo. Para a escala mensal temos uma soma de eventos de chuva. O reservatório superficial é suprimido pois o amortecimento desse reservatório ocorre em intervalos menores que o mês. O conceito de capacidade de campo utilizado no reservatório do solo também é suprimido.

Assim, para a escala mensal, o modelo possui uma estrutura relativamente simples, composta por dois reservatórios que tentam representar o armazenamento e os fluxos na superfície, na camada superior do solo e no aquífero, como pode ser visualizado na figura 4.

Figura 4 - Representação do Modelo SMAP Mensal

Fonte: FUNCEME, 2014

- onde:
- Rsolo = reservatório do solo (zona aerada)
 - Rsub = reservatório subterrâneo (zona saturada)
 - P = chuva
 - ES = escoamento superficial
 - EP = evaporação
 - ER = evapotranspiração real
 - REC = recarga subterrânea
 - EB = escoamento básico
 - SAT = capacidade de saturação do solo

- Processo de escoamento

A cada evento de precipitação (P), realiza-se um balanço de massa na bacia em estudo. Uma parcela de (P) é transferida como escoamento superficial (ES). Este cálculo é efetuado através da equação do Soil Conservation Service (SCS) para escoamento superficial. O parâmetro de escoamento superficial (Pes) é responsável pela composição do escoamento superficial (ES).

A lâmina restante da precipitação, subtraída do escoamento superficial ($P - ES$), sofre perda por evaporação ($P - ES - EP$) e é então adicionada a um segundo reservatório, que representa a camada superior do solo. No primeiro reservatório, a umidade do solo é atualizada ao longo do tempo através das perdas por evapotranspiração real (ER), que dependem do nível do reservatório (RSOLO) e da capacidade de saturação do solo (SAT). Outra saída deste reservatório representa a recarga do reservatório subterrâneo (REC). O nível d'água existente neste segundo reservatório (RSUB) é então deplecionado a uma taxa constante de recessão do escoamento de base (Kk), resultando no escoamento de base (EB) propriamente dito. A soma do escoamento direto e de base fornece a vazão total no ponto de controle da bacia.

- Parâmetros

Para esta versão do modelo são considerados os seguintes parâmetros:

Str	= capacidade de saturação do solo (mm)
Pes	= parâmetro de escoamento superficial (adimensional)
Crec	= coeficiente de recarga (adimensional)
Kk	= constante de recessão (1/mês)

As condições iniciais são representadas pela taxa de umidade inicial do solo (TUin), que determina o nível inicial do segundo reservatório (RSOLO), e o escoamento de base inicial (EBin).

BUCHIANERI (2004) aplicou o modelo SMAP, em sua versão mensal, a fim de conhecer a potencialidade hídrica e subsidiar a elaboração do plano de manejo para a bacia do rio Grande de Ubatuba, com área de drenagem de 26 km², um manancial estratégico para o município, abastecendo cerca de 88% da população daquele município. O modelo foi calibrado e validado com apenas quatro anos incompletos de dados fluviométricos e usado para gerar uma série histórica a partir de 67 anos de dados de precipitação. Foram usados dois anos, de agosto/1972 a julho/1974, para calibração, realizada tanto de forma manual quanto de forma automática.

Com a série histórica gerada pelo SMAP, foi realizada ainda por BUCHIANERI (2004) uma análise temporal do balanço entre disponibilidade e demanda, permitindo identificar a insuficiência hídrica para atender à demanda para abastecimento público ou à manutenção dos processos ecológicos do manancial.

4 METODOLOGIA

Neste trabalho os resultados das séries de precipitação mensal média para uma bacia hidrográfica calculados segundo a metodologia proposta foram comparados a dois métodos de preenchimento de falhas comumente utilizados. Posteriormente foram avaliados os impactos do quantitativo de falhas nas séries. Também foram avaliados os reflexos na aplicação das séries na modelagem chuva-vazão e por fim fez-se uma aplicação a um caso concreto. Na figura 5 apresentam-se as fases que serão abordadas neste trabalho.

Figura 5 - Fases desenvolvidas no trabalho

Partindo-se de uma coleção de postos pluviométricos selecionados dentro e na região do entorno de uma bacia hidrográfica, cuja série de dados consistidos e agregados na escala mensal que não apresentem falhas, calcula-se a série de precipitação mensal média para esta região utilizando o método dos polígonos de Thiessen e dos interpoladores IDW. Estas séries são consideradas as séries ideais para fins de comparação em relação as séries geradas a partir dos dados com falhas.

Os dados de pluviometria dos postos selecionados foram verificados quanto a homogeneidade segundo uma análise de agrupamentos que delimita as regiões homogêneas. Segundo Hair et al. (2005), o objetivo principal da análise de agrupamentos é situar as observações homogêneas em grupos, a fim de definir uma estrutura para os dados. Os elementos de um mesmo grupo são homogêneos entre si, no que se refere às variáveis (características) que neles foram medidas. Por outro lado, estes grupos já formados são heterogêneos entre eles em relação a estas mesmas características.

Aos dados sem falhas foram imputadas falhas aleatórias variando em termos percentuais. Para a comparação da metodologia proposta aos métodos de preenchimentos convencionais utilizaram-se os percentuais de 30% e 50% de falhas. Para averiguar o impacto dos percentuais de falhas na metodologia proposta, utilizaram-se percentuais de falhas variando de 10% a 70%

em intervalos de 10%. Além disso estas análises foram realizadas em regiões distintas, em que a homogeneidade dos dados também apresentou características diferentes.

Nas figuras 6 e 7 apresentam-se os fluxogramas que detalham a metodologia utilizada na 1ª fase.

Figura 6 - Fluxograma da metodologia para comparar a metodologia alternativa aos métodos de preenchimento convencionais – geração das séries de precipitação média

Figura 7 - Fluxograma da metodologia para comparação das séries de precipitação média

Na figura 8 apresenta-se o fluxograma que detalha a metodologia utilizada na 2ª fase.

Figura 8 - Fluxograma da metodologia para avaliar o impacto da quantidade de falhas

Na figura 9 apresenta-se o fluxograma que detalha a metodologia utilizada na 3ª fase.

O diagrama de fluxo do Modelo de Avaliação da Qualidade da Água (MAQA) detalha o processo de avaliação da qualidade da água com base em dados de vazão e precipitação. O processo inicia-se com a 'Seleção Estação Flu' e a 'Delimitação Área Drenagem', que geram 'Dados Vazão Obs' e 'Dados Plu sem falhas', respectivamente. Os dados de vazão são utilizados para a 'Calibração SMAP' e a geração de 'Parâmetros SMAP', que são então usados no 'SMAP Mensal'. Os dados de precipitação são processados para identificar 'Regiões Homogêneas' e gerar 'Dados 30% falhas' e 'Dados 50% falhas'. Estes dados são então preenchidos ('Preenchimento') com métodos como '30F MPRM' e '50F MPRM'. O processo também envolve a geração de 'P Média Thiessen' e 'P Média IDW' para as séries de precipitação média. Finalmente, os dados são organizados em 'Séries de P Média' (incluindo CT, C IDW, 30F MPRM T, 50F MPRM T, 30F MPRM IDW, 50F MPRM IDW, 30F TV, 50F TV, 30F IDW V, 50F IDW V) e 'Séries de Vazão' (incluindo Thiessen, IDW, 30F MPRM T, 50F MPRM T, 30F MPRM IDW, 50F MPRM IDW, 30F TV, 50F TV, 30F IDW V, 50F IDW V). A comparação final é realizada usando o 'Comparação Nash Sutcliffe'.

45

Figura 10 - Fluxograma da metodologia para aplicação em um caso de estudo

4.1 GERAÇÃO DE SÉRIES COM FALHAS

Para realizar a tarefa de imputar as falhas uma macro em *Visual Basic for Application* (VBA) foi implementada no software Excel baseada na função de números aleatórios.

Apresenta-se na figura 11 a janela da macro desenvolvida para gerar as falhas aleatórias. Para executar a macro é necessário informar o número de estações pluviométricas, o número de épocas da série (meses), a porcentagem de falhas desejada e a planilha de destino onde será armazenada a série com as falhas.

Figura 11 - Caixa de diálogo da ferramenta para gerar as falhas

Macro para gerar falhas

**Núcleo de
Hidrometria**

Número de estações:

Número de épocas:

Porcentagem de falhas:

Planilha de destino:

Executar

Eng. Cartógrafo
Cláudio Bielenki Jr

O código VBA utilizado para gerar as falhas aleatórias pode ser consultado no Anexo A1.1.

4.2 PREENCHIMENTO DE FALHAS OTIMIZADO E AUTOMÁTICO

Estas séries com as falhas geradas foram então preenchidas segundo os métodos da ponderação regional calculada com base na média (MPRM) e com base na correlação (MPRC) segundo as equações 01 e 02. Para esta etapa foi implementada uma outra macro em *Visual Basic for Application (VBA)* no software Excel.

Apresenta-se na figura 12 a janela da macro desenvolvida para realizar o preenchimento automático das falhas. Para executar a macro é necessário selecionar em uma caixa de seleção o método pelo qual a ponderação será calculada (média ou correlação), informar o número de estações pluviométricas, o número de épocas das séries (meses), a planilha de dados a ser preenchida e a planilha de destino onde serão armazenadas as séries preenchidas.

Figura 12 - Caixa de diálogo da ferramenta para preenchimento de falhas

Preenchimento de Falhas

Núcleo de Hidrometria

Método da Ponderação Regional

Ponderação pela

Número de estações:

Número de meses:

Planilha de Dados:

Planilha de Destino:

Eng. Cartógrafo
Cláudio Bielenki Jr

Para a seleção das estações a serem utilizadas no preenchimento em cada época (até 5 estações) o algoritmo implementado calcula a matriz de distâncias entre as estações com base em suas coordenadas e uma matriz de correlação entre as estações. Com essas duas matrizes calcula-se uma matriz de índices diretamente proporcionais a correlação e inversamente proporcional à distância, selecionando como estações de apoio para o preenchimento das falhas as estações com os índices mais elevados.

O código VBA utilizado para preencher as falhas automaticamente pode ser consultado no Anexo A1.2.

4.3 METODOLOGIA ALTERNATIVA AO PREENCHIMENTO DE FALHAS

Como métodos alternativos ao preenchimento de falhas para o cálculo das séries de precipitação média mensal propôs-se variar a cada época da série a seleção dos postos pluviométricos com base na disponibilidade dos dados originais sem preenchimento de suas séries de forma a não se trabalhar com dados sintéticos. Após esta seleção para cada época a precipitação média para a bacia hidrográfica é calculada pelos métodos dos polígonos de Thiessen e dos interpoladores IDW.

4.3.1 Método dos polígonos de Thiessen Variáveis

Esta proposta de cálculo de precipitação média na bacia hidrográfica não usa preenchimento de falhas. O método de Thiessen, aqui chamado de MT Variável, considera os postos em que há medidas de chuva. Portanto, modificando-se o número de postos alteram-se os polígonos de Thiessen.

Para calcular as séries de precipitação média para a bacia, variando os polígonos de Thiessen, não é preenchido nenhuma das falhas presentes nas séries de entrada, utilizando-se unicamente dos dados disponíveis nessas séries.

Para cada época da série avalia-se a disponibilidade dos dados, sendo excluídos da seleção de postos pluviométricos aqueles que contenham falhas naquela respectiva época. A partir dos postos selecionados a precipitação média daquela época é calculada utilizando-se polígonos de Thiessen.

Para a época seguinte uma nova avaliação da disponibilidade de dados é realizada e uma nova seleção de postos é configurada. Desta forma, uma nova combinação de polígonos é utilizada para o cálculo da precipitação média desta época.

Sucessivamente, a cada época da série, as combinações de polígonos de Thiessen podem variar de acordo com a disponibilidade de dados.

Devido à característica de aleatoriedade das falhas não se sabe a priori o número de combinações de polígonos necessárias para o cálculo das precipitações médias. Em séries longas, e com um número significativo de estações, esse número de combinações pode ser excessivamente alto, o que torna este procedimento inviável de ser realizado manualmente. Assim, é necessário que este procedimento recursivo seja implementado de forma automatizada.

Desenvolveu-se com a linguagem *Python*, em uma plataforma de geoprocessamento (ArcGIS), uma ferramenta, que permitisse a seleção dos postos em função da disponibilidade dos dados e o respectivo cálculo da precipitação média iterativamente a cada época da série.

De forma geral o algoritmo para o cálculo da precipitação mensal média segundo o método dos polígonos variáveis compreende as seguintes fases:

Seja a série de dados com t épocas e n estações na área de estudo:

Para época variando de 1 até t:

Para estação variando de 1 até n:

Se estação(n) possui dado observado => VetorSeleção(época):=estação(n)

Polígonos:=PolígonoThiessen(VetorSeleção(época))

PolígonosInteresse:=Recorta(Polígonos,Bacia)

Para cada feição em PolígonosInteresse:

PolígonosInteresse.ponderador:=PolígonoInteresse.área/Bacia.área

PolígonosInteresse.PrecMedia:=PolígonosInteresse.estação(Recupera(Precipitação))

*

PolígonosInteresse.ponderador

PrecipitaçãoMedia(época):=PolígonosInteresse.PrecMed(Summarize)

O código *Python* utilizado para calcular a série de precipitação média pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis pode ser consultado no Anexo A1.3.

Para executar a ferramenta de geração de polígonos de Thiessen variáveis são necessárias 3 *feature class*¹ em um *geodatabase*² (gdb) e 2 arquivos de planilha eletrônica Excel em formato xls.

O arquivo de entrada (xls) com os dados pluviométricos deve conter na primeira linha os códigos das estações; na primeira coluna têm-se as datas e seguem-se nas demais colunas as medições de cada um dos postos pluviométricos, sendo que os meses com falha devem estar sem nenhum valor. A planilha com os dados deve estar na primeira posição das planilhas na pasta Excel. Na figura 13 apresenta-se um exemplo de arquivo de dados de entrada.

O arquivo de saída que conterà os resultados deve ser uma cópia do arquivo de entrada apenas com um nome diferente (“saída”, por exemplo).

Figura 13 - Exemplo de arquivo xls com os dados de entrada

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		1155000	1156001	1354001	1255001	1255002	1256001	1354000
2	01/11/1975	152,60		100,00			347,90	
3	01/12/1975	205,70	200,00	100,00			354,60	
4	01/05/1979	15,30		100,00	60,10	50,00	62,70	30,00
5	01/09/1980			100,00		53,80	153,30	51,00
6	01/10/1980			100,00		171,70	179,20	107,00
7	01/11/1980		150,00					269,00
8	01/12/1980			100,00	100,00	363,50	329,30	406,40
9	01/01/1981			100,00		441,90	390,30	257,60
10								

¹ Feature Class refere-se a uma coleção de feições geográficas com o mesmo tipo de geometria (ponto, linha ou polígono), mesma referência espacial e mesmos atributos.

² Geodatabase refere-se a um banco de dados relacional próprio para o armazenamento e gerenciamento de dados geográficos baseado em um sistema de arquivos.

O *geodatabase* deve conter uma *feature class* de pontos, que representem os postos pluviométricos, que na tabela de atributos, além do campo dos códigos das estações, deve possuir um campo denominado “area” (do tipo “double”) para armazenar as áreas dos polígonos gerados e um campo denominado “pond” (do tipo “double”) para armazenar o valor dos ponderadores a serem calculados. Esta *feature class* deve estar em uma projeção cartográfica métrica. Na figura 14 apresenta-se um exemplo da tabela de atributos da *feature class* dos postos pluviométricos.

Figura 14 - Exemplo da tabela de atributos da *feature class* das estações

The screenshot shows a table window titled 'Table' with a toolbar. The table is named 'estacoes' and contains 7 rows of data. The columns are: OBJECTID *, Shape *, Nome,Codigo, area, and pond. The data rows are as follows:

OBJECTID *	Shape *	Nome	Codigo	area	pond
1	Point	SINOP (FAZENDA SEMPRE VERDE)	1156001	<Null>	<Null>
2	Point	CACHOEIRÃO	1155000	<Null>	<Null>
3	Point	GLEBA CELESTE	1256001	<Null>	<Null>
4	Point	NÚCLEO COLONIAL RIO FERRO	1255002	<Null>	<Null>
5	Point	TELES PIRES	1255001	<Null>	<Null>
6	Point	FAZENDA AGROCHAPADA	1354000	<Null>	<Null>
7	Point	Teste	1354001	<Null>	<Null>

At the bottom of the window, there is a status bar showing '1' selected and '(0 out of 7 Selected)'.

O *geodatabase* também deverá conter uma *feature class* de polígono, o qual delimita a área de drenagem da área de estudo em que se deseja calcular a precipitação média. A tabela de atributos dessa *feature class* deve conter um campo denominado “AREAM2” (do tipo “double”) com a área calculada em metros quadrados. Esta *feature class* deve estar com uma projeção cartográfica métrica. Na figura 15 apresenta-se um exemplo da tabela de atributos da *feature class* do polígono da bacia hidrográfica.

Figura 15 - Exemplo da tabela de atributos da *feature class* da bacia hidrográfica

The screenshot shows a table window titled 'Table' with a toolbar. The table is named 'bacia' and contains 1 row of data. The columns are: OBJECTID *, Shape *, AREAM2, Shape Length, and Shape Area. The data row is as follows:

OBJECTID *	Shape *	AREAM2	Shape Length	Shape Area
1	Polygon	41391950732,494537	1781123,903039	41391950732,494514

At the bottom of the window, there is a status bar showing '0' selected and '(0 out of 1 Selected)'.

Para executar a ferramenta uma caixa de diálogo para seleção dos arquivos de entrada e saída e das *feature class* foi implementada no ArcGIS. Na figura 16 apresenta-se a caixa de diálogo da ferramenta para cálculo dos polígonos de Thiessen variáveis.

Figura 16 - Janela da ferramenta de Polígonos de Thiessen Variáveis

Os ponderadores de cada polígono foram na sequência calculados e gravados no arquivo de saída (xls). Na figura 17 apresenta-se um exemplo de arquivo de saída. A precipitação média pode então ser calculada usando-se a função Soma Produto do Excel.

Figura 17 - Exemplo de arquivo xls com os resultados

saida [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel																			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	1155000	1156001	1354001	1255001	1255002	1256001	1354000		1155000	1156001	1354001	1255001	1255002	1256001	1354000	Soma	P Media		
2	01/11/1975	152,60	100,00			347,90			0,307072		0,279526			0,413402		1	218,6344		
3	01/12/1975	205,70	200,00	100,00		354,60			0,17783	0,138864	0,273301			0,410005		1	237,0703		
4	01/05/1979	15,30		100,00	60,10	50,00	62,70	30,00	0,394553		0,250321	0,046919	0,29647	0,011737		1	49,44799		
5	01/09/1980			100,00		53,80	153,30	51,00			0,336148		0,315376	0,348476		1	104,0034		
6	01/10/1980			100,00		171,70	179,20	107,00			0,336148		0,315376	0,348476		1	150,2118		
7	01/11/1980		150,00					269,00		0,532386					0,467614		1	205,6461	
8	01/12/1980			100,00	100,00	363,50	329,30	406,40			0,170875	0,10195	0,430705	0,29647		1	281,4714		
9	01/01/1981			100,00		441,90	390,30	257,60			0,336148		0,315376	0,348476		1	308,9897		

4.3.2 Método dos interpoladores IDW variável

O interpolador *Inverse Distance Weighting* (IDW) realiza a estimativa da variável ao longo do espaço, ponderando pesos a cada uma das “n” amostras mais próximas, que é função do inverso de uma potência da distância, ou seja, quanto mais próximo do ponto a ser estimado, maior o peso atribuído ao ponto amostrado (JIMENEZ; DOMEQ, 2008). Esse método simples e clássico é recomendado para quando temos alta densidade de amostras (DEUS et al., 2010). Para Watson e Philip (1985) e Mello et al. (2003), este interpolador é largamente utilizado com o expoente dois, com bons resultados, e com o qual recebe a denominação de inverso do quadrado da distância.

Diferente do processo utilizando polígonos de Thiessen em que usamos a representação geométrica vetorial, no caso da interpolação trabalha-se, nesse caso, com a representação geométrica matricial (imagem *raster*).

Nesse caso, a precipitação média de cada época da série é calculada como a média da precipitação dentro da área da bacia hidrográfica, sendo as precipitações calculadas em cada célula (pixel) pelo IDW a partir dos postos pluviométricos com dados disponíveis nesta época. Como a configuração de falhas muda de época a época, novamente temos um processo iterativo para o cálculo da série.

Também se desenvolveu, em uma plataforma de geoprocessamento (ArcGIS), uma ferramenta, com a linguagem *Python*, que permitisse a seleção dos postos em função da disponibilidade dos dados e o respectivo cálculo da precipitação média iterativamente a cada época da série.

De forma geral o algoritmo para o cálculo da precipitação média mensal segundo o método dos interpoladores IDW variáveis compreende as seguintes fases:

Seja a série de dados com t épocas e n estações na área de estudo:

Para época variando de 1 até t:

Para estação variando de 1 até n:

Se estação(n) possui dado observado => VetorSeleção(época):=estação(n)

ImagemPrec:=IDW(VetorSeleção(época))

ImagemInteresse:=Recorta(ImagemPrec,Bacia)

PrecipitacaoMedia(época):=ImagemInteresse(Zonal(Bacia,Média))

O código *Python* utilizado para calcular a série de precipitação média pelo método dos interpoladores IDW variáveis pode ser consultado no Anexo A1.4.

Os dados necessários para a utilização desta ferramenta são os mesmos utilizados na ferramenta de Thiessen Variáveis, com as mesmas considerações. Apenas deve-se acrescentar um campo do tipo “double” e chamado de “prec” à *feature class* das estações pluviométricas. Na figura 18 apresenta-se um exemplo da tabela de atributos com o campo “prec” adicionado.

Figura 18 - Campo “prec” adicionado à tabela de atributos da *feature class* das estações

OBJECTID *	Shape *	Nome	Codigo	area	pond	prec
1	Point	SINOP (FAZENDA SEMPRE VERDE)	1156001	<Null>	<Null>	<Null>
2	Point	CACHOEIRÃO	1155000	<Null>	<Null>	<Null>
3	Point	GLEBA CELESTE	1256001	<Null>	<Null>	<Null>
4	Point	NÚCLEO COLONIAL RIO FERRO	1255002	<Null>	<Null>	<Null>
5	Point	TELES PIRES	1255001	<Null>	<Null>	<Null>
6	Point	FAZENDA AGROCHAPADA	1354000	<Null>	<Null>	<Null>
7	Point	Teste	1354001	<Null>	<Null>	<Null>

Para rodar a aplicação procede-se de forma análoga à ferramenta de Thiessen variáveis, atentando para o fato que agora também se deve indicar um campo da tabela de atributos da *feature class* que delimita as zonas para o cálculo da média que seja um identificador único destas zonas (bacias). Na figura 19 apresenta-se a janela da ferramenta com destaque para campo do identificador das zonas.

Figura 19 - Janela da ferramenta de Interpolação IDW

Os resultados da série de precipitação mensal média serão gravados no arquivo xls indicado como arquivo de saída, sendo que para cada zona terá sido criada uma planilha na pasta Excel (com o nome do identificador da zona). Na figura 20 apresenta-se um exemplo de arquivo de saída com os resultados da precipitação média.

Figura 20 - Exemplo de resultado da interpolação IDW para bacia dividida em duas zonas

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	197,3128										
2	215,1173										
3	47,91523										
4	91,0212										
5	145,8283										
6	203,3986										
7	242,1236										
8	322,5616										

4.4 COMPARAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA FRENTE AOS MÉTODOS DE PREENCHIMENTO CONVENCIONAIS

Nesta seção é descrita a metodologia utilizada para comparar a metodologia proposta frente aos métodos convencionais de cálculo da precipitação média com base no preenchimento das falhas nos dados de precipitação. Isto foi realizado com base nos dados de precipitação sem falhas de uma bacia real para a qual se imputou falhas aleatórias.

4.4.1 Escolha da bacia hidrográfica para realizar a comparação e aquisição dos dados de precipitação

A bacia hidrográfica escolhida para o cálculo da série de precipitação média para fins de comparação entre a metodologia proposta e os métodos convencionais de preenchimento de falhas é a Bacia do Rio das Cinzas.

A bacia do Rio das Cinzas, encontra-se totalmente inserida no Estado do Paraná. Principal curso d'água do Norte Pioneiro, o Rio das Cinzas nasce na Serra de Furnas, no município de Pirai do Sul, a oeste da Escarpa Devoniana e deságua no rio Paranapanema, na divisa dos municípios de Santa Mariana e Itambaracá. Possui uma extensão de 240 Km e sua bacia abrange uma área de drenagem total de 9.645 Km². Os principais afluentes do Rio das Cinzas são: o Ribeirão Grande, o Ribeirão Jaboticabal, o Ribeirão Vermelho e o Rio Laranjinha, que é o principal afluente da margem esquerda. A população estimada em sua área é de 266 mil habitantes.

A principal atividade econômica na bacia do Cinza é a agropecuária, com destaque para cultura de cana de açúcar e pastagens. As indústrias da região são predominantemente do setor agroindustrial, sendo as destilarias de álcool, usinas de açúcar, frigoríficos, laticínios as principais.

O Rio das Cinzas nasce na Serra de Furnas sobre os aquíferos Serra Geral Norte, Guarani, Paleozóica Superior e Paleozóica Média-Superior. Além das formações geológicas de Pirambóia-Botucatu, Rio do Rastro e Serra Geral, além de localizar-se sobre outras deposições de marés ou planícies litorâneas com origem no Permiano como: Teresina, Serra Alta, Irati, Palermo, Rio Bonito, e Itararé, e Furnas com origem no Devoniano.

O clima varia pouco em toda a região que pertence ao segundo planalto paranaense. É considerado Sub-tropical Úmido Mesotérmico com temperaturas entre 18 e 22°C. Há variação de clima Cfb (subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões amenos) a Cwa

(subtropical com verões quentes e invernos secos), predominando, entretanto, o clima Cfa (subtropical com chuvas bem distribuídas durante o ano e verões quentes).

Na figura 21 apresenta-se a localização e a forma da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas.

Figura 21 - Bacia hidrográfica do Rio das Cinzas

Para realizar os testes propostos foram selecionadas 30 estações na área da bacia hidrográfica e seu entorno, com séries de dados de precipitação acumulada na escala mensal para o período de janeiro de 1976 a dezembro de 2003, totalizando 28 anos de medições que resultam 336 meses. Estas estações foram selecionadas pois não apresentaram falhas nos dados para este período. Os dados referentes a estas estações foram obtidos já consistidos da base de dados hidrológicos da Agência Nacional de Águas (sistema Hidro). As estações selecionadas estão relacionadas na tabela 5. Na figura 22 apresenta-se a localização das estações pluviométricas na área de abrangência da bacia.

Tabela 5 - Relação de estações pluviométricas utilizadas para as comparações na região da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas

Código	Nome	Latitude	Longitude
2249028	Ribeirão do Sul	-22.7833	-49.9333
2250024	Porto Jaú	-22.8972	-50.0211
2250032	São Joaquim do Pontal	-22.9722	-50.4789
2250033	Nossa Senhora Aparecida	-22.9653	-50.2661
2250035	Fazenda Flora	-22.9831	-50.0000
2250048	Água da Fortuna	-22.6833	-50.4833
2251039	Primeiro de Maio	-22.8517	-51.0319
2349005	Porto Ermidão (Faz. Harmonia)	-23.0822	-49.7364
2349007	Piraju	-23.1856	-49.3908
2349020	Itaporanga	-23.7078	-49.4764
2349030	Joaquim Távora Mte	-23.5000	-49.8667
2349059	Conselheiro Zacarias	-23.4139	-49.9808
2349060	Pintos - Nova Brasília	-23.5456	-49.7469
2349061	Santana do Itararé	-23.7544	-49.6225
2349064	São José da Boa Vista	-23.9144	-49.6500
2350011	Cambará	-23.0419	-50.0700
2350017	Cambará (Est. Experimental)	-23.0000	-50.0331
2350033	Ribeirão do Pinhal	-23.4000	-50.3500
2350048	Santa Maria do Rio Do Peixe	-23.6339	-50.4744
2350052	Triolândia	-23.5500	-50.4000
2350053	Jundiá do Sul	-23.4500	-50.2331
2350054	Guapirama	-23.5167	-50.0331
2350062	Usina Figueira	-23.8503	-50.3911
2351011	Ibipora	-23.2667	-51.0167
2449011	Piraí do Sul	-24.5292	-49.9289
2449044	Senges	-24.1000	-49.4667
2450002	Tibaji	-24.5108	-50.4000
2450006	Pch Salto Mauá Jusante	-24.0500	-50.7000
2450025	Fazenda São Carlos (Sabão)	-24.6831	-50.3000
2450026	Colônia Iapó	-24.6331	-50.1331

Figura 22 - Localização das estações pluviométricas na região da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas

Das 30 estações selecionadas apenas 17 tem área de influência direta na área da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas segundo o critério dos polígonos de Thiessen. Assim para a série de dados sem falhas apenas estas estações entrariam no cômputo da série de precipitação mensal média para essa bacia. Na figura 23 apresentam-se os polígonos de Thiessen das estações e aqueles diretamente com influência da área da bacia são destacados.

Figura 23 - Polígonos de Thiessen das estações pluviométricas selecionadas na região da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas

4.4.2 Análise da homogeneidade dos dados de precipitação originais para a bacia do rio das Cinzas

Para averiguar a homogeneidade dos dados de precipitação realizou-se a análise de agrupamento das variáveis através do método proposto por Scott e Symons (1971).

Na figura 24 apresenta-se o dendrograma correspondente à análise de agrupamento realizada. As distâncias Euclidianas foram convertidas em um índice de similaridade variando entre 0 e 100. Na figura 25 apresenta-se a configuração das regiões homogêneas onde pode-se observar que a variação ocorre no sentido norte sul.

Figura 24 - Dendrograma das estações pluviométricas agrupadas por regiões homogêneas na região da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas

Figura 25 - Estações pluviométricas agrupadas por regiões homogêneas na região da bacia hidrográfica do Rio das Cinzas

4.4.3 Séries de precipitação mensal média para a bacia do rio das Cinzas e as respectivas nomenclaturas

Partindo-se dos dados consistidos originais sem falhas foram calculadas as séries de precipitação mensal média para a região da bacia hidrográfica de estudo pelo método dos polígonos de Thiessen e pelo método dos interpoladores IDW. Estas séries são as consideradas ideais para fins das comparações realizadas. Na tabela 6 apresenta-se a nomenclatura utilizada para estas séries.

Tabela 6 - Nomenclatura utilizada para as séries originadas dos dados sem falhas

Nome da Série	Descrição
C T	Série de precipitação mensal média originada da série de dados completa calculada pelo método dos polígonos de Thiessen
C IDW	Série de precipitação mensal média originada da série de dados completa calculada pelo método dos interpoladores IDW

Foram geradas, sobre a série de dados completa, falhas aleatórias com um percentual de 30% e de 50%. Estas séries foram preenchidas conforme descrito anteriormente tendo gerado 8 séries de precipitação mensal média para a bacia do Rio das Cinzas, além disso foram calculadas as 4 séries pelos métodos alternativos propostos, totalizando 12 séries que foram confrontadas com as duas séries consideradas ideais. Nas tabelas 7 e 8 apresentam-se as nomenclaturas utilizadas para estas séries.

Tabela 7 - Nomenclatura utilizada para as séries na análise com 30% de falhas

Nome da Série	Descrição
30F P MPR M T	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 30% de falhas preenchida pelo método da ponderação regional pela média calculada pelo método dos polígonos de Thiessen
30F P MPR C T	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 30% de falhas preenchida pelo método da ponderação regional pela correlação calculada pelo método dos polígonos de Thiessen
30F P MPR M IDW	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 30% de falhas preenchida pelo método da ponderação regional pela média calculada pelo método dos interpoladores IDW
30F P MPR C IDW	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 30% de falhas preenchida pelo método da ponderação regional pela correlação calculada pelo método dos interpoladores IDW
30F TV	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 30% de falhas sem preenchimento calculada pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis
30F IDW V	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 30% de falhas sem preenchimento calculada pelo método dos interpoladores IDW variáveis

Tabela 8 - Nomenclatura utilizada para as séries na análise com 50% de falhas

Nome da Série	Descrição
50F P MPR M T	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 50% de falhas preenchida pelo método da ponderação regional pela média calculada pelo método dos polígonos de Thiessen
50F P MPR C T	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 50% de falhas preenchida pelo método da ponderação regional pela correlação calculada pelo método dos polígonos de Thiessen
50F P MPR M IDW	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 50% de falhas preenchida pelo método da ponderação regional pela média calculada pelo método dos interpoladores IDW
50F P MPR C IDW	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 50% de falhas preenchida pelo método da ponderação regional pela correlação calculada pelo método dos interpoladores IDW
50F TV	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 50% de falhas sem preenchimento calculada pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis
50F IDW V	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 30% de falhas sem preenchimento calculada pelo método dos interpoladores IDW variáveis

4.4.4 Análise de consistência das séries com dados preenchidos

Após o preenchimento das falhas, foi realizada a verificação da consistência dos dados preenchidos por meio da análise dos gráficos da curva de dupla-massa acumulada. Para estas análises foi desenvolvida uma macro VBA no Excel que gera automaticamente o gráfico da curva dupla-massa acumulada a partir de uma caixa de seleção na qual seleciona-se a estação desejada. O código VBA desta macro pode ser consultado no Anexo A1.5. Nas figuras 26 e 27 apresentam-se, como exemplo, uma comparação da curva dupla-massa acumulada da estação pluviométrica 2350052 com os dados sem falhas e os dados com 30% de falhas preenchidas pelo método da ponderação regional pela média. Da análise realizada pode-se constatar que o preenchimento não acarretou problemas de inconsistência aos dados.

Figura 26 - Curva dupla-massa acumulada para a estação 2350052 sem falhas

Figura 27 - Curva dupla-massa acumulada para a estação 2350052 30% falhas preenchidas

4.4.5 Análises estatísticas e comparações entre as séries de precipitação média mensal para a bacia do rio das Cinzas

A fim de realizar as comparações entre os resultados encontrados foram realizadas uma série de análises estatísticas. Estas análises correspondem em um primeiro momento a análise gráfica e de testes estatísticos paramétricos e não paramétricos para analisar a normalidade dos dados e a estacionariedade das séries.

Todavia, por tratar-se de uma série temporal, sendo que a precipitação apresenta como característica uma variabilidade natural ao longo do ano, implica em um tratamento estatístico diferenciado.

A série da diferença com um Lag de 1 mês foi utilizada para a normalização dos dados. A esta série foi aplicada uma segunda transformação com a série diferença com um Lag de 12 meses para a remoção dos efeitos de tendência e sazonalidade.

Estas séries transformadas foram então novamente testadas e uma vez satisfazendo as condições de normalidade e estacionariedade foram analisadas por meio da análise de variâncias (ANOVA) para averiguar se possuíam diferenças estatísticas em relação às médias.

Além dos testes estatísticos foram aplicadas as metodologias de comparação de séries temporais conforme apresentado por Coates e Diggle (1986) cujo teste se denomina Teste das Somas Acumuladas, e a metodologia apresentada por Quenouille (1958) e estendida para a análise de várias séries por Rosenhead (1968), e que denominaremos de Teste de Igualdade das Funções de Autocorrelações.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos softwares Excel, PAST, GRETL, Minitab e Demetra+.

4.5 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA QUANTIDADE DE FALHAS NA METODOLOGIA PROPOSTA

Nesta seção é descrita a metodologia utilizada para realizar a avaliação do impacto da quantidade de falhas na metodologia proposta. Isto foi realizado com base nos dados de precipitação sem falhas de uma bacia real para a qual se imputou falhas aleatórias e com as quais se calcularam as séries de precipitação média mensal que foram então comparadas entre si.

4.5.1 Escolha da bacia hidrográfica para realizar a avaliação do impacto da quantidade de falhas na metodologia proposta e aquisição dos dados de precipitação

A bacia hidrográfica escolhida para o cálculo das séries de precipitação média para fins de avaliação do impacto da quantidade de falhas na metodologia proposta foi a Bacia do Rio San Marcos localizada no estado norte americano do Texas. Esta escolha deveu-se principalmente a facilidade de acesso aos dados observados, sem falhas, por meio da ferramenta de acesso de dados Hydro Desktop.

A parte central do estado do Texas nos Estados Unidos, onde essa bacia se situa, tem uma alta ocorrência de enchentes, especialmente no corredor de San Antônio para Austin, região que teve rápido crescimento e urbanização, reforçado pelo fator orográfico ao longo das

escarpas conhecidas por Balcones, onde o maior gradiente de altitude concentra o escoamento e aumenta o potencial de inundação.

O Aquífero Edwards é a principal fonte de água para mais de 1,7 milhões de pessoas ao longo deste corredor, sendo que a precipitação é a única fonte de água para a recarga deste aquífero. Medições precisas de chuvas sobre essas áreas são importantes insumos para a modelagem não só para a quantificação das fontes de água, mas também para a previsão de cheias.

A bacia dos rios San Marcos e Blanco, que são afluentes do Rio Guadalupe, possui uma área de 4723 Km², o tipo de clima predominante nesta região é o subtropical úmido com verões quentes e invernos suaves. Durante a temporada de tempestades tropicais nesta área, ocorrem períodos de chuvas fortes e inundações de curto prazo. A temperatura média anual é de 21° C (LARKIN; BOMAR 1983) e tem uma chuva média anual de 860 milímetros com uma variação entre 390-1370 mm (1856 a 2010). Os ventos predominantes têm orientação sudeste.

Na figura 28 apresenta-se a forma e a localização da bacia hidrográfica do Rio São Marcos.

Figura 28 - Bacia hidrográfica do Rio San Marcos

Para realizar os testes propostos foram selecionadas 26 estações na área da bacia hidrográfica e seu entorno, com séries de dados de precipitação acumulada na escala mensal para o período de março de 2000 a janeiro de 2010, totalizando 119 medições mensais. Estas estações foram selecionadas pois não apresentaram falhas nos dados para este período. Os dados referentes a estas estações foram obtidos já consistidos da base de dados do Serviço Geológico Americano (USGS). As estações selecionadas estão relacionadas na tabela 9. Na figura 29 apresenta-se a localização das estações pluviométricas na área de abrangência da bacia.

Tabela 9 - Relação de estações pluviométricas utilizadas para os testes na região da bacia do Rio San Marcos

Código	Nome
6	BOERNE
8	SAN ANTONIO/SEAWORLD
1	SAN ANTONIO 8NNE
7	SAN ANTONIO INTL AP
17	NEW BRAUNFELS
19	SAN ANTONIO STINSON AP
20	CANYON DAM
21	FLORESVILLE
23	AUSTIN SAN ANTONIO
25	CUERO
26	FLATONIA 4SE
27	GONZALES 1N
28	HALLETTSVILLE 2 N
30	LULING
33	FREDERICKSBURG
35	KERRVILLE 3 NNE
37	BLANCO
40	DRIPPING SPRINGS 6 E
39	JOHNSON CITY
42	AUSTIN BERGSTROM AP
41	AUSTIN-CAMP MABRY
47	SAN MARCOS
48	CEDAR CREEK 5 S
49	ELGIN
52	SMITHVILLE
56	LA GRANGE

Figura 7 - Localização das estações pluviométricas na região da bacia hidrográfica do Rio San Marcos

Das 26 estações selecionadas apenas 11 tem área de influência direta na área da bacia hidrográfica do Rio San Marcos segundo o critério dos polígonos de Thiessen. Assim para a série de dados sem falhas apenas estas estações entrariam no cômputo da série de precipitação mensal média para essa bacia.

4.5.2 Análise da homogeneidade dos dados de precipitação originais para a bacia do rio San Marcos

Analogamente ao analisado no caso da Bacia do Rio das Cinzas as estações pluviométricas nesta bacia foram agrupadas em grupos de precipitação homogênea pela análise de agrupamentos. Na figura 30 apresentam-se os polígonos de Thiessen das estações e aqueles diretamente com influência da área da bacia são destacados, além disso os grupos de precipitação homogêneas estão apresentados

Figura 30 - Polígonos de Thiessen das estações pluviométricas selecionadas e grupos homogêneos de precipitação na região da bacia hidrográfica do Rio San Marcos

Na figura 31 apresenta-se o dendrograma correspondente à análise de agrupamento realizada. As distâncias Euclidianas foram convertidas em um índice de similaridade variando entre 0 e 100.

Figura 31 - Dendrograma das estações pluviométricas agrupadas por regiões homogêneas na região da bacia hidrográfica do Rio San Marcos

4.5.3 Séries de precipitação mensal média para a bacia do rio San Marcos e as respectivas nomenclaturas

A partir das séries de dados sem falhas das estações com influência direta na área da bacia hidrográfica do Rio San Marcos foi gerada a série de precipitação mensal média pelos polígonos de Thiessen e pelos ponderadores IDW, as quais foram consideradas como ideais nas comparações efetuadas.

Foram imputadas sobre as séries de dados completa das 26 estações falhas aleatórias com um percentual variando entre 10% e de 70% em intervalos de 10% tendo gerado 7 séries de precipitação mensal média para a bacia do Rio San Marcos para cada método avaliado (polígonos de Thiessen variáveis e ponderadores IDW variáveis), as quais foram confrontadas com as duas séries consideradas ideais e entre si. Nas tabelas 10 e 11 apresentam-se as nomenclaturas utilizadas para estas séries.

Tabela 10 - Nomenclatura utilizada para as séries geradas pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis

Nome da Série	Descrição
Thiessen Completo	Série de precipitação mensal média originada da série de dados completa calculada pelo método dos polígonos de Thiessen
10% Falhas TV	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 10% de falhas calculada pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis
20% Falhas TV	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 20% de falhas calculada pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis
30% Falhas TV	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 30% de falhas calculada pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis
40% Falhas TV	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 40% de falhas calculada pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis
50% Falhas TV	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 50% de falhas calculada pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis
60% Falhas TV	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 60% de falhas calculada pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis
70% Falhas TV	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 70% de falhas calculada pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis

Tabela 11 - Nomenclatura utilizada para as séries geradas pelo método dos ponderadores IDW variáveis

Nome da Série	Descrição
IDW Completo	Série de precipitação mensal média originada da série de dados completa calculada pelo método dos interpoladores IDW variáveis
IDW 10%	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 10% de falhas calculada pelo método dos interpoladores IDW variáveis
IDW 20%	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 20% de falhas calculada pelo método dos interpoladores IDW variáveis
IDW 30%	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 30% de falhas calculada pelo método dos interpoladores IDW variáveis
IDW 40%	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 40% de falhas calculada pelo método dos interpoladores IDW variáveis
IDW 50%	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 50% de falhas calculada pelo método dos interpoladores IDW variáveis
IDW 60%	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 60% de falhas calculada pelo método dos interpoladores IDW variáveis
IDW 70%	Série de precipitação mensal média originada da série de dados com 70% de falhas calculada pelo método dos interpoladores IDW variáveis

4.5.4 Análises estatísticas e comparações entre as séries de precipitação média mensal para a bacia do rio San Marcos

Além da análise das estatísticas descritivas, as séries geradas a partir dos dados com falhas foram correlacionadas com as séries geradas a partir dos dados completos. Os coeficientes de correlação e os gráficos correspondentes foram analisados para comparar as séries e avaliar o impacto da quantidade de falhas.

O índice de similaridade calculado para o dendrograma também foi utilizado para auxiliar nessa análise.

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio dos softwares Excel, PAST, GRETL, Minitab e Demetra+.

A quantidade de falhas nos arquivos de entrada para o cálculo das séries de precipitação média pode ser visualmente observada no Anexo 2.

4.6 AVALIAÇÃO DO USO DA METODOLOGIA PROPOSTA NA MODELAGEM CHUVA – VAZÃO

Nesta seção é descrita a metodologia utilizada para realizar a avaliação do uso da metodologia proposta para geração das séries de precipitação média mensal utilizadas na modelagem chuva-vazão. Isto foi realizado com base nos dados de precipitação sem falhas para a bacia de contribuição real de uma estação fluviométrica para a qual se imputou falhas aleatórias e com as quais se calcularam as séries de precipitação média mensal que foram utilizadas na modelagem chuva vazão e seus resultados comparados com dados de vazão observados.

4.6.1 Escolha da bacia hidrográfica para realizar a avaliação do uso da metodologia proposta para geração das séries de precipitação média mensal utilizadas na modelagem chuva-vazão e aquisição dos dados de precipitação e vazão

A fim de averiguar os resultados alcançados com a metodologia proposta para cálculo da série de precipitação média mensal na modelagem chuva – vazão foram utilizados os dados observados de vazão média mensal para a estação fluviométrica Andirá (64370000), localizada no Rio das Cinzas, para o período de janeiro de 1976 a dezembro de 2003, totalizando 336 meses de dados observados, e coincidentes com o período dos dados pluviométricos já utilizados. Na figura 32 apresenta-se a área de drenagem da estação fluviométrica Andirá e as estações pluviométricas com área de influência direta para esta área de drenagem, bem como os polígonos de Thiessen correspondentes. Na tabela 12 apresentam-se os dados de vazão observados (já consistidos) neste posto fluviométrico que foram obtidos do banco de dados da ANA (Hidro Web).

Figura 32 - Área de contribuição da estação fluviométrica Andirá

Tabela 12 - Dados de vazões médias mensais observadas na estação Andirá em m³/s

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano
1976	171	171	115	70	87	155	81	199	137	156	153	100	1596
1977	154	99	50	100	38	40	31	22	25	25	33	48	665
1978	25	18	40	16	20	19	70	29	89	30	55	51	462
1979	41	33	29	15	47	25	26	39	98	83	76	75	586
1980	124	165	215	88	45	42	60	42	76	48	37	137	1080
1981	220	66	37	50	30	27	19	16	13	47	67	168	759
1982	48	105	54	28	28	153	201	56	33	77	246	402	1432
1983	175	88	131	85	332	582	121	56	179	95	65	48	1957
1984	52	47	25	27	30	19	17	23	36	25	30	84	416
1985	49	44	74	87	87	36	27	17	16	11	20	11	480
1986	18	66	71	50	110	51	24	73	44	36	38	141	724
1987	50	147	47	32	162	186	65	36	35	44	115	43	960
1988	49	48	45	33	118	104	38	23	19	40	29	30	578
1989	309	144	113	46	38	36	69	75	155	50	70	116	1223
1990	610	78	51	53	56	44	140	101	101	107	73	63	1475
1991	68	129	154	64	55	52	42	33	26	55	40	149	866
1992	40	62	196	174	267	97	50	37	88	103	67	56	1237
1993	159	262	111	91	49	98	44	34	106	98	36	49	1136
1994	106	65	47	35	31	65	36	22	20	19	45	35	524
1995	364	208	76	112	53	51	78	33	75	147	44	37	1277
1996	79	96	202	85	37	29	23	20	42	54	61	60	788
1997	456	320	71	42	31	156	88	57	65	55	123	95	1559
1998	87	182	205	222	92	57	44	62	170	218	50	61	1451
1999	146	123	57	65	50	39	84	27	40	22	18	15	686
2000	26	208	56	23	18	19	22	33	144	38	64	57	708
2001	57	182	56	29	43	67	48	37	47	63	31	63	724
2002	143	67	91	27	92	32	27	70	53	32	91	123	848
2003	111	165	76	104	50	42	66	28	23	21	31	51	770
Média	141	121	89	66	75	83	59	46	70	64	65	85	963

4.6.2 Modelo chuva – vazão escolhido

O modelo chuva – vazão que foi adotado para a análise é o SMAP Mensal, o qual a Agência Nacional de Águas tem priorizado quando de suas análises de DRDH para empreendimentos hidroelétricos.

O software utilizado para a modelagem foi o SH30 distribuído gratuitamente pelo Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da UFMG e desenvolvido pelo Professor Wilson dos Santos Fernandes. Silva e da Luz (2015) utilizaram o SH30 para avaliar a aplicabilidade do SMAP mensal para a previsão de vazões que afluem ao reservatório de Pedras Altas (BA). No estudo foram realizadas análises dos dados de entrada, das séries fluviométricas de 2 postos, e de 8 estações pluviométricas. Na fase de calibração utilizaram uma série fluviométrica de 52 meses do posto de Pedras Altas. Para avaliação da calibração foram verificados os ajustes estatísticos e ajuste das curvas de permanência entre as vazões observadas e simuladas, confirmando como muito bons os resultados. Já para a validação utilizaram 13 meses, e posterior análise do ajuste estatístico através do índice de Nash-Sutcliffe e da comparação entre as vazões observadas e simuladas. Concluíram que o uso do modelo apresentou bons resultados para a estimativa de vazões médias, mas com representação ruim para as vazões mínimas Q90% e Q95%.

O balanço hídrico mensal deste modelo é realizado conforme o descrito por Lopes, Braga e Conejo (1981). A calibração de parâmetros em modo automático usa o algoritmo DDS (Dinamically Dimensioned Search).

Os dados de pluviometria para esta análise foram os mesmos já utilizados na análise da metodologia proposta para a Bacia do Rio das Cinzas.

4.6.3 Séries de precipitação mensal média e de vazões mensais médias para a área de contribuição da estação fluviométrica Andirá e as respectivas nomenclaturas

São calculadas para a área de drenagem da estação fluviométrica as seguintes séries de precipitação média mensal:

- Originada a partir dos dados de pluviometria sem falhas calculada pelo método dos polígonos de Thiessen (Thiessen);
- Originada a partir dos dados de pluviometria sem falhas calculada pelo método do IDW (IDW);

- Originada a partir dos dados de pluviometria com 30% de falhas, preenchidos pelo método da ponderação regional pela média e calculada pelo método dos polígonos de Thiessen (30F_PMPM_T);
- Originada a partir dos dados de pluviometria com 30% de falhas, preenchidos pelo método da ponderação regional pela média e calculada pelo método do IDW (30F_PMPM_IDW);
- Originada a partir dos dados de pluviometria com 50% de falhas, preenchidos pelo método da ponderação regional pela média e calculada pelo método dos polígonos de Thiessen (50F_PMPM_T);
- Originada a partir dos dados de pluviometria com 50% de falhas, preenchidos pelo método da ponderação regional pela média e calculada pelo método do IDW (50F_PMPM_IDW);
- Originada a partir dos dados de pluviometria com 30% de falhas e calculada pelo método dos polígonos de Thiessen Variáveis (30F_TV);
- Originada a partir dos dados de pluviometria com 30% de falhas e calculada pelo método do IDW Variáveis (30F_IDW_V);
- Originada a partir dos dados de pluviometria com 50% de falhas e calculada pelo método dos polígonos de Thiessen Variáveis (50F_TV);
- Originada a partir dos dados de pluviometria com 50% de falhas e calculada pelo método do IDW Variáveis (50F_IDW_V);

As séries de precipitação calculadas para a área de contribuição da estação Andirá foram calibradas, com base nos dados de vazão observados na estação, para o modelo chuva vazão SMAP mensal e geraram 10 séries de vazão correspondentes.

4.6.4 Análises estatísticas e comparações entre as séries vazão média mensal

Os resultados destas séries de vazão calculadas pelo modelo chuva – vazão são analisados por meio do índice estatístico de Nash-Sutcliffe segundo a correspondência com os dados observados.

4.7 ESTUDO DE CASO – UHE SANTO ANTÔNIO DO JARI

Nesta seção é descrita a metodologia utilizada para a extensão da série de vazões médias mensais para a bacia hidrográfica da UHE Santo Antônio do Jari por meio da utilização do

modelo chuva – vazão CN3S tendo como dados de entrada as séries de precipitação média mensal calculadas com a metodologia dos polígonos de Thiessen variáveis.

4.7.1 A bacia hidrográfica do RIO JARI

A bacia do rio Jari está localizada na bacia hidrográfica contribuinte do rio Amazonas. Nela, o rio Jari se apresenta como um dos principais afluentes da margem esquerda ou calha norte da bacia amazônica. Com aproximadamente 845 km de extensão, o rio Jari nasce na Serra do Tumucumaque, em altitude da ordem de 656 m, na fronteira com o Suriname. Sua foz na margem esquerda do rio Amazonas dista cerca de 300 km do Oceano Atlântico. Sua bacia, acima da Cachoeira de Santo Antônio, local de instalação da usina, tem uma área de aproximadamente 51369 Km². Na figura 33 apresenta-se a área da bacia de estudo.

Figura 33 - Bacia hidrográfica da UHE Santo Antônio do Jari

A elevação média da bacia é da ordem de 330 m, variando de 20 a 656 m, a montante da Cachoeira de Santo Antônio, até 656 m nas cabeceiras, onde está localizado o Parque Nacional das Montanhas do Tumucumaque, região pouco conhecida e pouco explorada, de difícil acesso e ocupada tradicionalmente por populações indígenas.

A bacia hidrográfica do rio Jari está inserida em área geográfica do globo cuja atuação da dinâmica atmosférica e climática é muito forte. A região amazônica como um todo é afetada por diversos elementos climáticos que interferem diretamente na circulação geral da atmosfera local, conferindo peculiaridades climáticas à região.

Segundo os estudos apresentados por Ecology Brasil (2009) na região amazônica são atuantes os elementos atmosféricos descritos a seguir:

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) forma-se nas áreas de baixas latitudes e consiste na região de convergência dos ventos alísios provenientes do Sudeste com os do Nordeste, criando ascendência de massas de ar normalmente úmidas. Dinamicamente, a ZCIT está associada a uma faixa de baixa pressão e convergência do escoamento nos baixos níveis da atmosfera, a qual promove as condições favoráveis ao movimento ascendente e consequente presença de nebulosidade e precipitação. Também é conhecida como Equador Meteorológico (EM), Descontinuidade Tropical (DT), Frente Intertropical (FIT), além de outros.

A ZCIT, acompanhando o Equador Térmico (isoterma da máxima temperatura do globo que segue pelo oceano, adentrando os continentes), sobre a América do Sul, se desloca aproximadamente 5° Sul no mês de março e 10° Norte em setembro. A posição da ZCIT condiciona a pluviosidade regional.

Devido ao fato de a posição da Zona ser predominantemente sobre os oceanos, é observado que seu mecanismo se modifica conforme se apresentam anomalias na temperatura da água.

Outro fator climático importante para incremento ou declínio do índice de precipitação é a Massa Equatorial do Atlântico Norte e a do Atlântico Sul (respectivamente MEAN e MEAS) que são formadas nos anticiclones dos Açores (ao norte) e Santa Helena (ao sul), sendo atraídas para o continente devido à diferença de pressão entre continente e oceano. A MEAN atua principalmente na porção Norte e a MEAS no extremo nordeste da América do Sul.

A maior amplitude térmica ocorre no verão, quando o anticiclone dos Açores é impulsionado para sul pelo ar frio vindo do Hemisfério Norte, originando a massa de ar equatorial atlântica. Sua maior expressividade se dá devido à influência do anticiclone Santa Helena, favorecendo sua atuação sobre o Nordeste brasileiro.

A Massa Equatorial Continental (MEC) é formada pela divergência dos ventos alíseos no doldrums (localizado na porção centro-ocidental da planície Amazônica), caracterizada pela elevada temperatura, umidade e proximidade do Equador. O fator principal para a enorme carga de umidade da massa é a presença da extensa e caudalosa drenagem da bacia Amazônica coberta pela densa e exuberante floresta, além da influência direta da ZCIT e da MEAN.

4.7.2 Dados pluviométricos e fluviométricos disponíveis

Para emissão de DRDH à UHE Santo Antônio do Jari uma série de estudos hidrológicos são necessários para a geração de uma série de vazões médias mensais compreendendo um período desde 1931.

Foram verificados no banco de dados da ANA a disponibilidade de dados referentes à pluviometria na área da bacia e próximos a ela, além da disponibilidade de dados fluviométricos.

Com relação aos dados fluviométricos verificou-se a disponibilidade de dados para a estação fluviométrica São Francisco (código 19150000), cuja localização é próxima ao local do aproveitamento UHE Santo Antônio do Jari, para o período de julho de 1972 a dezembro de 2008. Assim, a série de vazões média mensal deve ser estendida para o período de 1931 a julho de 1972. Na tabela 13 apresenta-se os valores de vazões médias mensais para a estação São Francisco.

Tabela 13 - Série de vazões média mensal (m³/s) para a estação São Francisco

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1972							1077	673	437	215	199	159
1973	354	563	1032	843	2056	2241	1148	747	587	384	311	601
1974	977	2010	2328	2258	1590	2494	2406	1649	939	673	443	467
1975	610	1065	1197	2227	1896	2404	1518	1288	978	521	319	317
1976	561	1443	2400	3121	2913	2333	1880	1053	647	351	206	209
1977	382	687	1292	1594	3147	2064	1362	965	572	402	199	330
1978	653	617	795	1805	1885	1400	1090	981	718	471	284	365
1979	387	993	2110	2156	2061	2212	1485	1164	734	492	333	352
1980	644	594	1149	2075	1554	1465	1080	783	472	251	209	158
1981	312	664	311	511	1383	1002	1012	692	482	249	121	122
1982	555	1221	1498	2437	2587	1888	1073	786	462	224	137	96,6
1983	206	259	387	957	710	465	362	393	218	97,8	42,2	34,1
1984	152	430	993	1091	2521	1665	1126	682	489	277	235	176
1985	395	558	1158	827	2171	2361	1382	1064	642	319	296	618
1986	814	883	991	1288	1288	1930	1404	744	438	225	189	193
1987	542	583	654	924	1642	997	787	446	249	131	58	32,7
1988	282	716	666	906	2568	2120	1809	938	682	408	208	457
1989	905	1177	2074	2519	3268	3085	2239	1241	735	610	584	491
1990	711	1037	1533	2328	2044	1729	1112	817	531	270	185	182
1991	548	1322	1269	1278	2123	3019	1740	1310	769	427	263	162
1992	223	525	1251	1956	1063	758	586	516	257	122	104	150
1993	402	596	1035	1926	1963	1191	903	615	360	250	328	360
1994	714	1264	1720	2012	2893	2180	1370	984	568	508	306	341
1995	836	602	1419	1478	2270	2991	1820	919	590	313	268	296
1996	934	1216	2080	2771	2827	3098	2751	1735	978	611	421	387
1997	713	1041	1421	1347	1864	1208	926	818	386	164	113	128
1998	270	359	697	1010	1203	1064	906	526	282	170	134	145
1999	523	902	981	1858	1897	2363	1385	1073	648	444	217	147
2000	899	1452	2290	3843	4741	2886	2196	1460	851	655	417	353
2001	907	1541	1473	2603	2346	1998	1743	1110	761	432	305	189
2002	405	880	1690	2229	2303	1800	1096	756	387	202	145	211
2003	347	871	1315	1832	2619	2314	1590	1129	621	407	299	224
2004	276	433	1419	1976	2762	1635	1227	1024	523	291	167	104
2005	139	500	1323	2029	2829	1842	1387	879	448	296	200	206
2006	464	1010	1009	1676	2821	2601	1802	1137	649	400	377	320
2007	438	441	1662	1676	2423	1974	1517	1055	685	487	322	624
2008	917	1357	2089	3280	4088	3416	2474	1526	961	680	381	390

Com relação aos dados pluviométricos verificou-se que para o período a partir de 1971 existem um maior número de postos com registros no território nacional. Já para o período anterior a 1971 apenas um pequeno número de postos possui registros. Desta forma optou-se por dividir os estudos de pluviometria em dois períodos a partir do ano de 1971, além de incorporar dados de estações localizados na Guiana Inglesa, Suriname e Guiana Francesa, recentemente incorporados à base de dados da ANA.

Nas figuras 34 e 35 apresentam-se as localizações dos postos pluviométricos utilizados para a determinação da precipitação mensal média para a área da bacia de estudo antes e após o ano de 1971.

Figura 34 - Estações pluviométricas com registros no período de 1931 a 1970

Figura 35 - Estações pluviométricas com registros no período de 1971 a 2008

4.7.3 Cálculo das séries de precipitação mensal média pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis

Foram calculados, por meio da metodologia de polígonos de Thiessen variáveis, sem realizar o preenchimento de falhas existentes, as séries de precipitação mensal média para a área de estudo para os dois períodos destacados. As séries para estes dois períodos foram comparadas estatisticamente a fim de verificar se possuem o mesmo comportamento.

4.7.4 Extensão da série de vazões médias mensais pelo modelo CN3S

Objetivando estender a série de vazões médias mensais do posto São Francisco foi utilizado o modelo chuva-vazão CN3S. Esse modelo foi calibrado, no período de 1972 a 1993, validado nos períodos de 1994 a 2008, e em seguida empregado para a extensão da respectiva série de vazões, no período de 1931 a 1971.

5 PROCESSAMENTOS, ANÁLISES E RESULTADOS

5.1 COMPARAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA AOS MÉTODOS DE PREENCHIMENTO CONVENCIONAIS

Os hietogramas e os dados das séries de precipitação médias calculados para a bacia hidrográfica do Rio das Cinzas estão apresentados no anexo 3.

5.1.1 Análise das séries geradas com dados das estações pluviométricas com 30% de falhas:

Das séries de dados pluviométricos geradas foram calculadas as estatísticas descritivas dos dados. Avaliando-se as estatísticas de dispersão central percebeu-se que os resultados entre as séries calculadas são muito próximos, entretanto não é possível afirmar-se sobre a equivalência entre elas apenas por estas estatísticas. Se faz necessário uma análise aprimorada das variâncias e do comportamento das séries ao longo do tempo.

A tabela 14 apresenta os resultados dessas estatísticas.

Tabela 14 - Estatísticas descritivas das séries calculadas (análise 30% falhas)

Série	CT	CIDW	30F P MPR MT	30F P MPR CT	30F P MPR MIDW	30F P MPR CIDW	30F TV	30F IDWV
Média	119.28	118.77	118.83	118.51	119.40	119.18	119.18	119.55
Erro padrão	4.07	4.05	4.09	3.84	4.12	3.89	4.10	4.12
Mediana	107.28	107.10	107.12	107.35	108.48	109.09	107.40	108.01
Desvio padrão	74.55	74.21	75.01	70.39	75.47	71.23	75.11	75.55
Variância da amostra	5558.29	5506.50	5626.97	4955.12	5695.32	5073.50	5642.06	5707.35
Curtose	0.97	0.73	0.95	0.85	1.13	1.11	0.91	1.10
Assimetria	0.83	0.79	0.82	0.80	0.85	0.85	0.82	0.85

A análise de variância (ANOVA) pressupõe amostras aleatórias e independentes, dados normalmente distribuídos e variâncias populacionais iguais. Para averiguar estas condições seguiu-se uma série de testes estatísticos.

Inicialmente realizou-se o teste de equivalência das variâncias. Os resultados encontrados para o teste são apresentados por meio da Tabela 15 e da figura 36.

Hipótese nula H_0

Todas as variâncias são iguais

Hipótese alternativa H_1 Ao menos uma variância difere das demais

Nível de significância

$\alpha = 0,05$

Tabela 15 - Intervalos de confiança para os desvios padrão

Série	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
C T	74,55	(67,38; 83,27)
C IDW	74,20	(67,06; 82,88)
30F P MPR M T	75,01	(67,79; 83,78)
30F P MPR C T	70,39	(63,62; 78,62)
30 F P MPR M IDW	75,46	(68,20; 84,29)
30 F P MPR C IDW	71,22	(64,37; 79,55)
30F TV	75,11	(67,88; 83,89)
30F IDW V	75,54	(68,28; 84,385)

Resultado:

Método Estatística P-Valor
Bartlett 3.44 0.842

Como o valor de P-Valor é maior que o valor de α não existe evidência para a rejeição de H_0 .

Figura 36 - Intervalos de confiança para os desvios padrão

Seguiu-se com os testes para averiguar a normalidade dos dados de cada série, cujos resultados são apresentados na tabela 16, e com os testes para averiguar a presença de tendência, cujos resultados estão apresentados na tabela 17. Ainda que as variâncias testadas tenham passado nos testes de equivalência, e que as séries não apresentaram tendência de acordo com o teste de Mann-Kendal ao nível de significância de 95%, os dados não se mostraram normalmente distribuídos como identificado pelos testes de normalidade realizados. Nesses casos sugere-se que uma transformação nos dados, como uma transformação logarítmica ou a utilização de um Lag, possa ser utilizada para normalizá-los. Entretanto, como já foi salientado,

as séries de precipitação média mensal calculadas já possuem características de uma variabilidade natural, assim, resolveu-se aprofundar os testes de estacionariedade a fim de identificar-se possíveis variações sazonais.

Tabela 16 - Testes para averiguar a normalidade das séries

Teste	C T	C IDW	30F P MPR M T	30F P MPR C T	30F P MPR M IDW	30F P MPR C IDW	30F TV	30F IDW V
Shapiro-Wilk W	0.9574	0.9586	0.9572	0.9588	0.9559	0.9564	0.9574	0.956
p(normal)	2.62E-08	3.79E-08	2.45E-08	4.10E-08	1.65E-08	1.94E-08	2.64E-08	1.71E-08
Anderson-Darling A	2.77	2.863	2.73	2.665	2.714	2.683	2.734	2.762
p(normal)	5.51E-07	3.26E-07	6.91E-07	9.94E-07	7.54E-07	8.97E-07	6.73E-07	5.76E-07

Tabela 17 - Teste de tendência Mann-Kendall para averiguar a presença de tendência nas séries

	C T	C IDW	30F P MPR M T	30F P MPR C T	30F P MPR M IDW	30F P MPR C IDW	30F TV	30F IDW V
S :	-767	-850	-622	-746	-706	-706	-380	-683
Z :	0.37229	0.41263	0.30182	0.36208	0.34264	0.34264	0.1842	0.33146
p (no trend):	0.70968	0.67988	0.76279	0.71729	0.73187	0.73187	0.85386	0.7403

Foram realizados os testes não paramétricos de Friedman e Kruskal-Wallis para averiguar a estacionariedade das séries. O teste de Friedman foi calculado baseado na distribuição da estatística F (Fisher-Snedecor) com 11 graus de liberdade para o numerador e 297 graus de liberdade para o denominador. O teste de Kruskal-Wallis foi baseado na estatística do χ^2 com 11 graus de liberdade.

Os testes realizados apresentaram resultados significativos no sentido de apontar a não estacionariedade das séries com a presença de sazonalidade como já era esperado.

Na tabela 18 apresentam-se as estatísticas para os testes bem como os correspondentes P-valor.

Tabela 18 - Testes para averiguar a estacionariedade das séries

Teste	C T	C IDW	30F P MPR M T	30F P MPR C T	30F P MPR M IDW	30F P MPR C IDW	30F TV	30F IDW V
Friedman	12.9017	11.5933	12.4884	12.5204	12.9787	12.9670	11.9188	13.4056
P-Valor	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kruskal-Wallis	106.0834	101.4755	106.8614	106.4405	109.3597	109.7461	104.7881	109.1625
P-Valor	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

A fim de analisar a sazonalidade das séries foram calculados os correlogramas e os periodogramas das séries.

Nas figuras 37 a 52 apresentam-se os correlogramas e os periodogramas para as séries de precipitação mensal média calculadas.

Figura 37 - Correlograma da Série CT

Figura 38 - Periodograma da Série CT

Figura 39 - Correlograma da Série C IDW

Figura 40 - Periodograma Série C IDW

Figura 41 - Correlograma da Série 30F P MPR M T

Figura 42 - Periodograma Série 30F P MPR M T

Figura 43 - Correlograma da Série 30F P MPR C T

Figura 44 - Periodograma Série 30F P MPR C T

Figura 45 - Correlograma da Série 30F P MPR M IDW

Figura 46 - Periodograma Série 30F P MPR M IDW

Figura 47 - Correlograma da Série 30F P MPR C IDW

Figura 48 - Periodograma Série 30F P MPR C IDW

Figura 49 - Correlograma da Série 30F TV

Figura 50 - Periodograma Série 30F TV

Figura 51 - Correlograma da Série 30F IDW V

Figura 52 - Periodograma Série 30F IDW V

Da análise realizada dos gráficos dos correlogramas pôde-se confirmar que os dados destas séries são dependentes e da análise realizada dos gráficos dos periodogramas confirma-se a hipótese da sazonalidade anual já que a frequência do pico de densidade corresponde a um período de aproximadamente 12 meses. Esta afirmação pode ser melhor analisada segundo o Teste do Periodograma Normalizado Acumulado. Na figura 53 apresentam-se os periodogramas acumulados das séries calculadas.

Figura 53 - Periodogramas Acumulados

Verifica-se uma acentuada descontinuidade (destacada pela elipse na figura 61) na frequência correspondente a um período de 12 meses. Além disso, verifica-se um comportamento igual entre as séries pela sobreposição de seus periodogramas acumulados e que se acentua quando comparados aos periodogramas das séries testes N(80,60), N(70,50) e N2(70,50) (destacados pelo retângulo na figura 61) sabidamente gerados por processos estocásticos aleatórios. Neste caso as séries testes foram geradas com uma função aleatória com distribuição normal (N) com média e desvios determinados (X,Y).

Desta forma optou-se por trabalhar com as séries transformadas. Inicialmente calculou-se a primeira diferença destas séries com um Lag de 1 mês, procurando normalizar os dados e minimizar a variância, em seguida calculou-se a segunda diferença para as séries com um Lag de 12 meses com o intuito de retirar os efeitos de sazonalidade identificados pelos periodogramas. Estas séries foram renomeadas acrescentando-se um termo d_{-} a frente do nome da série que a originou.

Das séries transformadas foram calculadas as estatísticas descritivas dos dados. Na tabela 19 apresentam-se os resultados dessas estatísticas.

Tabela 19 - Estatísticas descritivas das séries transformadas

Série	d_{CT}	d_{CIDW}	$d_{30FPMPRMT}$	$d_{30FPMPRCT}$	$d_{30FPMPRMIDW}$	$d_{30FPMPRCIDW}$	d_{30FTV}	$d_{30FIDWV}$
Média	0.01	0.06	0.00	-0.01	-0.03	-0.03	0.02	-0.04
Erro padrão	6.96	6.95	6.95	6.50	6.98	6.57	7.00	7.01
Mediana	-2.63	-1.77	-1.37	-0.75	-1.55	-1.94	-3.23	0.01
Desvio padrão	125.13	124.95	124.97	116.86	125.38	118.13	125.73	126.03
Variância da amostra	15658.21	15613.63	15618.08	13656.55	15719.15	13954.91	15807.82	15882.40
Curtose	-0.13	-0.18	-0.07	-0.11	-0.02	-0.03	-0.07	-0.03
Assimetria	0.03	0.01	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.06

Realizou-se o teste de equivalência das variâncias. Os resultados encontrados para o teste são apresentados por meio da Tabela 20 e da figura 54.

Hipótese nula H_0 Todas as variâncias são iguais

Hipótese alternativa H_1 Ao menos uma variância difere das demais

Nível de significância $\alpha = 0,05$

Tabela 20 - Intervalos de confiança para os desvios padrão das séries transformadas

Série	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
d_{CT}	125,13	(112,87, 140,08)
d_{CIDW}	124,95	(112,71, 139,88)
$d_{30FPMPRMT}$	124,97	(112,73, 139,90)
$d_{30FPMPRCT}$	116,86	(105,41, 130,82)
$d_{30FPMPRMIDW}$	125,37	(113,09, 140,36)
$d_{30FPMPRCIDW}$	118,13	(106,56, 132,24)
d_{30FTV}	125,72	(113,41, 140,75)
$d_{30FIDWV}$	126,02	(113,68, 141,08)

Resultado:

Método	Estatística	P-Valor
Bartlett	4,04	0,775

Como o valor de P-Valor é maior que o valor de α não existe evidência para a rejeição de H_0 .

Figura 54 - Intervalos de confiança para os desvios padrão das séries transformadas

Seguiu-se com os testes para averiguar a normalidade dos dados de cada série transformada, cujos resultados são apresentados na tabela 21, e com os testes para averiguar a presença de tendência, cujos resultados estão apresentados na tabela 22.

Tabela 21 - Testes para averiguar a normalidade das séries transformadas

Teste	d_CT	d_CIDW	d_30FPMPRMT	d_30FPMPRCT	d_30FPMPRMIDW	d_30FPMPRCIDW	d_30FTV	d_30FIDWV
Shapiro-Wilk W	0.996	0.997	0.997	0.996	0.997	0.996	0.997	0.997
p(normal)	0.627	0.766	0.755	0.689	0.741	0.683	0.827	0.792
Anderson-Darling A	0.191	0.171	0.127	0.130	0.129	0.126	0.164	0.125
p(normal)	0.897	0.931	0.985	0.983	0.983	0.986	0.943	0.986

Tabela 22 - Teste de tendência Mann-Kendall para averiguar a presença de tendência nas séries transformadas

Série	d_CT	d_CIDW	d_30FPMPRMT	d_30FPMPRCT	d_30FPMPRMIDW	d_30FPMPRCIDW	d_30FTV	d_30FIDWV
S :	171.000	253.000	347.000	377.000	313.000	323.000	323.000	333.000
Z :	0.088	0.130	0.178	0.194	0.161	0.166	0.166	0.171
p (no trend):	0.930	0.897	0.858	0.846	0.872	0.868	0.868	0.864

Foram realizados os testes não paramétricos de Friedman e Kruskal-Wallis para averiguar a estacionariedade das séries transformadas. Na tabela 23 apresentam-se as estatísticas para os testes bem como os correspondentes P-valor.

Tabela 23 - Testes para averiguar a estacionariedade das séries transformadas

Teste	d_CT	d_CIDW	d_30FPMPRMT	d_30FPMPRCT	d_30FPMPRMIDW	d_30FPMPRCIDW	d_30FTV	d_30FIDWV
Friedman	0.0601	0.0603	0.0872	0.0981	0.1065	0.0893	0.0763	0.0830
P-Valor	1.0000	1.0000	1.0000	0.9999	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
Kruskal-Wallis	0.5603	0.5183	0.4464	0.4348	0.5460	0.5100	0.5024	0.5305
P-Valor	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

O teste de Friedman foi calculado baseado na distribuição da estatística F (Fisher-Snedecor) com 11 graus de liberdade para o numerador e 275 graus de liberdade para o denominador. O teste de Kruskal-Wallis foi baseado na estatística do χ^2 com 11 graus de liberdade.

Os testes realizados apresentaram resultados significativos no sentido de apontar a estacionariedade das séries transformadas.

A fim de comparar os correlogramas e os periodogramas das séries calculadas com os das séries transformadas apresentam-se nas figuras 55 e 56 o correlograma e o periodograma para a série transformada d_{CT} , sendo que as demais séries transformadas apresentam correlogramas e periodogramas análogos ao desta série.

Figura 55 - Correlograma da Série d_{CT}

Figura 56 - Periodograma da Série d_{CT}

Da análise dos testes realizados verifica-se que as séries transformadas (pela primeira e segunda diferenças) apresentaram dados com uma distribuição normal, possuem equivalência de variâncias e não apresentaram tendência ou sazonalidade. Desta forma, seguiu-se uma comparação, em relação às médias, das séries transformadas afim de averiguar se as metodologias testadas para o cálculo da precipitação mensal média na área da bacia hidrográfica apresentam diferenças estatísticas significativas.

Foi realizado o estudo da análise de variâncias (ANOVA) de fator único para as séries transformadas.

Na tabela 24 apresenta-se o resultado da ANOVA para as séries transformadas.

Tabela 24 - ANOVA das séries transformadas

Fonte da variação	Soma dos Quadrados	Graus de liberdade	Média dos Quadrados	F	P-Valor	F crítico
Entre grupos	2.4394	7	0.3485	0.000023	1.0000	2.0131
Dentro dos grupos	39255258.8032	2576	15238.8427			
Total	39255261.2425	2583				

De acordo com o teste estatístico realizado não existem evidências para rejeitar a hipótese H_0 de igualdade para as médias.

Também foi verificado pelo teste de comparações simultâneas de Tukey, par a par entre as séries, a igualdade das médias. Na tabela 25 apresentam-se nas células abaixo da diagonal principal (células em cinza) os valores da estatística Q de Tukey e nas células acima da diagonal principal (células em azul) o P-Valor para a igualdade das médias.

Tabela 25 - Teste de Tukey entre as séries transformadas

Séries	<i>d_CT</i>	<i>d_CIDW</i>	<i>d_30FPMPRMT</i>	<i>d_30FPMPRCT</i>	<i>d_30FPMPRMIDW</i>	<i>d_30FMPRCIDW</i>	<i>d_30FTV</i>	<i>d_30FIDW</i>
<i>d_CT</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>d_CIDW</i>	0.0073	1	1	1	1	1	1	1
<i>d_30FPMPRMT</i>	0.0011	0.0084	1	1	1	1	1	1
<i>d_30FPMPRCT</i>	0.0019	0.0092	0.0008	1	1	1	1	1
<i>d_30FPMPRMIDW</i>	0.0060	0.0133	0.0049	0.0041	1	1	1	1
<i>d_30FMPRCIDW</i>	0.0055	0.0128	0.0044	0.0036	0.0005	1	1	1
<i>d_30FTV</i>	0.0012	0.0061	0.0024	0.0031	0.0072	0.0067	1	1
<i>d_30FIDW</i>	0.0076	0.0149	0.0065	0.0057	0.0016	0.0021	0.0088	1

Verifica-se que nenhuma média se distingue uma das outras levando-se a crer que as séries são equivalentes, e que os processos que às geraram podem ser utilizados com resultados semelhantes ao nível de significância de 5%.

Calculou-se o índice de similaridade entre as séries por meio da análise de agrupamentos. Na figura 57 apresenta-se o dendrograma das séries calculadas.

Figura 57 - Dendrograma das séries calculadas

Verificou-se um alto valor de similaridade entre as séries o que está de acordo com a análise das variâncias realizada. Além disso as séries foram agrupadas de forma a distinguir as séries sem falhas das séries geradas a partir de dados com falhas e também distinguiu estas séries pelos métodos de cálculo da média (Thiessen variáveis e interpoladores variáveis).

A fim de comparar este dendrograma das séries calculadas calculou-se o dendrograma para as séries transformadas. Na figura 58 apresenta-se o dendrograma para as séries transformadas.

Figura 58 - Dendrograma das séries transformadas

Verifica-se que ambos os dendrogramas apresentaram resultados equivalentes.

Ainda que em termos de média e variância as séries apresentem valores equivalentes é necessário analisar o comportamento destas séries ao longo do tempo para averiguar se apresentam uma mesma estrutura de correlação. Assim optou-se por analisar outras duas propostas de comparação de séries temporais, o Teste das Somas Acumuladas (COATES E DIGGLE, 1986) e uma extensão do Teste de Igualdade das Funções de Autocorrelação (QUENOUILLE, 1958) adaptado por Rosenhead (1968).

Para o teste das somas acumuladas foram calculados os valores da razão entre os periodogramas entre cada par possível entre as séries. Obteve-se então as estatísticas O_j e a sua distribuição foi comparada com a distribuição uniforme $U(0, 1)$. A comparação foi realizada pelo teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov e os P-Valores dos testes realizados estão apresentados na tabela 26.

Tabela 26 - Valores de P-Valor para o teste de Kolmogorov-Smirnov

Séries	C T	C IDW	30F P MPR M T	30F P MPR C T	30F P MPR M IDW	30F P MPR C IDW	30F TV	30F IDW V
C T	1.000							
C IDW	0.716	1.000						
30F P MPR M T	0.283	0.224	1.000					
30F P MPR C T	0.206	0.134	0.585	1.000				
30F P MPR M IDW	0.305	0.174	0.650	0.778	1.000			
30F P MPR C IDW	0.224	0.112	0.491	0.650	0.618	1.000		
30F TV	0.491	0.491	0.864	0.947	0.837	0.888	1.000	
30F IDW V	0.378	0.242	0.683	0.808	0.778	0.888	0.405	1.000

Para os valores encontrados não se rejeita a hipótese H_0 de igualdade das funções de densidade espectral, ao nível de significância 5%, para cada par de séries testadas. Isso reforça

a ideia de que as séries provêm de um mesmo processo estocástico, sendo então os métodos que geraram as séries considerados equivalentes.

O teste das somas acumuladas também foi realizado para as séries transformadas, na tabela 27 apresentam-se os P-Valores para o teste de Kolmogorov-Smirnov com as séries transformadas.

Tabela 27 - Valores de P-Valor para o teste de Kolmogorov-Smirnov Séries transformadas

Séries	d_{CT}	d_{CIDW}	$d_{30FPMPRMT}$	$d_{30FPMPRCT}$	$d_{30FPMPRMIDW}$	$d_{30FMPRCIDW}$	d_{30FTV}	$d_{30FIDWV}$
d_{CT}	1.000							
d_{CIDW}	0.496	1.000						
$d_{30FPMPRMT}$	0.757	0.329	1.000					
$d_{30FPMPRCT}$	0.626	0.242	0.626	1.000				
$d_{30FPMPRMIDW}$	0.593	0.223	0.789	0.789	1.000			
$d_{30FMPRCIDW}$	0.626	0.205	0.757	0.757	0.725	1.000		
d_{30FTV}	0.659	0.306	0.626	0.757	0.757	0.819	1.000	
$d_{30FIDWV}$	0.659	0.205	0.725	0.789	0.725	0.757	0.354	1.000

Com a finalidade de averiguar a capacidade do teste em detectar a diferença entre séries geradas por processos estocásticos distintos comparamos as séries calculadas com uma série aleatória normalmente distribuída, com média 80 e desvio padrão 60, esta série está representada pela nomenclatura $N(80,60)$. Na tabela 28 apresentam-se os P-valores para o teste de Kolmogorov-Smirnov e nas figuras 59 e 60 apresentam-se os ajustes da estatística O_j à distribuição $U(1,0)$ das comparações entre as séries $CIDW - N(80,60)$ e $CT - CIDW$.

Tabela 28 - Valores de P-Valor para o teste de Kolmogorov-Smirnov da comparação com a série $N(80,60)$

Séries	$N(80,60)$
C IDW	0.0009
30F P MPR M T	0.0009
30F P MPR C T	0.0011
30F P MPR M IDW	0.0011
30F P MPR C IDW	0.0013
30F TV	0.0009
30F IDW V	0.0009

Os resultados dos P-valores indicam que a hipótese H_0 de igualdade das funções de densidade espectral nesse caso deve ser rejeitada ao nível de significância de 5%, como era esperado.

Figura 59 - Ajuste da estatística O_j à distribuição $U(1,0)$

Figura 60 - Ajuste da estatística O_j à distribuição $U(1,0)$

Os resultados encontrados ao utilizarmos as séries transformadas foram equivalentes aos encontrados com as séries calculadas. Ao testar-se a comparação das séries calculadas com uma série sabidamente diferente o teste das somas acumuladas foi capaz de diferenciar os processos estocásticos geradores.

Para o teste de igualdade entre as funções de autocorrelação foram calculados os valores de autocorrelação de cada série. Da média dos valores de autocorrelação para o Lag 1 determinou-se o coeficiente do modelo de ajuste auto regressivo de ordem 1. A partir deste modelo calcularam-se as séries residuais e destas calcularam-se os valores de autocorrelação parcial. Foram determinados os valores da estatística T de acordo com o proposto por Rosenhead (1968) que foram testados segundo a distribuição de χ^2 .

Na tabela 29 apresentam-se os valores da estatística T e os respectivos p-valores para um nível de confiança de 5 %.

Tabela 29 - Valores de P-Valor para o teste de igualdade das funções de autocorrelação para as séries calculadas

T	Valor	GL	P-valor
1	0.12786	7	0.99999
2	0.00506	7	1.00000
3	0.01337	7	1.00000
4	0.02126	7	1.00000
5	0.03997	7	1.00000
6	0.01401	7	1.00000
7	0.0781	7	1.00000
8	0.03982	7	1.00000
Soma	0.33945	56	1.00000

O teste de igualdade das funções de autocorrelação também foi realizado para as séries transformadas. Na tabela 30 apresentam-se os P-Valores para o teste de igualdade das funções de autocorrelação com as séries transformadas.

Tabela 30 - Valores de P-Valor para o teste de igualdade das funções de autocorrelação das séries transformadas

T	Valor	GL	P-valor
1	0.01567	7	1.00000
2	0.12579	7	0.99999
3	0.00958	7	1.00000
4	0.0635	7	1.00000
5	0.01184	7	1.00000
6	0.16884	7	0.99999
7	0.15033	7	0.99999
8	0.10595	7	1.00000
Soma	0.65151	56	1.00000

Pode-se averiguar que em ambos os casos a hipótese H_0 de que as funções de autocorrelação das séries são iguais não pode ser rejeitada ao nível de confiança considerado. Assim as séries calculadas pelos diferentes métodos podem ter consideradas as mesmas estruturas de correlação.

Uma forma gráfica de visualizar a igualdade das estruturas de autocorrelação existentes consiste em plotar um gráfico de dispersão entre os periodogramas normalizados acumulados entre as séries analisadas. Quando as estruturas de correlação são equivalentes os pontos se ajustam numa reta. Nas figuras 61 e 62 apresentam-se os gráficos dos periodogramas normalizados acumulados para as séries calculadas e séries transformadas plotados em relação às séries CT e d_CT.

Figura 61 - Periodogramas normalizados acumulados – séries calculadas

Figura 62 - Periodogramas normalizados acumulados – séries transformadas

Verifica-se que as séries se ajustaram bem a uma reta com exceção da série teste $N(80,60)$ sabidamente diferente das séries analisadas. Os marcadores nas séries CT e $N(80,60)$ ilustram a descontinuidade nos periodogramas acumulados das séries calculadas fruto da sazonalidade já identificada anteriormente. Observa-se que para as séries transformadas esta descontinuidade acentuada não está presente.

5.1.2 Análise das séries geradas com dados das estações pluviométricas com 50% de falhas:

Das séries de dados pluviométricos geradas foram calculadas as estatísticas descritivas dos dados. Tal como na análise das séries geradas a partir dos dados com 30% de falhas as estatísticas de dispersão central mostram que os resultados entre as séries calculadas são muito

próximos, da mesma forma que não é possível afirmar-se sobre a equivalência entre elas apenas por estas estatísticas. Na tabela 31 apresentam-se os resultados dessas estatísticas.

Tabela 31 - Estatísticas descritivas das séries calculadas (análise 50% de falhas)

Série	C T	C IDW	50F P MPR M T	50F P MPR C T	50F P MPR M IDW	50F P MPR C IDW	50F TV	50F IDW V
Média	119.278	118.767	118.937	118.914	119.173	119.121	119.109	119.660
Erro padrão	4.067	4.048	4.109	3.684	4.123	3.739	4.143	4.130
Mediana	107.283	107.099	107.111	107.728	107.518	108.792	107.919	109.302
Desvio padrão	74.554	74.206	75.313	67.528	75.571	68.545	75.941	75.707
Variância da amostra	5558.287	5506.505	5672.122	4559.968	5710.972	4698.402	5767.107	5731.605
Curtose	0.968	0.735	1.002	0.947	1.127	1.216	1.102	1.133
Assimetria	0.828	0.792	0.838	0.819	0.864	0.872	0.878	0.868

Novamente uma análise aprimorada das variâncias e do comportamento das séries ao longo do tempo será realizada, seguindo os mesmos passos da análise anterior, desta forma apresentaremos diretamente os resultados encontrados.

Teste de equivalência das variâncias. Os resultados encontrados para o teste são apresentados por meio da Tabela 32 e da figura 63.

Hipótese nula H_0 Todas as variâncias são iguais
 Hipótese alternativa H_1 Ao menos uma variância difere das demais
 Nível de significância $\alpha = 0,05$

Tabela 32 - Intervalos de confiança para os desvios padrão (análise 50% de falhas)

Série	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
C T	74,55	(67,38; 83,27)
C IDW	74,20	(67,06; 82,88)
50F P MPR M T	75,31	(68,06; 84,11)
50F P MPR C T	67,52	(61,03; 75,42)
50 F P MPR M IDW	75,57	(68,30; 84,40)
50 F P MPR C IDW	68,54	(61,95; 76,56)
50F TV	75,94	(68,63; 84,82)
50F IDW V	75,70	(68,42; 84,55)

Resultado:

Método Estatística P-Valor
 Bartlett 10,12 0,182

Como o valor de P-Valor é maior que o valor de α não existe evidência para a rejeição de

H_0 .

Figura 63 - Intervalos de confiança para os desvios padrão (análise 50% de falhas)

Seguiu-se com os testes para averiguar a normalidade dos dados de cada série, cujos resultados são apresentados na tabela 33, e com os testes para averiguar a presença de tendência, cujos resultados estão apresentados na tabela 34.

Tabela 33 - Testes para averiguar a normalidade das séries (análise 50% de falhas)

Teste	C T	C IDW	50F P MPR M T	50F P MPR C T	50F P MPR M IDW	50F P MPR C IDW	50F TV	50F IDW V
Shapiro-Wilk W	0.9571	0.9583	0.9561	0.9583	0.9546	0.9547	0.9534	0.9546
p(normal)	2.21E-08	3.22E-08	1.61E-08	3.22E-08	1.02E-08	1.06E-08	7.15E-09	1.02E-08
Anderson-Darling A	2.816	2.909	2.915	2.838	2.975	2.941	3.094	2.931
p(normal)	4.25E-07	2.53E-07	2.43E-07	3.75E-07	1.75E-07	2.11E-07	8.92E-08	2.23E-07

Tabela 34 - Teste de tendência Mann-Kendall para averiguar a presença de tendência nas séries (análise 50% de falhas)

	C T	C IDW	50F P MPR M T	50F P MPR C T	50F P MPR M IDW	50F P MPR C IDW	50F TV	50F IDW V
S :	-767	-850	-272	-556	-395	-621	-266	-439
Z :	0.37229	0.41263	0.13171	0.26974	0.19149	0.30133	0.12879	0.21287
p (no trend):	0.70968	0.67988	0.89521	0.78736	0.84814	0.76316	0.89752	0.83142

Ainda que as variâncias testadas tenham passado nos testes de equivalência, e que as séries não apresentarem tendência de acordo com o teste de Mann-Kendal ao nível de significância de 95%, os dados não se mostraram normalmente distribuídos como identificado pelos testes de normalidade realizados.

Foram realizados os testes não paramétricos de Friedman e Kruskal-Wallis para averiguar a estacionariedade das séries calculadas. Na tabela 35 apresentam-se as estatísticas para os testes bem como os correspondentes P-valor.

Tabela 35 - Testes para averiguar a estacionariedade das séries calculadas (análise 50% de falhas)

Teste	C T	C IDW	50F P MPR M T	50F P MPR C T	50F P MPR M IDW	50F P MPR C IDW	50F TV	50F IDW V
Friedman	12.9017	11.5933	13.8076	14.2682	14.8328	15.0700	13.0125	15.5227
P-Valor	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Kruskall-Wallis	106.0834	101.4755	112.2079	111.5137	114.6567	114.2268	107.6724	114.1982
P-Valor	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

O teste de Friedman foi calculado baseado na distribuição da estatística F (Fisher-Snedecor) com 11 graus de liberdade para o numerador e 297 graus de liberdade para o denominador. O teste de Kruskal-Wallis foi baseado na estatística do χ^2 com 11 graus de liberdade.

Os testes realizados apresentaram resultados significativos no sentido de apontar a não estacionariedade das séries com a presença de sazonalidade como já era esperado.

A fim de analisar a sazonalidade das séries foram calculados os correlogramas e os periodogramas das séries.

Nas figuras 64 a 75 apresentam-se os correlogramas e os periodogramas para as séries de precipitação mensal média calculadas.

Figura 64 - Correlograma Série 50F P MPR M T

Figura 65 - Periodograma Série 50F P MPR M T

Figura 66 - Correlograma Série 50F P MPR C T

Figura 67 - Periodograma Série 50F P MPR C T

Figura 68 - Correlograma Série 50F P MPR M IDW

Figura 69 - Periodograma Série 50F P MPR M IDW

Figura 70 - Correlograma Série 50F P MPR C IDW

Figura 71 - Periodograma Série 50F P MPR C IDW

Figura 72 - Correlograma Série 50F TV

Figura 73 - Periodograma Série 50F TV

Figura 74 - Correlograma Série 50F IDW V

Figura 75 - Periodograma Série 50F IDW V

Como quando da análise das séries geradas a partir das séries com 30% falhas analisando-se os gráficos dos correlogramas para as séries geradas a partir dos dados com 50% de falhas pôde-se confirmar que os dados destas séries também são dependentes e da análise realizada dos gráficos dos periodogramas também se confirma a hipótese da sazonalidade anual já que a frequência do pico de densidade corresponde a um período de aproximadamente 12 meses. Esta afirmação pode ser melhor analisada segundo o Teste do Periodograma Normalizado Acumulado. Na figura 76 apresentam-se os periodogramas acumulados das séries calculadas.

Figura 76 - Periodogramas Acumulados (análise 50% de falhas)

Verifica-se uma acentuada descontinuidade (destacada pela elipse na figura 76) na frequência correspondente a um período de 12 meses. Além disso, verifica-se um comportamento igual entre as séries pela sobreposição de seus periodogramas acumulados.

Analogamente, optou-se por trabalhar com as séries transformadas. Calculou-se a primeira diferença destas séries com um Lag de 1 mês, procurando normalizar os dados e minimizar a variância, em seguida calculou-se a segunda diferença para as séries com um Lag de 12 meses com o intuito de retirar os efeitos de sazonalidade identificados pelos periodogramas. Estas séries foram também renomeadas acrescentando-se um termo d_{-} a frente do nome da série que a originou.

Das séries transformadas foram calculadas as estatísticas descritivas dos dados. Na tabela 36 apresentam-se os resultados dessas estatísticas.

Tabela 36 - Estatísticas descritivas das séries transformadas (análise 50% de falhas)

Série	$d_{-}CT$	$d_{-}CIDW$	$d_{-}50FPMPRMT$	$d_{-}50FPMPRCT$	$d_{-}50FPMPRMIDW$	$d_{-}50FPMPRCIDW$	$d_{-}50FTV$	$d_{-}50FIDWV$
Média	0.01	0.06	0.04	0.03	0.01	0.00	0.11	0.03
Erro padrão	6.96	6.95	6.92	6.21	6.93	6.29	7.05	6.94
Mediana	-2.63	-1.77	-3.24	-3.18	-2.31	-3.24	-2.61	-2.49
Desvio padrão	125.13	124.95	124.36	111.59	124.59	113.04	126.62	124.70
Variância da amostra	15658.21	15613.63	15464.33	12451.65	15521.91	12777.63	16033.17	15549.39
Curtose	-0.13	-0.18	0.00	0.02	0.03	0.07	-0.03	0.01
Assimetria	0.03	0.01	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.03

Realizou-se o teste de equivalência das variâncias. Os resultados encontrados para o teste são apresentados por meio da Tabela 37 e da figura 77.

Hipótese nula H_0	Todas as variâncias são iguais
Hipótese alternativa H_1	Ao menos uma variância difere das demais
Nível de significância	$\alpha = 0,05$

Tabela 37 - Intervalos de confiança para os desvios padrão das séries transformadas (análise 50% de falhas)

Série	Desvio Padrão	Intervalo de confiança
$d_{-}CT$	125,13	(112,87, 140,08)
$d_{-}CIDW$	124,95	(112,71, 139,88)
$d_{-}50FPMPRMT$	124,35	(112,17, 139,21)
$d_{-}50FPMPRCT$	111,58	(100,65, 124,92)
$d_{-}50FPMPRMIDW$	124,58	(112,38, 139,47)
$d_{-}50FPMPRCIDW$	113,03	(101,96, 126,54)
$d_{-}50FTV$	126,62	(114,22, 141,75)
$d_{-}50FIDWV$	124,69	(112,48, 139,60)

Resultado:

Método Estatística	P-Valor
Bartlett 10,93	0,142

Como o valor de P-Valor é maior que o valor de α não existe evidência para a rejeição de H_0 ,

Figura 77 - Intervalos de confiança para os desvios padrão das séries transformadas (análise 50% de falhas)

Seguiu-se com os testes para averiguar a normalidade dos dados de cada série transformada, cujos resultados são apresentados na tabela 38, e com os testes para averiguar a presença de tendência, cujos resultados estão apresentados na tabela 39.

Tabela 38 - Testes para averiguar a normalidade das séries transformadas (análise 50% de falhas)

Teste	<i>d_CT</i>	<i>d_CIDW</i>	<i>d_50FPMRMT</i>	<i>d_50FMPRCT</i>	<i>d_50FMPRMIDW</i>	<i>d_50FMPRCIDW</i>	<i>d_50FTV</i>	<i>d_50FIDWV</i>
Shapiro-Wilk W	0.9962	0.9968	0.9955	0.9952	0.9957	0.9956	0.9962	0.9959
p(normal)	0.6269	0.7662	0.4847	0.423	0.5134	0.4891	0.6423	0.5692
Anderson-Darling A	0.1913	0.1712	0.2804	0.3088	0.2888	0.3137	0.1932	0.2586
p(normal)	0.8965	0.9307	0.6409	0.5568	0.6142	0.545	0.8935	0.7142

Verificou-se que a hipótese H_0 de normalidade não foi rejeitada.

Tabela 39 - Teste de tendência Mann-Kendall para averiguar a presença de tendência nas séries transformadas (análise 50% de falhas)

Série	<i>d_CT</i>	<i>d_CIDW</i>	<i>d_50FPMRMT</i>	<i>d_50FMPRCT</i>	<i>d_50FMPRMIDW</i>	<i>d_50FMPRCIDW</i>	<i>d_50FTV</i>	<i>d_50FIDWV</i>
S :	171.000	253.000	107.000	185.000	45.000	133.000	131.000	63.000
Z :	0.088	0.130	0.055	0.095	0.023	0.068	0.067	0.032
p (no trend):	0.930	0.897	0.956	0.924	0.982	0.946	0.947	0.975

Verificou-se que a hipótese H_0 de não existir tendência não foi rejeitada.

Foram realizados os testes não paramétricos de Friedman e Kruskal-Wallis para averiguar a estacionariedade das séries transformadas. Na tabela 40 apresentam-se as estatísticas para os testes bem como os correspondentes P-valor.

Tabela 40 - Testes para averiguar a estacionariedade das séries transformadas (análise 50% de falhas)

<i>Teste</i>	<i>CT</i>	<i>C IDW</i>	<i>50F P MPR M T</i>	<i>50F P MPR C T</i>	<i>50F P MPR M IDW</i>	<i>50F P MPR C IDW</i>	<i>50F TV</i>	<i>50F IDWV</i>
Friedman	0.0601	0.0603	0.0872	0.0591	0.0685	0.0851	0.0851	0.0581
P-Valor	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Kruskal-Wallis	0.5603	0.5183	0.6875	0.6953	0.7056	0.6484	0.5353	0.6049
P-Valor	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

O teste de Friedman foi calculado baseado na distribuição da estatística F (Fisher-Snedecor) com 11 graus de liberdade para o numerador e 275 graus de liberdade para o denominador. O teste de Kruskal-Wallis foi baseado na estatística do χ^2 com 11 graus de liberdade.

Os testes realizados apresentaram resultados significativos no sentido de apontar a estacionariedade das séries transformadas.

Da análise dos testes realizados verifica-se que as séries transformadas (pela primeira e segunda diferenças) apresentaram dados com uma distribuição normal, possuem equivalência de variâncias e não apresentaram tendência ou sazonalidade. Desta forma, seguiu-se uma comparação, em relação às médias, das séries transformadas afim de averiguar se as metodologias testadas para o cálculo da precipitação média mensal na área da bacia hidrográfica apresentam diferenças estatísticas significativas.

Foi realizado o estudo da análise de variâncias (ANOVA) de fator único para as séries transformadas.

Tabela 41 - ANOVA das séries transformadas (análise 50% de falhas)

<i>Fonte da variação</i>	<i>Soma dos Quadrados</i>	<i>Graus de liberdade</i>	<i>Média dos Quadrados</i>	<i>F</i>	<i>P-Valor</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	2.8584	7	0.4083	0.000027	1.0000	2.0131
Dentro dos grupos	38340507.7346	2576	14883.7375			
Total	38340510.5930	2583				

De acordo com o teste estatístico realizado não existem evidências para rejeitar a hipótese H_0 de igualdade para as médias.

Também foi verificado pelo teste de comparações simultâneas de Tukey, par a par entre as séries, a igualdade das médias. Na tabela 42 apresentam-se nas células abaixo da diagonal (células em cinza) principal os valores da estatística Q de Tukey e nas células acima da diagonal (células em azul) principal o P-Valor para a igualdade das médias.

Tabela 42 - Teste de Tukey entre as séries transformadas (análise 50% de falhas)

Séries	<i>d</i> _CT	<i>d</i> _CIDW	<i>d</i> _50FPMPRMT	<i>d</i> _50FPMPRCT	<i>d</i> _50FPMPRMIDW	<i>d</i> _50FPMPRCIDW	<i>d</i> _50FTV	<i>d</i> _50FIDW
<i>d</i> _CT		1	1	1	1	1	1	1
<i>d</i> _CIDW	0.0074		1	1	1	1	1	1
<i>d</i> _50FPMPRMT	0.0054	0.0020		1	1	1	1	1
<i>d</i> _50FPMPRCT	0.0039	0.0035	0.0015		1	1	1	1
<i>d</i> _50FPMPRMIDW	0.0011	0.0063	0.0043	0.0028		1	1	1
<i>d</i> _50FPMPRCIDW	0.0010	0.0084	0.0064	0.0049	0.0021		1	1
<i>d</i> _50FTV	0.0154	0.0080	0.0100	0.0115	0.0143	0.0164		1
<i>d</i> _50FIDW	0.0030	0.0044	0.0024	0.0009	0.0019	0.0039	0.0124	

Verifica-se que nenhuma média se distingue uma das outras levando-se a crer que as séries são equivalentes, e que os processos que às geraram podem ser utilizados com resultados semelhantes ao nível de significância de 5%.

Calculou-se o índice de similaridade entre as séries por meio da análise de agrupamentos. Na figura 78 apresenta-se o dendrograma das séries calculadas 50% falhas.

Figura 78 - Dendrograma das séries calculadas (análise 50% de falhas)

Verificou-se um alto valor de similaridade entre as séries o que está de acordo com a análise das variâncias realizada. Além disso as séries foram agrupadas de forma a distinguir as séries sem falhas das séries geradas a partir de dados com falhas e também distinguiu estas séries pelos métodos de cálculo da média (Thiessen variáveis e interpoladores variáveis). Com o aumento das falhas a metodologia alternativa proposta com o interpolador IDW variável aproximou-se ainda mais dos métodos convencionais.

A fim de comparar este dendrograma das séries calculadas calculou-se o dendrograma para as séries transformadas. Na figura 79 apresenta-se o dendrograma para as séries transformadas 50% falhas.

Figura 79 - Dendrograma das séries transformadas (análise 50% de falhas)

Verifica-se que ambos os dendrogramas apresentaram resultados equivalentes.

Ainda que em termos de média e variância as séries apresentem valores equivalentes é necessário analisar o comportamento destas séries ao longo do tempo para averiguar se apresentam uma mesma estrutura de correlação. Como na análise anterior aplicou-se o Teste das Somas Acumuladas (COATES; DIGGLE, 1986) e uma extensão do Teste de Igualdade das Funções de Autocorrelação (QUENOUILLE, 1958) adaptado por Rosenhead (1968).

Para o teste das somas acumuladas foram calculados os valores da razão entre os periodogramas entre cada par possível entre as séries. Obteve-se então as estatísticas O_j e a sua distribuição foi comparada com a distribuição uniforme $U(0, 1)$. A comparação foi realizada pelo teste não paramétrico de Kolmogorov-Smirnov e os P-Valores dos testes realizados estão apresentados na tabela 43.

Tabela 43 - Valores de P-Valor para o teste de Kolmogorov-Smirnov (análise 50% de falhas)

Séries	CT	CIDW	50FPMRMT	50FPMRCT	50FPMRMDW	50FPMRCIDW	50FTV	50FIDWV
CT	1.0000							
CIDW	0.7155	1.0000						
50FPMRMT	0.7474	0.5854	1.0000					
50FPMRCT	0.7784	0.6505	0.6831	1.0000				
50FPMRMDW	0.4914	0.3528	0.4050	0.4914	1.0000			
50FPMRCIDW	0.7155	0.5221	0.5854	0.6505	0.7784	1.0000		
50FTV	0.5221	0.4617	0.6178	0.6178	0.7474	0.6505	1.0000	
50FIDWV	0.5534	0.4050	0.5534	0.5854	0.8368	0.6178	0.5221	1.0000

Para os valores encontrados não se rejeita a hipótese H_0 de igualdade das funções de densidade espectral, ao nível de significância 5%, para cada par de séries testado. Isso reforça

a ideia de que as séries provêm de um mesmo processo estocástico, sendo então os métodos que geraram as séries considerados equivalentes.

O teste das somas acumuladas também foi realizado para as séries transformadas, na tabela 44 apresentam-se os P-Valores para o teste de Kolmogorov-Smirnov com as séries transformadas.

Tabela 44 - Valores de P-Valor para o teste de Kolmogorov-Smirnov Séries transformadas (análise 50% de falhas)

Séries	<i>d_CT</i>	<i>d_CIDW</i>	<i>d_50FPMPRMT</i>	<i>d_50FPMPRCT</i>	<i>d_50FPMPRMIDW</i>	<i>d_50FMPMPCIDW</i>	<i>d_50FTV</i>	<i>d_50FIDWV</i>
<i>d_CT</i>	1.0000							
<i>d_CIDW</i>	0.4963	1.0000						
<i>d_50FPMPRMT</i>	0.1202	0.3804	1.0000					
<i>d_50FPMPRCT</i>	0.1445	0.4078	0.8188	1.0000				
<i>d_50FPMPRMIDW</i>	0.3056	0.1445	0.5277	0.4078	1.0000			
<i>d_50FMPMPCIDW</i>	0.3293	0.2049	0.6589	0.5925	0.8736	1.0000		
<i>d_50FTV</i>	0.0390	0.6256	0.9544	0.8736	0.8736	0.8472	1.0000	
<i>d_50FIDWV</i>	0.5925	0.2830	0.7887	0.6589	0.9384	0.7887	0.5925	1.0000

Os resultados encontrados ao utilizarmos as séries transformadas foram equivalentes aos encontrados com as séries calculadas com a exceção da comparação entre as séries *d_CT* e *d_50FTV* cujo P-valor para o teste foi de 0,039, portanto menor que o valor significativo adotado de 0,05, levando então a rejeição da hipótese H_0 para este caso ao nível de significância de 5%. Apesar de muito similar aos demais resultados este comportamento para esta série corrobora a pequena diferença percebida pelo dendrograma das figuras 78 e 79.

Como nos testes anteriores (análise 30% de falhas) para o teste de igualdade entre as funções de autocorrelação foram calculados os valores de autocorrelação de cada série. Da média dos valores de autocorrelação para o Lag 1 determinou-se o coeficiente do modelo de ajuste auto regressivo de ordem 1. A partir deste modelo calcularam-se as séries residuais e destas calcularam-se os valores de autocorrelação parcial. Foram determinados os valores da estatística T de acordo com o proposto por Rosenhead (1968) que foram testados segundo a distribuição de χ^2 .

Na tabela 45 apresentam-se os valores da estatística T e os respectivos p-valores.

Tabela 45 - Valores de P-Valor para o teste de igualdade das funções de autocorrelação para as séries calculadas (análise 50% de falhas)

T	Valor	GL	P-valor
1	0.29597	7	0.99990
2	0.0074	7	1.00000
3	0.20307	7	0.99997
4	0.03994	7	1.00000
5	0.09422	7	1.00000
6	0.1905	7	0.99998
7	0.13001	7	0.99999
8	0.42726	7	0.99967
Soma	1.38838	56	1.00000

O teste de igualdade das funções de autocorrelação também foi realizado para as séries transformadas. Na tabela 46 apresentam-se os P-Valores para o teste de igualdade das funções de autocorrelação com as séries transformadas.

Tabela 46 - Valores de P-Valor para o teste de igualdade das funções de autocorrelação das séries transformadas

T	Valor	GL	P-valor
1	0.10677	7	1.00000
2	0.16218	7	0.99999
3	0.24058	7	0.99995
4	0.02596	7	1.00000
5	0.03013	7	1.00000
6	0.15364	7	0.99999
7	0.31176	7	0.99989
8	0.02124	7	1.00000
Soma	1.05226	56	1.00000

Pode-se averiguar que em ambos os casos a hipótese H_0 de que as funções de autocorrelação das séries são iguais não pode ser rejeitada ao nível de confiança considerado. Assim as séries calculadas pelos diferentes métodos podem ter consideradas as mesmas estruturas de correlação.

Nas figuras 80 e 81 apresentam-se os gráficos dos periodogramas normalizados acumulados para as séries calculadas e séries transformadas plotados em relação às séries CT e d_CT.

Figura 80 - Periodogramas normalizados acumulados – séries calculadas (análise 50% de falhas)

Figura 81 - Periodogramas normalizados acumulados – séries transformadas (análise 50% de falhas)

Verifica-se que as séries se ajustaram bem a uma reta com exceção da série teste N(80,60) sabidamente diferente das séries analisadas. Os marcadores nas séries CT e N(80,60) ilustram a descontinuidade nos periodogramas acumulados das séries calculadas fruto da sazonalidade já identificada anteriormente. Observa-se que para as séries transformadas esta descontinuidade acentuada não está presente.

De modo a analisar os resultados dos dados calculados nas séries foram calculadas medidas resumo comparando as séries aos dados de precipitação mensal média calculados com os dados sem falhas e pelo método do polígono de Thiessen, que tem sido um método comumente utilizado para espacialização da precipitação média em muitos estudos hidrológicos. As medidas resumo calculadas são a raiz do erro médio quadrático (RMSE), o erro percentual absoluto médio (MAPE) e o Índice de Nash-Sutcliffe. Nas tabelas 47 e 48 apresentam-se as medidas resumos para as análises de 30% e 50% de falhas.

Tabela 47 - Medidas resumo para a análise com 30% de falhas

Estatística	C IDW	30F P MPR M T	30F P MPR C T	30F P MPR M IDW	30F P MPR C IDW	30F TV	30F IDW V
RMSE	5,07	7,23	8,47	6,23	6,87	7,85	6,19
MAPE	3,96	6,11	55,31	4,88	49,35	5,94	4,78
NASH	0,9954	0,9906	0,9870	0,9930	0,9915	0,9889	0,9931

Tabela 48 - Medidas resumo para a análise com 50% de falhas

Estatística	C IDW	50F P MPR M T	50F P MPR C T	50F P MPR M IDW	50F P MPR C IDW	50F TV	50F IDW V
RMSE	5,07	9,18	11,63	8,93	10,52	9,59	8,46
MAPE	3,96	8,02	111,22	7,92	105,42	7,65	7,37
NASH	0,9954	0,9848	0,9756	0,9856	0,9800	0,9834	0,9871

Por fim foi realizada uma análise de variância para cada mês das séries, e de acordo com os testes estatísticos realizados não existem evidências para rejeitar as hipóteses H_0 de igualdade para as médias em cada um dos casos analisados. Os resultados das análises de variância realizados encontram-se detalhados no Anexo 4.

5.2 AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA QUANTIDADE DE FALHAS NA METODOLOGIA PROPOSTA

5.2.1 Método dos polígonos de Thiessen Variáveis:

A partir dos arquivos de entrada com os dados de pluviometria foram calculadas as séries de precipitação mensal média com a ferramenta de polígonos de Thiessen variáveis. Nas tabelas do Anexo 5 apresentam-se as séries de precipitação mensal médias calculadas correspondentes

a cada uma das entradas, que variam desde os dados completos até os dados com imposição de 70% de falhas.

Na figura 82 apresenta-se o gráfico em que estão plotadas as 8 séries de precipitação mensal médias que foram calculadas pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis.

Figura 82 - Pluviogramas das séries calculadas com o método dos polígonos de Thiessen (mm)

Na tabela 49 apresentam-se as estatísticas descritivas para as 8 séries de precipitação mensal médias que foram calculadas pelo método de polígonos de Thiessen variáveis.

Tabela 49 - Estatísticas Descritivas das séries de precipitação mensal média (mm)

	Thiessen Completo	10% Falhas TV	20% Falhas TV	30% Falhas TV	40% Falhas TV	50% Falhas TV	60% Falhas TV	70% Falhas TV
Média	75,7	75,6	75,0	74,2	75,7	75,1	73,0	77,0
Erro padrão	5,9	6,0	5,9	5,7	6,0	5,7	5,8	6,0
Mediana	59,1	59,5	59,1	61,4	61,6	62,6	57,6	63,8
Desvio padrão	64,8	64,9	64,5	62,2	65,8	62,1	63,6	65,0
Variância da amostra	4193,3	4216,2	4161,0	3868,2	4332,5	3859,7	4046,5	4221,3
Curtose	2,4	2,5	2,6	2,0	2,9	1,9	3,1	4,3
Assimetria	1,5	1,5	1,5	1,4	1,6	1,4	1,6	1,8

A fim de comparar os resultados foram calculados os coeficientes de correlação entre cada uma das séries calculadas a partir dos dados de entrada com falhas e a série calculada a partir dos dados de entrada sem falhas.

Na tabela 50 apresentam-se os coeficientes de correlação calculados entre as séries para o método dos polígonos de Thiessen.

Tabela 50 - Coeficientes de correlação entre as séries Thiessen completo e Thiessen variáveis

<i>Thiessen Completo</i>	
10% Falhas TV	0,9982
20% Falhas TV	0,9957
30% Falhas TV	0,9904
40% Falhas TV	0,9771
50% Falhas TV	0,9728
60% Falhas TV	0,9804
70% Falhas TV	0,9586

Nas figuras 83 a 89 apresentam-se os gráficos da correlação entre as séries calculadas a partir dos dados de entrada com falhas e a série calculada a partir dos dados de entrada sem falha pelo método dos polígonos de Thiessen.

Figura 83 - Correlação entre Thiessen Completo e 10% Falhas TV

Figura 84 - Correlação entre Thiessen Completo e 20% Falhas TV

Figura 85 - Correlação entre Thiessen Completo e 30% Falhas TV

Figura 86 - Correlação entre Thiessen Completo e 40% Falhas TV

Figura 87 - Correlação entre Thiessen Completo e 50% Falhas TV

Figura 88 - Correlação entre Thiessen Completo e 60% Falhas TV

Figura 89 - Correlação entre Thiessen Completo e 70% Falhas TV

A partir da análise de agrupamentos tomando-se como variáveis as séries de precipitação mensal médias calculadas pelos polígonos de Thiessen pode-se plotar o dendrograma segundo o índice de similaridade. Na figura 90 apresenta-se o dendrograma calculado.

Figura 90 - Dendrograma para as séries de precipitação mensal média calculadas pelo método dos polígonos de Thiessen

Assim é possível verificar uma degradação na correlação entre a série gerada a partir dos dados sem falhas e as séries geradas com os dados com as imposições das falhas de acordo com o aumento do número de falhas impostas.

5.2.2 Método dos interpoladores IDW variáveis

A partir dos arquivos de entrada com os dados de pluviometria foram calculadas as séries de precipitação mensal média com a ferramenta de interpolação pelo inverso do quadrado da distância. No Anexo 5 apresentam-se as séries de precipitação média correspondentes a cada uma das entradas, que variam desde os dados completos até os dados com imposição de 70% de falhas.

Na figura 91 apresenta-se o gráfico em que estão plotadas as 8 séries de precipitação mensal médias que foram calculadas pelo método de interpolação IDW variáveis.

Figura 91 - Pluviogramas das séries calculadas com o método IDW (mm)

Na tabela 51 apresentam-se as estatísticas descritivas para as 8 séries que foram calculadas pelo método de interpolação pelo inverso do quadrado da distância variáveis.

Tabela 51 - Estatísticas Descritivas das séries de precipitação mensal média (mm)

	IDW Completo	10% Falhas	20% Falhas	30% Falhas	40% Falhas	50% Falhas	60% Falhas	70% Falhas
Média	74,9	74,5	74,5	74,1	75,2	74,2	73,2	76,2
Erro padrão	5,8	5,8	5,8	5,6	5,9	5,6	5,6	5,7
Mediana	57,8	59,4	59,4	61,7	59,9	61,5	62,1	62,3
Desvio padrão	62,8	62,7	62,8	60,9	63,8	61,1	61,5	62,3
Variância da amostra	3943,5	3934,6	3943,2	3704,5	4076,3	3732,0	3786,3	3884,7
Curtose	2,3	2,3	2,4	1,7	2,4	1,8	2,7	3,2
Assimetria	1,5	1,5	1,5	1,4	1,5	1,4	1,5	1,6

Da mesma forma, a fim de comparar os resultados foram calculados os coeficientes de correlação entre cada uma das séries calculadas a partir dos dados de entrada com falhas e a série calculada a partir dos dados de entrada sem falhas.

Na tabela 52 apresentam-se os coeficientes de correlação calculados entre as séries para o método de interpolação pelo inverso do quadrado da distância.

Tabela 52 - Coeficientes de correlação entre as séries IDW Completo e IDW variáveis

<i>IDW Completo</i>	
IDW 10% Falhas	0,9990
IDW 20% Falhas	0,9975
IDW 30% Falhas	0,9950
IDW 40% Falhas	0,9865
IDW 50% Falhas	0,9864
IDW 60% Falhas	0,9869
IDW 70% Falhas	0,9825

Nas figuras 92 a 98 apresentam-se os gráficos da correlação entre as séries calculadas a partir dos dados de entrada com falhas e a série calculada a partir dos dados de entrada sem falha pelo método dos polígonos de Thiessen.

Figura 92 - Correlação entre IDW Completo e IDW 10% Falhas

Figura 93 - Correlação entre IDW Completo e IDW 20% Falhas

Figura 94 - Correlação entre IDW Completo e IDW 30% Falhas

Figura 95 - Correlação entre IDW Completo e IDW 40% Falhas

Figura 96 - Correlação entre IDW Completo e IDW 50% Falhas

Figura 97 - Correlação entre IDW Completo e IDW 60% Falhas

Figura 98 - Correlação entre IDW Completo e IDW 70% Falhas

A partir da análise de agrupamentos tomando-se como variáveis as séries de precipitação mensal médias calculadas pelo IDW pode-se plotar o dendrograma segundo o índice de similaridade. Na figura 99 apresenta-se o dendrograma calculado.

Figura 99 - Dendrograma para as séries de precipitação mensal média calculadas pelo método IDW

Tal como para o caso das séries de precipitação médias calculadas pelos polígonos de Thiessen variáveis, também foi possível verificar uma degradação na correlação entre a série gerada a partir dos dados sem falhas e as séries geradas com os dados com as imposições das falhas de acordo com o aumento do número de falhas impostas. Contudo, no caso das séries de precipitação médias calculadas pelo método dos IDW variáveis esta degradação foi menos acentuada.

A partir da análise de agrupamentos tomando-se como variáveis as séries de precipitação mensal médias calculadas tanto pelo IDW como pelos polígonos de Thiessen pode-se plotar o dendrograma agrupando todas as séries segundo o índice de similaridade. Na figura 100 apresenta-se o dendrograma calculado.

Figura 100 - Dendrograma para as séries de precipitação mensal médias calculadas pelo método IDW e polígonos de Thiessen

5.3 AVALIAÇÃO DO USO DA METODOLOGIA PROPOSTA NA MODELAGEM CHUVA - VAZÃO

A partir dos dados de precipitação sem falhas foram calculados para a bacia de contribuição da estação fluviométrica Andirá a série de precipitação mensal média pelo método dos polígonos de Thiessen e pelo método IDW. Estas séries estão apresentadas no Anexo 6.

A partir dos dados de precipitação com 30% de falhas posteriormente preenchidos pelo método da ponderação regional pela média foram calculados para a bacia de contribuição da estação fluviométrica Andirá as séries de precipitação mensal média pelo método dos polígonos de Thiessen e pelo método IDW. Estas séries estão apresentadas no Anexo 6.

A partir dos dados de precipitação com 30% de falhas foram calculados para a bacia de contribuição da estação fluviométrica Andirá as séries de precipitação mensal média pelo método dos polígonos de Thiessen Variáveis e pelo método IDW Variáveis. Estas séries estão apresentadas no Anexo 6.

A partir dos dados de precipitação com 50% de falhas posteriormente preenchidos pelo método da ponderação regional pela média foram calculados para a bacia de contribuição da estação fluviométrica Andirá as séries de precipitação mensal média pelo método dos polígonos de Thiessen e pelo método IDW. Estas séries estão apresentadas no Anexo 6.

A partir dos dados de precipitação com 50% de falhas foram calculados para a bacia de contribuição da estação fluviométrica Andirá as séries de precipitação mensal média pelo método dos polígonos de Thiessen Variáveis e pelo método IDW Variáveis. Estas séries estão apresentadas no Anexo 6.

Na tabela 53 apresentam-se as estatísticas descritivas para as séries de precipitações mensais médias calculadas para a área de contribuição da estação fluviométrica Andirá.

Tabela 53 - Estatísticas descritivas das séries de precipitações mensais médias (mm) calculadas para a área de contribuição da estação fluviométrica Andirá

	Thiessen	IDW	30F_MPRM_T	30F_TV	30F_MPRM_IDW	30F_IDW_V	50F_MPRM_T	50F_TV	50F_MPRM_IDW	50F_IDW_V
Média	118.64	119.26	118.50	119.13	119.30	119.59	119.21	119.23	119.58	119.84
Erro padrão	4.02	4.06	4.06	4.07	4.11	4.11	4.10	4.10	4.13	4.13
Mediana	108.20	107.41	106.86	107.99	107.93	107.61	108.78	110.65	107.61	110.38
Desvio padrão	73.71	74.48	74.37	74.58	75.33	75.41	75.12	75.09	75.72	75.69
Variância da amostra	5433.14	5546.81	5530.45	5561.65	5674.24	5686.10	5643.55	5638.97	5734.08	5728.54
Curtose	0.73	0.95	0.73	0.64	1.00	0.93	0.90	0.87	1.05	1.08
Assimetria	0.78	0.83	0.78	0.77	0.84	0.83	0.83	0.84	0.86	0.87

A partir dos dados da séries de precipitação média gerado dos dados sem falhas pelo método dos polígonos de Thiessen e com os dados abservados da estação Andirá foi calibrado

o modelo chuva vazão SMAP mensal. Os valores dos parâmetros calibrados, para todo o período de dados de vazão observados na estação Andirá, são apresentados na tabela 54.

Tabela 54 - Parâmetros calibrados para o modelo SMAP mensal

Parâmetro	Pes	Crec	Kk	Str	TUin	EBin
<i>Valor</i>	5.077	0.001	0.722	1230.955	0.329	180.43

Assim para cada uma das 10 séries de precipitação mensal média calculadas para a área de contribuição da estação Andirá foi gerada uma série de vazão média mensal pelo modelo calibrado, para o mesmo período dos dados observados. As séries de vazões calculadas estão apresentadas no Anexo 7.

Na tabela 55 apresentam-se as estatísticas descritivas para as séries de vazões médias mensais calculadas para estação fluviométrica Andirá.

Tabela 55 - Estatísticas descritivas das séries de vazões médias mensais (m³/s) calculadas para a estação fluviométrica Andirá

	<i>Observada</i>	<i>Thiessen</i>	<i>IDW</i>	<i>30F_MPRM_T</i>	<i>30F_TV</i>	<i>30F_MPRM_IDW</i>	<i>30F_IDW_V</i>	<i>50F_MPRM_T</i>	<i>50F_TV</i>	<i>50F_MPRM_IDW</i>	<i>50F_IDW_V</i>
Média	80.26	92.26	93.39	92.00	93.14	93.49	94.03	93.19	93.16	93.88	94.32
Erro padrão	4.14	3.94	4.00	3.95	3.99	4.05	4.07	4.01	4.01	4.05	4.08
Mediana	55.25	75.92	77.75	75.63	76.69	76.20	76.08	77.92	78.08	78.30	79.58
Desvio padrão	75.81	72.28	73.27	72.34	73.11	74.29	74.68	73.43	73.44	74.32	74.88
Variação da amostra	5747.72	5223.71	5368.50	5233.15	5345.62	5518.45	5577.32	5392.51	5392.84	5523.13	5606.52
Curtose	15.13	5.70	5.93	5.37	5.34	5.95	5.90	5.35	5.37	5.57	6.00
Assimetria	3.21	1.88	1.91	1.83	1.84	1.92	1.92	1.85	1.85	1.88	1.94

Os dados de vazão calculados pelo modelo SMAP mensal foram então comparados aos dados observados na estação fluviométrica Andirá. A fim de avaliar os resultados foram calculados alguns parâmetros estatísticos que são apresentados na tabela 56.

Tabela 56 - Estatísticas de comparação das séries de vazões médias mensais calculadas para a estação fluviométrica Andirá comparadas aos dados observados

Estatística	<i>Thiessen</i>	<i>IDW</i>	<i>30F_MPRM_T</i>	<i>30F_TV</i>	<i>30F_MPRM_IDW</i>	<i>30F_IDW</i>	<i>50F_MPRM_T</i>	<i>50F_TV</i>	<i>50F_MPRM_IDW</i>	<i>50F_IDW</i>
RMSE	42.625	42.001	42.635	43.110	42.333	42.516	43.491	42.939	43.238	42.812
MAPE	50.616	50.992	50.294	51.419	51.056	51.644	53.059	52.256	53.162	52.847
NASH	0.683	0.692	0.683	0.676	0.687	0.685	0.670	0.678	0.674	0.680

Nas figuras 101 a 110 apresentam-se os hidrogramas das séries de vazões médias mensais calculadas plotadas conjuntamente com os dados de vazão observados.

Figura 101 - Hidrograma da série de vazão média mensal Thiessen comparada com a vazão observada

Figura 102 - Hidrograma da série de vazão média mensal IDW comparada com a vazão observada

Figura 103 - Hidrograma da série de vazão média mensal 30F_MPRM_T comparada com a vazão observada

Figura 104 - Hidrograma da série de vazão média mensal 30F_TV comparada com a vazão observada

Figura 105 - Hidrograma da série de vazão média mensal 30F_MPRM_IDW comparada com a vazão observada

Figura 106 - Hidrograma da série de vazão média mensal 30F_IDW_V comparada com a vazão observada

Figura 107 - Hidrograma da série de vazão média mensal 50F_MPRM_T comparada com a vazão observada

Figura 108 - Hidrograma da série de vazão média mensal 50F_TV comparada com a vazão observada

Figura 109 - Hidrograma da série de vazão média mensal 50F_MPRM_IDW comparada com a vazão observada

Figura 110 - Hidrograma da série de vazão média mensal 50F_IDW_V comparada com a vazão observada

Separando apenas as séries de vazões calculadas pelo modelo calibrado e agrupando-as segundo o método de cálculo da série de precipitação (polígonos de Thiessen ou IDW) e tomando-se como referência as séries oriundas dos dados de precipitação sem falhas (Thiessen e IDW) calculou-se os respectivos índices de Nash-Sutcliffe que estão apresentados nas tabelas 57 e 58. Nas figuras 111 e 112 apresentam-se os hidrogramas plotados conjuntamente.

Figura 111 - Hidrogramas das séries de vazão média mensal oriundas dos dados de precipitação média calculados com polígonos de Thiessen

Tabela 57 - Índice de Nash-Sutcliffe das séries de vazões médias mensais oriundas dos dados de precipitação média calculados com polígonos de Thiessen comparadas à série Thiessen

30F_MPRM_T	30F_TV	50F_MPRM_T	50F_TV
0,989943	0,989350	0,978986	0,980023

Figura 112 - Hidrogramas das séries de vazão média mensal oriundas dos dados de precipitação média calculados com IDW

Tabela 58 - Índice de Nash-Sutcliffe das séries de vazões médias mensais oriundas dos dados de precipitação média calculados com IDW comparadas à série IDW

30F_MPRM_IDW	30F_IDW_V	50F_MPRM_IDW	50F_IDW_V
0,987085	0,986032	0,983909	0,98749

A fim de comparar os métodos dos polígonos de Thiessen e IDW para o cálculo das séries de precipitação média e seu impacto na modelagem chuva vazão foram confrontados os hidrogramas das séries Thiessen e IDW, e desta análise pode-se verificar que as séries são equivalentes. Na figura 113 apresentam-se os hidrogramas destas séries plotados conjuntamente e na tabela 59 apresentam-se os índices de Nash-Sutcliffe para as séries quando comparadas entre si.

Figura 113 - Hidrogramas das séries de vazão média mensal IDW e Thiessen

Tabela 59 - Índice de Nash-Sutcliffe das séries de vazões médias mensais IDW e Thiessen comparadas entre si

IDW	Thiessen
0,993492	0,993667

5.4 RESULTADOS PARA O ESTUDO DE CASO UHE SANTO ANTÔNIO DO JARI

Para a determinação da precipitação média mensal na bacia do posto São Francisco (UHE Santo Antônio do Jari), para o período de 1971 a 2008, foram utilizadas combinações de 39 postos pluviométricos numa malha de Thiessen variável, de acordo com a disponibilidade de dados nos postos, resultando em 174 combinações de postos. Na tabela 60 apresenta-se a série de precipitação mensal média para a área de estudo para o período de 1971 a 2008 (período recente).

Tabela 60 - Série de precipitação mensal média para a área de estudo para o período de 1971 a 2008

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano
1971	255.14	355.94	407.47	385.90	399.45	291.92	216.59	149.85	73.09	47.26	17.75	19.92	2620.28
1972	143.81	159.88	152.05	154.51	166.35	167.45	211.58	73.41	86.55	84.03	52.10	215.52	1667.23
1973	223.74	279.90	335.99	357.93	439.28	279.55	280.71	158.52	187.82	132.25	102.66	208.82	2987.16
1974	346.56	306.66	257.22	165.22	267.68	273.96	245.18	139.41	90.67	78.98	63.96	155.45	2390.96
1975	182.78	233.52	265.37	382.31	366.69	248.67	199.30	169.06	131.52	68.25	50.97	207.36	2505.81
1976	333.04	286.30	396.22	367.21	284.65	237.60	171.58	82.12	13.09	5.91	49.78	130.51	2358.01
1977	196.94	256.32	320.69	383.45	404.73	197.79	170.75	136.01	89.87	67.17	23.44	191.82	2438.98
1978	281.06	214.76	239.96	285.66	283.43	205.72	167.16	221.11	74.86	67.86	71.12	181.26	2293.96
1979	116.49	302.16	373.00	255.76	301.25	207.26	149.95	126.40	89.62	63.48	74.09	174.04	2233.49
1980	256.29	104.02	284.07	324.93	270.18	256.73	178.54	80.24	42.09	33.23	43.77	42.75	1916.84
1981	216.28	200.94	132.23	306.17	287.16	127.71	234.27	117.17	59.86	24.18	22.40	139.08	1867.45
1982	224.40	296.84	334.92	429.77	352.65	210.73	179.33	84.15	39.83	21.76	20.58	75.25	2270.22
1983	85.43	120.08	238.32	278.03	169.39	134.94	110.71	143.86	34.07	10.20	6.93	101.61	1433.57
1984	237.68	271.19	289.13	374.52	454.39	191.91	203.44	173.22	94.84	87.59	79.75	114.11	2571.77
1985	237.85	316.78	254.26	277.69	495.23	328.13	258.85	162.57	34.69	28.41	148.14	239.53	2782.16
1986	282.31	212.12	277.30	298.09	290.78	344.12	151.71	96.64	65.98	63.63	96.56	160.59	2339.82
1987	398.21	159.98	175.40	303.91	270.91	188.13	214.70	58.79	68.41	23.45	20.43	96.00	1978.33
1988	345.21	454.85	185.56	325.60	587.50	419.13	200.90	94.37	80.35	53.07	66.60	218.52	3031.66
1989	233.89	206.19	338.41	217.71	401.08	231.21	263.87	88.82	44.13	74.94	114.34	163.32	2377.90
1990	252.47	214.80	313.24	237.16	280.76	154.56	117.24	105.28	54.43	38.91	46.88	73.79	1889.51
1991	288.95	196.89	181.43	220.66	247.25	229.26	217.91	147.65	54.69	52.36	2.24	40.42	1879.70
1992	85.82	223.57	343.34	284.49	140.37	142.94	93.32	96.69	17.31	20.31	30.76	57.35	1536.27
1993	156.02	164.63	296.73	338.84	237.49	158.62	121.07	81.85	36.63	71.84	155.36	149.16	1968.24
1994	299.45	255.68	322.81	374.63	469.93	207.00	166.99	142.88	22.24	80.91	81.48	144.45	2568.44
1995	235.02	132.00	322.57	272.41	453.70	335.19	154.71	35.21	40.10	29.18	99.74	95.89	2205.73
1996	464.13	261.68	399.54	249.37	425.76	292.99	265.47	120.37	47.97	44.25	70.14	74.91	2716.58
1997	270.02	206.62	326.95	227.02	323.23	112.63	116.38	140.58	57.64	27.57	37.04	95.73	1941.40
1998	194.15	159.80	252.23	262.09	246.18	191.18	166.26	54.46	29.18	28.72	71.64	141.16	1797.07
1999	239.82	209.89	276.50	309.47	357.92	152.99	160.63	123.87	56.58	68.36	31.35	75.62	2062.98
2000	327.01	243.51	361.38	574.70	413.14	198.51	242.19	73.01	55.62	45.92	42.63	91.56	2669.19
2001	323.89	284.73	229.24	367.56	289.80	292.77	103.18	72.04	76.78	63.35	34.45	27.95	2165.75
2002	222.58	244.25	244.91	338.46	305.10	192.15	63.76	67.48	12.91	21.70	34.55	136.90	1884.76
2003	144.02	309.53	256.13	379.46	354.89	253.20	198.95	111.96	72.51	41.90	44.47	46.60	2213.61
2004	70.29	310.72	330.76	433.46	292.03	157.41	190.20	81.79	53.40	54.97	5.83	68.20	2049.06
2005	169.33	205.60	320.92	256.28	233.39	200.33	127.77	135.38	14.14	66.15	36.24	142.50	1908.03
2006	164.84	286.29	258.05	363.47	386.97	228.72	179.02	85.22	71.84	19.39	98.99	85.05	2227.85
2007	153.04	145.59	365.79	337.80	305.41	149.18	152.48	143.72	54.83	138.80	94.08	170.93	2211.66
2008	248.25	219.10	273.28	438.93	315.84	222.04	220.11	83.10	76.82	88.78	26.79	155.87	2368.92
Média	234.37	237.19	287.72	319.49	330.84	221.43	180.70	112.06	60.71	53.66	57.11	123.93	2219.22

Para a determinação da precipitação média mensal na bacia do posto São Francisco (UHE Santo Antônio do Jari), para o período de 1931 a 1970, foram empregadas combinações de 20 postos pluviométricos numa malha de Thiessen, variando conforme a disponibilidade de dados nos postos, resultando em 55 combinações de postos. Na tabela 61 apresenta-se a série de precipitação mensal média para a área de estudo para o período de 1931 a 1970 (período antigo).

Tabela 61 - Série de precipitação mensal média para a área de estudo para o período de 1931 a 1970

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano
1931	157.00	131.58	293.39	295.37	292.91	162.18	109.98	55.98	63.12	16.42	90.30	26.86	1695.08
1932	135.75	171.66	301.57	143.88	259.55	148.64	182.58	54.22	25.01	40.19	39.78	156.15	1658.98
1933	186.81	196.21	299.85	377.88	209.05	238.81	182.76	124.93	24.06	61.04	97.44	66.01	2064.84
1934	246.64	274.81	335.44	334.16	485.54	361.51	248.73	118.49	58.59	87.96	113.33	236.77	2901.95
1935	159.32	266.82	283.21	242.65	266.87	293.56	180.16	69.66	43.55	42.17	58.28	186.93	2093.18
1936	157.17	212.23	197.68	162.54	260.31	230.95	144.21	123.91	22.93	59.63	30.83	74.94	1677.32
1937	182.64	102.92	321.87	353.85	326.18	200.46	78.54	94.52	12.68	30.10	86.88	174.22	1964.86
1938	208.28	215.58	347.60	362.66	309.78	240.54	213.93	65.88	56.57	28.01	68.93	194.17	2311.93
1939	380.35	335.61	339.24	409.31	254.90	252.41	220.25	87.95	71.23	39.64	26.43	182.53	2599.84
1940	197.60	140.09	272.87	386.64	315.59	270.87	146.38	56.01	5.85	17.90	26.74	65.28	1901.82
1941	97.56	222.64	203.87	256.21	393.42	253.61	97.34	102.42	47.81	25.91	85.09	198.91	1984.78
1942	274.49	173.06	153.50	261.54	317.05	291.84	102.61	89.27	40.95	112.32	49.08	202.64	2068.36
1943	148.37	191.23	354.73	367.13	410.61	274.99	178.60	106.55	49.84	19.78	22.78	268.84	2393.47
1944	312.01	412.70	385.62	364.84	269.19	188.64	137.89	228.87	84.45	32.94	74.32	237.39	2728.88
1945	178.43	347.49	196.54	363.75	297.28	187.50	136.81	122.28	74.72	11.28	61.12	104.75	2081.94
1946	280.00	254.04	270.22	272.74	497.49	203.43	250.83	63.42	34.47	38.78	127.39	222.68	2515.48
1947	367.26	297.93	245.45	359.61	338.00	175.06	172.47	105.49	69.41	81.13	136.62	156.07	2504.49
1948	205.24	148.37	147.97	258.68	278.82	249.57	129.26	97.20	71.63	67.98	175.11	187.58	2017.41
1949	402.21	211.81	260.57	383.80	308.72	202.23	123.20	65.42	77.89	53.72	138.11	219.34	2447.01
1950	324.44	282.55	329.60	399.20	288.69	481.98	165.62	128.54	69.38	46.32	100.91	186.08	2803.32
1951	201.69	129.93	183.15	246.90	347.07	153.91	181.51	120.23	40.59	30.52	66.96	77.25	1779.72
1952	201.22	231.10	261.13	289.91	293.16	154.22	90.00	102.70	82.96	19.75	33.47	111.28	1870.92
1953	171.78	204.59	262.23	256.34	184.23	185.32	256.25	152.73	50.38	37.07	80.16	292.54	2133.61
1954	173.52	313.41	397.72	301.37	282.08	221.89	141.31	112.58	53.73	35.10	125.49	103.81	2262.00
1955	149.88	320.11	429.76	267.94	374.87	137.13	162.83	119.60	68.05	118.69	123.11	145.56	2417.52
1956	163.71	305.53	450.73	305.83	394.45	246.21	234.24	82.88	51.24	104.03	75.68	183.90	2598.42
1957	159.70	178.14	262.48	248.48	302.39	171.45	151.76	141.90	141.76	27.83	52.06	213.56	2051.49
1958	221.74	163.64	176.76	265.00	357.22	313.67	143.78	78.78	21.29	31.36	44.98	183.17	2001.37
1959	79.97	162.06	351.83	416.11	270.02	187.01	84.60	104.97	21.39	68.54	52.10	90.92	1889.54
1960	220.47	207.86	166.39	280.67	187.88	195.58	174.36	146.59	92.98	41.53	104.75	193.20	2012.27
1961	212.83	327.53	154.28	344.79	355.80	213.67	186.36	146.55	60.28	32.27	99.56	179.46	2313.38
1962	190.91	188.55	207.81	194.90	405.90	223.80	144.42	103.08	27.11	60.37	104.52	161.01	2012.35
1963	193.90	248.58	283.65	242.67	274.12	169.34	145.53	89.13	29.12	25.22	70.63	235.06	2006.95
1964	328.94	359.40	332.51	375.89	584.93	320.53	207.50	77.49	24.84	14.02	65.79	164.45	2856.28
1965	110.46	149.81	229.82	228.21	339.50	304.96	120.83	132.37	48.01	20.59	57.77	140.11	1882.45
1966	266.40	251.20	294.91	302.01	349.20	362.69	216.24	65.23	37.96	11.01	60.37	109.95	2327.18
1967	271.72	255.69	378.03	242.74	287.57	302.25	170.94	161.26	80.30	16.40	121.17	179.03	2467.11
1968	270.54	254.50	416.68	327.75	332.49	283.12	186.93	82.60	31.66	38.28	129.46	172.37	2526.39
1969	221.41	235.24	297.65	387.22	495.65	287.40	275.64	65.56	45.93	51.10	158.28	152.49	2673.55
1970	196.03	250.92	268.92	342.28	336.72	229.20	133.59	116.80	65.43	72.90	139.43	109.25	2261.46
Média	215.21	233.18	283.68	305.59	328.38	239.30	165.27	104.10	51.98	44.24	84.38	163.66	2218.97

As séries para o período recente (1971-2008) e para o período antigo (1931-1970) foram então comparadas para se averiguar se possuíam comportamentos semelhantes. Na tabela 62 apresenta-se as estatísticas descritivas para as séries.

Tabela 62 - Estatísticas descritivas para as séries de precipitação mensal média para a área de estudo

Período	Antigo	Recente	Total
Média	184.914	184.515	184.717
Erro padrão	5.086	5.378	3.69681
Mediana	175.936	169.199	173.139
Desvio padrão	111.438	116.338	113.823
Variância da amostra	12418.418	13534.547	12955.7
Curtose	-0.421	-0.387	-0.4021
Assimetria	0.448	0.481	0.4648
Intervalo	579.079	585.257	585.257
Mínimo	5.851	2.240	2.23968
Máximo	584.930	587.496	587.496
Soma	88758.902	86353.014	175112
Contagem	480	468	948

O período total refere-se a série completa abrangendo o período de 1931 a 2008.

Em termos de média e variância pela análise descritiva dos dados não há diferenças significativas. Pelo teste de análise das variâncias não existem evidências para rejeitar a hipótese H_0 de igualdade para as médias, na tabela 63 apresenta-se os resultados do teste realizado.

Tabela 63 - Resultados do teste de análise de variâncias

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>P-valor</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	37.79862871	1	37.7986	0.00291	0.95696	3.85131
Dentro dos grupos	12269055.57	946	12969.4			
Total	12269093.37	947				

Para averiguar o comportamento das estruturas de correlação das séries foi aplicado o teste de igualdade das funções de autocorrelação.

O valor da estatística T encontrado foi de 0,315 com P-valor de 0,839, assim, a hipótese H_0 de que as funções de autocorrelação das séries são iguais não pode ser rejeita. Nas figuras 114 e 115 apresentam-se os gráficos dos periodogramas normalizados acumulados com o efeito da sazonalidade e sem este efeito.

Figura 114 - Periodogramas normalizados acumulados para as séries originais

Figura 115 - Periodogramas normalizados acumulados para as séries sem o efeito da sazonalidade

A partir da série de pluviometria mensal média gerada pode-se calibrar e validar o modelo chuva vazão CN3S com base nos dados de vazão observados na estação São Francisco, e a partir desta calibração estender a série de vazões desde 1931.

Na tabela 64 apresentam-se os parâmetros otimizados do modelo CN3S para a bacia de drenagem do Posto São Francisco, calibrados no período de 1972 a 1993.

Tabela 64 - Parâmetros otimizados do modelo CN3S para a bacia de drenagem do Posto São Francisco, calibrado no período de 1972 a 1993)

Parâmetros CN3S	
CNI	20,00
α	0,20
β	0,00032
K_0	0,60
K_1	0,270
K_2	0,900

Na figura 116 apresentam-se as vazões calculadas e observadas para o período de calibração (1972 a 1993) e na figura 117 apresentam-se as curvas de permanência das vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, para o período de calibração. Na tabela 65 apresentam-se os parâmetros estatísticos (média, desvio padrão) das séries de vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, no período de calibração, bem como o coeficiente de escoamento (c.e.), em l/s.km², para esse mesmo período.

Figura 116 - Vazões Calculadas e Observadas (Período de Calibração: 1972 a 1993)

Figura 117 - Curvas de Permanência das Vazões Calculadas e Observadas (Período de Calibração: 1972 a 1993)

Tabela 65 - Parâmetros estatísticos das séries de vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, no período de calibração (1972 a 1993)

	Qcalc (m³/s)	Qobs (m³/s)
Média	1096,58	969,56
Desvio Padrão	772,36	745,83
c.e. (l/s.km²)	21,35	18,88

Na figura 118 apresentam-se as vazões calculadas e observadas para o período de validação (1994 a 2008) e na figura 119 apresentam-se as curvas de permanência das vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, para o período de validação. Na tabela 66 apresentam-se os parâmetros estatísticos (média, desvio padrão) das séries de vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, no período de validação, bem como o coeficiente de escoamento (c.e.), em l/s.km², para esse mesmo período.

Figura 118 - Vazões Calculadas e Observadas (Período de Validação: 1994 a 2008)

Figura 119 - Curvas de Permanência das Vazões Calculadas e Observadas (Período de Validação: 1994 a 2008)

Tabela 66 - Parâmetros estatísticos das séries de vazões médias mensais calculadas e observadas no posto São Francisco, no período de validação (1994 a 2008)

	Qcalc (m³/s)	Qobs (m³/s)
Média	1104,02	1186,62
Desvio Padrão	848,02	910,63
c.e. (l/s.km²)	21,49	23,10

Por fim pode-se estender a série de vazões médias mensais desde o período de 1931. Na figura 120 apresentam-se as permanências de vazões médias no posto São Francisco e, pela premissa de proximidade adotada, no aproveitamento Santo Antônio do Jari. A série de vazão média mensal no local do referido aproveitamento é apresentada na figura 121.

Figura 120 - Curvas de Permanência das Vazões (1931 a 2008)

Figura 121 - Séries de Vazões (1931 a 2008)

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os sistemas de informações geográficas são fundamentais em quaisquer estudos hidrológicos, neste trabalho em particular foi a ferramenta que possibilitou a proposta alternativa apresentada, já que sem a automatização que estes sistemas proporcionam não seria possível realizar um número suficiente de testes, como os realizados, em tempo exequível. O alto número de combinações de postos pluviométricos disponíveis (sem falhas) em cada época estudada exige que o procedimento proposto seja calculado de forma recursiva.

O sistema utilizado com suporte à programação por meio de scripts em linguagem de alto nível Python possui uma comunidade de usuários consolidada, farto conteúdo de documentação e suporte o que facilita a sua utilização.

Devido à escassez de softwares acessórios disponíveis (de acesso livre e gratuito) para etapas complementares como o preenchimento de falhas e consistência de dados (como a curva dupla massa acumulada) foi necessário otimizar planilhas eletrônicas por meio de macros escritas em linguagem VBA para a realização destas tarefas. Ressalta-se a existência do software HidroPlu para a realização de tarefas correlatas, entretanto este software não se encontra totalmente disponível, não possui documentação para suporte e poucos usuários estão capacitados para a sua utilização.

As ferramentas desenvolvidas no computo deste estudo não só facilitaram a tarefa, mas permitiram realizá-la em tempo oportuno uma vez que automatizam uma sequência de comandos para os cálculos recursivos necessários, bastando ao usuário apontar os arquivos com os dados de entrada. A ferramenta desenvolvida apresenta dois métodos para o cálculo da série de precipitação mensal média que são os polígonos de Thiessen e o interpolador IDW, entretanto, pela facilidade que o sistema possui, outros algoritmos interpoladores poderiam facilmente ser implementados e testados.

Uma das dificuldades encontrada na execução deste trabalho consistiu na aquisição dos dados consistidos de pluviometria. Além da necessidade de se encontrar estações pluviométricas para a região de uma bacia hidrográfica com um período relativamente longo e sem falhas, o acesso à estas informações, tanto a forma de pesquisa dos dados, quanto à maneira de aquisição, por meio da plataforma Hidro Web é precária e ineficiente. Tanto por isso, optou-se por utilizar dados de uma bacia hidrográfica fora do território brasileiro. A plataforma de gerenciamento de base de dados hidrológicos HydroDesktop, apresentada por Ames et al (2012), de código aberto e livre acesso, utilizada neste estudo para acessar os dados da bacia

hidrográfica do Rio San Marcos mostrou-se rápida e eficiente para a pesquisa, visualização, análise e download destes dados. A adaptação desta ferramenta de código aberto para a integração da base de dados hidrológicos da ANA poderia aperfeiçoar a forma de acesso e aquisição de dados para os usuários.

Os resultados encontrados e os testes estatísticos apontam que tanto o método dos polígonos de Thiessen como dos interpoladores IDW apresentaram resultados satisfatórios e equivalentes nas duas condições testadas (30% e 50% de falhas). Para os dados sem falhas a comparação entre os dois métodos resultou num índice de Nash-Sutcliffe de 0,9954.

Quando comparados os resultados encontrados utilizando a metodologia alternativa, seja por polígonos de Thiessen variáveis ou interpoladores IDW variáveis, com os resultados utilizando os métodos de preenchimento de falhas pela ponderação regional, seja pela média ou pela correlação, os testes estatísticos apontaram equivalência entre as séries, mesmo nos testes de comparação simultâneas de Tukey, nas duas condições testadas (30% e 50% de falhas).

Com o aumento das falhas (da condição de 30% de falhas para 50% de falhas) a metodologia alternativa proposta com o interpolador IDW variável aproximou-se ainda mais dos métodos convencionais.

Dos métodos de preenchimento testados a ponderação regional calculada com base nas médias apresentou medidas resumos superiores a ponderação regional calculada com base nas correlações.

As séries de vazões médias mensais geradas utilizando-se o modelo mensal SMAP quando da aplicação das séries de precipitação calculadas pela metodologia alternativa também se mostraram equivalentes, segundo os testes estatísticos realizados, às séries geradas de dados de precipitação sem falhas ou com as falhas preenchidas. As diferenças encontradas entre as séries foram pequenas o que se refletiu nos Índices de Nash-Sutcliffe que foram muito próximos. A variação entre os índices de Nash-Sutcliffe para as análises com o método dos polígonos de Thiessen foi de 1,45 e para as análises com o método dos interpoladores IDW 1,19 quando comparados em relação as vazões geradas pelo modelo para a série de precipitação média calculadas dos dados sem falhas e pelos polígonos de Thiessen.

Quando das comparações realizadas em relação as vazões observadas a variação do índice de Nash-Sutcliffe foi de 0,0222 e a média de 0,6807 o que demonstra um bom ajuste e resposta do modelo calibrado.

A análise de agrupamentos e o consequente dendrograma plotado de acordo com o índice de similaridade demonstrou ser uma ferramenta que facilita a visualização dos resultados para a identificação daquelas séries que melhor se equivalem. Também permitiu de forma gráfica a visualização da diminuição do índice de similaridade com o aumento do percentual de falhas.

A partir dos valores dos coeficientes de correlação verificou-se uma degradação na correlação entre a série gerada a partir dos dados sem falhas e as séries geradas com os dados com as imposições das falhas de acordo com o aumento do número de falhas impostas. Contudo, no caso das séries de precipitação médias calculadas pelo método dos interpoladores IDW variáveis esta degradação foi menos acentuada do que quando calculadas pelo método dos polígonos de Thiessen variáveis.

Ao comparar-se séries temporais, como as séries de precipitação deste estudo, não se pode resumir a analisar a variação em termos de média e desvios, é necessário analisar o comportamento destas séries no tempo. A análise dos correlogramas e dos periodogramas das séries de precipitação permitiram de forma eficiente analisar a correspondência entre as séries ao longo do tempo, assim os testes das somas acumuladas e de igualdade das funções de autocorrelação mostraram-se estatísticas apropriadas para a comparação das séries temporais. O periodograma normalizado acumulado também proporcionou a identificação visual da existência de sazonalidade e o comportamento equivalente entre as séries.

Quando da aplicação da metodologia alternativa ao estudo de um caso concreto foi possível gerar séries de precipitação mensal médias para a área de estudo para dois períodos distintos (antigo e recente) com características aproximadas (séries consideradas equivalentes) o que permitiu aplicar um modelo chuva vazão calibrado com base em dados de vazões observadas para realizar a extensão da série de vazões a partir de 1931.

Desta forma e com base em todos os testes realizados podemos concluir que a metodologia alternativa ao preenchimento de falhas para a geração de séries de precipitação mensal média para uma bacia hidrográfica alcançou resultados equivalentes aos tratamentos comumente utilizados nos estudos hidrológicos, podendo-se inclusive afirmar que resultaram em dados mais próximos aos resultados encontrados para os dados sem falhas quando o número de falhas estudado foi de 50%.

Além disso a automatização desta metodologia em ambiente SIG significa economia de tempo nos processamentos bem como minimiza prováveis erros grosseiros típicos quando da edição de várias planilhas de cálculos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Medição de descarga líquida em grandes rios: Manual Técnico. Brasília: ANA; SGH, 2009. 91 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Manual de Estudos de Disponibilidade Hídrica para Aproveitamentos Hidrelétricos. Brasília: ANA; SOF, 2010. 91 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Diretrizes e Análises Recomendadas para a Consistência de Dados Pluviométricos. Brasília: ANA; SGH, 2012. 18 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Procedimentos para a Consistência de Dados Pluviométricos. Brasília: ANA; SGH, 2014. 30 p.

AMES, D. P.; HORSBURGH, J. S.; CAO, Y.; KADLEC, J.; WHITEAKER, T.; VALENTINE, D. HydroDesktop: Web Services-Based Software for Hydrologic Data Discovery, Download, Visualization, and Analysis. *Environmental Modelling & Software*. Vol 37, p. 146-156, 2012. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.03.013>

ASCE. Task Committee on Definition of Criteria for Evaluation of Watershed Models of the Watershed Management. Committee Irrigation and Drainage Division. Criteria for evaluation of watershed models. *J. Irrig. Drainage Eng.*, 119:429-442, 1993.

BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. *Proceedings of the Royal Statistical Society, Series A* 160, pp. 268–282. 1937.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 4ª ed., 5ª Reimpressão, Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2013. 943 p.

BRASIL. Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código de Águas. Rio de Janeiro, 1934.

BRASIL. Lei Nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas - ANA, entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos

Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e dá outras providências.

BUCHIANERI, V. C. Geração da série histórica de vazão por meio do modelo SMAP: subsídio para o plano de manejo da bacia do Rio Grande Ubatuba. 2004. 124 p. Tese (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2004.

COATES, D. S.; DIGGLE, P. J. Test for comparing two estimated spectral densities, *Journal of Time Series Analysis*, N° 7, pp. 7–20. 1986.

CORDUAS, C. Clustering streamflow time series for regional classification. *Journal of Hydrology* 407, pp.73–80. 2011.

COSTA, F. M.; SÁFADI, T. Comparação estatística de duas séries de material particulado (mp10) na cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Biometria*. São Paulo, Vol 28. N° 3. Pp. 23-38. 2010.

DETTINGER, M. D.; WILSON, J. L. First order analysis of uncertainty in numerical models of groundwater flow, Part 1, Mathematical Development. *Water Resources Research*. Vol 17. N° 1. pp. 149-161. 1981.

DEUS, B. V.; ZEILHOFER, P.; ARAUJO, G. C.; SANTOS, A. S. L. Interpolação pluviométrica na Bacia do Alto e Médio Rio Teles Pires: uma análise de séries históricas e interpoladores. In: *Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*, 3., 2010, Recife. Anais... Recife: pp.1-7, UFPE, 2010.

DNAEE - Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. *Sistemática para Análise de Consistência de Dados Fluviométricos*. Brasília: DNAEE, 1982. 35p.

ECHEVERRY, G. E. S.; TOLOI, C. M. C. Testes para comparação de séries temporais: uma aplicação a séries de temperatura e salinidade da água, medidas em profundidades diferentes. *Revista Brasileira de Estatística*., Rio de Janeiro, Vol 61, N° 215, pp.51-80, 2000.

ECOLOGY BRASIL. *Compêndio do estudo de impactos ambientais para construção da Usina Hidrelétrica (UHE) de Santo Antônio do Jari*. Amapá, 570 p. 2009.

FINNERTY, B. D.; SMITH, M. B.; SEO, D. J.; KOREN, V. I.; MOGLEN, G. Sensitivity of the Sacramento soil moisture accounting model to space–time scale precipitation inputs from NEXRAD. *J. Hydrol.*, 203(1–4): p 21–38, 1997.

FREITAS, M. A. S.; PORTO, A. S. Considerações sobre um modelo determinístico chuva-vazão aplicados às bacias do semi-árido nordestino. *Revista Tecnologia, UNIFOR*. Ano 11, Nº 11. 1990.

FREITAS, M. A. S. *Que Venha a Seca: modelos para gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas*, Ed. CBJE, Rio de Janeiro, 1ª ed., 413p. 2010.

FRIEDMAN, M. The use of ranks to avoid the assumption of normality implicit in the analysis of variance. *Journal of the American Statistical Association*. American Statistical Association. 32 (200): pp. 675–701. 1937.

GOMIG, K.; LINDNER, E. A.; KOBIYANA, M. Áreas de influência das estações pluviométricas na bacia rio do Peixe/SC pelo método de polígonos de Thiessen utilizando imagem de satélite e SIG. In: *Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 3373-3380. 2007.

GUIMARÃES, R. C. *Probabilidade e estatística aplicadas à hidrologia*. ICAAM, Évora, 2015. <http://hdl.handle.net/10174/16560>

HAMED, K. H.; RAO, R. A modified Mann-Kendall trend test for auto-correlated data. *Journal of Hydrology*, v.204, p.182-196, 1998. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694\(97\)00125-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694(97)00125-X)

HAIR, J.; BLACK, W. C; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. *Análise Multivariada de Dados*. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HIDROWEB – Sistema de Informações hidrológicas. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acessado: set. 2016.

JAYAKRISHNAN, R.; SRINIVASAN, R.; ARNOLD, J.G. Comparison of Raingage and WSR-88D Stage III Precipitation Data Over the Texas-Gulf Basin. *Journal of Hydrology*, 292: p. 135-152, 2004.

JIMENEZ, K. Q.; DOMEQ, F. M. Estimção de chuva usando métodos de interpolação. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.16, 2008.

KAHYA, E.; KALAYCI, S. Trend Analysis of Streamflow in Tukey. Journal of Hydrology, v. 289, p. 128 – 144. 2004. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2003.11.006.

KENDALL, M. G., Rank Correlation Methods, 4^a ed., Charles Griffin: London, 1975.

KRUSKAL, W. H.; WALLIS, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association. 47 (260): 583–621 pp. 1952. doi:10.1080/01621459.1952.10483441.

LARKIN, T. J.; BOMAR, G. W. Climatic Atlas of Texas. Texas Dept. of Water Resources. LP-192. Austin, Texas. 151p. 1983.

LECCE, S. A. Spatial variations in the timing of annual floods in the southeastern United States. Journal of Hydrology, 235, pp. 151–169. 2000.

LEGATES, D. R.; DELIBERTY, T. L. Measurement biases in the United States rain gauge network. Water Resour. Bull., v. 29, p. 855-861, 1993.

LEIVAS, J. F.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Risco de deficiência hídrica decendial na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, n.2, p.397-407, 2006.

LINSLEY, R. K.; KOHLER, M. A.; PAULHUS, J. L. H. Hydrology for Engineers. Second Edition. McGraw-Hill. New York, 1975. 482 p.

LOPES, J. E. G.; BRAGA JR., B. P. F.; CONEJO, J. G. L. Simulação hidrológica: Aplicações de um modelo simplificado. Anais do III Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, v.2, pp. 42-62, Fortaleza. 1981

MACHADO, R. E.; VETTORAZZI, C. A. Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins, SP. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 27:735-741, 2003.

MAIDMENT, D. R. GIS and hydrologic modeling. In: GOODCHILD, M. F.; Parks, B. O.; STEYAERT, L. T.; Environmental modeling with GIS. New York, Oxford University Press, Cap. 14, pp. 147-167. 1993.

MANN, H. B. Non-parametric tests against trend. *Econometrica*, v. 13, n. 3, p. 245-259, 1945.

MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; SILVA, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.27, n.5, p.925-933, 2003.

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 465 p.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte, CPRM, 552 p., 2007.

O'DONNELL, T.; CANEDO, P. The reliability of conceptual basin model calibration. In: *Hydrological Forecasting*, pp. 263-269. IAHS Publ. N° 12. 1980

PORTO, M. M.; ANDRADE, E. M.; TEIXEIRA, A. S. Emprego do Arcview na Determinação das regiões de Precipitações Homogêneas para o Estado do Ceará. In: *Anais do II Simpósio de Recursos Hídricos do Centro Oeste*, Campo Grande, 2002.

PRIESTLEY, M. B. *Spectral Analysis and Time Series*. Academic Press, New York. 1981.

PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Precipitação média anual e vazão específica média de longa duração, na Bacia do São Francisco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, n.2/3, p.247-253, 2004.

QUENOUILLE, M. The comparison of correlations in time-series, *Journal Royal Statist. Soc. Series, B*. 20(1), pp. 158–164. 1958.

RAMACHANDRA, R. A.; SRINIVAS, V. V. Regionalization of watersheds by fuzzy cluster analysis. *Journal of Hydrology* v. 318, pp. 57–79. 2006.

RAMOS, M. C. Divisive and hierarchical clustering techniques to analyze variability of rainfall distribution patterns in a Mediterranean region. *Journal of Hydrology* v. 57, 123–138. 2001.

RHA. Recursos Hídricos e Ambientais. Qualificação de Dados Hidrológicos e Reconstituição de Vazões Naturais no País. Relatório Final do Contrato N° 016/ANA/2009. Agência Nacional de Águas. 2011. 442 p.

ROMERO, R.; SUMMER, G.; RAMIS, C.; GENOVES, A. A classification of the atmospheric circulation patterns producing significant daily rainfall in the Spanish Mediterranean area. *Int. J. Climatol.* 19, pp. 765–785. 1999.

ROSENHEAD, J. An extension of Quenouille's test for the compatibility of correlation structures in time series. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B: Methodological.* Vol 30, pp. 180-184. 1968.

SALCEDO, G. E.; TOLOI, C.M. Tests for comparing time series: Applications to water temperature and salinity measure at different depths, *Brazilian Journal of Statistics*, 61(215), 51–80. 2000.

SCOTT, A. J.; SYMONS, M. J.; Note: On the Edwards and Cavalli-Sforza Method of Cluster Analysis. *Biometrics.* Vol 27. N°1, University of North Carolina, Chapel Hill, U.S.A., p.217-219, 1971.

SEARCY, J. K.; HARDISON, C. H. Double-Mass Curves. USGS. Water Supply Paper 1541-B, 1960. 66 p.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples) *Biometrika*, Vol. 52, No. 3/4. Dec., 1965, pp. 591-611

SILVA, P.M.O.; MELLO, C.R.; SILVA, A.M. & COELHO, G. Modelagem da hidrografia de cheia em uma bacia hidrográfica da região Alto Rio Grande. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental.* Vol 12, pp. 258-265, 2008.

SILVA, U.R.S.; DA LUZ, L.D. Estudo da aplicabilidade do modelo hidrológico SMAP numa sub-bacia do rio Itapicuru-Mirim/BA. In: *Anais XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Brasília, 2015.

SMIRNOV, N. Table for Estimating the Goodness of Fit of Empirical Distributions. Ann. Math. Statist. 19. 1948, no. 2, 279-281 p. doi:10.1214/aoms/1177730256. <http://projecteuclid.org/euclid.aoms/1177730256>.

SOUZA PINTO, N. L.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. Hidrologia Básica. São Paulo, Edgard Blücher, 1976. 304 p.

STHAL, K.; DEMUTH, S. Methods of regional classification of stream flow drought series: Cluster analysis. ARIDE, Technical Rep. No. 1, Institute of Hydrology, Univ. of Freiburg, Germany. 1999.

STONE, R. J. Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models. Solar Energy, v. 51, n. 4, p. 289-291, 1993.

STRECK, N. A.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; GABRIEL, L. F.; PAULA, G. M. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a oscilação decadal do Pacífico. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, n.12, p.1553-1561, 2009

TABORGA, J.; FREITAS, M. A. S. Simulação da Lâmina de Escoamento Mensal. In: III Simpósio Luso-Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos, 1987, Salvador. Anais do III Simpósio Luso Brasileiro de Hidráulica e Recursos Hídricos, 1987. v. 2. p. 558-570.

TIBÚRCIO, E. C.; CASTRO, M. A. H. Uma Aplicação de SIG para Determinação de Altura Pluviométrica Média em Bacias Hidrográficas. In: XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, São Paulo, 2007.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: UFRGS, 2ª Ed, 2007. 943 p.

TUKEY, J. W. The problem of multiple comparisons. Mimeographs Princeton University, Princeton, N.J., 1953.

VERTESSY, R. A.; HATTON, T. J.; O'SHAUGHNESSY, P. J.; JAYASURIYA, M. D. A. Predicting water yield from a mountain ash forest catchment using a terrain analysis based catchment model. Journal of Hydrology, 150, pp.665-700. 1993.

YEVJEVICH, V. Probability and statistics in hydrology. Fort Collins: Water Resources Publication, 1972. 276 p.

YUE, S.; PILON, P. J.; PHINNEY, B.; CAVADIAS, G. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrological Process*, v.16, p.1807-1829, 2002. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.1095>

WARD JÚNIOR, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association*, v.58, n.301, pp.236-244. 1963.

WATSON, D. F.; PHILIP, G. M. A Refinement of inverse distance weighted interpolation. *GeoProcessing*, v.2, p.315-327, 1985.

WMO. Guide to Climatological Practices. WMO-Nº. 100. Edição 2011. 117 p.

WMO. Guide to Hidrological Practices. Volume I - Hydrology – From Measurement to Hydrological Information, WMO-Nº. 168. Edição 2008. 296 p.

ANEXO 1: CÓDIGOS DE PROGRAMAÇÃO DAS FERRAMENTAS DESENVOLVIDAS

A1.1 CÓDIGO VBA PARA GERAR AS FALHAS NAS SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS

```
Private Sub gerafalhas_Click()  
    Dim Contador As Integer  
    Dim Linha As Integer  
    Dim Coluna As Integer  
    Dim estacoes, Epocas, falhas, NF As Integer  
    Dim destino As String  
    estacoes = Cint(Text_estacoes, Text)  
    159pocas = Cint(Text_epocas, Text)  
    falhas = Cint(Text_falhas, Text)  
    destino = Text_destino, Text  
    NF = Int((estacoes * Epocas) * (falhas / 100))  
    Sheets("Dados"), Select  
    Sheets("Dados"), Copy Before:=Sheets(1)  
    Sheets("Dados (2)"), Select  
    Sheets("Dados (2)"), Name = destino  
    Contador = 1  
    Do Until Contador >= NF  
        Linha = Int((Epocas + 1) * Rnd + 2)  
        Coluna = Int((estacoes + 1) * Rnd + 2)  
        If IsEmpty(Cells(Linha, Coluna)) = False Then  
            Cells(Linha, Coluna), Value = ""  
            Contador = Contador + 1  
        End If  
    Loop  
End Sub
```

A1.2 CÓDIGO VBA PARA PREENCHER AS FALHAS AUTOMATICAMENTE NAS SÉRIES PLUVIOMÉTRICAS

```
Private Sub Execute_Click()  
    Dim Cell As Variant  
    Dim Pmedia, Pdesvio, PrecX, Lat1, Lat2, Lon1, Lon2 As Double  
    Dim estacoes, epocas, posicao As Integer  
    Dim destino, Plan, distancias, indice, correlacao As String  
    Dim Linha(), ArrayPMedia(), ArrayPDesvio(), ArrayPCorr(), ArrayDist(), SortDist(),  
    ArraySelecao(1 To 5) As Variant  
    estacoes = Cint(Nr_est, Text)  
    epocas = Cint(Nr_meses, Text)  
    Plan = Text_Plan, Text  
    destino = Text_destino, Text  
    indices = "Índices_" + Plan  
    distancias = "Distâncias_" + Plan  
    correlacao = "Correlação_" + Plan
```

```

Sheets(Plan),Select
Range(Cells(1, 1), Cells(1, estacoes + 1)),Select
Selection,Copy
Sheets,Add After:=Sheets(Sheets,Count)
ActiveSheet,Name = distancias
ActiveSheet,Paste
Range(Cells(1, 2), Cells(1, estacoes + 1)),Select
Selection,Copy
Range("A2"),Select
Selection,PasteSpecial Paste:=xlPasteAll, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=True
Sheets(Plan),Select
Range(Cells(1, 1), Cells(1, estacoes + 1)),Select
Selection,Copy
Sheets,Add After:=Sheets(Sheets,Count)
ActiveSheet,Name = indices
ActiveSheet,Paste
Range(Cells(1, 2), Cells(1, estacoes + 1)),Select
Selection,Copy
Range("A2"),Select
Selection,PasteSpecial Paste:=xlPasteAll, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=True
For i = 2 To estacoes + 1
    For j = 2 To estacoes + 1
        If i = j Then Sheets(distancias),Cells(i, j) = 0
        If i > j Then
            Lat1 = Sheets(Plan),Cells(2, i)
            Lon1 = Sheets(Plan),Cells(3, i)
            Lat2 = Sheets(Plan),Cells(2, j)
            Lon2 = Sheets(Plan),Cells(3, j)
            Sheets(distancias),Cells(i, j) = Sqr((Lat1 - Lat2) ^ 2 + (Lon1 - Lon2) ^ 2)
        End If
    Next
Next
Next
Sheets(Plan),Select
Sheets(Plan),Copy After:=Sheets(Sheets,Count)
Sheets(Sheets,Count),Name = destino
Sheets(destino),Select
ActiveSheet,Cells(2, 1),EntireRow,Delete
ActiveSheet,Cells(2, 1),EntireRow,Delete
Sheets(Plan),Select
ActiveSheet,Cells(2, 1),EntireRow,Delete
ActiveSheet,Cells(2, 1),EntireRow,Delete
For ContColuna = 2 To estacoes + 1
    Sheets(Plan),Cells(epocas + 3, ContColuna) =
Application,WorksheetFunction,StDev(Sheets(Plan),Range(Cells(2, ContColuna),
Cells(epocas + 1, ContColuna)))
    Sheets(Plan),Cells(epocas + 2, ContColuna) =
Application,WorksheetFunction,Average(Sheets(Plan),Range(Cells(2, ContColuna),
Cells(epocas + 1, ContColuna)))
Next

```



```

Application.Run "ATPVBAEN,XLAM!Mcorrel", ActiveSheet.Range(Cells(1, 2),
Cells(epocas + 1, estacoes + 1)) _
, correlacao, "C", True
For i = 2 To estacoes + 1
    For j = 2 To estacoes + 1
        If i = j Then Sheets(indices),Cells(i, j) = 0
        If i > j Then
            Sheets(indices),Cells(i, j) = Sheets(distancias),Cells(i, j) / Sheets(correlacao),Cells(i,
j)
        End If
        If i < j Then
            Sheets(indices),Cells(i, j) = Sheets(distancias),Cells(j, i) / Sheets(correlacao),Cells(j,
i)
        End If
    Next
Next
For i = 2 To estacoes + 1
    For j = 2 To estacoes + 1
        If i < j Then
            Sheets(correlacao),Cells(i, j) = Sheets(correlacao),Cells(j, i)
        End If
    Next
Next
Sheets(Plan),Select
For ContColuna = 2 To estacoes + 1
    Pmedia = Cells(epocas + 2, ContColuna)
    Pdesvio = Cells(epocas + 3, ContColuna)
    For ContLinha = 2 To epocas + 1
        ReDim Linha(2 To estacoes + 1) As Variant
        ReDim ArrayPMedia(2 To estacoes + 1) As Variant
        ReDim ArrayPDesvio(2 To estacoes + 1) As Variant
        ReDim ArrayPCorr(2 To estacoes + 1) As Variant
        ReDim ArrayDist(2 To estacoes + 1) As Variant
        ReDim SortDist(2 To estacoes + 1) As Variant
        If IsEmpty(Cells(ContLinha, ContColuna)) = True Then
            PrecX = 0
            For i = 2 To estacoes
                If IsEmpty(Cells(ContLinha, i)) = False Then
                    Linha(i) = Cells(ContLinha, i)
                    ArrayPMedia(i) = Cells(epocas + 2, i)
                    ArrayPDesvio(i) = Cells(epocas + 3, i)
                    ArrayDist(i) = Sheets(indices),Cells(ContColuna, i)
                    ArrayPCorr(i) = Sheets(correlacao),Cells(ContColuna, i)
                End If
            Next
            SortDist = ArrayDist
            QuickSort SortDist, LBound(SortDist), UBound(SortDist)
            Cont = 0
            For Each Item In SortDist
                If Item > 0 Then
                    Cont = Cont + 1
                    ArraySelecao(Cont) = Item
                End If
            Next
        End If
    Next
Next

```

```

        If Cont = 5 Then Exit For
    End If
Next

    For Cont = 1 To 5
        posicao = FindInArray(ArrayDist, ArraySelecao(Cont))
        If ComboBox_metodo,value = "Média" Then PrecX = PrecX + ((1 / 5) * (Pmedia
/ ArrayPMedia(posicao)) * Linha(posicao))
        If ComboBox_metodo,value = "Correlação" Then PrecX = PrecX + ((Pdesvio /
5) * ((Linha(posicao) - ArrayPMedia(posicao)) / ArrayPDesvio(posicao)) *
ArrayPCorr(posicao))
    Next
    If ComboBox_metodo,value = "Média" Then Sheets(destino),Cells(ContLinha,
ContColuna) = PrecX
    If ComboBox_metodo,value = "Correlação" Then
        Sheets(destino),Cells(ContLinha, ContColuna) = PrecX + Pmedia
        Sheets(destino),Cells(ContLinha, ContColuna),Interior,Color = rgbYellow
    End If
    Erase Linha
    Erase ArrayPMedia
    Erase ArrayPDesvio
    Erase ArrayPCorr
    Erase ArrayDist
    Erase SortDist
    Erase ArraySelecao
Next
Next
MsgBox "Fim da execução"
End Sub

Private Sub UserForm_Initialize()
    ComboBox_metodo.AddItem "Média"
    ComboBox_metodo.AddItem "Correlação"
    ComboBox_metodo,value = "Média"
End Sub

Sub QuickSort(arr, Lo As Long, Hi As Long)
    Dim varPivot As Variant
    Dim varTmp As Variant
    Dim tmpLow As Long
    Dim tmpHi As Long
    tmpLow = Lo
    tmpHi = Hi
    varPivot = arr((Lo + Hi) \ 2)
    Do While tmpLow <= tmpHi
        Do While arr(tmpLow) < varPivot And tmpLow < Hi
            tmpLow = tmpLow + 1
        Loop
        Do While varPivot < arr(tmpHi) And tmpHi > Lo
            tmpHi = tmpHi - 1
        Loop
        If tmpLow <= tmpHi Then

```

```

    varTmp = arr(tmpLow)
    arr(tmpLow) = arr(tmpHi)
    arr(tmpHi) = varTmp
    tmpLow = tmpLow + 1
    tmpHi = tmpHi - 1
End If
Loop
If Lo < tmpHi Then QuickSort arr, Lo, tmpHi
If tmpLow < Hi Then QuickSort arr, tmpLow, Hi
End Sub

Function FindInArray(pList() As Variant, value As Variant)
    Dim i As Integer
    Dim FoundValueLocation As Integer
    FoundValueLocation = -1
    For i = 2 To UBound(pList)
        If pList(i) = value Then
            FoundValueLocation = i
            Exit For
        End If
    Next i
    FindInArray = FoundValueLocation
End Function

```

A1.3 CÓDIGO *PYTHON* PARA O CÁLCULO DA SÉRIE PRECIPITAÇÃO MÉDIA PELO MÉTODO DOS POLÍGONOS DE THIESSEN VARIÁVEIS

```

# -----
# Geração de Polígonos de Thiessen Variáveis - ArcGis 10,2
# Cláudio Bielenki Júnior
# -----

# Importando os módulos
import win32com, sys, string, os
from win32com.client import Dispatch
import xlrd
import arcpy
# Recebendo as variáveis de entrada
work=arcpy.GetParameterAsText(0) # armazena o endereço do workspace
fc_estacao=arcpy.GetParameterAsText(1) # definindo a feature class das estações
fc_bacia=arcpy.GetParameterAsText(2) # definindo a feature class da área da bacia
file = arcpy.GetParameterAsText(3) # arquivo de entrada de dados de pluviometria
saida_xls = arcpy.GetParameterAsText(4) # arquivo de saída de dados de pluviometria com
ponderadores
arcpy.env.workspace=work #definindo o local de armazenamento
#define o extent para os poligonos de thiessen
ext_x=[]
ext_y=[]
dsc_estacao=arcpy.Describe(fc_estacao)
dsc_bacia=arcpy.Describe(fc_bacia)
ext_x.append(dsc_estacao.Extent.XMax)

```

```

ext_x.append(dsc_estacao,Extent,XMin)
ext_x.append(dsc_bacia,Extent,XMax)
ext_x.append(dsc_bacia,Extent,XMin)
ext_y.append(dsc_estacao,Extent,YMax)
ext_y.append(dsc_estacao,Extent,YMin)
ext_y.append(dsc_bacia,Extent,YMax)
ext_y.append(dsc_bacia,Extent,YMin)
x_maximo=max(ext_x)+10000
x_minimo=min(ext_x)-10000
y_maximo=max(ext_y)+10000
y_minimo=min(ext_y)-10000
arcpy.env.extent= arcpy.Extent(x_minimo,y_minimo,x_maximo,y_maximo)
arcpy.gp.overwriteOutput="True" #permite a sobreposicao
xls = xlrd.open_workbook(file) #abre o arquivo xls de dados de entrada
dados=xls.sheets()[0] #variável dados aponta para a 1ª planilha do xls
ncol=dados.ncols #número de colunas
nrow=dados.nrows #número de linhas
linhas=dados.row_values #variável dados recebe os valores da planilha
estacao=linhas(0) #vetor estacao recebe a 1ª linha da planilha
linha=[0]*(nrow)#cria o vetor linha
# looping para ler cada linha de dados
for i in range(1,nrow):
    linha[i]=linhas(i)
combinacao=[0]*(nrow)#variável combinacao para receber o valor da combinação
soma(2^posição) para cada data
combinacao_sel=[0]#variável que armazena os valores de combinação sem repetição
comb_est=[0]#variável que armazena a lista de estações para cada combinação seleção
comb_pond=[0]#variável que armazena a lista de ponderadores para cada combinação
comb_est_clip=[0]
for j in range(1,nrow): #looping pelas linhas
    combinacao[j]=0 #inicializa a variável combinacao
    est_aux=[] #inicializa a variável est_aux para capturar as estações com dados em cada
data
    for k in range(1,ncol): #looping pelas colunas
        if linha[j][k]!="": #verifica se existe dado medido para a estação numa data
            combinacao[j]=combinacao[j] + 2***(k-1) #calcula o valor da
combinção
            est_aux.append(estacao[k]) #seleciona os c?dios das estações com dados
        if not(combinacao[j] in combinacao_sel) : #verifica se a combinação já existe
            combinacao_sel.append(combinacao[j]) #insere na lista de combinações uma
nova combinação
            comb_est.append(est_aux)#armazena a lista de estações para uma nova
combinação

consulta=[0]*len(combinacao_sel)#inicializa a variável consulta

for x in range(1,len(combinacao_sel)): #looping para cada combinação
    aux="" #inicializa a variável aux
    expressao="" #inicializa a variável expressao
    for y in range(0,len(comb_est[x])): #looping pelas estações selecionadas para uma dada
combinação

```

```

        sel= "\"codigo\" =' + ' ' + str(int(comb_est[x][y])) + ' ' + 'OR ' #montagem da
expressão SQL
        aux=aux+sel
        for i in range(len(aux)-4): #looping para eliminar o último OR da expressão
            expressao=expressao+aux[i]
        consulta[x]=expressao #armazena as respectivas consultas SQL para cada combinação
#captura o valor da area da bacia
SRows=arcpy.SearchCursor(fc_bacia)
pRow=SRows.next()
soma=pRow.AREAM2
#funcoes de geoprocessamento para seleccionar, criar os poligonos e clipar
for x in range(1,len(consulta)):
    saida_sel="Sel_combinacao_" + str(comb_inac_sel[x])#nome para os arquivos de
selecao de saida
    saida_thiessen="Thiessen_combinacao_" + str(comb_inac_sel[x])#nome para os
arquivos de poligonos de saida
    saida_thiessen_Clip="Thiessen_combinacao_" + str(comb_inac_sel[x])+"_Clip"
#nome para os arquivos de poligonos clipados de saida
    arcpy.MakeFeatureLayer_management(fc_estacao,"in_memory\\"+str(saida_sel),
consulta[x])
    arcpy.analysis.CreateThiessenPolygons("in_memory\\"+str(saida_sel),"in_memory\\"+
str(saida_thiessen),"ALL")# Processo de geracao dos poligonos de thiessen
    arcpy.analysis.Clip("in_memory\\"+str(saida_thiessen), fc_bacia,
saida_thiessen_Clip,"")# Processo de clipagem
    arcpy.Delete_management("in_memory\\"+str(saida_sel))
    arcpy.Delete_management("in_memory\\"+str(saida_thiessen))
    pRows_Thiessen = arcpy.UpdateCursor(saida_thiessen_Clip) # Posiciona um cursor
na feição de thiessen clipado
    pRow_Thiessen = pRows_Thiessen.next() # Cursor vai para a primeira linha desta
feature class
    pond_aux=[] #inicializa a variavel auxiliar para armazenar os ponderadores
    est_clip_aux=[]
    while pRow_Thiessen: # Loop pelas linhas da feature class poligonos thiessen clipados
        area = pRow_Thiessen.Shape_Area
        pRow_Thiessen.area = area
        pRow_Thiessen.pond = (area/soma) #Calcula o ponderador
        est_clip_aux.append(pRow_Thiessen.Codigo)
        pond_aux.append(pRow_Thiessen.pond) # Inclui o ponderador calculado no fim
do vetor auxiliar
        pRows_Thiessen.updateRow(pRow_Thiessen) #Atualiza a row
        pRow_Thiessen=pRows_Thiessen.next() #posiciona o cursor na proxima linha
        comb_pond.append(pond_aux) #armazena em um vetor os ponderadores
        comb_est_clip.append(est_clip_aux)
# Prepara o arquivo de dados para gravação dos ponderadores
xlApp = Dispatch("Excel.Application")
docxls = xlApp.Workbooks.Open(saida_xls)
docxls.Sheets('dados').Select()
planilha = docxls.ActiveSheet
# Gravacao dos ponderadores no xls de saida
for data in range(1,len(comb_inac_sel)): # Looping pelas datas
    comb=comb_inac_sel[data] #Variável auxiliar para armazenar o valor da combinacao

```

```

        index_comb=combinacao_sel,index(comb) # Index para recuperar no vetor de estacoes
e ponderadores
        est=comb_est_clip[index_comb] # Recupera as estacoes
        pond=comb_pond[index_comb] # Recupera o ponderador
        for col in range(0,len(pond)): # Looping pelos ponderadores calculados para a data
determinada
                codigo_est=est[col] # Recupera a estação
                ponderador=pond[col] # Recupera o ponderador
                index_est=estacao,index(codigo_est) # Recupera a posicao da estação
                planilha,Cells(data+1,(index_est+ncol+1)),Value = ponderador # Grava o
ponderador na planilha de acordo com a posicao recuperada da estação
# Salva o xls
xlApp.Visible=1
docxls.save
# Termina a aplica??o xls
xlApp.Quit()
# Limpa a mem?ria
del xlApp
print "Fim da Rotina"

```

A1.4 CÓDIGO *PYTHON* PARA O CÁLCULO DA SÉRIE PRECIPITAÇÃO MÉDIA PELO MÉTODO DOS PONDERADORES IDW VARIÁVEIS

```

# -----
# Geração da Precipitacao Média - Inverso Quadrado da distância
# Cláudio Bielenki Júnior
# -----

# Importando os módulos
import win32com, sys, string, os, xlrd, arcpy
from win32com.client import Dispatch
# Licença Arc Info necessária
arcpy.SetProduct("ArcInfo")
# Recebendo as variáveis de entrada
work=arcpy.GetParameterAsText(0) # Armazena o endereço do workspace
fc_estacao=arcpy.GetParameterAsText(1) # Definindo a feature class das estações
fc_bacia=arcpy.GetParameterAsText(2) # Definindo a feature class da área da bacia
FieldID =arcpy.GetParameterAsText(3) # Campo da feature class bacia que a individualiza
file = arcpy.GetParameterAsText(4)# Arquivo de entrada de dados de pluviometria
saida_xls = arcpy.GetParameterAsText(5) # Arquivo de saida de dados de pluviometria com
ponderadores
arcpy.env.workspace=work # Definindo o local de armazenamento
arcpy.gp.overwriteOutput="True" # Permite a sobreposição de resultados
# Definindo o extent do projeto
ext_x=[] # Vetor para armazenar os valores das ordenadas da área de trabalho
ext_y=[] # Vetor para armazenar os valores das abcissas da área de trabalho
dsc_estacao=arcpy.Describe(fc_estacao) # Variável recebe o descritor da feature class das
estações
dsc_bacia=arcpy.Describe(fc_bacia) # Variável recebe o descritor da feature class da bacia
# Recebendo do descritor os valores de limite de cada feature class

```

```

ext_x.append(dsc_estacao,Extent,XMax)
ext_x.append(dsc_estacao,Extent,XMin)
ext_x.append(dsc_bacia,Extent,XMax)
ext_x.append(dsc_bacia,Extent,XMin)
ext_y.append(dsc_estacao,Extent,YMax)
ext_y.append(dsc_estacao,Extent,YMin)
ext_y.append(dsc_bacia,Extent,YMax)
ext_y.append(dsc_bacia,Extent,YMin)
# Definindo os limites da área de trabalho
x_maximo=max(ext_x)+10000
x_minimo=min(ext_x)-10000
y_maximo=max(ext_y)+10000
y_minimo=min(ext_y)-10000
arcpy.env.extent= arcpy.Extent(x_minimo,y_minimo,x_maximo,y_maximo)
# Lendo os dados de entrada do xls
xls = xlrd.open_workbook(file) # Abre o arquivo xls de dados de entrada
dados=xls.sheets()[0] # Variável dados aponta para a 1ª planilha do xls
ncol=dados.ncols # Número de colunas
nrow=dados.nrows # Número de linhas
linha=dados.row_values # Variável dados recebe os valores da planilha
estacao=linha(0) # Vetor estacao recebe a 1ª linha da planilha
# Prepara o arquivo de dados para gravação da PMédia
nome_plans=[] # Vetor que receberá os identificadores das bacias para nomear as planilhas
pbacias = arcpy.SearchCursor(fc_bacia) # Posiciona o cursor na feição de bacias
pbacia = pbacias.next() # Inicia o looping pelas rows
while pbacia:
    nome_plans.append(pbacia.getValue(FieldID)) # Captura os valores dos identificadores
    pbacia=pbacias.next() # Incrementa o looping
xlApp = Dispatch("Excel.Application") # Inicia o Excel
wb = xlApp.Workbooks.Open(saida_xls) # Abre o arquivo de saída
for i in range(wb.Sheets.Count, 1, -1): # Looping pelas planilhas
    wb.Sheets(i).Delete() # Deleta as planilhas exceto a 1ª
for i in range(0, len(nome_plans)): # Looping pelos identificadores das bacias
    planilha = xlApp.ActiveWorkbook.Worksheets.Add() # Adiciona uma planilha
    planilha.Name=nome_plans[i] # Nomeia a planilha de acordo com os identificadores
# Loop pelas linhas do arquivo de dados pluviométricos
num=1 # Contador
for j in range(1,nrow):
    sel=[""]*ncol # Inicializa a variável sel
    expressao="#" # Inicializa a variável expressao
    aux="#" # Inicializa a variável auxiliar
    est_vet=[] # Inicializa a variável est_ve
    prec_vet=[] # Inicializa a variável prec_ve
    # Loop pelos postos pluviométricos
    for i in range(1,ncol):
        if linha(j)[i]!="": # Verifica se existe dado medido, caso sim copia o código para montar a
            expressão SQL
            est_valor=(linha(0)[i]) # Lê o código da estação na primeira linha da planilha
            est_vet.append(est_valor) # Armazena o código no vetor est_vet
            prec_valor=(linha(j)[i]) # Lê o valor de precipitação
            prec_vet.append(prec_valor) # Armazena o valor de precipitação no vetor prec_vet

```

```

        sel[i] = "\"Codigo\" =' + ' ' + str(int(est_valor)) + ' ' + 'OR ' # Monta a expressão SQL
para a referida estação
        aux=aux+sel[i] # Monta a expressão SQL
        # Apaga o último OR da expressão SQL
        for i in range(len(aux)-4):
            expressao=expressao+aux[i]
        # Nomes aos arquivos auxiliares
        selecao="selecao_"+str(num)
        raster="raster_"+str(num)
        table="table_"+str(num)
        # Processo: Selececionando,,,
        arcpy.Select_analysis(fc_estacao, "in_memory\\"+str(selecao), expressao) # Seleciona as
estações de acordo com a expressão SQL
        pRows = arcpy.UpdateCursor("in_memory\\"+str(selecao)) # Posiciona o cursor na feição
de estações selecionadas
        pRow = pRows.next() # Vai para a primeira linha da feature class
        while pRow: # Loop pelas linhas
            cod = pRow.codigo # Armazena o código da estação
            prec_valor=prec_vet[(est_vet,index(cod))] # Copia o valor da precipitação do vetor
prec_vet de acordo do index de posição do código da estação para o vetor prec_valor
            pRow.prec = prec_valor # Copia o valor da precipitação para a feature class de estações
selecionadas
            pRows.updateRow(pRow) # Grava os valores
            pRow=pRows.next() # Passa para a nova linha
        # Processo: cria raster,,,
        raster=arcpy.sa.Idw("in_memory\\"+str(selecao),"prec") # Realiza a interpolação pelo IDW

arcpy.sa.ZonalStatisticsAsTable(fc_bacia,FieldID,raster,"in_memory\\"+str(table),'TRUE','M
EAN') # Calcula a média para a área das bacias
        pTables = arcpy.SearchCursor("in_memory\\"+str(table)) # Posiciona o cursor na tabela do
zonal
        pTable = pTables.next() # Vai para a primeira linha
        while pTable: # Looping pelas linhas da tabela
            plan=str(pTable.getValue(FieldID)) # Copia o valor do campo
            media=pTable.MEAN # Copia da tabela a média do IDW
            planilha=wb.Worksheets(plan) # Ativa a planilha no Excel de acordo com o valor do
campo
            planilha.Cells(j,1).Value = media # Escreve o valor da média na planilha
            pTable = pTables.next() # Incrementa o looping
            num=num+1 # Incrementa a variável num
        wb.save # Salva o Excel
        # Terminar aplicação
        xlApp.Quit()
        # Limpar a memória
        del xlApp

```

A1.5 CÓDIGO VBA PARA GERAR O GRÁFICO DE DUPLA MASSA

```
Sub Dupla_Massa()
```

```

    Dim est As Integer
    Dim Estca As String

```



```

est = Sheets("Estações"),Cells(1, 2)
Estac = Sheets("Acum"),Cells(1, est + 1)
ActiveSheet,ChartObjects("Gráfico 1"),Activate
ActiveSheet,ChartObjects("Gráfico 1"),Chart,Axes(xlValue),MinimumScale = 0
ActiveSheet,ChartObjects("Gráfico 1"),Chart,Axes(xlValue),MaximumScale = 45000
ActiveSheet,ChartObjects("Gráfico 1"),Chart,Axes(xlCategory),MinimumScale = 0
ActiveSheet,ChartObjects("Gráfico 1"),Chart,Axes(xlCategory),MaximumScale = 45000
With Sheets("Acum")
    ActiveChart,FullSeriesCollection(1),XValues = ,Range(,Cells(2, est + 1), ,Cells(337, est
+ 1))
End With
ActiveSheet,ChartObjects("Gráfico 1"),Activate
ActiveChart,ChartTitle,Select
ActiveChart,ChartTitle,Text = "Curva Dupla-massa Acumulada - Estação " & Estac
ActiveChart,FullSeriesCollection(1),Trendlines(1),DataLabel,Select
Selection,Left = 330
Selection,Top = 142
ActiveSheet,Cells(1, 1),Select
End Sub

```


ANEXO 2: ARQUIVOS DE ENTRADA PARA A AVALIAÇÃO DO IMPACTO DAS FALHAS NA METODOLOGIA PROPOSTA

As figuras A2.1 a A2.7 apresentam os arquivos de entrada utilizados na avaliação do impacto das falhas na metodologia proposta. As falhas imputadas por meio do algoritmo descrito na metodologia estão destacadas pela cor vermelha nas imagens das planilhas de dados. Pretende-se com estas imagens que o leitor evidencie a proporção das falhas em cada situação.

Figura A2. 1 - Arquivo de entrada com 10% de falhas

Estação	42	23	41	37	6	20	48	25	40	49	26	21	33	27	28	39	35	56	30	17	1	7	19	8	47	52			
Mar-00	21.5	75.8	29.1	25.9	26	49	29.7	82.9	12.2	94.5	20.1	20.1	22.6	72.2	45.9	15	55.8	21.6	56.7	26	23.3	51.1	10.8	56.2	31.4				
Apr-00	46.3	37.3	61	66.8		42	75.9	62.9	57.2	65.1	40.4		43.6	75.5	72.1	61.6	34	43.2	48.1	74.3	31	31	69.8	43.2	58				
May-00	121.5	111.4	82.6	100.7			153.3	258.3	95.7		203.8	114.5	110.1	100.1		111.8	109.2	136.6	218.4	91.9	100.5	91.3	145.8	36.2	183.5	16.8			
Jun-00	93	134.1	155.9	105.4	140.4	166.2	96.3	144		94	146.7	64.4	145.8	118.4		65.4	97.6	146	155.8	222	185.9	159.4		114.9	483.5	111.3			
Jul-00	14.5	47.5	105.2	148	231.1	45	94		17.5	5.8	23.6					37.1	2.1	4.9	21.7	15.5		4.1	0	0	11.5	16.4			
Aug-00	16	4.8	3.3	21.1	49.3	16.3	38.9	22.8	80.5	3																			
Sep-00	15.6	36.4	44.7	35.4	49.3	29.5	61	271.1	10.6		88.8	28.1	35.9	91.7	46.5	28.4		95.4	7.4	45.3	32.1	70.4	67.3	37.1	48.2	181.1	10.4		
Oct-00	87.9		153.3	245.2	300	185.2			217.5		263.1	109.2	125.9	97.4	117.2		157.4	161.8	103.2	172.1	149.6	307	145.1	145.2	184.5	139	55.7		
Nov-00	178	180.4		221.5	206.8	279.8	240	101.8		216.7	251.8	222.4	134.4	149	190.8	228.2	231.6	217.4	226.6	215.2	180.4	226.3	218.1	250.4	106.2	89.9	205.3		
Dec-00	75.3	36.3	73.1	51.5	51.1	65.7	62.2	43.2	81.1	76.2	75.4		85.3	68		42.2	41.1	105	75.4	47	31.9	40	45.2	27.9	20.8	49.3			
Jan-01	79	46.7	69.2	109	120.6	92.2	65.2	11.8	36.1	29.3		125.4																	
Feb-01	25.5	14.8	35.8	42.3	54.1	41	22.8	5.1	32.3	33.9	37	15.3	35.7	20.1		48.3	41.3	44.7	34.6	20.9	19.2	17.8	13.6	25.8	27.3	24.9			
Mar-01	85.3	39.7	129.9	97.9	84.2		108		118.5	129.6	116.8	75.9	83.7	114.1	120.5	104.4	72.9	152	96.4	38.9	73.9		75	70.7	78.5	138.6			
Apr-01	10	18.1	12.8	46.3			63.6		37	11.7	9.7	41.9	23.8	33.3	18.9	29.3	48.1	102.2	29.2	33.1	58.2	58.2	88	103.9	39.3	11			
May-01	112	105.8	83.1	66.3	118	162.5	106.7	97.3	91.8	158.8	90.7		96.8	36.9	85.8	101.5	69.1	167.8	111.9	106.7	47.1	63	37.9	117.5	164	11			
Jun-01	8.4		27.1	21.6	10.9	7.9	82.6	90.5	69.3	15.7	54.3	91.4	54.9	15.9	33.8	47.5	17.6	8.7	66.3	78.9	259	170.2	86.2	40.6	21	66.4	53.3		
Jul-01	4.4																												
Aug-01	128.3	101.5	240.9	190	172.1	124.9		73.3	130.5	148.4	188.6	188.2	147.5	133.3	277.9	124.2	79.9	148.9	193.3	179.5	231	227.8	198.9	161.3	158.6	133.3	35.6		
Sep-01	147.8	114.9	41.4	156.4	120.6	101.8	100.3	114.4	48.9	102.9	155.2	102.1		132		108						122.7	102.1	122.1	98.2	40.3	127.3		
Oct-01	60.7	41	62.5	82.6	120.6	68.6	49	111.8	35.2	85.3	90.4	25.4		93.7	85.2	85.2		76.9											
Nov-01	287	193.4	254.1	221.9		125.3	157.3	185.2	30.9	69.8	133.9	49.6	84.4	175	80.1	48.9	65.2	144.1	154.8			111.2	60.8	100.3	134.9	42			
Dec-01	99.3	80.1		84.2	87.3	105.9	109	98.5	141.9	137.2	86.4	109	36.8	111	115	44.1	49.5	134.5											
Jan-02	39.1	17.8	5	17.6	18.5	21.4			18.7	17.3	85.1	7.6	9.3		27.3		9.8	37.6				10.1	10.1	11.9	9.5	11.7	9.9	36.3	46.9
Feb-02	23.1	5.1	16.8	22.1	38.9	17.5	48	0				12.2	16	14.9	15.2	19.4	11.2	23.3											
Mar-02	39	24.2	31.8	49.1	56.5	41.5	30.6	43.2	47.8	31	10.2	7.3	23.2	8.6	21.2	40.5		21.7	27.7			74.5	25.4	30.2	30.7				
Apr-02	21.9	37.7		30.2	33.3	46.8	31.3	26.4	10.6	46	239.3											120.1							
May-02	22.8	54.1	31.8	40	92.5	55.8	12.2	42	40.5	34.9	39.1		29.8			0	33.3	31.2	68	35.3	67.5	57.9	45.2	57.5	20.7	56.6	21.6		
Jun-02	110.9	4.6	141.3	100.5	56.7	174.3	10.3	142.2			113.8	143.6	69.3	127.2	107.5	137.8			166.2	117.1	30	12.7	17.7	48.7	0	134.3	85.6		
Jul-02	123.8	100.6	125.3	136.1	100.6	146.8	46	218.1		282.1												27.5	40.8						
Aug-02	24.6	46.5	59.7	65.5	31.5	3.1	21.1	116.8	22.1	4.9		14.4	46.6																
Sep-02	64.9	123.5	82.1	81.5	190	129.8	59.1	113.1	10.5		79.1	300.7	225.9	74.3	136.8	92.1	105	91.7	106	107.6			178.3	218.2	174.6	104			
Oct-02	105.2	223.4		177.3		129.6	251.7	129.4	128.1		128.1	128.1	128.1	128.1	128.1	128.1	128.1	128.1	128.1	128.1	128.1	128.1	128.1	128.1	128.1	128.1	128.1		
Nov-02	125.1	137		102.8		116.1	171.2	118.1	105.2	134.8	213.9	78.8	63	103.8	128.1	60.8	66.4	182.6				136.7	80.3	64.4	104.6	95.1	115.7	133.9	
Dec-02	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4	47.4		
Jan-03	123.1	88.8	98.1	85.6	103.9	131.8	144.4	20.2	102.7	153.1		71.1	142.8	186.6	64.4	142.5	62.7	164.2	126			57.4	54.7	61.9	67.6	126.5			
Feb-03	24	13.9	23.5	40.1	29.5	25.1						16.9	40.7	26.8	9.2	34.3	29.3	37.4	34.2	47.7	27.8	30.1		19.7	42.5	60	38.8	0	
Mar-03	1.6	2.6	2.7	6.1	6.1	9	5.1					4.1	14.5	5.1	1	4.8	26.2	3.1	7.9	25.4	7.1	6.9	7.7	3.1	1.8	2.8	3.4	0	
Apr-03	13	1	34.9	1	4.6	7.6	24.6	4.8				35.1	24.3	20.1	17	21.6	21.6					4.7	3.1	18.9	4.1	4.3	26.2		
May-03	103.1	129.1		130.9	167.2	160.2	81.4	78.3	107	88.7	74.4	126.2	127.7	85.7	41.7	134.1	157.3	164.6	91.7	120.1			73.6	127	100.4	120.8	60.1		
Jun-03	75.8	89.2	35.9	146.8	92	124.8	126.7	53	56.9	79.2	134.9		66.1	54.1	131.6	80.4	85.3	81.3	65.2	61.6	165.7	206.2	117.6	213.6	57	84.7			
Jul-03	17.5	25.1	33.5	23.7	20.6	12.6	15.7	30.1	189	184	15.8	25.1	7.1	24.6	76.5	30.4	26.6	54.5	52.5	52.5			48.1	42	24.2	22.7	31		
Aug-03	16.7	12.1	12.7	11.2	3.5	22.4	34.3	35.9	38			12	4.1	34.5	33.3	11.1	4.1	45.7	13.7	12.7	47	2.9	1.5	3.7	14.2				
Sep-03	60	71	105.4	101.2	82	85.5	34.4	60.4	112.5	84.1	118	36.1	62.5	86.1	80.8	77.4	146.5	37	12.9	66.6	58.7	38.3	67.1	73.5	88.9				
Oct-03	136.7	99	94.8	65.1	82.7	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5		
Nov-03	16.7	12.1	12.7	11.2	3.5	22.4	34.3	35.9	38			12	4.1	34.5	33.3	11.1	4.1	45.7	13.7	12.7	47	2.9	1.5	3.7	14.2				
Dec-03	60	71	105.4	101.2	82	85.5	34.4	60.4	112.5	84.1	118	36.1	62.5	86.1	80.8	77.4	146.5	37	12.9	66.6	58.7	38.3	67.1	73.5	88.9				
Jan-04	136.7	99	94.8	65.1	82.7	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5		
Feb-04	16.7	12.1	12.7	11.2	3.5	22.4	34.3	35.9	38			12	4.1	34.5	33.3	11.1	4.1	45.7	13.7	12.7	47	2.9	1.5	3.7	14.2				
Mar-04	60	71	105.4	101.2	82	85.5	34.4	60.4	112.5	84.1	118	36.1	62.5	86.1	80.8	77.4	146.5	37	12.9	66.6	58.7	38.3	67.1	73.5	88.9				
Apr-04	136.7	99	94.8	65.1	82.7	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5	70.6	65.2	79.5		
May-04	74.4	101.1	100.9	175.6	204.4	161.5	60.5	119.9	117.4	88.5	183.6		46.7	130.7		70.3	140	156.7	101			190	110.1	71.5	74.5				
Jun-04	62		94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7	94.7		
Jul-04	360.2	311.7		381.9	385.9	239.9	260																						

Figura A2. 2 - Arquivo de entrada com 20% de falhas

Entrada	42	23	41	37	6	20	48	25	40	49	26	31	33	27	28	39	35	56	30	37	1	7	39	8	47	52
Mar-00	23.5	75.8	29.1	23.9	49	79.7	32.2	54.6	70.1	83.1	22.6	72.2	80.6	45.9	75.6	36.7	26	23.3	32.1	10.8	38.2	2	18	88	2	
Apr-00	46.3	37.3	61	66.8	11	42	15.2	57.2	65.1	40.4	36.4	43.6	75.5	61.6	34	48.1	74.3	39.1	31	69.9	43.2	58	47.5	58	47.5	
May-00	121.5	114.9	82.6	105.4	146.4	168.2	96.3	157.7	109.4	203.8	114.5	110.1	105.2	111.5	104.2	118.4	185.9	140	133.8	6	145.8	36.2	19.4	16.4	16.4	
Jun-00	93	134.1	82.6	105.4	146.4	168.2	96.3	157.7	109.4	203.8	114.5	110.1	105.2	111.5	104.2	118.4	185.9	140	133.8	6	145.8	36.2	19.4	16.4	16.4	
Jul-00	14.5	0	47.5	10.2	14	23.1	43	0	17.5	25.9	23.6	0	9.3	0.5	18	2.5	0.6	12.7	0	0	8.7	0	23.4	10.1	6.1	
Aug-00	19	0	5.1	75.1	61.3	16.3	36.3	0	21.4	96.3	36.3	0	1.8	37.1	1.8	37.1	64.5	95.4	7.4	44.5	32.5	70.4	67.3	0	0	
Sep-00	15.6	38.4	3.1	55.4	49.3	29.5	31	72.6	36.6	38.8	28.6	39.9	91.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Oct-00	176	149.6	201.9	201.9	206.8	179.8	240	153.6	206.7	251.6	222.4	154.4	190.4	208.2	117.2	137.8	161.8	103.2	215.2	149.6	143.1	156.4	155.7	155.7	155.7	
Nov-00	75.3	73.1	31.3	51.3	65.7	43.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Dec-00	75.3	73.1	31.3	51.3	65.7	43.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Jan-01	70	46.7	70	110	120.4	83.2	63.5	81.8	90.1	59.3	0	115.6	83.1	0	77.8	0	50.5	83.3	0	17.8	11.4	100.4	74	92.2		
Feb-01	20.5	14.4	31.6	43.3	34.1	41	23.8	5.1	32.3	30.7	15.3	0	10.9	48.1	0	10.9	48.1	39.2	17.8	11.4	100.4	74	92.2	10.8		
Mar-01	85.9	159.9	97.9	86.2	105.9	108	90.5	118.5	116.8	75.9	83.7	104.1	120.5	104.4	0	125	90.4	26.9	73.9	20.4	75	70.7	78.5	138.6		
Apr-01	19.1	12.8	0	38.9	63.6	18.1	0.5	37	15.8	15.8	0	41.9	21.8	15.3	16.9	28.2	44.3	167.6	111.8	50.3	58.2	89	103.9	59.3		
May-01	112	105.9	83.1	75.1	61.3	16.3	36.3	0	21.4	96.3	36.3	0	1.8	37.1	1.8	37.1	64.5	95.4	7.4	44.5	32.5	70.4	67.3	0		
Jun-01	27.1	21.6	10.9	7.9	82.6	69.3	15.7	54.3	91.4	54.9	15.9	53.8	47.5	17.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Jul-01	8.4	13.5	8.6	0	0	4.8	36.6	43.7	5.1	37.6	29	0	8.9	9.4	9.1	23.9	1.8	18.8	0	7.2	12.7	0	0	3.8		
Aug-01	128.3	101.5	240.9	190	302.1	224.9	302.2	79.3	236.5	180.4	188.2	147.5	133.3	277.9	242.2	79.9	148.1	134.6	93.3	221	111.2	128.3	128.3	128.3		
Sep-01	147.8	114.9	43.4	136.4	101.8	125.3	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9		
Oct-01	60.7	61	62.5	82.6	68.6	69	111.8	93.2	85.3	90.4	0	93.7	89.2	115.6	76.9	128.5	51.4	62	60	52.3	21.7	0	0	51.8		
Nov-01	207	193.4	221.9	206.8	179.8	240	153.6	206.7	251.6	222.4	154.4	190.4	208.2	117.2	137.8	161.8	103.2	215.2	149.6	143.1	156.4	155.7	155.7	155.7		
Dec-01	99.3	80.1	71.5	84.2	105.9	108	90.5	118.5	116.8	75.9	83.7	104.1	120.5	104.4	0	125	90.4	26.9	73.9	20.4	75	70.7	78.5	138.6		
Jan-02	39.1	41	43	27.6	0	0	29.7	37.3	49.5	7.6	5.7	26.6	27.3	10.3	0	0	22.1	48.1	19.5	9.5	11.7	5.9	36.3	16.3		
Feb-02	23.1	5.1	16.8	23.1	18.5	17.5	46	0	34.6	34.6	10.2	10	14.9	15.2	13.4	22.3	15.3	49	14.5	10.7	10.2	10	15.8	21.8		
Mar-02	39	24.2	31.8	25.5	40.1	41.5	0	43.2	47.8	30	10.3	0	23.2	1.8	21.2	40.3	28	27.7	35.1	74.5	30.2	30.7	26.8	36.1		
Apr-02	21.9	57.7	31.8	48	30.5	55.8	12.2	42	40.5	33.5	29.8	53.9	0	33.3	31.2	35.3	87.5	0	21.6	60.8	97.1	71.3	61.8	42.5		
May-02	22.8	54.1	39.7	49.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Jun-02	110.9	143.3	100.5	96.7	174.3	93.3	138.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9	102.9		
Jul-02	135.3	124.8	134.1	122.1	418.9	44	239.3	288.2	63.3	158.6	215	150.2	124	153.7	148.2	0	150.6	148.2	428	11.7	31	27.2	23.9	15.1		
Aug-02	24.8	24	39.7	49.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Sep-02	66.9	123.5	82.6	105.9	108	90.5	118.5	116.8	75.9	83.7	104.1	120.5	104.4	0	125	90.4	26.9	73.9	20.4	75	70.7	78.5	138.6			
Oct-02	109.2	77.8	77.2	230.2	197.6	101.7	149.9	174.2	184.3	333.1	192.4	191.5	201.8	200.7	195.7	189.5	193.1	193.1	134.6	218.6	194	100.5	259.9	189.3		
Nov-02	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1		
Dec-02	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1	125.1		
Jan-03	43	20.9	43.2	31.2	33.3	36.8	62.7	37	36.8	62.7	37	36.8	62.7	37	36.8	62.7	37	36.8	62.7	37	36.8	62.7	37	36.8		
Feb-03	125.1	88.6	98.1	85.6	103.9	129.3	144.6	20.2	102.7	85.1	71.1	142.8	26.8	64.4	142.5	12.7	104.2	125	68.7	37.4	54.7	61.9	67.6	71.7		
Mar-03	24	23.7	11.3	25.5	40.1	41.5	0	43.2	47.8	30	10.3	0	23.2	1.8	21.2	40.3	28	27.7	35.1	74.5	30.2	30.7	26.8	36.1		
Apr-03	1.6	0	0	4.1	6.1	9	6.5	4.1	14.5	5.1	1	4.5	26.2	3.1	5.3	25.4	7.1	6.9	2.7	4.3	3.8	0	3.4	0		
May-03	11	1	34.9	40	3.7	4.6	0	24.6	39.8	19.8	0	24.4	0	19.1	32.1	21.6	4.6	2.6	4.7	4.3	4.1	4.3	26.2	0		
Jun-03	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8	115.8		
Jul-03	75.8	89.3	35.9	148.8	92	120.7	0	56.9	79.2	0	94.1	131.6	80.4	82.3	69.2	81.6	105.7	206.2	27	213.6	57	84.7	0	0		
Aug-03	49	74.7	71.5	105.4	41.4	36.3	0	110.4	0	65.1	28.5	56.5	54.3	45.2	52.1	0	40.6	44	41.8	42	22.7	10.2	22.7	10.2		
Sep-03	103.1	118.3	148.5	93.8	118.3	128.9	104.7	118.3	128.9	104.7	118.3	128.9	104.7	118.3	128.9	104.7	118.3	128.9	104.7	118.3	128.9	104.7	118.3	128.9		
Oct-03	22.8	30.8	26.2	55.7	71.4	82.7	77.4	71.1	44.5	53.9	28.7	0	64.8	95.5	85.2	102.7	107.1	0	66.4	49.4	48.8	55.4	37.3	26.7		
Nov-03	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5		
Dec-03	16.7	12.1	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7	12.7		
Jan-04	105.4	101.2	82	85.5	0	0	0	112.5	84.3	118	36.1	0	86.1	11.3	0	0	77.4	136.3	57	57.9	66.8	58.7	47.5	72.5		
Feb-04	136.7	39	65.3	79.5	95.2	59.8	108.5	79.9	48.5	41.4	0	74.5	103.7	50.6	118.4	91.3	48.2	44.1	0	0	0	0	0	0		
Mar-04	49.8	48.4	36.7	49	49.9	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49		
Apr-04	75.4	101.3	100.9	175.6	241.4	60.5	115.9	117.4	85.5	183.6	252	180	131.5	130.7	179.7	200.3	140	105	0	127.5	190	218.1	71.5	24.2		
May-04	62	84.9	51.7	52.9	63	44.5	0	105.6	0	105.6	0	105.6	0	105.6	0	105.6	0	105.6	0	105.6	0	105.6	0	105.6		
Jun-04	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2	369.2		
Jul-04	81.3	131.4	45.8	39.8	13	72.6	69.9	30.8	78.8	50.6	43.8	55.2	23.2	137.3	20.2	251.5	37.6	83.3	27.9	15.5	0	45.2	36.6	20.1		
Aug-04	31.8	72.8	48.4	76.5	191.2	57.2	80	1	29.1	181.1	70.6	27.9	88.1	21.4	32.6	12.7	73.6	30.9	75.6	26	28	37	26.6	71.7		
Sep-04	29.8	60.1	38.9	14.7	71.4	37.1	80.2	94	32.6	24																

Figura A2. 3 - Arquivo de entrada com 30% de falhas

Etapa	42	21	41	37	6	20	48	25	40	49	26	21	31	33	27	28	39	35	56	30	37	1	7	39	8	47	52
Mar-00	23.5		29.1	23.9		49	79.7	82.9	32.2		70.1					80.6	85.9			76.6	37.7	26		52.1	10.8	38.2	
Apr-00	46.3	37.3	61	66.6	31	42	75.9	15.2	37.2		40.4	36.4	43.6			61.6	36	43.2		72.3	29.3		100.5	91.3	145.1	43.2	58
May-00	121.5	114.1	106.7	103.3	121.3	53.1	121.3	92.7	145.5	201.3	114.5	110.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1
Jun-00	93	134.3	133.9	105.4	168.2	53.1	144	200.2	146.7	64.4	146.6	146.6	146.6	146.6	146.6	146.6	146.6	146.6	146.6	146.6	146.6	146.6	146.6	146.6	146.6	146.6	
Jul-00	14.5		47.5	23.1	45	0	175	5.8	0		0	0.5	18			0	0.6	13.7							23.4	101.1	6.1
Aug-00	16	4.8	3.1	21.1	45.1	16.1	36.3	22.8	36.3	9	44.6	21.4	0.1	3.4			2.3	4.9		15.5	0	4.6	4.1	0		0	4.4
Sep-00	19.6		44.7	55.4		63	27.1	36.6			39.9					24.4	64.5		7.4	44.5	32.5	70.4	67.3	17.1		68.1	10.4
Oct-00	87.9	149.6	151.3	114.2		139.2	101.8		217.5	92.7	100.2	121.9	97.4		137.8	161.8	103.3	172.1	149.6	167	143.1				184.5		55.7
Nov-00	179		38.3	73.1	51.3	51.3	65.7	62.2			61.1				68	42.2				75.4	67						265.3
Dec-00	70	46.7	69.2	110	120.4	92.2									83.1	106.4	77.8	94.4		92.6	83.3	72.4				74	92.2
Jan-01	20.5		20.9	106.7		206.4	279.8	340							208	238.2	316.6	217.4		34.6	20.3	19.2	17.9	13.6			24.9
Feb-01	70	159.9	97.9	86.2	105.9		90.5	118.5	116.8						120.5					90.4	38.5	73.9		75	70.7	75	74
Mar-01	193.1	12.8	46.3	38.9		18.1	0.5	37	13.7	9.7	41.9	21.8	15.3	16.9	29.2												11
Apr-01	112	105.3			136	162.5	106.7													111.8	206.7	47.3					
May-01	83.7	27.1	21.6			69.3	15.7				91.4	54.9	15.9	53.8		17.6	6.7	66.1		76.9							
Jun-01	8.4	13.5		0	4.8	36.6	43.7	5.1	37.6	29	0	6.9	9.4	9.1	23.9		18.8	9.1	13.5				12.7	0	0	40	3.8
Jul-01	128.3	101.5	240.5	190	372.1	124.9	202.2		126.5	140.4					108.2		65.6	103.3		149.3	175.5	231	277.8	198.9	140.3	156.6	
Aug-01	147.8	114.9	43.4	136.4	120.6	101.8	100.3	114.4	68.9	102.9	155.2						123.9	106	160.4	153.8	134.6	93.3	122.7	102.9	122.1	96.2	40.1
Sep-01	60.7		62.5	62.6	113.6	125.3	69		93.2	85.3	90.4				93.7		89.2	115.6		126.5	51.4	62					51.8
Oct-01	207	193.4																									
Nov-01	181	117.5	84.2																								
Dec-01	17.8	43		15.5	21.4	26.6	10.2	25.7	37.3	49.5					5.7		27.3	10.3	9.8	37.6	22.1						
Jan-02	23.1		16.8		16.9				0	27.0	34.6	18.1	12.2	10			11.2	22.3	15.8								
Feb-02	24.2		48.1		48.1		41.5	30.6																			
Mar-02	21.9	57.7	19.4	30.2	51.3				28.4						93.7	111.5	39.7	105.9	94.3	14.6	19.2	61.6	120.1				
Apr-02	22.8	54.1	31.8			55.8	12.2			40.5	28.5				33.3												
May-02	24	22.7	13.9	28.5	49.1	174.3	102.3			142.2	102.3				107.5	137.6											
Jun-02	139.3		125.4		230.2	197.6	149.9					133.1	192.4		201.8	260.7	195.7	189.5		353.1	134.6						
Jul-02	24.8	46.3	39.7	89.5	31.5	31	21.1	116.8	22.1	0.9	51.3																
Aug-02	66.9	124.5	62.2	40.9																							
Sep-02	223.4	169.7		230.2																							
Oct-02	125.1	137	135		38.2	41.2		109.2	92.4	71.8	134.1				91	26.7	134.3	177.3		69.2	19.1	142.4	129.3	78.1	70.9	52.8	
Nov-02	125.1	137	135		38.2	41.2		109.2	92.4	71.8	134.1				91	26.7	134.3	177.3		69.2	19.1	142.4	129.3	78.1	70.9	52.8	
Dec-02	43		31.2	33.3	47.4	36.8	62.7	46.8	42.4	36.4	32.7	15.5			34.6	18.9	17.9	43.2	31.5								
Jan-03	125.1	88.6	98.1	85.6	103.9		25.3	25.3		102.7	111.1	95.1	71.1	142.4	26.6												
Feb-03	24	2.6	2.7	2.9	6.1	9	5.1	6.5	4.1		5.1				31.4	25.3	37.4										
Mar-03	13	1		45	3.8	3.7									4.8												
Apr-03	103.2	115.6	138.9	147.2	100.3																						
May-03	89.3	35.9	76.2	148.8																							
Jun-03	49	55.8	74.7	71.5	33.5	105.4	41.4	36.3	17.8	31	106.4				68.3	28.5											
Jul-03	141.7	52.8	156.2	52.8	91.8																						
Aug-03	22.8	90.8	26.2		62.7																						
Sep-03	17.5	25.3	33.5	23.7	20.8																						
Oct-03	33.1				3.5	12.4	22.4																				
Nov-03	136.7	94.8	65.3																								
Dec-03	49.8	44.3			49.9																						
Jan-04	72.4		100.9			60.5	119.9	117.4																			
Feb-04	83.3		51.7	52.9	63		96.8	65.4	66	84.8																	
Mar-04	184.7		305.9	249.9	260	127.7	228.1	166.7	146.8	247.6																	
Apr-04	81.3	131.4	21.1	45.8		13	72.6	30.8																			
May-04	31.8	72.8	48.4	76.3	191.2		80	1																			
Jun-04	29.8		38.4	37.1	77.7	22.8																					
Jul-04	171.8		117.4	297.7	170.5	37.1	94.1	120	201.3																		
Aug-04	284.5	358.1	291.1			187.2	143.5	101.1	6.9																		
Sep-04	5.1	2.8	8.4	11		2.8																					
Oct-04	63.9		57	40.65			80.9	62	62.5	73.3	74	61	65.6														
Nov-04	65	56.3			95.4	95.1	108.6	106.7	91.1																		
Dec-04	87.9	149.6	151.3	114.2		139.2	101.8		217.5	92.7	100.2	121.9	97.4		137.8	161.8	103.3	172.1	149.6	167	143.1						
Jan-05	179		38.3	73.1	51.3	51.3	65.7	62.2																			
Feb-05	70	159.9	97.9	86.2	105.9		90.5	118.5	116.8																		
Mar-05	193.1	12.8	46.3	38.9		18.1	0.5	37	13.7	9.7	41.9	21.8	15.3	16.9	29.2												
Apr-05	112	105.3			136	162.5	106.7																				
May-05	83.7	27.1	21.6			69.3	15.7																				
Jun-05	8.4	13.5		0	4.8	36.6	43.7	5.1	37.6	29	0	6.9	9.4	9.1	23.9		18.8	9.1	13.5				12.7	0	0	40	3.8
Jul-05	128.3	101.5	240.5	190	372.1	124.9	202.2		126.5	140.4					108.2		65.6	103.3		149.3	175.5	231	277.8	198.9	140.3	156.6	
Aug-05	147.8	114.9	43.4	136.4	120.6	101.8	100.3	114.4	68.9	102.9	155.2						123.9	106	160.4	153.8	134.6	93.3	122.7	102.9	122.1	96.2	40.1
Sep-05	60.7		62.5	62.6	113.6	125.3	69		93.2	85.3	90.4				93.7		89.2	115.6		126.5							

Figura A2. 4 - Arquivo de entrada com 40% de falha

May-00	42	23	41	37	6	48	48	25	40	49	26	21	33	27	39	35	36	30	37	1	23	51	10	8	47	32		
Jun-00	23	25	29	1	8	4	42	28	32	3	40	8	24	22	72	23	34	58	26	56	7	21	51	10	8	47	32	
Jul-00	33	33	31	3	6	4	42	35	35	37	2	40	8	24	22	72	23	34	58	26	56	7	21	51	10	8	47	32
Aug-00	121.5	114.1	113.9	105.4	153.1	111.4	131.1	258.1	140.1	90.5	94	140.7	9	9	140.5	118.4	85.4	97.6	140	109.2	136.6	191.3	140	140	140.5	140.5	111.1	111.1
Sep-00	145.5	0	0	3.3	10	14	45	0	0	0	0	23.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Oct-00	39.6	4.4	4.4	3.7	38	35.3	38.9	3	27.1	30.5	0	44.6	0	0	1.1	4.8	3.7	1	4.9	21	15.5	0	0	0	0	0	0	0
Nov-00	39.6	4.4	4.4	3.7	38	35.3	38.9	3	27.1	30.5	0	44.6	0	0	1.1	4.8	3.7	1	4.9	21	15.5	0	0	0	0	0	0	0
Dec-00	87.9	109.6	109.6	214.2	80.9	105.2	139.2	101.8	102.4	217.9	92.7	102.7	123.9	17.4	157.8	103.2	127.5	167	67.3	171	184.5	101	10	10	10	10	10	
Jan-01	75.3	85.1	74.1	51.3	120.4	102.4	153.6	43.2	81.1	96.7	90.1	75.4	134.4	140	190.8	104.0	122.5	100	42.2	100	226.2	218.1	200.4	106	10	10	10	10
Feb-01	75.3	85.1	74.1	51.3	120.4	102.4	153.6	43.2	81.1	96.7	90.1	75.4	134.4	140	190.8	104.0	122.5	100	42.2	100	226.2	218.1	200.4	106	10	10	10	10
Mar-01	85.3	139.9	139.9	46.1	88.9	83.4	105.2	120.6	118.8	75.9	43.9	21.8	35.7	20.1	21.8	120.5	72.9	38.4	53.3	73.9	70.4	75	25.8	78.5	78.5	78.5	78.5	
Apr-01	112	105.8	81.6	166.3	118	162.9	106.7	91.6	31.7	90.7	43.9	21.8	35.7	20.1	21.8	120.5	72.9	38.4	53.3	73.9	70.4	75	25.8	78.5	78.5	78.5	78.5	
May-01	112	105.8	81.6	166.3	118	162.9	106.7	91.6	31.7	90.7	43.9	21.8	35.7	20.1	21.8	120.5	72.9	38.4	53.3	73.9	70.4	75	25.8	78.5	78.5	78.5	78.5	
Jun-01	112	105.8	81.6	166.3	118	162.9	106.7	91.6	31.7	90.7	43.9	21.8	35.7	20.1	21.8	120.5	72.9	38.4	53.3	73.9	70.4	75	25.8	78.5	78.5	78.5	78.5	
Jul-01	112	105.8	81.6	166.3	118	162.9	106.7	91.6	31.7	90.7	43.9	21.8	35.7	20.1	21.8	120.5	72.9	38.4	53.3	73.9	70.4	75	25.8	78.5	78.5	78.5	78.5	
Aug-01	112	105.8	81.6	166.3	118	162.9	106.7	91.6	31.7	90.7	43.9	21.8	35.7	20.1	21.8	120.5	72.9	38.4	53.3	73.9	70.4	75	25.8	78.5	78.5	78.5	78.5	
Sep-01	112	105.8	81.6	166.3	118	162.9	106.7	91.6	31.7	90.7	43.9	21.8	35.7	20.1	21.8	120.5	72.9	38.4	53.3	73.9	70.4	75	25.8	78.5	78.5	78.5	78.5	
Oct-01	60.7	61	61	62.6	120.6	102.4	90.7	99	111.8	104	99.8	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	104.2	
Nov-01	267	194.4	221.9	221.9	125.3	99	66.8	131.4	185.2	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	
Dec-01	95.1	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	
Jan-02	95.1	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	
Feb-02	95.1	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	
Mar-02	95.1	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	
Apr-02	95.1	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	104	
May-02	112	105.8	81.6	166.3	118	162.9	106.7	91.6	31.7	90.7	43.9	21.8	35.7	20.1	21.8	120.5	72.9	38.4	53.3	73.9	70.4	75	25.8	78.5	78.5	78.5	78.5	
Jun-02	112	105.8	81.6	166.3	118	162.9	106.7	91.6	31.7	90.7	43.9	21.8	35.7	20.1	21.8	120.5	72.9	38.4	53.3	73.9	70.4	75	25.8	78.5	78.5	78.5	78.5	
Jul-02	112	105.8	81.6	166.3	118	162.9	106.7	91.6	31.7	90.7	43.9	21.8	35.7	20.1	21.8	120.5	72.9	38.4	53.3	73.9	70.4	75	25.8	78.5	78.5	78.5	78.5	
Aug-02	112	105.8	81.6	166.3	118	162.9	106.7	91.6	31.7	90.7	43.9	21.8	35.7	20.1	21.8	120.5	72.9	38.4	53.3	73.9	70.4	75	25.8	78.5	78.5	78.5	78.5	
Sep-02	112	105.8	81.6	166.3	118	162.9	106.7	91.6	31.7	90.7	43.9	21.8	35.7	20.1	21.8	120.5	72.9	38.4	53.3	73.9	70.4	75	25.8	78.5	78.5	78.5	78.5	
Oct-02	23.5	0	0	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	177.3	
Nov-02	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	108.2	
Dec-02	125.1	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	
Jan-03	41	31	41.2	31.8	31.3	116.1	171.2	118.1	105.2	104.8	42.4	31.8	31.7	40.1	31.8	31.7	40.1	31.8	31.7	40.1	31.8	31.7	40.1	31.8	31.7	40.1	31.8	
Feb-03	125.1	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127	
Mar-03	24	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	21.6	
Apr-03	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	
May-03	31	34.9	31	34.9	31	34.9	31	34.9	31	34.9	31	34.9	31	34.9	31	34.9	31	34.9	31	34.9	31	34.9	31	34.9	31	34.9	31	
Jun-03	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	
Jul-03	75.8	69.3	55.9	36.2	146.8	92	124.8	78.1	33	56.9	58.7	99.2	134.9	157.2	87.2	131.8	131.8	131.8	131.8	131.8	131.8	131.8	131.8	131.8	131.8	131.8	131.8	
Aug-03	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	
Sep-03	22.8	90.8	26.2	56.7	92.8	82.7	27.4	109	84.5	26.7	72	64.3	62.8	62.8	62.8	62.8	62.8	62.8	62.8	62.8	62.8	62.8	62.8	62.8	62.8	62.8	62.8	
Oct-03	17.5	17.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	33.5	
Nov-03	40	12.1	7	105.4	4	13	13.4	34.9	140.3	122.5	84.1	118	80.1	62.7	31	77.4	45.7	13.7	97.9	66.6	75	38.1	3.7	41.2	80.7	88.9	88.9	
Dec-03	74	99	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3	65.3		
Jan-04	49.8	49.8	59	58.7	59	58.7	59	58.7	59	58.7	59	58.7	59	58.7	59	58.7	59	58.7	59	58.7	59	58.7	59	58.7	59	58.7	59	
Feb-04	74.4	74.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	24.4	
Mar-04	84.8	51.7	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9	52.9		
Apr-04	36.2	289.8	365.9	219.9	260	276.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7	264.7		
May-04	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1	114.1		
Jun-04	38.4	38.4	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7		
Jul-04	251.9	284.5	117.4	318.1	318.1	318.1	318.1	318.1	318.1	318.1	318.1	318.1	318.															

Figura A2. 5 - Arquivo de entrada com 50% de falha

[illegible]

Figura A2. 6 - Arquivo de entrada com 60% de falha

[illegible]

Figura A2. 7 - Arquivo de entrada com 70% de falhas.

[illegible]

ANEXO 3: SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL MÉDIA CALCULADAS NA 1ª FASE DA METODOLOGIA

A3.1 SÉRIES GERADAS COM DADOS DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS SEM FALHAS:

- Série de Precipitação mensal média obtida pelo método dos Polígonos de Thiessen

Figura A3.1 - Hietograma da série TC

Tabela A3.1 - Dados pluviométricos da série TC (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	177.96	182.16	166.46	80.70	160.80	99.27	93.93	188.33	151.74	159.35	152.04	168.99	1781.73	
1977	174.25	115.96	141.15	119.11	15.34	96.89	38.62	26.41	65.50	98.31	152.08	156.12	1199.74	
1978	97.57	74.73	185.72	4.70	101.86	26.73	178.26	23.81	142.21	74.73	167.36	173.13	1250.80	
1979	66.15	111.53	101.41	39.23	190.50	3.58	76.94	86.48	156.44	132.62	135.49	134.18	1234.56	
1980	221.52	247.84	155.69	89.32	54.00	79.39	79.27	72.11	132.89	70.53	107.26	274.13	1583.95	
1981	230.21	79.90	66.88	157.53	9.76	66.48	16.48	14.45	20.82	199.82	143.26	269.81	1275.40	
1982	91.50	226.21	114.26	29.42	89.83	225.71	153.09	31.76	25.14	195.57	293.19	294.88	1770.56	
1983	183.09	70.79	160.40	129.69	375.29	261.55	25.63	0.17	255.72	111.37	110.97	123.96	1808.63	
1984	160.30	91.85	107.31	100.79	89.72	7.07	14.37	93.42	111.50	40.95	122.47	266.24	1205.99	
1985	94.37	138.93	158.65	164.20	115.37	17.87	27.08	7.80	33.25	43.88	105.29	79.40	986.10	
1986	140.74	211.42	130.21	110.50	189.06	2.77	15.93	167.69	81.86	73.96	115.05	232.26	1471.45	
1987	138.19	222.20	45.58	66.51	249.11	151.82	30.12	11.32	90.71	116.56	228.61	106.27	1456.99	
1988	142.40	118.74	101.92	105.35	245.63	58.97	1.35	0.08	50.92	178.61	53.31	147.88	1205.15	
1989	335.86	189.65	135.51	42.40	67.31	92.70	130.27	70.02	138.69	90.64	119.16	263.00	1675.21	
1990	351.82	59.99	99.20	116.79	92.20	46.53	175.32	114.84	129.25	106.89	119.17	113.05	1525.05	
1991	199.64	143.24	188.07	106.90	52.57	119.42	27.69	38.12	92.08	97.20	114.08	255.45	1434.48	
1992	64.60	191.41	329.83	158.56	217.09	26.50	35.87	41.53	167.10	168.43	138.58	103.29	1642.80	
1993	301.87	232.18	106.82	100.52	87.56	98.88	41.11	27.11	197.69	109.47	64.29	175.55	1543.04	
1994	231.91	103.53	84.58	96.14	80.54	119.70	28.14	0.17	15.96	102.66	169.08	134.56	1166.98	
1995	322.61	175.08	125.45	114.31	43.88	89.25	75.73	28.55	163.50	176.46	49.19	125.72	1489.73	
1996	159.74	162.05	187.39	84.27	17.96	30.33	18.85	34.17	156.19	151.41	113.72	201.89	1317.97	
1997	432.63	181.49	41.90	67.44	72.35	246.59	29.63	67.15	105.99	129.95	211.30	138.58	1724.98	
1998	108.98	237.51	188.71	175.54	87.94	43.65	46.90	106.75	235.91	176.43	27.54	187.37	1623.22	
1999	259.86	171.37	100.30	103.98	81.67	88.03	79.90	0.41	102.89	68.51	48.91	85.95	1191.77	
2000	121.43	286.11	98.66	7.12	30.87	64.21	51.97	108.41	175.18	81.43	190.40	110.68	1326.48	
2001	111.27	234.27	90.23	53.47	147.68	100.31	64.38	67.55	97.56	106.25	92.56	192.68	1358.20	
2002	239.23	122.32	141.73	12.36	218.77	2.65	66.38	119.80	113.75	89.16	203.64	133.54	1463.33	
2003	252.20	162.13	96.19	155.72	70.89	46.57	89.58	38.24	68.79	88.62	161.94	132.25	1363.13	
Média	193.28	162.31	130.36	92.59	116.27	82.62	61.17	56.67	117.11	115.71	132.50	170.74	1431.34	

- Série de Precipitação mensal média obtida pelo método dos ponderadores IDW

Figura A3.2 - Hietograma da série C IDW

Tabela A3.2 - Dados pluviométricos da série C IDW (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	183.51	181.82	170.53	77.79	159.68	99.38	89.15	194.12	147.75	159.54	154.07	164.68	1782.02	
1977	171.41	117.28	136.48	127.42	15.89	101.27	37.27	25.24	65.98	93.74	145.39	149.67	1187.05	
1978	94.51	73.85	173.52	5.16	99.84	25.00	176.84	23.25	143.48	76.66	161.57	170.12	1223.81	
1979	64.29	111.85	104.06	41.79	192.93	3.64	77.31	87.93	158.08	128.63	133.16	139.94	1243.60	
1980	224.13	254.91	154.65	87.94	56.42	80.06	77.33	74.01	134.94	71.08	109.95	284.54	1609.96	
1981	229.66	85.73	69.28	154.93	10.74	66.17	15.67	15.50	21.90	195.22	152.50	270.46	1287.78	
1982	87.43	236.03	117.21	28.93	89.07	227.32	161.04	35.34	23.83	193.20	292.53	288.85	1780.79	
1983	181.98	65.24	162.12	130.20	373.89	270.36	24.40	0.26	260.82	111.45	104.59	121.80	1807.10	
1984	158.71	92.97	111.48	103.49	86.84	7.68	16.74	94.44	112.44	42.76	127.91	263.91	1219.37	
1985	83.92	138.89	157.02	159.63	113.40	18.02	27.02	7.11	33.04	46.04	97.62	80.03	961.75	
1986	150.50	207.68	128.50	111.98	189.74	3.60	17.62	174.38	81.50	74.81	117.77	229.50	1487.59	
1987	154.03	227.86	44.59	65.27	245.38	142.35	28.08	8.90	88.11	112.11	233.96	110.61	1461.25	
1988	144.58	110.13	99.15	105.88	252.64	59.09	1.11	0.10	49.96	174.06	47.47	150.59	1194.77	
1989	316.14	191.17	132.24	39.47	57.75	95.04	129.25	65.29	137.73	85.30	112.91	270.44	1632.74	
1990	336.58	56.33	94.38	106.15	89.18	46.15	175.19	112.87	128.14	101.92	114.25	109.29	1470.42	
1991	196.44	128.13	183.96	102.84	50.37	120.12	29.74	38.98	93.86	101.89	117.16	246.15	1409.64	
1992	71.43	188.01	326.17	158.38	215.58	26.26	36.59	40.97	166.79	183.26	140.81	109.08	1663.32	
1993	301.47	226.12	100.82	96.24	83.66	102.22	41.45	26.91	191.75	115.62	64.85	162.65	1513.76	
1994	242.56	100.67	82.08	92.37	78.11	122.12	27.99	0.06	15.14	105.26	171.58	124.28	1162.21	
1995	326.67	176.21	128.81	111.26	41.59	87.88	78.57	27.68	171.21	179.73	50.25	121.60	1501.44	
1996	156.91	172.88	166.30	94.75	18.44	29.89	18.21	34.93	152.37	153.98	112.22	208.31	1319.19	
1997	414.09	188.97	38.25	67.74	68.76	245.11	29.59	72.72	114.25	124.44	195.73	151.57	1711.22	
1998	106.29	235.35	195.81	173.39	85.37	41.86	47.58	107.25	243.69	178.62	27.91	182.40	1625.53	
1999	255.66	159.47	98.27	106.95	83.67	87.60	81.33	0.43	102.41	72.36	47.40	88.23	1183.79	
2000	114.40	281.74	87.94	8.21	30.53	67.72	53.00	114.72	177.78	77.02	183.52	105.45	1302.02	
2001	105.01	228.58	83.31	54.50	146.05	102.02	64.36	67.53	96.67	103.55	93.93	186.82	1332.34	
2002	245.32	117.12	157.44	13.78	221.57	2.65	65.83	122.60	122.11	89.84	197.54	135.04	1490.82	
2003	250.38	156.42	85.10	157.23	69.93	48.03	90.96	37.79	66.68	85.47	150.81	141.52	1340.30	
Média	191.71	161.12	128.20	92.27	115.25	83.17	61.40	57.55	117.94	115.63	130.69	170.27	1425.20	

A3.2 ANÁLISE DAS SÉRIES GERADAS COM DADOS DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS COM 30% DE FALHAS:

- Método de preenchimento das falhas por ponderadores regionais pela média e série de precipitação mensal média obtida pelo método dos Polígonos de Thiessen

Figura A3.3 - Hietograma da série 30F P MPR M T

Tabela A3.3 - Dados pluviométricos da série 30F P MPR M T (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	181.62	177.86	157.11	76.72	164.73	100.71	86.13	192.84	144.34	162.93	156.76	157.68	1759.43	
1977	169.16	119.10	135.90	121.30	17.79	101.74	37.50	23.69	60.54	107.37	145.40	149.23	1188.72	
1978	96.37	71.39	171.20	4.48	109.58	23.98	173.07	23.54	127.53	64.18	154.19	167.81	1187.32	
1979	56.47	119.94	101.00	42.70	169.87	4.39	77.91	92.69	156.61	129.29	138.24	140.31	1229.41	
1980	227.65	244.46	171.27	92.21	47.21	77.93	73.49	71.54	128.46	71.28	104.39	287.21	1597.10	
1981	229.02	85.28	81.38	156.54	6.16	64.35	16.24	17.05	22.31	214.64	152.41	268.07	1313.46	
1982	87.37	217.69	104.62	31.53	87.37	233.02	148.43	28.80	27.60	197.46	302.44	298.20	1764.53	
1983	184.54	70.51	151.87	131.46	375.35	276.85	20.85	0.05	252.82	109.04	109.58	128.12	1811.04	
1984	157.48	104.62	115.88	102.93	87.02	7.75	12.96	84.80	111.03	38.72	128.57	263.19	1214.95	
1985	87.18	139.98	153.52	169.48	119.17	17.31	26.31	7.95	33.69	40.93	110.13	87.59	993.24	
1986	160.07	220.18	139.44	113.71	182.43	3.93	13.04	177.13	74.04	73.85	121.76	218.22	1497.82	
1987	165.49	238.93	40.59	63.21	245.63	143.78	29.42	8.46	93.20	118.05	229.88	99.45	1476.10	
1988	140.74	102.76	101.18	102.94	235.74	59.15	1.20	0.01	50.19	161.26	49.61	136.07	1140.87	
1989	320.67	167.43	144.09	40.48	67.87	92.67	134.69	65.34	140.01	83.40	111.82	273.72	1642.19	
1990	326.12	50.50	91.44	107.18	95.88	46.12	182.77	111.60	122.77	112.29	108.45	105.32	1460.44	
1991	204.51	148.37	179.87	108.95	44.51	113.40	29.75	38.08	99.57	89.68	114.50	247.49	1418.69	
1992	51.98	187.64	324.13	155.28	205.86	28.52	28.59	42.77	177.56	185.98	150.44	107.89	1646.64	
1993	302.16	229.19	98.96	89.92	83.14	99.33	42.96	24.40	196.46	109.78	67.18	177.87	1521.37	
1994	239.59	98.56	88.16	96.26	75.92	124.33	23.87	0.07	15.73	96.67	177.87	126.03	1163.05	
1995	324.64	189.36	126.06	111.32	41.25	89.78	68.80	26.34	164.44	174.14	48.45	121.48	1486.06	
1996	152.28	175.54	165.12	92.77	17.85	29.68	18.23	34.33	151.11	154.03	121.94	193.59	1306.48	
1997	442.65	191.20	33.65	71.20	71.91	241.10	29.39	62.09	105.03	138.65	202.25	157.07	1746.18	
1998	103.41	238.18	197.48	172.84	84.46	38.25	49.84	106.22	224.31	170.80	31.88	190.63	1608.31	
1999	284.94	192.78	95.67	103.04	84.48	86.00	77.32	0.29	102.52	71.72	50.17	87.47	1236.41	
2000	119.81	286.18	91.21	9.23	31.58	69.94	52.90	102.39	172.82	75.14	176.54	125.64	1313.39	
2001	107.06	231.58	95.61	54.21	149.30	97.68	60.33	67.35	97.47	116.79	93.53	186.56	1357.46	
2002	238.41	118.20	151.58	11.19	223.77	2.57	63.20	119.40	105.24	90.28	200.58	149.02	1473.45	
2003	251.81	180.67	99.03	143.68	74.85	44.39	91.55	38.07	66.95	83.17	163.29	136.47	1373.94	
Média	193.33	164.22	128.82	92.03	114.31	82.81	59.67	55.97	115.16	115.77	132.94	170.98	1426.00	

- Método de preenchimento das falhas por ponderadores regionais pela correlação e série de precipitação mensal média obtida pelo método dos Polígonos de Thiessen

Figura A3.4 - Hietograma da série 30F P MPR C T

Tabela A3.4 - Dados pluviométricos da série 30F P MPR C T (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	175.10	176.17	156.08	77.12	161.45	101.23	86.82	192.18	142.95	158.68	155.21	155.95	1738.93	
1977	165.11	118.46	134.70	121.49	24.99	102.25	44.46	29.35	63.70	108.06	143.99	145.33	1201.90	
1978	96.56	73.04	170.10	8.82	111.05	26.41	167.20	25.67	128.50	71.93	151.94	164.96	1196.17	
1979	59.75	120.47	103.42	43.75	165.40	13.05	78.71	93.29	156.32	129.16	137.98	139.93	1241.24	
1980	222.26	232.27	166.91	92.68	54.88	78.95	78.91	74.78	128.09	72.41	105.87	278.90	1586.91	
1981	221.51	86.72	83.28	156.00	13.88	72.65	26.95	23.09	25.99	204.52	151.17	258.52	1324.30	
1982	87.02	206.71	104.12	36.81	89.44	223.68	146.72	35.74	38.26	192.43	289.04	287.70	1737.66	
1983	182.92	72.56	150.14	130.63	352.25	269.35	25.59	10.98	237.51	110.65	109.11	127.40	1779.10	
1984	156.27	106.10	116.46	103.16	88.50	12.73	20.82	86.31	111.61	42.81	129.20	260.11	1234.10	
1985	88.42	138.98	151.73	160.46	118.96	21.94	29.29	16.30	34.72	46.33	111.11	88.27	1006.52	
1986	159.32	209.67	137.84	114.12	175.58	5.14	24.80	175.38	79.51	76.99	121.95	207.96	1488.26	
1987	164.03	235.71	43.72	65.83	235.96	140.49	37.03	10.41	93.66	118.25	220.35	101.13	1466.58	
1988	139.02	102.93	100.74	103.31	220.57	60.18	8.53	3.52	51.04	158.20	52.05	134.89	1134.97	
1989	308.56	163.54	142.56	49.09	72.12	93.29	133.70	66.02	137.23	83.77	111.57	264.19	1625.65	
1990	318.05	56.01	92.27	106.35	99.37	46.18	177.26	111.78	122.81	112.42	108.71	105.53	1456.74	
1991	196.40	143.68	177.85	110.08	48.68	112.57	33.43	39.49	100.30	91.33	114.63	238.44	1406.87	
1992	57.98	187.42	322.85	152.77	198.12	33.25	34.88	43.97	171.35	184.71	147.66	108.48	1643.43	
1993	286.55	227.27	100.08	92.17	85.34	100.31	46.94	28.30	191.37	110.23	71.21	173.98	1513.76	
1994	239.39	98.95	91.60	97.69	77.43	122.32	30.71	3.14	23.94	98.33	173.39	126.06	1182.96	
1995	307.82	184.44	126.22	111.07	45.68	90.68	74.48	28.54	164.13	173.21	51.05	121.01	1478.32	
1996	149.95	174.96	164.92	93.54	21.62	35.74	22.85	35.74	149.71	153.73	121.16	185.07	1308.98	
1997	413.65	187.13	35.04	73.05	75.24	235.31	34.20	65.37	107.60	136.64	193.05	153.84	1710.10	
1998	104.19	234.45	195.67	169.84	86.93	43.51	53.29	107.11	213.08	166.51	41.96	185.45	1601.99	
1999	269.57	184.32	96.40	104.27	86.36	87.67	79.41	8.80	102.75	72.79	56.33	87.92	1236.59	
2000	119.31	280.12	92.18	15.63	35.48	70.80	53.38	103.65	170.08	76.97	170.33	123.36	1311.29	
2001	106.92	227.87	96.46	58.09	147.43	98.75	63.78	69.27	97.88	118.68	95.24	181.16	1361.54	
2002	232.53	117.19	151.01	15.53	221.78	15.82	68.80	119.23	105.27	93.41	196.45	147.25	1484.27	
2003	238.33	174.77	98.65	141.82	77.93	48.43	92.20	41.58	67.70	84.06	159.98	135.50	1360.96	
Média	188.09	161.50	128.68	93.04	114.02	84.38	63.40	58.89	114.90	115.97	131.85	167.44	1422.15	

- Método de preenchimento das falhas por ponderadores regionais pela média e série de precipitação mensal média obtida pelo método dos ponderadores IDW

Figura A3.5 - Hietograma da série 30F P MPR M IDW

Tabela A3.514 - Dados pluviométricos da série 30F P MPR M IDW (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	179.58	179.97	152.20	79.85	165.61	101.34	91.71	187.08	150.44	159.65	155.40	163.22	1766.05	
1977	173.71	116.08	140.07	117.12	16.63	97.58	38.43	23.98	62.53	108.36	151.17	153.63	1199.29	
1978	100.22	74.87	181.29	5.33	108.96	25.04	171.01	23.60	125.20	65.18	162.73	168.57	1211.99	
1979	58.86	118.58	101.50	40.13	169.08	3.87	77.97	95.53	155.58	134.90	134.90	134.18	1225.07	
1980	228.57	246.74	165.19	91.87	47.11	77.22	73.69	67.93	129.50	73.39	100.55	276.58	1578.35	
1981	234.92	80.70	78.49	162.14	6.57	65.16	17.07	16.45	20.65	215.14	144.10	267.06	1308.46	
1982	90.78	219.70	108.72	32.09	90.98	233.14	143.93	29.60	28.02	198.79	301.82	309.16	1786.74	
1983	184.70	77.79	149.62	130.83	376.95	270.12	22.43	0.08	254.04	111.92	113.71	130.59	1822.79	
1984	162.44	97.33	110.80	99.82	89.77	5.92	12.61	84.56	108.59	39.09	122.80	267.69	1201.42	
1985	96.09	140.81	154.62	168.13	120.90	17.38	26.02	7.65	33.20	38.83	111.50	89.72	1004.83	
1986	156.83	223.08	139.45	114.78	181.36	3.26	12.67	174.35	73.59	71.80	119.42	219.33	1489.91	
1987	145.06	232.07	45.21	64.84	250.66	154.47	31.40	10.38	97.25	121.42	227.32	103.13	1483.20	
1988	137.41	111.05	101.69	102.33	237.30	57.71	1.47	0.04	51.55	164.13	53.98	136.79	1155.43	
1989	340.76	166.17	150.04	41.43	73.87	91.60	135.34	69.98	142.37	89.99	116.33	262.23	1680.11	
1990	341.75	54.71	95.97	110.33	94.45	46.30	182.13	111.64	124.03	115.04	115.31	108.37	1500.02	
1991	212.31	159.13	183.94	108.32	46.76	116.16	26.99	36.88	96.05	90.85	112.36	257.94	1447.69	
1992	52.13	191.66	325.00	155.80	211.50	27.89	27.12	43.91	175.36	172.68	154.57	104.02	1641.64	
1993	301.61	235.47	103.64	90.61	85.63	96.01	40.68	24.38	198.59	102.13	65.51	183.68	1527.93	
1994	226.39	97.86	90.18	99.08	77.75	121.03	23.58	0.18	16.08	96.21	179.32	135.71	1163.38	
1995	321.99	189.77	124.06	115.94	43.41	90.07	70.79	26.13	155.14	172.84	47.70	121.95	1479.79	
1996	159.08	162.63	188.62	78.77	17.30	32.53	18.97	33.60	152.64	148.64	121.34	194.04	1308.17	
1997	454.15	185.57	35.97	72.84	73.08	243.61	29.64	60.41	100.48	145.07	218.04	150.00	1768.88	
1998	107.03	233.16	191.44	175.43	87.26	40.66	48.73	107.73	222.22	171.95	31.18	193.97	1610.76	
1999	282.24	191.88	95.39	104.42	82.86	85.24	76.28	0.30	103.29	69.03	49.82	84.70	1225.45	
2000	125.29	291.44	100.47	8.23	31.76	66.27	51.72	103.07	165.38	78.11	180.90	128.43	1331.06	
2001	114.28	231.70	97.56	53.14	150.04	97.48	61.58	65.75	98.67	112.23	91.29	191.83	1365.54	
2002	233.28	126.67	138.24	9.17	218.95	2.49	63.75	117.16	104.76	89.53	202.10	147.46	1453.55	
2003	254.88	178.91	111.28	138.35	73.97	43.92	90.13	38.42	67.42	85.54	168.90	130.74	1382.45	
Média	195.58	164.84	130.74	91.82	115.37	82.62	59.57	55.74	114.74	115.80	134.07	171.95	1432.86	

- Método de preenchimento das falhas por ponderadores regionais pela correlação e série de precipitação mensal média obtida pelo método dos ponderadores IDW

Figura A3.6 - Hietograma da série 30F P MPR C IDW

Tabela A3.6 - Dados pluviométricos da série 30F P MPR C IDW (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	174.40	176.29	151.09	80.90	162.82	102.06	92.40	185.80	149.27	156.80	154.08	161.31	1747.21	
1977	168.38	115.78	138.76	117.33	22.03	98.58	44.96	30.30	64.85	108.90	149.45	150.71	1210.03	
1978	100.70	76.81	179.17	10.86	110.20	29.24	165.47	26.65	125.71	71.60	160.93	165.09	1222.42	
1979	62.19	118.76	103.04	41.65	165.64	12.92	79.03	96.45	155.12	134.60	134.62	133.76	1237.79	
1980	223.53	237.31	162.01	92.39	52.93	78.65	77.86	71.51	129.19	74.76	102.16	267.79	1570.09	
1981	229.96	81.99	80.23	161.31	13.51	71.39	24.37	21.23	23.11	207.58	142.47	259.72	1316.87	
1982	90.93	209.78	108.36	37.11	93.40	224.67	142.39	35.91	35.03	192.84	290.20	295.76	1756.37	
1983	182.26	79.77	148.29	130.08	361.12	260.61	26.31	9.90	242.93	112.90	113.25	129.84	1797.26	
1984	161.28	98.65	111.30	100.10	91.08	12.22	17.31	86.41	109.31	41.73	123.19	262.32	1214.90	
1985	96.91	139.88	152.98	161.42	120.55	21.39	30.19	14.02	34.97	46.01	112.17	90.79	1021.29	
1986	155.81	215.19	137.42	115.00	175.92	6.37	21.46	171.52	78.38	74.68	118.93	211.91	1482.59	
1987	144.07	229.19	47.70	67.96	242.49	150.47	38.20	13.18	97.69	121.40	219.51	104.47	1476.34	
1988	136.36	111.14	101.39	102.96	225.56	58.49	10.44	2.96	52.97	160.36	57.44	135.86	1155.92	
1989	327.32	162.63	148.50	48.85	76.91	92.21	134.89	71.08	140.22	90.31	116.24	252.89	1662.05	
1990	331.85	58.48	97.00	109.90	97.17	46.86	178.23	111.92	123.74	115.14	115.52	108.94	1494.74	
1991	203.56	155.23	181.50	109.23	51.88	115.62	30.13	38.07	96.57	92.37	112.65	247.80	1434.60	
1992	55.78	191.19	322.14	153.65	205.00	32.00	34.02	45.17	171.34	170.83	152.01	104.77	1637.89	
1993	292.23	232.95	104.65	92.64	87.63	97.04	45.64	29.21	192.00	102.55	69.68	180.23	1526.44	
1994	225.92	98.52	93.06	100.51	79.76	119.85	31.21	2.95	22.57	97.53	175.85	134.56	1182.30	
1995	308.04	183.89	124.17	115.99	47.71	90.93	74.92	29.86	154.84	171.03	50.24	121.57	1473.19	
1996	156.69	161.73	187.54	80.24	22.34	37.55	22.96	35.03	151.17	147.88	120.81	188.06	1312.00	
1997	432.42	181.44	38.31	75.58	76.43	235.99	34.26	62.40	102.17	142.59	209.18	147.51	1738.30	
1998	107.84	230.36	189.75	172.25	89.28	45.22	50.97	108.48	211.64	169.68	39.69	190.35	1605.50	
1999	269.62	185.22	96.54	105.61	84.56	87.13	78.42	7.68	103.73	70.60	54.63	85.42	1229.16	
2000	124.71	285.73	101.03	16.00	36.06	67.24	53.20	104.27	163.10	80.04	175.18	126.67	1333.20	
2001	114.24	228.02	98.53	57.00	148.34	98.31	65.70	68.14	99.20	113.71	92.69	186.80	1370.67	
2002	227.08	125.35	137.45	14.06	216.76	13.26	69.52	117.05	104.92	92.37	197.07	145.78	1460.68	
2003	241.74	173.91	111.02	136.88	76.70	48.42	90.99	41.60	69.33	86.86	165.80	130.01	1373.26	
Média	190.92	162.33	130.46	93.12	115.49	84.10	63.05	58.53	114.47	115.99	133.06	168.60	1430.11	

- Método alternativo sem o preenchimento das falhas e série de precipitação mensal média obtida pelo método dos polígonos de Thiessen Variáveis

Figura A3.7 - Hietograma da série 30F TV

Tabela A3.7 - Dados pluviométricos da série 30F TV (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	179.95	176.39	151.97	76.77	169.05	101.95	84.34	191.86	148.02	156.87	166.25	162.75	1766.19	
1977	167.12	122.40	135.91	123.36	15.72	101.89	36.14	24.48	58.30	115.30	153.91	166.04	1220.57	
1978	98.11	70.88	173.00	4.60	105.52	23.86	174.09	24.10	133.87	58.79	153.99	165.91	1186.73	
1979	57.49	121.16	92.30	42.65	168.49	4.39	77.49	94.31	156.49	130.22	133.15	138.95	1217.10	
1980	225.62	235.61	166.51	91.12	47.90	76.88	75.10	75.20	129.16	74.68	101.80	292.90	1592.48	
1981	228.84	80.14	76.73	156.04	7.40	56.80	15.80	17.13	23.48	234.90	145.49	274.50	1317.25	
1982	85.28	213.25	101.81	30.93	87.11	233.09	151.88	29.89	29.64	199.53	295.26	295.15	1752.83	
1983	183.04	71.02	141.42	130.78	363.17	285.38	22.72	0.06	265.29	104.16	111.17	126.94	1805.16	
1984	157.60	102.12	115.37	102.11	89.67	7.98	18.55	89.69	112.54	38.53	127.41	264.75	1226.30	
1985	86.54	137.04	154.80	165.47	117.56	17.66	25.76	7.53	33.57	42.04	110.23	86.52	984.71	
1986	159.60	206.28	139.04	115.39	172.16	3.61	13.14	176.03	68.86	74.10	120.23	210.48	1458.92	
1987	160.66	239.47	41.96	63.98	241.59	139.78	30.96	8.43	92.40	117.14	226.45	94.36	1457.19	
1988	141.29	103.31	100.30	107.66	249.94	60.20	1.21	0.08	50.13	164.64	49.70	137.87	1166.35	
1989	317.38	169.43	141.44	43.03	59.67	91.31	129.11	65.04	140.58	84.56	111.95	281.62	1635.12	
1990	330.13	51.29	89.34	111.68	91.46	46.10	181.19	124.07	126.68	111.98	105.87	105.04	1474.83	
1991	204.06	143.70	185.08	114.10	46.37	114.30	32.16	39.73	99.15	97.60	99.75	251.73	1427.75	
1992	54.96	191.13	325.52	156.52	209.51	27.49	27.98	42.92	169.99	186.80	155.21	109.34	1657.38	
1993	295.23	230.87	104.64	93.10	84.04	98.48	43.48	24.88	200.00	109.62	69.03	177.93	1531.32	
1994	242.13	101.12	84.16	94.24	76.20	132.16	29.15	0.06	15.20	93.50	166.01	138.06	1171.99	
1995	323.14	182.42	123.93	109.46	40.87	90.14	71.57	26.15	164.94	171.50	49.08	124.31	1477.52	
1996	164.34	176.43	164.71	95.21	17.28	30.49	17.61	34.98	154.67	154.19	126.38	212.72	1349.02	
1997	444.86	185.61	34.17	70.77	72.27	242.36	30.90	65.60	112.89	132.22	202.40	154.49	1748.54	
1998	99.24	232.01	195.13	176.59	85.87	38.13	52.37	107.13	231.39	178.32	30.58	184.92	1611.68	
1999	280.13	187.09	96.13	103.14	86.65	85.67	77.25	0.26	102.57	72.42	52.84	87.23	1231.39	
2000	115.59	289.39	89.94	8.89	30.96	70.28	52.82	106.30	173.11	79.38	183.66	136.91	1337.24	
2001	115.63	230.10	96.02	53.61	147.13	102.62	62.40	67.07	96.63	119.34	96.82	179.16	1366.53	
2002	240.76	116.02	161.81	12.09	225.52	2.67	64.84	119.90	113.76	89.70	201.51	145.40	1493.97	
2003	261.88	186.64	94.34	144.55	69.00	44.36	91.78	37.43	67.15	82.49	160.78	137.71	1378.11	
Média	193.59	162.58	127.77	92.78	113.50	83.22	60.42	57.15	116.80	116.95	132.39	172.99	1430.15	

- Método alternativo sem o preenchimento das falhas e série de precipitação mensal média obtida pelo método dos ponderadores IDW

Figura A3.8 - Hietograma da série 30F IDW V

Tabela A3.8 - Dados pluviométricos da série 30F IDW V (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	175.39	177.53	151.97	80.35	168.96	102.49	91.81	185.48	150.60	157.47	158.83	165.73	1766.62	
1977	174.80	117.12	142.30	118.86	16.19	98.02	38.71	24.02	62.78	111.79	153.95	161.35	1219.88	
1978	101.69	74.26	183.66	4.52	106.57	24.63	167.95	23.78	127.17	64.71	162.46	165.37	1206.77	
1979	59.71	119.16	100.44	39.58	172.12	3.61	78.88	95.47	155.35	136.16	136.87	133.13	1230.48	
1980	226.66	245.62	164.98	92.15	46.96	75.78	73.82	70.01	130.29	76.15	99.27	277.80	1579.49	
1981	237.96	78.52	76.83	161.18	6.44	64.00	16.98	16.54	19.71	220.16	140.17	268.92	1307.43	
1982	88.15	223.70	106.72	32.03	87.76	232.07	143.04	31.72	28.42	201.72	297.61	302.76	1775.69	
1983	185.30	81.18	152.28	129.93	373.89	277.19	20.91	0.08	258.64	113.35	113.60	130.42	1836.77	
1984	161.92	97.39	110.76	97.42	90.18	6.04	12.43	86.06	108.96	39.23	122.16	265.41	1197.98	
1985	95.09	142.24	155.61	161.51	120.06	17.03	25.72	7.96	33.29	38.85	109.92	88.40	995.70	
1986	158.39	219.55	136.72	113.99	178.97	3.12	12.51	174.00	71.65	73.18	116.84	220.90	1479.82	
1987	144.67	233.99	44.89	66.14	246.41	153.25	31.71	10.34	97.91	122.18	231.64	103.69	1486.82	
1988	136.47	111.50	99.84	104.31	241.01	57.62	1.60	0.05	50.81	165.31	53.49	139.68	1161.70	
1989	339.26	168.22	148.22	42.30	72.48	91.69	135.88	68.98	141.12	91.37	115.89	270.65	1686.07	
1990	341.78	57.40	96.49	106.04	92.92	46.47	185.09	113.43	125.92	113.40	115.84	107.20	1501.97	
1991	206.20	161.87	184.86	109.02	46.34	116.04	27.21	37.25	95.23	92.74	109.68	254.99	1441.43	
1992	53.27	193.58	328.19	158.08	212.75	27.76	26.67	44.45	173.52	171.60	156.60	102.05	1648.54	
1993	299.25	234.42	105.08	89.45	85.55	95.77	41.35	24.04	195.84	101.96	67.97	186.59	1527.27	
1994	228.86	97.17	87.23	99.38	79.81	119.57	27.26	0.20	16.39	97.91	175.45	140.69	1169.91	
1995	321.60	189.36	124.78	115.99	43.85	90.61	74.50	25.56	157.94	173.20	48.48	123.00	1488.87	
1996	160.10	162.65	188.68	78.19	17.39	32.57	18.91	33.91	157.63	150.11	119.70	197.35	1317.20	
1997	454.47	184.23	36.45	71.61	73.77	244.27	29.55	62.57	100.54	142.85	221.20	147.57	1769.10	
1998	106.20	231.36	191.89	174.27	88.00	40.32	48.76	110.21	220.79	173.44	30.42	193.02	1608.69	
1999	283.39	190.28	93.43	102.19	85.16	84.65	75.90	0.35	103.06	69.21	49.68	85.08	1222.40	
2000	123.47	291.84	99.69	8.56	31.72	67.28	50.99	103.72	167.68	79.31	183.00	128.38	1335.63	
2001	115.84	231.68	100.47	53.64	147.23	99.53	61.21	65.97	98.79	114.19	93.87	190.27	1372.71	
2002	236.11	123.51	141.55	9.20	220.90	3.18	63.90	116.79	105.29	88.72	199.94	144.78	1453.87	
2003	257.28	183.20	108.83	136.88	71.19	42.97	90.73	37.94	67.97	85.18	167.75	129.73	1379.64	
Média	195.48	165.09	130.82	91.31	115.16	82.77	59.79	56.10	115.12	116.62	134.01	172.32	1434.59	

A3.3 ANÁLISE DAS SÉRIES GERADAS COM DADOS DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS COM 50% DE FALHAS:

- Método de preenchimento das falhas por ponderadores regionais pela média e série de precipitação mensal média obtida pelo método dos Polígonos de Thiessen

Figura A3.9 - Hietograma da série 50F P MPR M T

Tabela A3.9 - Dados pluviométricos da série 50F P MPR M T (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	192.84	176.85	169.08	77.64	133.04	101.18	80.67	173.75	155.35	147.23	149.75	164.62	1722.01	
1977	163.01	125.60	123.95	114.10	11.67	96.29	38.74	24.63	67.59	98.27	145.99	157.63	1167.48	
1978	103.93	66.78	170.58	3.13	95.38	30.15	175.96	18.83	143.22	66.74	184.01	192.46	1251.17	
1979	85.60	122.72	101.24	42.62	196.28	4.45	72.03	88.22	164.82	119.71	115.98	133.23	1246.89	
1980	227.54	244.82	140.68	83.20	53.08	75.02	67.64	76.92	127.61	72.39	101.65	273.16	1543.71	
1981	227.99	70.22	63.95	168.50	10.04	65.63	19.98	12.53	14.36	203.63	154.43	255.67	1266.93	
1982	98.35	236.01	134.12	28.54	87.43	222.86	147.23	29.28	27.56	189.24	295.20	302.38	1798.19	
1983	178.67	70.30	138.80	132.20	366.29	241.22	18.72	0.02	242.95	92.31	125.83	123.70	1731.01	
1984	166.80	94.70	107.98	102.22	94.30	7.51	15.15	100.34	104.66	42.38	112.56	294.17	1242.78	
1985	104.44	153.19	158.37	176.38	104.45	16.89	25.45	6.22	35.57	43.24	102.28	88.74	1015.22	
1986	134.92	215.83	116.91	108.08	185.24	0.86	16.23	149.48	73.18	64.52	100.61	239.13	1404.98	
1987	155.24	229.25	59.48	76.47	245.20	172.22	30.46	8.26	100.59	110.60	241.74	105.49	1535.00	
1988	148.87	117.70	109.34	113.03	256.97	53.19	0.52	0.01	47.24	179.79	59.76	150.44	1236.87	
1989	317.95	173.64	142.72	47.07	73.75	87.09	118.36	75.65	135.02	82.50	114.33	282.17	1650.24	
1990	354.03	50.37	93.35	94.08	87.07	47.27	167.55	105.64	127.11	113.76	113.07	117.50	1470.77	
1991	210.37	143.67	189.74	100.70	57.60	106.68	22.00	32.15	86.98	102.19	113.24	260.24	1425.56	
1992	57.70	181.70	332.09	161.42	204.43	24.70	32.43	35.44	170.36	185.37	140.07	114.60	1640.32	
1993	291.61	233.23	96.20	87.37	88.01	102.48	38.26	23.54	175.12	113.29	81.74	150.52	1481.36	
1994	245.81	107.65	81.96	92.20	80.25	119.56	29.52	0.04	14.38	104.04	173.30	181.46	1230.18	
1995	324.61	182.61	124.88	132.45	45.61	78.56	70.69	29.65	166.71	175.48	51.02	117.69	1499.96	
1996	156.55	157.40	171.78	81.75	17.34	21.61	22.40	30.76	150.98	156.36	125.89	196.34	1289.17	
1997	446.56	188.11	32.51	74.41	81.02	237.93	34.19	61.47	109.60	142.78	216.16	142.65	1767.38	
1998	108.17	238.35	187.17	186.54	85.67	41.99	43.04	110.17	224.12	172.22	24.12	183.63	1605.19	
1999	277.55	189.98	101.97	105.35	72.87	81.83	73.74	0.35	103.32	74.78	45.09	85.75	1212.57	
2000	128.84	280.19	101.33	6.86	29.78	67.02	53.71	113.98	171.92	74.49	177.53	116.54	1322.18	
2001	107.54	241.19	114.21	52.90	139.07	92.37	60.18	63.82	95.08	103.67	93.45	193.63	1357.12	
2002	255.32	122.20	165.35	16.37	213.35	2.06	65.92	125.93	104.00	87.22	200.18	134.15	1492.05	
2003	236.07	150.22	86.13	156.26	73.82	51.01	92.53	39.63	62.79	89.48	199.96	118.53	1356.43	
Média	196.67	163.02	129.14	93.64	113.89	80.34	58.33	54.88	114.36	114.56	134.25	174.15	1427.24	

- Método de preenchimento das falhas por ponderadores regionais pela correlação e série de precipitação mensal média obtida pelo método dos Polígonos de Thiessen

Figura A3.10 - Hietograma da série 50F P MPR C T

Tabela A3.10 - Dados pluviométricos da série 50F P MPR C T (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	185.90	172.85	166.13	80.86	131.87	103.46	82.00	161.42	149.88	145.55	146.28	158.91	1685.09	
1977	160.52	125.19	123.54	114.82	26.51	97.51	52.81	36.69	69.78	100.84	142.93	152.48	1203.62	
1978	106.01	69.36	167.06	18.81	96.57	43.82	170.67	36.36	140.54	78.29	178.02	181.80	1287.30	
1979	90.87	122.76	103.09	44.23	185.39	13.84	77.46	88.77	161.99	119.03	116.33	132.26	1256.01	
1980	225.42	231.60	139.24	86.43	55.39	83.38	76.52	78.81	128.00	79.83	104.52	256.69	1545.82	
1981	224.14	76.24	67.32	163.07	21.39	67.64	38.78	28.43	28.30	198.37	152.64	246.08	1312.41	
1982	102.69	232.32	133.44	41.30	89.07	210.86	145.68	43.23	34.37	182.32	270.60	289.22	1775.10	
1983	177.18	71.79	139.76	131.92	354.64	221.28	28.75	19.60	224.87	97.68	124.58	123.17	1715.22	
1984	160.08	98.33	108.96	103.76	96.08	14.37	36.50	103.77	106.42	52.19	114.55	264.94	1259.94	
1985	104.56	150.07	155.96	168.53	106.86	22.50	38.47	9.91	44.60	51.71	102.85	91.29	1047.32	
1986	135.63	206.20	117.40	109.30	174.67	16.42	36.58	145.85	79.51	70.56	101.68	231.86	1425.65	
1987	155.22	224.34	70.21	81.56	243.27	162.08	37.09	20.94	102.43	110.45	221.23	106.86	1535.68	
1988	146.08	117.37	110.15	113.42	247.44	62.65	9.36	9.81	54.53	169.93	63.02	148.80	1252.55	
1989	283.58	170.81	141.47	52.94	77.66	92.91	117.33	81.98	134.55	83.27	114.71	256.66	1607.87	
1990	326.20	54.90	94.97	93.99	91.31	51.60	166.41	107.51	126.58	114.82	112.75	116.38	1457.43	
1991	202.80	139.24	182.48	102.80	64.47	109.06	31.88	40.98	89.59	105.92	112.42	248.91	1430.55	
1992	66.21	176.98	308.94	158.08	191.48	34.49	39.51	39.52	161.02	182.25	139.02	115.18	1612.68	
1993	264.87	216.26	100.21	92.30	90.43	103.57	43.92	36.75	170.11	114.98	86.02	142.38	1461.80	
1994	241.36	107.82	83.07	92.82	84.79	120.36	33.33	7.93	24.58	106.04	167.51	171.81	1241.42	
1995	292.12	179.50	124.61	129.85	53.82	81.70	75.35	39.08	165.88	171.72	57.58	116.95	1488.15	
1996	154.23	154.40	164.90	84.29	23.94	30.02	34.43	45.58	146.60	153.68	125.62	184.49	1302.18	
1997	409.32	186.47	35.35	79.77	86.79	228.84	41.78	71.06	109.46	138.22	201.35	141.51	1729.93	
1998	109.55	235.93	185.13	177.43	86.01	45.51	52.61	111.16	215.11	168.04	27.71	178.26	1592.45	
1999	261.11	180.56	104.26	107.63	79.62	87.56	77.44	13.30	103.78	79.47	47.71	88.73	1231.17	
2000	126.18	263.19	102.62	16.95	36.24	71.96	58.67	116.53	162.94	76.24	174.19	117.20	1322.91	
2001	107.23	234.47	113.95	55.73	137.72	96.33	63.63	65.53	97.21	105.55	94.44	183.38	1355.16	
2002	224.60	123.38	163.99	20.35	202.28	6.94	69.08	125.77	105.15	91.23	192.21	133.71	1458.70	
2003	226.19	149.19	86.48	151.34	77.67	54.74	95.83	50.71	69.22	94.59	185.62	119.32	1360.90	
Média	188.21	159.70	128.38	95.51	114.76	83.41	65.42	62.03	114.54	115.81	131.36	167.83	1426.97	

- Método de preenchimento das falhas por ponderadores regionais pela média e série de precipitação mensal média obtida pelo método dos ponderadores IDW

Figura A3.11 - Hietograma da série 50F P MPR M IDW

Tabela A3.11 - Dados pluviométricos da série 50F P MPR M IDW (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	188.34	177.30	165.55	77.96	132.71	100.18	85.31	173.83	155.59	148.80	150.34	168.31	1724.23	
1977	163.60	126.69	124.24	111.35	10.85	95.17	38.58	26.86	64.69	100.36	145.16	157.06	1164.59	
1978	105.66	67.60	180.36	3.27	95.99	29.85	172.78	18.69	148.00	68.65	180.40	192.44	1263.69	
1979	84.68	123.51	99.22	39.83	198.39	4.55	71.21	89.20	165.89	124.75	117.91	130.22	1249.34	
1980	231.63	246.38	137.55	83.38	50.10	74.35	67.50	78.29	122.73	72.83	104.72	277.12	1546.57	
1981	230.23	72.42	63.54	165.44	9.42	64.89	19.76	12.76	16.12	203.00	147.08	258.75	1263.42	
1982	104.80	227.10	132.02	29.05	89.69	219.86	142.97	27.85	29.20	193.88	294.95	302.50	1793.86	
1983	175.56	74.44	133.76	132.91	366.05	244.80	21.33	0.02	244.63	93.03	125.83	123.92	1736.29	
1984	166.80	90.24	110.18	97.94	94.07	5.48	13.90	97.10	102.58	43.37	112.43	289.61	1223.71	
1985	107.77	156.85	158.44	174.84	104.77	17.62	23.71	6.53	34.72	42.64	109.39	88.87	1026.15	
1986	125.50	219.45	114.75	105.17	188.94	1.17	15.83	149.62	70.68	63.20	103.03	237.96	1395.33	
1987	142.23	228.87	59.09	77.53	247.68	172.62	31.65	9.91	100.41	114.33	235.82	107.73	1527.87	
1988	147.03	121.09	113.18	114.14	248.64	51.83	0.65	0.01	47.16	183.34	67.14	146.69	1240.90	
1989	323.96	171.50	145.88	49.83	78.01	86.38	125.30	76.92	135.18	85.20	117.08	276.20	1671.44	
1990	361.28	52.61	100.94	106.79	88.73	46.29	163.24	103.56	127.29	113.40	118.64	119.83	1502.59	
1991	214.16	144.44	193.15	100.94	57.63	106.93	23.72	32.32	85.04	99.16	112.78	271.17	1441.42	
1992	57.41	185.51	329.65	158.74	205.58	25.78	32.60	35.41	176.89	175.05	138.96	111.27	1632.85	
1993	291.61	234.24	97.32	86.06	91.58	97.57	38.19	24.25	178.09	107.26	80.05	161.30	1487.52	
1994	238.70	106.82	86.97	98.22	81.66	116.23	27.30	0.03	15.13	101.22	174.34	182.81	1229.43	
1995	324.80	185.29	122.77	133.33	46.28	79.97	70.82	31.26	157.16	172.31	52.77	120.88	1497.63	
1996	156.43	153.56	190.31	77.71	16.56	23.97	22.62	29.64	151.03	151.59	122.58	194.57	1290.56	
1997	455.15	184.32	34.92	72.46	81.90	236.91	33.69	61.23	108.16	146.41	220.02	131.11	1766.27	
1998	110.69	239.55	183.21	185.23	87.54	43.89	43.32	108.06	223.35	174.61	22.64	189.55	1611.63	
1999	291.15	183.43	101.77	103.44	72.39	81.94	73.14	0.30	102.71	72.61	46.53	86.33	1215.76	
2000	132.13	286.97	105.04	5.94	28.52	61.62	52.32	109.42	173.16	73.77	176.99	115.11	1320.97	
2001	113.56	241.61	117.33	49.39	142.00	91.17	61.92	61.10	96.00	107.31	89.63	198.96	1369.99	
2002	250.14	122.28	153.52	15.52	210.34	1.58	67.29	124.91	104.71	85.95	198.23	136.82	1471.30	
2003	241.10	157.71	95.89	153.02	72.93	49.68	91.63	40.42	65.54	89.57	202.33	116.85	1376.67	
Média	197.72	163.63	130.38	93.19	114.25	79.72	58.30	54.63	114.35	114.56	134.56	174.78	1430.07	

- Método de preenchimento das falhas por ponderadores regionais pela correlação e série de precipitação mensal média obtida pelo método dos ponderadores IDW

Figura A3.12 - Hietograma da série 50F P MPR C IDW

Tabela A3.12 - Dados pluviométricos da série 50F P MPR C IDW (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	180.66	173.31	162.94	81.26	131.57	102.20	87.19	163.18	151.13	147.02	147.39	163.14	1690.99	
1977	161.39	126.25	123.79	111.86	23.72	96.78	50.59	37.96	67.38	102.54	142.87	152.49	1197.60	
1978	107.37	70.91	177.35	14.56	97.63	40.32	168.85	33.75	145.62	77.31	174.95	184.17	1292.81	
1979	89.14	123.67	100.60	42.56	189.41	15.90	76.43	90.00	161.60	124.18	118.11	129.24	1260.85	
1980	227.16	235.32	136.39	86.69	54.12	80.89	75.76	80.10	122.86	79.24	106.92	264.53	1549.99	
1981	223.88	76.84	68.22	161.35	19.29	67.42	35.34	25.79	26.73	196.91	145.51	248.86	1296.14	
1982	107.48	222.72	131.25	38.16	91.76	209.76	141.55	39.26	36.75	187.51	277.98	289.58	1773.77	
1983	172.92	76.29	134.54	132.08	354.71	229.57	30.04	18.63	230.28	97.28	124.78	123.49	1724.62	
1984	161.65	93.34	110.43	99.24	95.58	15.15	30.39	100.41	104.38	50.76	113.61	266.06	1241.01	
1985	108.06	153.52	156.04	168.66	106.76	22.96	34.95	11.78	42.92	48.42	109.56	91.08	1054.71	
1986	126.40	209.23	115.13	106.59	179.55	13.32	32.40	146.14	77.67	69.45	103.76	230.47	1410.12	
1987	141.94	222.89	69.52	82.02	242.38	163.19	39.07	23.90	101.99	114.11	217.51	108.92	1527.45	
1988	145.16	120.38	113.41	114.60	237.77	60.03	10.53	8.76	53.06	173.25	71.42	144.66	1253.03	
1989	292.04	168.24	144.51	55.61	80.74	91.51	124.70	82.59	134.45	86.37	117.21	256.79	1634.76	
1990	335.37	57.17	102.46	106.56	92.32	50.53	160.92	105.43	126.19	114.09	118.12	118.73	1487.89	
1991	207.18	140.36	186.68	102.38	63.44	108.77	31.30	38.70	87.26	101.80	112.55	258.24	1438.67	
1992	63.89	180.25	310.19	155.55	194.97	35.12	40.70	39.79	166.98	171.91	137.58	111.75	1608.68	
1993	268.49	220.14	100.39	90.63	93.93	98.94	44.71	35.39	173.67	108.94	83.35	152.03	1470.60	
1994	233.44	107.35	88.24	99.02	85.23	116.97	31.71	9.48	24.83	103.34	168.95	173.90	1242.45	
1995	295.23	180.95	122.46	131.34	52.89	82.92	74.88	39.96	156.12	168.14	58.63	120.23	1483.74	
1996	153.84	151.03	183.17	80.59	22.43	32.06	32.57	41.15	146.54	149.41	122.68	185.72	1301.19	
1997	430.94	182.17	39.23	77.32	86.50	228.19	41.30	67.93	108.81	142.75	207.76	130.51	1743.41	
1998	112.19	236.23	180.21	177.66	88.15	47.79	50.40	109.25	215.36	171.09	26.99	184.47	1599.78	
1999	274.35	176.14	103.68	105.21	78.31	86.99	76.77	10.75	103.12	76.91	49.86	88.67	1230.76	
2000	129.38	268.67	106.14	14.23	35.26	67.07	57.17	112.32	165.73	75.90	172.76	115.76	1320.37	
2001	113.15	233.90	117.15	52.68	140.70	94.63	64.88	63.15	98.19	108.33	91.10	189.66	1367.52	
2002	222.77	123.09	151.62	19.54	200.18	9.74	70.29	124.65	105.70	89.60	190.41	136.28	1443.87	
2003	231.79	156.24	96.16	149.47	76.81	53.19	94.14	49.83	69.81	94.10	189.15	117.28	1377.98	
Média	189.90	160.24	129.71	94.91	114.86	82.92	64.63	61.07	114.47	115.38	132.20	169.17	1429.46	

- Método alternativo sem o preenchimento das falhas e série de precipitação mensal média obtida pelo método dos polígonos de Thiessen Variáveis

Figura A3.13 - Hietograma da série 50F TV

Tabela A3.13 - Dados pluviométricos da série 50F TV (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	200.58	179.57	177.91	80.55	138.89	98.88	78.49	155.66	149.51	163.36	158.94	160.04	1742.40	
1977	167.97	121.31	129.13	118.21	10.50	97.70	36.22	28.10	67.57	93.65	148.03	157.52	1175.90	
1978	110.61	73.49	167.67	3.67	96.32	30.82	187.85	24.05	142.64	59.56	187.76	185.64	1270.08	
1979	92.08	115.77	106.95	43.13	207.88	4.23	74.01	88.45	165.98	123.28	118.91	123.52	1264.18	
1980	223.44	242.49	149.36	75.67	52.56	75.08	76.76	78.21	129.29	54.81	89.59	282.17	1529.44	
1981	232.67	75.36	65.21	160.57	12.23	69.22	16.47	14.08	17.98	198.92	158.87	254.26	1275.84	
1982	91.47	241.43	129.23	24.80	90.68	220.11	148.23	27.76	27.70	189.33	314.48	296.83	1802.05	
1983	183.57	68.47	147.98	134.70	357.56	251.43	23.34	0.03	241.96	90.81	119.53	127.64	1747.02	
1984	161.02	79.67	107.57	106.72	89.49	7.66	16.30	104.46	104.96	50.04	126.07	278.39	1232.37	
1985	97.36	131.99	154.40	177.35	102.02	17.58	24.03	5.90	38.21	43.00	108.09	86.52	986.44	
1986	138.59	211.83	117.02	106.96	187.51	0.96	12.05	139.45	68.36	67.24	108.24	237.61	1395.81	
1987	155.58	233.29	52.10	69.89	246.91	156.20	29.25	8.32	96.74	109.97	247.95	85.56	1491.75	
1988	130.85	115.37	107.05	111.23	253.52	52.12	1.36	0.02	49.37	174.05	49.42	143.55	1187.92	
1989	343.06	172.95	138.32	48.26	70.66	92.20	119.91	76.19	135.86	84.61	110.75	283.67	1676.44	
1990	378.04	49.82	98.97	91.66	87.53	47.33	166.66	106.88	128.15	114.81	111.63	113.42	1494.89	
1991	209.29	146.03	182.28	107.32	53.05	114.68	23.85	37.73	90.02	101.66	110.00	259.99	1435.91	
1992	53.20	176.07	324.58	158.77	219.65	27.91	31.58	37.05	167.37	185.15	144.18	112.60	1638.10	
1993	296.57	221.77	94.31	90.81	82.79	101.55	41.40	21.28	180.44	122.30	72.81	146.94	1472.98	
1994	245.06	103.97	80.32	88.43	86.79	123.02	29.67	0.04	15.78	97.45	172.45	153.24	1196.23	
1995	323.09	187.95	125.74	128.95	42.36	86.85	70.41	27.85	162.16	169.66	50.60	113.26	1488.90	
1996	152.28	140.32	163.17	80.39	17.53	23.75	23.20	32.05	157.79	152.91	126.60	204.41	1274.40	
1997	449.60	189.30	30.88	67.78	75.76	242.36	31.60	65.27	117.26	139.34	211.19	150.11	1770.44	
1998	111.67	239.45	194.13	182.70	86.71	42.00	45.35	112.34	237.00	169.93	24.76	185.19	1631.23	
1999	269.59	202.29	99.85	100.31	72.70	86.08	77.06	0.30	104.50	71.51	46.24	83.79	1214.22	
2000	128.75	284.00	96.22	7.31	31.51	69.81	54.38	115.98	185.19	77.32	180.82	118.03	1349.32	
2001	107.12	240.58	107.75	53.76	143.20	103.74	63.68	64.77	96.62	113.81	92.68	182.84	1370.55	
2002	264.32	116.97	185.05	17.98	222.54	2.06	65.46	124.37	114.96	82.78	205.47	129.36	1531.31	
2003	234.04	150.21	87.69	145.72	71.07	49.37	93.39	38.57	62.16	107.11	202.36	132.88	1374.56	
Média	198.27	161.13	129.32	92.27	114.64	81.95	59.36	54.83	116.27	114.59	135.66	171.04	1429.31	

- Método alternativo sem o preenchimento das falhas e série de precipitação mensal média obtida pelo método dos ponderadores IDW

Figura A3.14 - Hietograma da série 50F IDW V

Tabela A3.14 - Dados pluviométricos da série 50F IDW V (mm)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	188.46	179.79	172.54	78.22	137.29	99.58	83.62	168.59	150.52	156.25	152.12	171.17	1738.16	
1977	167.98	127.92	129.78	112.88	10.65	96.45	40.17	28.01	65.22	99.54	147.82	157.59	1184.01	
1978	110.35	72.31	178.37	3.31	95.41	30.36	176.18	22.22	148.58	64.82	182.25	193.32	1277.47	
1979	87.26	125.73	103.27	40.33	201.89	4.69	69.97	89.88	167.97	128.17	117.71	126.69	1263.57	
1980	229.56	256.21	139.89	81.65	50.16	71.41	74.36	77.90	126.85	72.74	105.55	286.25	1572.54	
1981	239.81	75.29	62.81	160.97	11.74	65.58	18.07	13.30	16.64	199.94	149.72	256.18	1270.04	
1982	111.12	230.29	129.14	27.83	90.50	216.03	144.07	26.61	29.13	194.17	303.48	304.34	1806.71	
1983	178.05	78.11	146.49	133.47	367.52	252.34	24.80	0.02	242.93	93.32	119.74	127.63	1764.40	
1984	160.35	89.59	105.36	98.18	92.58	6.08	15.28	96.77	102.51	47.23	120.40	278.85	1213.19	
1985	103.14	149.86	156.84	172.52	102.95	18.02	23.67	6.59	35.01	44.10	110.76	87.51	1010.98	
1986	128.97	222.14	114.80	103.93	186.34	1.84	15.62	147.40	66.38	68.16	105.82	234.67	1396.07	
1987	144.65	224.68	54.80	72.35	249.12	166.97	31.40	11.29	99.65	114.21	249.15	101.16	1519.44	
1988	143.19	120.51	116.34	114.65	243.65	52.36	0.92	0.01	48.29	180.55	59.58	144.92	1224.95	
1989	332.21	169.26	143.64	50.16	76.64	88.72	128.00	76.67	134.75	86.15	116.85	274.39	1677.44	
1990	373.27	51.98	105.10	100.01	87.60	47.10	165.25	103.37	126.01	113.87	118.12	113.26	1504.93	
1991	212.10	143.00	189.53	106.70	55.59	106.32	25.43	33.95	86.10	106.96	108.73	266.71	1441.12	
1992	56.52	179.71	319.13	159.05	210.58	25.56	35.68	36.96	173.21	176.88	142.21	111.31	1626.82	
1993	299.48	232.28	98.72	85.44	89.73	99.50	41.14	23.50	179.13	114.34	77.56	154.45	1495.27	
1994	238.36	105.13	88.47	95.75	84.19	116.30	27.24	0.03	15.27	98.82	173.71	173.28	1216.55	
1995	317.44	186.00	121.32	128.43	48.60	79.92	73.44	29.75	158.93	170.94	54.35	119.92	1489.04	
1996	158.31	158.96	192.21	76.42	16.82	25.08	23.23	29.54	158.50	151.57	125.54	192.93	1309.11	
1997	453.16	187.03	34.69	68.96	79.22	238.27	33.41	61.69	113.02	145.43	216.38	132.20	1763.46	
1998	112.63	238.27	190.58	181.68	88.18	45.76	44.32	109.87	226.82	173.89	22.82	192.35	1627.17	
1999	288.82	190.00	103.09	101.95	70.68	82.26	75.79	0.25	104.51	70.76	46.30	84.80	1219.20	
2000	130.06	287.70	104.30	6.47	29.95	64.09	52.48	116.82	176.50	75.72	181.53	119.41	1345.03	
2001	116.02	243.68	113.66	51.24	143.12	94.58	62.11	63.35	97.37	112.15	90.99	190.57	1378.83	
2002	254.44	124.66	159.68	14.58	213.73	1.80	66.83	122.35	108.04	83.72	199.06	138.26	1487.16	
2003	242.81	159.68	95.40	145.71	69.58	49.50	90.38	40.20	66.25	99.00	198.07	126.68	1383.27	
Média	199.23	164.63	131.07	91.89	114.43	80.23	59.39	54.89	115.15	115.84	135.58	173.60	1435.93	

ANEXO 4: ANÁLISE DE VARIÂNCIA MÊS A MÊS

Neste anexo encontram-se as análises de variância realizadas mês a mês para as séries geradas com 30% de falhas e 50% de falhas. As tabelas A4.1 a A4.24 apresentam os valores de média e variância e os resultados da análise de variância para cada mês do ano para a análise realizada com 30% de falhas. As tabelas A4.25 a A4.48 apresentam os valores de média e variância e os resultados da análise de variância para cada mês do ano para a análise realizada com 50% de falhas. As figuras A4.1 a A4.12 apresentam os valores de precipitação média para cada mês do ano para a análise realizada com 30% de falhas. As figuras A4.13 a A4.24 apresentam os valores de precipitação média para cada mês do ano para a análise realizada com 50% de falhas.

A4.1 ANÁLISE PARA SÉRIES COM 30% FALHAS

Mês de Janeiro:

Tabela A4. 1 Média e variância para o mês de janeiro (análise 30% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	193.282	8788.696
C IDW	191.715	8271.719
30F P MPR M T	193.329	9022.827
30F P MPR C T	188.089	7767.608
30F P MPR M IDW	195.584	9340.344
30F P MPR C IDW	190.922	8263.595
30F TV	193.593	8983.729
30F IDW	195.475	9345.685

Tabela A4. 2 - Análise da variância para o mês de janeiro (análise 30% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1201.735526	7	171.6765037	0.019680844	0.999992736	2.052155592
Dentro dos grupos	1884173.484	216	8723.025389			
Total	1885375.22	223				

Figura A4. 1 - Precipitações mês de janeiro (análise 30% falhas)

Mês de Fevereiro

Tabela A4. 3 - Média e variância para o mês de fevereiro (análise 30% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	162.306	3774.108
C IDW	161.122	3901.144
30F P MPR M T	164.218	3910.693
30F P MPR C T	161.496	3523.930
30F P MPR M IDW	164.840	3856.419
30F P MPR C IDW	162.329	3515.298
30F TV	162.583	3800.699
30F IDW	165.090	3827.997

Tabela A4. 4 - Análise da variância para o mês de fevereiro (análise 30% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	451.6154613	7	64.51649448	0.017141381	0.999995489	2.052155592
Dentro dos grupos	812977.834	216	3763.786269			
Total	813429.4495	223				

Figura A4. 2 - Precipitações mês de fevereiro (análise 30% falhas)

Mês de Março:

Tabela A4. 5 - Média e variância para o mês de março (análise 30% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	130.364	3206.413
C IDW	128.195	3206.791
30F P MPR M T	128.822	3076.863
30F P MPR C T	128.679	2952.265
30F P MPR M IDW	130.737	3044.827
30F P MPR C IDW	130.462	2895.661
30F TV	127.768	3145.808
30F IDW	130.817	3134.813

Tabela A4. 6 - Análise da variância para o mês de março (análise 30% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	301.6324723	7	43.09035318	0.013977077	0.999997772	2.052155592
Dentro dos grupos	665912.9156	216	3082.930165			
Total	666214.5481	223				

Figura A4. 3 - Precipitações mês de março (análise 30% falhas)

Mês de Abril:

Tabela A4. 7 - Média e variância para o mês de abril (análise 30% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	92.592	2316.756
C IDW	92.274	2261.604
30F P MPR M T	92.028	2231.471
30F P MPR C T	93.042	1977.935
30F P MPR M IDW	91.825	2269.109
30F P MPR C IDW	93.123	2010.319
30F TV	92.780	2248.237
30F IDW	91.313	2221.256

Tabela A4. 8 - Análise da variância para o mês de abril (análise 30% falhas)

ANOVA						
Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	77.75884	7	11.10840574	0.005067505	0.999999934	2.052155592
Dentro dos grupos	473490.6	216	2192.085922			
Total	473568.3	223				

Figura A4. 4 - Precipitações mês de abril (análise 30% falhas)

Mês de Maio:

Tabela A4. 9 - Média e variância para o mês de maio (análise 30% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	116.269	7417.148
C IDW	115.251	7526.769
30F P MPR M T	114.310	7239.087
30F P MPR C T	114.015	6158.510
30F P MPR M IDW	115.374	7274.272
30F P MPR C IDW	115.491	6396.168
30F TV	113.503	7145.519
30F IDW	115.164	7250.274

Tabela A4. 10 - Análise da variância para o mês de maio (análise 30% falhas)

ANOVA						
Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	160.182	7	22.88318922	0.003245397	0.999999986	2.052155592
Dentro dos grupos	1523009	216	7050.96834			
Total	1523169	223				

Figura A4. 5 - Precipitações mês de maio (análise 30% falhas)

Mês de Junho:

Tabela A4. 11 - Média e variância para o mês de junho (análise 30% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	82.623	4864.536
C IDW	83.165	4959.267
30F P MPR M T	82.810	5068.166
30F P MPR C T	84.382	4510.155
30F P MPR M IDW	82.624	5047.793
30F P MPR C IDW	84.096	4448.341
30F TV	83.216	5237.371
30F IDW	82.769	5143.514

Tabela A4. 12 - Análise da variância para o mês de junho (análise 30% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	89.7184322	7	12.81691889	0.0026	1	2.052156
Dentro dos grupos	1060536.879	216	4909.892959			
Total	1060626.598	223				

Figura A4. 6 - Precipitações mês de junho (análise 30% falhas)

Mês de Julho:

Tabela A4. 13 - Média e variância para o mês de julho (análise 30% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	61.171	2335.485
C IDW	61.401	2364.058
30F P MPR M T	59.669	2372.292
30F P MPR C T	63.397	2034.195
30F P MPR M IDW	59.565	2335.177
30F P MPR C IDW	63.051	2042.037
30F TV	60.421	2318.176
30F IDW	59.785	2337.040

Tabela A4. 14 - Análise da variância para o mês de julho (análise 30% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	441.1733	7	63.02475496	0.02779718	0.999976222	2.052155592
Dentro dos grupos	489738.4	216	2267.307528			
Total	490179.6	223				

Figura A4. 7 - Precipitações mês de julho (análise 30% falhas)

Mês de Agosto:

Tabela A4. 15 - Média e variância para o mês de agosto (análise 30% falhas)

RESUMO		
Grupo	Média	Variância
C T	56.666	2584.343
C IDW	57.547	2747.071
30F P MPR M T	55.974	2682.819
30F P MPR C T	58.893	2471.045
30F P MPR M IDW	55.742	2599.704
30F P MPR C IDW	58.526	2387.970
30F TV	57.155	2753.585
30F IDW	56.103	2599.444

Tabela A4. 16 - Análise da variância para o mês de agosto (análise 30% falhas)

ANOVA						
Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	272.7665	7	38.96663727	0.01496847	0.999997176	2.052155592
Dentro dos grupos	562301.5	216	2603.247783			
Total	562574.3	223				

Figura A4. 8 - Precipitações mês de agosto (análise 30% falhas)

Mês de Setembro:

Tabela A4. 17 - Média e variância para o mês de setembro (análise 30% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	117.115	3751.634
C IDW	117.942	3887.364
30F P MPR M T	115.156	3608.743
30F P MPR C T	114.896	3101.144
30F P MPR M IDW	114.736	3563.127
30F P MPR C IDW	114.467	3137.485
30F TV	116.802	3824.406
30F IDW	115.117	3616.392

Tabela A4. 18 - Análise da variância para o mês de setembro (análise 30% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	333.914461	7	47.70206586	0.013394615	0.999998077	2.052155592
Dentro dos grupos	769237.9612	216	3561.286857			
Total	769571.8756	223				

Figura A4. 9 - Precipitações mês de setembro (análise 30% falhas)

Mês de Outubro:

Tabela A4. 19 - Média e variância para o mês de outubro (análise 30% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	115.706	1998.376
C IDW	115.627	2014.108
30F P MPR M T	115.769	2213.986
30F P MPR C T	115.972	1942.693
30F P MPR M IDW	115.801	2157.461
30F P MPR C IDW	115.987	1900.015
30F TV	116.948	2382.714
30F IDW	116.623	2191.236

Tabela A4. 20 - Análise da variância para o mês de outubro (análise 30% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	44.32384802	7	6.331978289	0.003015122	0.999999989	2.052155592
Dentro dos grupos	453615.8913	216	2100.073571			
Total	453660.2151	223				

Figura A4. 10 - Precipitações mês de outubro (análise 30% falhas)

Mês de Novembro:

Tabela A4. 21 - Média e variância para o mês de novembro (análise 30% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	132.498	3510.556
C IDW	130.691	3436.961
30F P MPR M T	132.937	3510.712
30F P MPR C T	131.846	2999.782
30F P MPR M IDW	134.074	3623.553
30F P MPR C IDW	133.058	3148.294
30F TV	132.391	3422.443
30F IDW	134.011	3614.276

Tabela A4. 22 - Análise da variância para o mês de novembro (análise 30% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	243.2948457	7	34.75640654	0.010197512	0.999999253	2.052155592
Dentro dos grupos	736197.5744	216	3408.322104			
Total	736440.8693	223				

Figura A4. 11 - Precipitações mês de novembro (análise 30% falhas)

Mês de Dezembro:

Tabela A4. 23 - Média e variância para o mês de dezembro (análise 30% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	170.744	4034.679
C IDW	170.269	4009.847
30F P MPR M T	170.979	3994.025
30F P MPR C T	167.439	3572.205
30F P MPR M IDW	171.954	4012.350
30F P MPR C IDW	168.596	3560.797
30F TV	172.990	4105.715
30F IDW	172.319	4008.903

Tabela A4. 24 - Análise da variância para o mês de dezembro (análise 30% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	692.9739725	7	98.99628178	0.025303759	0.999982767	2.052155592
Dentro dos grupos	845060.0951	216	3912.315255			
Total	845753.0691	223				

Figura A4. 12 - Precipitações mês de dezembro (análise 30% falhas)

A4.2 ANÁLISE PARA SÉRIES COM 50% FALHAS

Mês de Janeiro:

Tabela A4. 25 - Média e variância para o mês de janeiro (análise 50% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	193.282	8788.696
C IDW	191.715	8271.719
50F P MPR M T	196.674	8665.023
50F P MPR C T	188.209	6591.901
50F P MPR M IDW	197.719	9012.241
50F P MPR C IDW	189.902	7230.157
50F TV	198.266	9383.436
50F IDW	199.233	9129.932

Tabela A4. 26 - Análise da variância para o mês de janeiro (análise 50% falhas)

ANOVA						
Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	3402.11929	7	486.0170415	0.057968634	0.999713711	2.052155592
Dentro dos grupos	1810973.848	216	8384.138185			
Total	1814375.967	223				

Figura A4. 13 - Precipitações mês de janeiro (análise 50% falhas)

Mês de Fevereiro:

Tabela A4. 27 - Média e variância para o mês de fevereiro (análise 50% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	162.306	3774.108
C IDW	161.122	3901.144
50F P MPR M T	163.017	3938.323
50F P MPR C T	159.697	3364.640
50F P MPR M IDW	163.635	3917.980
50F P MPR C IDW	160.236	3336.769
50F TV	161.133	4118.732
50F IDW	164.634	3929.093

Tabela A4. 28 - Análise da variância para o mês de fevereiro (análise 50% falhas)

ANOVA						
Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	578.8557757	7	82.69368224	0.021847167	0.999989594	2.052155592
Dentro dos grupos	817581.2941	216	3785.098584			
Total	818160.1499	223				

Figura A4. 14 - Precipitações mês de fevereiro (análise 50% falhas)

Mês de Março:

Tabela A4. 29 - Média e variância para o mês de março (análise 50% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	130.364	3206.413
C IDW	128.195	3206.791
50F P MPR M T	129.138	3125.502
50F P MPR C T	128.383	2589.682
50F P MPR M IDW	130.377	3064.354
50F P MPR C IDW	129.711	2565.909
50F TV	129.316	3140.040
50F IDW	131.069	2976.759

Tabela A4. 30 - Análise da variância para o mês de março (análise 50% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	198.8722318	7	28.41031883	0.009519508	0.999999412	2.052155592
Dentro dos grupos	644637.1578	216	2984.431286			
Total	644836.03	223				

Figura A4. 15 - Precipitações mês de março (análise 50% falhas)

Mês de Abril:

Tabela A4. 31 - Média e variância para o mês de abril (análise 50% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	92.592	2316.756
C IDW	92.274	2261.604
50F P MPR M T	93.637	2497.412
50F P MPR C T	95.510	2031.430
50F P MPR M IDW	93.193	2463.611
50F P MPR C IDW	94.909	2077.652
50F TV	92.272	2403.735
50F IDW	91.887	2374.280

Tabela A4. 32 - Análise da variância para o mês de abril (análise 50% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	341.6953879	7	48.81362685	0.021192817	0.999990627	2.052155592
Dentro dos grupos	497514.957	216	2303.309986			
Total	497856.6524	223				

Figura A4. 16 - Precipitações mês de abril (análise 50% falhas)

Mês de Maio:

Tabela A4. 33 - Média e variância para o mês de maio (análise 50% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	116.269	7417.148
C IDW	115.251	7526.769
50F P MPR M T	113.893	7124.399
50F P MPR C T	114.763	6086.228
50F P MPR M IDW	114.248	7086.027
50F P MPR C IDW	114.861	6086.675
50F TV	114.640	7278.678
50F IDW	114.428	7153.413

Tabela A4. 34 - Análise da variância para o mês de maio (análise 50% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	102.4028669	7	14.62898099	0.002098874	0.999999997	2.052155592
Dentro dos grupos	1505502.11	216	6969.917177			
Total	1505604.513	223				

Figura A4. 17 - Precipitações mês de maio (análise 50% falhas)

Mês de Junho:

Tabela A4. 35 - Média e variância para o mês de junho (análise 50% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	82.623	4864.536
C IDW	83.165	4959.267
50F P MPR M T	80.344	4602.240
50F P MPR C T	83.408	3720.103
50F P MPR M IDW	79.724	4589.293
50F P MPR C IDW	82.925	3769.285
50F TV	81.953	4667.416
50F IDW	80.232	4603.141

Tabela A4. 36 - Análise da variância para o mês de junho (análise 50% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	428.3862274	7	61.19803248	0.013684987	0.999997929	2.052155592
Dentro dos grupos	965932.5908	216	4471.910143			
Total	966360.977	223				

Figura A4. 18 - Precipitações mês de junho (análise 50% falhas)

Mês de Julho:

Tabela A4. 37 - Média e variância para o mês de julho (análise 50% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	61.171	2335.485
C IDW	61.401	2364.058
50F P MPR M T	58.333	2121.405
50F P MPR C T	65.424	1693.093
50F P MPR M IDW	58.296	2072.114
50F P MPR C IDW	64.625	1685.290
50F TV	59.356	2256.912
50F IDW	59.387	2114.412

Tabela A4. 38 - Análise da variância para o mês de julho (análise 50% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1473.841619	7	210.5488027	0.101208543	0.998214137	2.052155592
Dentro dos grupos	449354.7693	216	2080.346154			
Total	450828.6109	223				

Figura A4. 19 - Precipitações mês de julho (análise 50% falhas)

Mês de Agosto:

Tabela A4. 39 - Média e variância para o mês de agosto (análise 50% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	56.666	2584.343
C IDW	57.547	2747.071
50F P MPR M T	54.883	2444.640
50F P MPR C T	62.035	1895.653
50F P MPR M IDW	54.625	2387.765
50F P MPR C IDW	61.073	1889.070
50F TV	54.827	2243.088
50F IDW	54.889	2338.920

Tabela A4. 40 - Análise da variância para o mês de agosto (análise 50% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1725.048831	7	246.4355473	0.106391038	0.997903254	2.052155592
Dentro dos grupos	500324.831	216	2316.318662			
Total	502049.8799	223				

Figura A4. 20 - Precipitações mês de agosto (análise 50% falhas)

Mês de Setembro:

Tabela A4. 41 - Média e variância para o mês de setembro (análise 50% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	117.115	3751.634
C IDW	117.942	3887.364
50F P MPR M T	114.363	3521.247
50F P MPR C T	114.536	2797.895
50F P MPR M IDW	114.351	3547.303
50F P MPR C IDW	114.469	2893.234
50F TV	116.269	3634.870
50F IDW	115.146	3577.153

Tabela A4. 42 - Análise da variância para o mês de setembro (análise 50% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	388.9159949	7	55.55942784	0.016097942	0.999996368	2.052155592
Dentro dos grupos	745488.874	216	3451.33738			
Total	745877.79	223				

Figura A4. 21 - Precipitações mês de setembro (análise 50% falhas)

Mês de Outubro:

Tabela A4. 43 - Média e variância para o mês de outubro (análise 50% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	115.706	1998.376
C IDW	115.627	2014.108
50F P MPR M T	114.560	2113.705
50F P MPR C T	115.812	1705.826
50F P MPR M IDW	114.557	2101.770
50F P MPR C IDW	115.380	1729.775
50F TV	114.585	2101.340
50F IDW	115.837	2039.001

Tabela A4. 44 - Análise da variância para o mês de outubro (análise 50% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	67.88707974	7	9.698154249	0.004909246	0.999999941	2.052155592
Dentro dos grupos	426705.2946	216	1975.487475			
Total	426773.1817	223				

Figura A4. 22 - Precipitações mês de outubro (análise 50% falhas)

Mês de Novembro:

Tabela A4. 45 - Média e variância para o mês de novembro (análise 50% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	132.498	3510.556
C IDW	130.691	3436.961
50F P MPR M T	134.247	3775.976
50F P MPR C T	131.360	2979.693
50F P MPR M IDW	134.563	3666.308
50F P MPR C IDW	132.196	2990.179
50F TV	135.658	4222.092
50F IDW	135.583	3891.072

Tabela A4. 46 - Análise da variância para o mês de novembro (análise 50% falhas)

ANOVA						
<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	718.957923	7	102.7082747	0.028857898	0.999972972	2.052155592
Dentro dos grupos	768766.5801	216	3559.104537			
Total	769485.538	223				

Figura A4. 23 - Precipitações mês de novembro (análise 50% falhas)

Mês de Dezembro:

Tabela A4. 47 - Média e variância para o mês de dezembro (análise 50% falhas)

RESUMO		
<i>Grupo</i>	<i>Média</i>	<i>Variância</i>
C T	170.744	4034.679
C IDW	170.269	4009.847
50F P MPR M T	174.150	4312.037
50F P MPR C T	167.829	3436.467
50F P MPR M IDW	174.782	4369.788
50F P MPR C IDW	169.168	3604.877
50F TV	171.035	4370.103
50F IDW	173.600	4313.199

Tabela A4. 48 - Análise da variância para o mês de dezembro (análise 50% falhas)

ANOVA						
Fonte da variação	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	1215.347362	7	173.6210516	0.042802027	0.999896699	2.052155592
Dentro dos grupos	876176.8992	216	4056.374534			
Total	877392.2466	223				

Figura A4. 24 - Precipitações mês de dezembro (análise 50% falhas)

Analisando-se os P-valores encontrados pode-se averiguar que existe equivalência entre os métodos utilizados para calcular os valores de precipitação mensal médios para a área da bacia hidrográfica de interesse, já que a variância pode ser explicada pela variabilidade dentro dos próprios grupos e não entre os grupos analisados, e desta forma de acordo com os testes estatísticos realizados não existem evidências para rejeitar as hipóteses H_0 de igualdade para as médias.

ANEXO 5: SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL MÉDIA CALCULADAS NA 2ª FASE DA METODOLOGIA

A5.1 MÉTODO DOS POLÍGONOS DE THIESSEN VARIÁVEIS:

Tabela A5.1 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen Sem Falhas (Thiessen Completo) (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	57,00	56,60	156,80	132,80	10,60	16,80	51,50	164,80	186,60	55,20
2001	86,60	31,80	90,40	40,80	116,80	59,10	23,50	169,40	113,40	61,30	137,30	106,50
2002	22,40	19,90	30,00	62,40	50,30	121,40	223,00	33,70	101,30	258,10	105,00	129,40
2003	34,80	105,90	26,80	5,60	7,90	113,90	74,70	44,60	163,90	63,30	29,40	15,00
2004	75,20	78,70	55,60	125,60	59,90	314,90	45,50	50,30	50,90	210,50	314,30	4,90
2005	60,80	83,80	70,70	24,10	78,70	23,10	68,40	35,30	29,40	60,50	22,50	15,70
2006	12,30	20,20	59,50	65,40	92,40	52,60	62,20	10,90	85,30	102,90	11,30	86,40
2007	166,80	8,10	195,50	79,50	137,20	139,20	246,10	76,40	42,20	41,10	40,30	17,10
2008	27,10	11,70	72,20	55,30	20,80	5,40	56,00	110,00	11,30	34,00	5,30	13,90
2009	10,30	16,10	65,50	137,60	39,50	9,80	25,30	36,50	160,30	230,30	93,00	75,10
2010	90,40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.2 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 10% Falhas TV (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	57,00	56,60	156,80	132,80	10,60	16,80	51,50	164,80	186,60	55,20
2001	86,60	31,80	90,40	40,80	116,80	59,10	23,50	169,40	113,40	61,30	137,30	106,50
2002	22,40	19,90	30,00	62,40	50,30	121,40	223,00	33,70	101,30	258,10	105,00	129,40
2003	34,80	105,90	26,80	5,60	7,90	113,90	74,70	44,60	163,90	63,30	29,40	15,00
2004	75,20	78,70	55,60	125,60	59,90	314,90	45,50	50,30	50,90	210,50	314,30	4,90
2005	60,80	83,80	70,70	24,10	78,70	23,10	68,40	35,30	29,40	60,50	22,50	15,70
2006	12,30	20,20	59,50	65,40	92,40	52,60	62,20	10,90	85,30	102,90	11,30	86,40
2007	166,80	8,10	195,50	79,50	137,20	139,20	246,10	76,40	42,20	41,10	40,30	17,10
2008	27,10	11,70	72,20	55,30	20,80	5,40	56,00	110,00	11,30	34,00	5,30	13,90
2009	10,30	16,10	65,50	137,60	39,50	9,80	25,30	36,50	160,30	230,30	93,00	75,10
2010	90,40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.3 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 20% Falhas TV (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	57,00	54,70	154,80	132,50	13,00	11,70	42,70	151,60	193,20	56,10
2001	86,60	31,80	93,10	39,90	126,60	57,10	11,70	145,60	115,90	65,00	138,10	116,80
2002	23,20	19,00	32,10	50,40	50,30	128,20	229,80	38,70	101,30	262,20	103,30	127,90
2003	32,90	95,60	26,60	5,80	12,00	115,20	71,40	44,80	146,60	65,60	28,90	15,10
2004	73,80	80,30	56,20	105,90	59,60	309,10	45,40	53,90	50,80	213,60	314,70	5,60
2005	62,80	74,60	88,50	23,50	78,50	23,30	66,80	35,00	31,20	83,40	20,40	11,40
2006	12,00	25,10	49,20	81,20	92,60	59,10	59,60	10,50	87,00	81,60	7,70	92,30
2007	164,60	3,30	207,60	79,50	136,40	146,90	238,90	76,00	53,80	39,50	36,80	17,10
2008	27,30	12,20	62,90	56,10	17,30	7,70	61,50	96,10	12,70	28,10	4,00	14,10
2009	9,50	17,70	65,50	141,20	43,80	11,90	26,40	33,70	141,30	226,90	88,40	75,10
2010	90,40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.4 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 30% Falhas TV (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	56,40	57,40	157,70	135,20	12,80	16,20	54,70	162,80	225,90	63,90
2001	78,40	31,10	91,60	26,60	126,50	47,20	22,40	155,20	112,40	65,90	121,80	121,40
2002	20,90	17,50	34,60	65,70	44,70	126,60	236,90	35,80	100,00	263,70	107,10	131,70
2003	34,50	80,70	25,40	6,50	11,50	117,60	68,30	54,00	147,30	66,60	25,40	17,70
2004	77,10	78,20	56,50	117,90	61,70	294,60	45,40	51,20	59,60	196,00	260,60	4,50
2005	61,40	83,00	89,30	22,60	80,00	23,40	68,50	37,20	31,30	57,00	18,30	10,40
2006	13,40	19,90	44,00	71,70	90,40	64,60	65,40	11,80	85,20	85,80	7,70	76,60
2007	162,50	3,30	182,40	74,80	122,00	146,50	240,60	65,00	42,70	40,40	54,90	17,40
2008	28,10	12,60	70,50	42,30	22,90	11,00	51,70	110,70	14,10	35,80	5,30	13,60
2009	11,80	18,70	62,10	125,00	46,90	9,80	23,10	40,10	128,80	218,70	97,60	75,10
2010	90,20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.5 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 40% Falhas TV (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	57,60	53,10	137,10	132,90	9,10	16,80	49,60	163,00	175,90	61,70
2001	77,80	27,60	92,70	44,00	111,30	57,50	13,40	158,50	87,00	61,60	198,70	109,70
2002	23,60	19,30	33,10	62,70	53,70	134,00	259,50	38,60	100,10	263,10	98,70	135,40
2003	33,40	111,70	26,70	5,60	8,00	115,70	74,10	42,10	179,10	67,60	29,60	14,40
2004	69,90	78,50	59,70	124,30	64,40	284,30	46,60	48,90	53,20	171,30	282,70	4,40
2005	56,10	92,00	78,60	25,10	73,50	21,70	64,00	32,00	30,80	83,50	21,80	15,70
2006	13,90	19,10	48,20	65,90	97,60	58,90	79,60	10,60	78,50	116,70	8,60	88,10
2007	166,80	3,30	222,30	75,40	142,50	144,90	336,40	69,90	41,00	38,70	32,90	18,90
2008	23,50	12,80	62,40	57,60	17,00	8,10	69,90	107,70	12,30	34,40	3,00	13,20
2009	9,60	14,00	65,00	136,30	41,00	24,00	26,00	41,20	122,40	169,20	87,90	74,60
2010	90,90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.6 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 50% Falhas TV (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	62,60	56,30	118,50	143,80	17,60	13,40	41,70	173,00	202,70	54,00
2001	86,60	30,40	104,80	39,40	118,70	64,10	19,90	179,10	110,40	73,40	153,80	105,60
2002	26,40	17,20	34,00	52,60	36,20	127,00	224,80	34,40	106,20	195,80	85,80	127,40
2003	36,70	91,80	29,40	6,00	12,90	114,40	80,30	39,70	140,60	67,60	31,60	14,90
2004	87,20	67,70	48,40	143,60	63,20	287,60	35,60	44,10	19,00	148,00	309,80	4,70
2005	61,70	89,50	79,20	27,90	86,20	27,30	90,80	67,10	34,50	59,00	22,60	15,80
2006	11,20	19,00	49,10	93,50	95,20	59,10	101,30	12,70	72,00	91,20	17,40	82,30
2007	173,50	3,80	202,80	85,40	181,20	130,40	199,00	71,60	48,60	33,30	33,90	12,90
2008	28,50	12,50	73,40	72,90	18,90	14,60	40,10	105,30	12,00	29,40	5,00	15,80
2009	11,30	17,00	63,80	130,30	43,10	12,80	27,10	33,40	173,10	232,40	96,50	74,60
2010	84,10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.7 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 60% Falhas TV (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	53,00	54,80	160,00	144,60	8,40	16,90	31,10	154,10	135,00	64,10
2001	89,00	28,60	81,50	47,80	97,30	61,90	10,30	176,50	108,00	53,50	92,10	110,80
2002	18,60	15,20	32,00	66,20	52,40	54,90	204,50	36,40	100,90	251,30	99,80	124,00
2003	32,50	95,50	26,70	5,70	6,30	121,00	63,40	32,00	166,20	65,70	32,20	14,90
2004	73,20	81,60	38,20	103,40	57,60	300,30	74,50	57,20	59,50	200,40	315,80	5,60
2005	55,60	92,90	81,60	29,40	81,10	20,90	79,20	48,80	24,60	70,00	19,30	9,20
2006	13,80	25,00	46,60	92,90	99,50	48,70	94,50	10,40	64,10	95,20	17,40	78,30
2007	151,80	13,40	205,40	52,50	141,30	131,80	281,90	67,30	48,30	44,20	29,40	16,80
2008	20,00	11,70	72,50	47,10	18,70	2,90	59,20	100,40	14,10	17,20	5,10	12,40
2009	12,20	21,90	67,30	125,50	46,40	10,50	17,70	36,20	145,70	218,70	96,10	72,40
2010	91,50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.8 - Série Precipitação Mensal Média - Polígonos Thiessen 70% Falhas TV (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	59,00	57,20	166,40	145,30	11,80	19,80	41,50	155,90	186,80	75,60
2001	71,30	28,50	102,40	50,10	140,00	41,70	29,00	161,70	78,30	82,40	166,70	135,90
2002	26,70	18,80	42,20	56,40	56,20	133,40	129,70	35,60	107,60	269,20	104,20	133,20
2003	31,30	110,80	26,40	7,60	5,80	119,10	82,50	30,10	139,60	63,30	33,80	17,50
2004	106,70	69,00	58,70	110,40	69,50	350,30	84,40	61,30	69,30	186,90	343,80	3,40
2005	47,10	90,70	75,40	19,90	97,10	17,30	91,00	69,70	35,60	63,80	9,70	16,10
2006	14,00	17,00	69,20	73,60	95,20	58,80	113,90	6,60	89,40	71,90	8,30	100,40
2007	174,50	13,60	166,00	51,40	103,80	118,00	267,60	62,90	35,50	30,30	52,30	15,50
2008	27,20	12,30	79,00	69,60	23,50	7,80	80,10	95,00	21,60	63,50	3,70	12,10
2009	12,60	18,80	66,40	127,90	30,50	16,70	41,70	40,70	179,40	176,10	67,80	62,10
2010	84,80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

A5.2 MÉTODO DOS INTERPOLADORES IDW VARIÁVEIS

Tabela A5.9 - Série Precipitação Mensal Média - IDW Sem Falhas (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	55,70	56,00	141,40	138,70	10,50	14,70	48,10	157,50	192,20	57,60
2001	84,80	30,60	90,90	37,50	112,10	54,60	19,20	168,50	110,90	64,70	142,40	112,20
2002	24,60	20,30	35,10	57,80	47,20	113,60	215,80	34,60	106,20	239,10	100,90	129,10
2003	34,70	97,20	26,60	5,30	11,80	113,00	78,90	45,80	149,60	64,50	27,30	15,10
2004	80,00	79,10	52,30	124,00	61,90	296,50	52,70	52,40	48,40	201,60	300,80	7,20
2005	62,80	78,00	78,10	23,60	82,00	23,10	69,20	42,20	30,30	75,50	20,20	12,10
2006	14,70	22,00	54,60	65,30	93,30	57,30	69,90	10,20	82,60	98,80	12,60	89,00
2007	162,60	6,60	196,00	77,90	136,30	148,30	260,90	82,30	45,60	35,20	42,00	17,10
2008	25,30	12,50	63,20	57,80	22,10	8,20	58,70	105,50	11,70	33,90	5,90	13,60
2009	11,20	16,60	64,30	128,90	40,20	12,80	24,40	36,70	151,20	221,50	91,70	71,50
2010	90,10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.10 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 10% Falhas (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	55,60	56,50	142,00	136,10	11,30	16,10	47,80	158,70	192,40	57,70
2001	84,80	30,60	89,50	37,60	111,30	54,60	19,90	166,20	111,70	64,80	141,60	102,90
2002	25,20	21,00	34,30	58,70	47,20	108,50	216,20	34,40	105,50	240,50	100,40	126,20
2003	35,80	101,50	26,90	5,40	8,30	113,00	80,40	48,20	149,80	62,60	29,00	14,90
2004	76,90	79,10	53,10	124,10	60,30	299,80	51,10	52,80	48,20	201,30	300,60	7,50
2005	61,70	78,10	70,90	23,60	82,30	23,10	68,90	41,60	28,00	60,00	21,10	13,10
2006	15,10	21,90	59,40	63,80	92,10	57,30	60,60	10,20	83,20	98,50	13,90	84,30
2007	165,30	7,00	195,20	77,90	136,20	145,70	254,10	82,20	44,10	40,10	43,60	16,90
2008	25,90	12,30	69,00	55,30	22,90	5,90	59,60	105,40	11,70	32,10	5,70	13,40
2009	11,20	16,70	65,60	131,00	37,70	11,20	23,60	37,90	159,50	221,10	89,80	71,60
2010	90,30	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.11 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 20% Falhas (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	55,90	54,70	140,80	130,00	12,80	13,00	43,30	146,40	190,20	58,00
2001	83,70	30,50	94,60	38,50	117,20	51,50	11,50	157,40	112,90	68,10	147,50	109,90
2002	25,20	20,10	33,70	52,70	46,60	125,00	235,70	39,30	104,80	242,50	97,00	122,30
2003	33,00	95,30	26,50	5,80	12,10	113,00	79,60	47,10	137,60	64,40	27,80	15,00
2004	78,20	81,30	53,00	111,90	60,30	296,70	53,60	56,50	49,50	205,10	297,00	9,50
2005	63,40	72,90	81,30	23,80	81,20	23,10	70,60	41,30	30,60	75,50	19,80	10,20
2006	14,80	25,90	56,70	73,20	93,20	59,40	63,20	9,80	86,40	83,50	11,10	88,70
2007	163,40	3,20	202,30	78,30	138,80	148,50	263,00	83,80	51,90	39,80	44,60	16,40
2008	25,30	12,40	63,40	58,10	19,80	7,30	61,10	94,10	12,80	29,70	5,10	13,80
2009	10,10	18,30	64,70	127,10	40,90	12,80	25,30	33,80	149,20	215,70	84,80	71,50
2010	90,40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.12 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 30% Falhas (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	54,20	55,30	142,70	143,60	13,50	14,70	50,30	154,00	219,60	64,00
2001	82,00	29,20	89,10	27,90	117,40	46,60	19,60	162,20	108,90	71,30	136,00	113,60
2002	23,30	17,80	37,10	62,90	45,20	123,80	217,60	36,20	103,30	246,40	103,20	128,80
2003	36,50	84,60	25,80	6,00	11,40	117,00	75,70	51,80	142,00	61,70	29,00	16,30
2004	79,50	77,40	53,90	114,80	61,70	280,30	53,10	56,30	53,90	187,60	268,40	7,90
2005	62,10	78,80	85,30	22,60	84,70	23,70	69,00	43,10	30,60	53,80	18,30	8,60
2006	15,70	22,10	47,10	67,20	90,30	62,70	69,90	10,40	89,20	89,40	11,50	80,10
2007	160,90	3,70	186,00	74,00	126,80	147,80	246,70	88,30	46,90	39,60	53,40	17,00
2008	26,70	13,50	68,70	47,40	22,80	10,90	56,10	108,00	14,30	35,50	6,10	13,60
2009	13,10	19,30	63,00	124,90	42,80	11,00	22,20	40,00	145,70	219,80	91,50	73,20
2010	89,80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.13 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 40% Falhas (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	56,40	53,50	129,40	128,60	9,00	15,20	47,00	158,30	187,50	61,40
2001	81,80	28,80	95,10	43,00	110,90	55,20	12,40	166,10	94,40	65,10	172,80	109,10
2002	26,70	20,40	32,50	59,00	50,00	128,60	280,80	38,00	102,50	251,60	100,10	131,10
2003	34,50	107,30	27,00	5,20	9,20	113,60	77,30	42,10	170,00	63,90	27,70	15,30
2004	73,50	78,40	58,00	121,70	64,60	280,20	53,60	49,80	48,80	168,10	271,90	8,80
2005	57,30	82,70	77,30	25,30	83,80	22,70	64,40	34,60	30,50	76,40	21,80	13,00
2006	16,60	20,80	49,70	63,70	97,30	61,90	79,80	9,80	88,40	109,00	11,00	85,40
2007	167,30	3,80	206,80	72,60	142,60	148,90	298,20	81,50	45,20	40,20	38,30	17,40
2008	22,30	14,60	59,90	58,40	17,40	7,50	63,80	106,30	12,20	31,00	4,90	12,60
2009	10,60	15,10	67,80	127,10	41,50	21,00	24,90	38,70	136,50	186,20	85,40	70,40
2010	91,90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.14 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 50% Falhas (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	56,20	54,90	117,50	144,50	14,60	14,70	41,20	169,50	202,80	56,40
2001	85,10	30,10	102,70	42,70	106,60	58,60	17,00	177,80	107,00	72,50	149,90	104,00
2002	21,90	17,70	35,70	51,80	39,50	118,50	200,40	33,10	112,40	206,80	85,80	128,20
2003	38,20	91,70	28,80	5,90	12,60	111,80	88,20	41,50	144,90	67,90	29,10	13,50
2004	84,10	69,10	51,40	133,50	62,70	285,80	40,20	45,30	25,70	155,90	299,40	10,40
2005	62,20	80,70	75,20	26,40	87,80	26,00	93,30	61,90	30,80	57,90	22,20	13,60
2006	14,30	21,10	45,00	77,90	92,10	61,50	77,00	10,70	81,80	97,80	15,50	83,20
2007	159,80	3,40	204,60	82,20	168,30	136,70	218,00	78,70	50,80	34,50	42,70	12,90
2008	25,30	13,10	69,00	72,10	21,00	13,90	38,20	110,20	9,20	29,40	6,20	15,00
2009	12,00	16,60	63,20	124,60	41,20	14,90	26,20	36,20	175,90	223,50	94,80	73,30
2010	86,20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.15 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 60% Falhas (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	47,20	51,40	152,30	139,10	11,50	16,80	42,10	149,80	164,60	61,50
2001	87,00	28,00	85,00	42,30	97,80	63,50	10,60	175,10	105,90	56,40	87,40	110,30
2002	19,60	19,20	30,50	64,40	48,50	62,10	205,10	34,00	106,00	239,30	102,40	116,40
2003	33,90	96,70	25,50	5,90	9,90	118,60	82,90	35,40	155,50	58,40	29,60	14,50
2004	74,80	78,40	44,50	110,50	59,20	296,20	67,50	63,70	53,00	188,60	306,30	6,40
2005	58,30	88,80	78,90	28,30	82,70	21,90	75,00	62,40	25,10	64,90	17,40	9,70
2006	15,00	24,80	60,90	82,40	103,40	51,80	93,40	10,00	81,30	85,80	16,70	79,90
2007	148,30	9,40	198,30	66,10	142,60	135,80	258,10	76,40	52,20	40,00	26,40	16,90
2008	23,90	12,60	68,60	62,10	24,40	8,00	62,70	98,60	14,30	19,70	9,70	12,60
2009	12,50	20,80	71,70	122,70	45,00	10,90	16,20	28,40	155,10	213,40	94,50	69,80
2010	93,20	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabela A5.16 - Série Precipitação Mensal Média - IDW 70% Falhas (mm)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2000	--	--	53,50	54,90	157,20	142,50	11,40	13,70	43,30	157,80	181,90	68,60
2001	73,80	28,80	103,10	49,40	117,10	52,10	26,50	161,70	90,10	74,30	166,80	130,00
2002	27,70	20,50	44,90	55,20	52,10	124,20	179,10	34,90	105,80	247,90	97,90	131,20
2003	35,10	105,50	27,30	8,50	9,10	112,70	83,70	31,40	143,10	61,80	28,50	18,00
2004	93,30	73,00	59,60	129,60	63,50	331,80	61,70	58,70	59,00	191,00	309,70	9,80
2005	50,30	85,60	77,20	23,50	101,80	18,30	87,70	58,00	34,00	62,40	13,40	14,30
2006	18,90	18,50	84,70	72,30	94,10	62,30	96,40	6,70	96,20	72,70	10,60	95,90
2007	163,30	9,80	179,90	62,80	130,30	124,50	251,10	74,40	38,30	35,80	56,30	16,60
2008	26,20	14,60	70,70	77,10	23,00	9,10	77,90	89,90	16,40	49,60	5,30	11,00
2009	12,00	18,80	65,90	136,80	31,60	16,60	32,30	41,30	165,90	176,40	74,80	61,00
2010	83,10	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ANEXO 6: SÉRIES DE PRECIPITAÇÃO MENSAL MÉDIA CALCULADAS NA 3ª FASE DA METODOLOGIA

Tabela A6.1 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação sem falhas pelo método dos polígonos de Thiessen (Thiessen)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	172.77	177.82	154.24	72.20	153.05	102.39	93.99	182.89	143.63	153.51	142.49	161.85	1710.81
1977	168.99	108.15	133.28	123.91	14.19	95.52	41.20	23.92	62.79	99.45	146.63	146.45	1164.48
1978	97.82	70.87	181.15	7.16	107.98	26.38	166.07	24.12	150.49	73.06	181.73	155.64	1242.48
1979	66.71	115.76	84.07	41.35	183.29	5.10	68.34	94.10	161.17	146.15	144.25	139.44	1249.72
1980	228.79	249.00	149.74	85.76	49.40	77.43	77.87	81.41	132.29	68.77	97.95	276.76	1575.17
1981	230.92	88.95	79.00	165.23	14.96	65.68	18.35	16.95	20.31	191.16	141.98	255.25	1288.74
1982	82.82	237.72	107.34	29.12	94.52	238.57	156.94	40.75	21.25	198.33	301.30	293.25	1801.94
1983	183.83	66.96	175.39	143.69	382.44	267.00	28.01	0.43	260.29	112.23	113.88	123.69	1857.82
1984	155.61	97.13	88.30	88.79	87.63	11.11	19.37	100.46	112.33	46.67	141.78	279.56	1228.73
1985	102.44	138.58	159.52	160.99	108.44	20.35	29.45	7.77	38.86	47.88	101.47	84.67	1000.42
1986	149.46	223.48	128.84	116.88	195.33	1.73	17.56	171.64	79.57	69.75	116.68	227.39	1498.31
1987	130.62	230.20	41.66	64.30	254.74	150.02	29.64	10.77	96.60	115.16	203.27	97.67	1424.67
1988	163.72	116.67	114.25	109.07	240.96	56.41	1.67	0.16	48.36	187.02	52.91	157.46	1248.66
1989	309.99	176.43	140.03	35.17	65.13	95.22	132.66	63.91	132.03	90.82	120.20	241.37	1602.94
1990	335.51	60.37	94.93	119.08	92.90	43.02	153.40	102.28	122.89	103.56	120.50	107.77	1456.24
1991	185.25	133.77	185.96	104.12	48.99	112.22	25.32	37.57	94.99	111.92	114.02	257.61	1411.75
1992	63.51	184.32	302.34	148.74	211.41	25.89	34.10	39.48	170.87	176.38	140.45	90.54	1588.04
1993	284.52	240.53	118.45	84.06	80.72	102.28	42.18	30.38	185.22	101.92	56.72	167.77	1494.75
1994	233.00	110.26	91.39	92.08	81.24	110.02	29.40	0.07	13.64	103.29	180.95	150.22	1195.55
1995	337.63	170.40	134.44	120.96	43.69	80.25	73.34	26.36	163.53	173.57	46.13	121.66	1491.97
1996	167.05	172.69	186.67	106.39	17.44	37.17	20.58	38.38	151.54	148.23	113.58	199.42	1359.14
1997	405.76	163.43	40.02	68.24	69.83	239.63	26.93	69.99	118.41	125.83	193.78	143.01	1664.87
1998	103.08	230.51	193.76	167.19	79.75	44.09	44.30	108.25	234.30	185.66	22.46	178.45	1591.79
1999	270.68	165.82	107.27	100.12	75.19	87.28	81.36	0.67	100.79	69.08	47.19	83.84	1189.28
2000	107.32	288.68	84.39	8.56	26.87	63.32	51.43	109.87	170.26	78.48	208.32	110.26	1307.76
2001	108.79	245.05	84.65	53.30	150.01	103.97	72.39	59.09	97.12	119.21	103.36	193.96	1390.91
2002	241.62	117.60	147.83	13.62	215.90	3.75	66.43	123.70	114.21	103.28	196.55	139.00	1483.48
2003	243.27	152.15	94.74	153.69	71.18	50.04	89.24	35.77	70.12	78.16	156.42	146.36	1341.14
Média	190.41	161.90	128.70	92.28	114.90	82.71	60.41	57.18	116.71	117.09	132.39	168.94	1423.63

Tabela A6.2 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação sem falhas pelo método do IDW (IDW)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	172.41	178.43	160.26	77.57	156.02	101.72	96.97	183.68	149.98	155.15	144.28	168.14	1744.62
1977	170.51	110.78	139.22	116.01	13.48	92.71	41.31	24.33	63.60	102.08	152.69	153.36	1180.08
1978	97.84	74.61	190.68	5.94	107.17	27.30	169.89	24.36	141.79	73.97	178.37	164.05	1255.97
1979	67.81	114.48	88.50	38.89	183.86	4.49	69.82	91.19	157.08	143.69	143.11	135.27	1238.19
1980	226.69	246.19	150.81	88.93	48.23	77.22	80.30	77.05	127.92	69.06	100.05	271.81	1564.27
1981	232.26	80.33	73.93	164.58	12.07	67.67	18.97	15.42	20.91	196.92	137.34	262.12	1282.50
1982	91.42	234.11	108.28	30.19	93.68	232.46	153.76	33.56	23.35	200.20	298.81	303.00	1802.82
1983	188.83	72.47	170.47	138.01	384.51	259.15	28.12	0.24	254.11	111.42	115.79	125.02	1848.14
1984	160.62	92.19	94.03	89.18	90.58	8.37	15.49	95.41	111.61	42.49	127.29	278.51	1205.77
1985	105.01	142.06	162.88	162.54	112.70	19.10	28.78	8.12	37.54	45.54	106.91	82.31	1013.50
1986	139.69	223.32	127.70	112.53	194.89	1.90	15.58	168.09	80.69	71.44	114.71	236.43	1486.95
1987	126.04	221.68	44.59	66.49	256.07	154.00	30.59	12.99	96.57	117.75	206.37	100.28	1433.42
1988	155.82	122.79	109.36	105.56	239.71	56.67	1.67	0.10	49.49	185.23	56.88	151.85	1235.13
1989	327.85	183.93	142.54	39.35	72.89	91.18	136.15	68.24	135.53	95.73	125.28	242.33	1661.02
1990	351.82	64.64	102.97	123.12	93.88	44.84	161.02	106.54	121.40	107.65	122.08	110.04	1509.99
1991	192.85	149.01	185.96	107.11	52.96	114.93	26.56	36.34	91.46	104.07	112.96	269.90	1444.12
1992	62.15	187.78	315.56	152.00	213.42	26.36	34.17	40.20	169.09	166.61	139.17	94.35	1600.86
1993	293.35	244.36	116.37	89.51	85.38	98.06	41.08	30.26	191.51	99.19	59.78	178.51	1527.37
1994	226.85	111.54	90.43	97.23	80.52	108.60	27.55	0.20	14.72	102.49	176.77	152.98	1189.88
1995	333.23	169.50	130.55	121.93	46.01	83.98	74.85	26.73	157.50	173.63	46.82	128.02	1492.75
1996	167.75	163.45	201.91	89.82	17.12	34.42	20.39	35.81	154.60	147.92	111.32	192.83	1337.35
1997	425.79	163.93	43.97	69.60	74.06	240.44	27.25	65.86	107.11	130.70	209.22	132.40	1690.34
1998	110.62	234.91	182.50	171.61	84.68	44.15	46.26	106.32	227.80	177.80	23.69	186.98	1597.33
1999	269.28	174.85	102.11	101.01	74.83	86.19	78.08	0.53	102.88	65.87	47.29	82.76	1185.70
2000	118.35	287.66	99.91	6.80	28.67	59.99	51.12	105.93	168.23	81.92	204.34	110.05	1322.97
2001	112.96	245.59	97.39	51.51	149.69	100.33	69.00	62.62	97.54	114.94	95.73	198.13	1395.43
2002	236.24	124.91	137.65	12.79	212.04	3.33	65.81	121.06	106.94	97.86	203.19	134.76	1456.57
2003	244.64	162.23	107.17	155.30	71.98	46.37	88.65	37.32	71.54	82.64	168.92	132.17	1368.93
Média	193.17	163.63	131.35	92.33	116.11	81.64	60.69	56.37	115.45	116.57	133.19	170.66	1431.14

Tabela A6.3 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 30% de falhas preenchidos pelo método da ponderação regional pela média e calculada pelo método dos polígonos de Thiessen (30F_MPRM_T)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	177.31	176.66	146.49	70.43	156.27	103.43	88.98	181.35	142.34	154.35	150.21	157.98	1705.79	
1977	166.85	119.56	133.45	111.94	15.87	96.50	39.33	23.34	60.28	110.73	147.39	145.95	1171.21	
1978	92.05	68.16	178.06	5.19	113.14	26.61	166.31	24.20	141.86	67.10	169.47	164.80	1216.95	
1979	57.54	126.70	85.01	41.85	173.80	6.20	69.33	96.63	158.86	144.78	146.54	139.55	1246.80	
1980	234.64	247.09	152.94	90.60	44.66	75.85	77.37	75.46	124.40	65.00	93.89	283.25	1565.14	
1981	231.85	88.20	83.33	163.39	6.90	65.41	19.61	17.63	20.99	205.78	132.68	263.51	1299.27	
1982	83.41	232.93	101.57	30.73	92.48	239.07	145.79	28.49	25.38	201.15	312.39	298.66	1792.06	
1983	181.16	73.55	166.25	136.15	372.83	275.51	22.94	0.08	250.29	112.28	112.93	128.25	1832.24	
1984	157.80	101.99	95.63	89.79	89.53	11.15	15.91	85.79	110.27	39.95	141.97	278.42	1218.19	
1985	107.94	142.71	159.33	160.06	113.87	19.42	28.47	8.17	38.85	39.50	105.66	87.88	1011.87	
1986	157.84	227.52	138.38	110.11	187.10	2.28	14.01	171.40	74.10	68.19	116.81	218.69	1486.45	
1987	143.42	243.56	40.42	60.98	250.92	151.17	28.98	10.04	102.59	119.37	206.95	95.27	1453.68	
1988	157.34	106.26	113.14	104.18	233.38	58.20	1.88	0.01	48.38	165.90	52.83	133.32	1174.82	
1989	317.50	162.91	143.51	39.49	73.02	91.31	135.57	63.90	134.68	90.73	118.39	248.20	1619.21	
1990	318.29	57.55	90.59	106.36	99.10	42.97	173.52	101.72	117.89	106.73	110.87	106.98	1432.56	
1991	198.42	146.49	181.96	106.51	48.88	108.11	25.44	37.74	100.77	94.68	116.06	254.28	1419.33	
1992	53.75	185.05	299.07	146.46	206.03	26.87	26.14	41.43	178.30	180.11	146.87	90.57	1580.67	
1993	284.76	245.62	113.71	87.19	80.75	100.66	44.70	25.62	188.40	97.27	59.43	173.05	1501.16	
1994	232.24	108.70	93.10	97.04	77.60	112.20	26.76	0.07	15.34	99.96	183.84	145.38	1192.23	
1995	326.32	184.88	137.61	121.04	42.46	83.50	70.71	27.35	156.50	164.28	44.42	121.46	1480.52	
1996	164.53	176.13	186.73	103.10	16.87	34.18	20.52	37.90	150.51	150.17	110.37	186.86	1337.87	
1997	420.83	168.22	32.44	71.02	72.53	231.91	25.62	66.05	114.06	149.43	201.02	143.34	1696.48	
1998	103.06	241.63	195.59	176.12	80.87	40.63	48.06	105.73	223.31	173.74	27.77	190.87	1607.36	
1999	294.95	183.72	100.98	97.57	76.61	87.92	77.07	0.42	100.97	69.14	47.20	82.64	1219.19	
2000	115.82	288.96	85.31	10.25	28.48	67.21	51.39	101.52	166.63	74.49	184.74	123.60	1298.40	
2001	111.32	252.96	96.21	52.12	154.25	102.32	64.60	59.90	98.45	127.10	104.89	187.45	1411.57	
2002	241.17	117.27	136.98	10.62	219.56	3.57	62.38	118.37	106.69	94.64	199.65	150.03	1460.94	
2003	244.46	181.83	110.90	144.73	72.50	45.21	89.15	36.26	70.58	78.71	173.17	137.22	1384.71	
Média	192.02	166.31	128.52	90.89	114.30	82.48	59.31	55.23	115.06	115.90	132.80	169.19	1422.02	

Tabela A6.4 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 30% de falhas preenchidos pelo método da ponderação regional pela média e calculada pelo método dos IDW (30F_MPRM_IDW)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	178.54	179.24	147.27	76.44	160.03	103.56	93.67	182.17	149.25	153.44	150.68	164.60	1738.88	
1977	169.43	116.12	139.56	111.25	14.77	94.04	39.41	22.69	62.26	110.39	151.34	151.39	1182.65	
1978	95.47	75.76	184.81	6.11	112.11	26.40	165.91	23.89	130.05	68.16	171.74	167.86	1228.27	
1979	60.78	121.59	91.58	39.80	171.59	4.89	71.29	97.60	156.01	143.17	139.62	135.20	1233.11	
1980	236.42	249.67	152.94	90.30	44.45	75.85	76.84	71.05	124.34	68.67	95.49	276.77	1562.80	
1981	239.71	81.34	80.39	166.58	7.40	67.35	19.94	16.82	20.73	206.85	130.48	263.74	1301.31	
1982	90.68	234.65	106.61	31.99	93.68	234.51	142.94	29.18	26.10	201.63	306.95	313.09	1812.00	
1983	182.89	79.85	161.58	134.66	381.58	270.13	24.18	0.11	252.45	114.91	115.67	132.00	1850.00	
1984	165.90	93.52	99.08	89.47	91.41	7.08	14.23	84.47	109.10	39.89	126.97	281.12	1202.26	
1985	106.88	141.81	160.17	160.67	117.13	18.59	27.61	8.23	36.98	38.12	107.99	88.31	1012.47	
1986	155.07	229.17	136.35	111.32	187.47	2.54	13.05	170.27	74.52	68.87	117.75	221.15	1487.52	
1987	133.33	229.85	46.44	63.45	254.93	157.26	31.00	11.73	102.99	121.42	209.12	101.02	1462.56	
1988	150.59	114.04	107.62	101.10	236.11	56.67	1.85	0.05	50.04	168.02	56.60	136.14	1178.84	
1989	333.56	164.04	151.00	40.39	77.50	89.73	139.76	68.13	139.76	96.36	122.61	244.86	1667.69	
1990	339.11	60.11	97.82	107.92	96.05	44.47	175.81	104.49	118.79	112.06	115.42	107.94	1479.99	
1991	206.73	162.28	183.33	107.40	48.98	113.14	25.72	36.34	95.54	95.68	115.54	269.98	1460.66	
1992	54.00	189.86	309.13	149.42	211.50	27.01	24.91	42.16	175.38	172.24	151.44	95.17	1602.23	
1993	292.66	248.89	112.49	88.24	83.82	96.41	41.03	26.28	193.25	94.64	60.98	182.92	1521.59	
1994	223.86	104.61	92.97	99.83	78.35	110.10	23.82	0.21	15.24	99.43	182.81	152.14	1183.38	
1995	329.00	185.32	130.79	122.85	44.90	85.74	73.16	26.50	150.50	168.01	45.45	122.83	1485.04	
1996	168.42	162.52	203.80	82.72	16.67	35.76	20.48	35.35	152.00	146.67	113.70	186.43	1324.52	
1997	440.91	169.18	35.92	74.47	74.57	236.85	26.51	63.13	103.64	153.06	217.95	141.30	1737.50	
1998	109.27	235.51	186.12	177.70	84.76	41.78	48.80	106.89	218.98	172.73	28.22	195.80	1606.56	
1999	290.29	187.63	97.42	102.19	76.52	85.83	74.22	0.35	102.91	67.14	47.04	81.18	1212.72	
2000	124.24	290.63	100.36	8.17	29.73	63.24	50.96	102.48	162.25	76.83	189.54	124.13	1322.54	
2001	117.02	246.00	100.84	50.61	152.05	99.11	64.73	62.39	98.86	116.82	95.75	194.05	1398.22	
2002	232.91	129.38	131.63	8.93	213.55	3.02	62.26	117.27	102.88	92.93	201.25	145.32	1441.34	
2003	247.59	179.56	122.04	140.03	73.11	44.09	88.81	37.59	70.12	81.60	175.34	128.84	1388.74	
Média	195.54	166.50	131.07	90.86	115.52	81.97	59.39	55.28	114.10	116.06	133.69	171.62	1431.62	

Tabela A6.5 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 30% de falhas calculada pelo método dos polígonos de Thiessen Variáveis (30F_TV)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	176.45	179.35	144.30	70.50	161.42	105.23	86.00	180.07	143.94	153.62	161.49	162.79	1725.17	
1977	162.94	122.31	137.90	116.86	15.48	97.04	40.00	23.40	59.36	114.84	150.88	148.06	1189.06	
1978	94.05	68.92	177.80	5.87	114.28	26.67	168.69	24.01	148.87	69.01	169.13	164.55	1231.86	
1979	59.34	129.89	77.05	41.74	176.77	6.57	68.63	98.50	158.94	146.29	148.30	139.29	1251.30	
1980	231.23	247.16	146.16	90.05	44.20	75.81	80.78	80.91	124.48	67.31	92.25	286.57	1566.92	
1981	234.09	79.66	86.37	162.60	8.96	64.30	20.83	17.83	22.93	215.20	122.78	263.96	1299.51	
1982	80.01	250.22	101.45	28.30	93.40	240.23	148.51	29.80	26.26	208.69	307.59	300.39	1814.85	
1983	176.84	73.45	171.78	137.87	365.00	287.38	26.46	0.09	260.02	112.01	113.90	126.26	1851.07	
1984	158.17	106.26	94.78	87.44	92.53	11.24	21.14	93.51	111.95	39.63	141.87	281.14	1239.64	
1985	107.53	144.59	160.77	154.67	112.89	19.99	28.95	7.97	38.84	41.29	108.44	85.75	1011.66	
1986	157.51	220.73	136.08	114.06	186.86	1.76	14.96	172.21	74.39	68.59	114.77	211.54	1473.45	
1987	135.44	247.96	43.61	61.17	248.65	144.44	31.52	9.98	101.63	116.76	208.79	88.82	1438.77	
1988	158.26	107.30	114.05	112.01	247.53	58.70	1.95	0.13	48.32	172.14	53.19	136.32	1209.90	
1989	312.07	169.14	141.21	38.67	71.50	89.04	132.26	63.72	135.14	90.82	118.61	257.91	1620.08	
1990	324.90	58.15	86.96	112.86	92.85	42.94	165.90	101.18	122.88	107.34	106.58	106.98	1429.52	
1991	197.17	145.20	188.58	109.63	51.06	105.92	27.90	39.56	97.45	106.03	108.49	263.92	1440.92	
1992	56.26	186.91	301.26	146.03	203.81	26.24	24.72	41.93	177.53	181.03	150.97	90.31	1586.99	
1993	278.75	248.49	122.08	87.27	83.01	100.13	45.57	26.73	195.39	95.32	63.39	168.47	1514.60	
1994	233.38	112.42	91.80	94.14	78.05	109.35	26.27	0.07	14.75	100.02	175.75	157.33	1193.32	
1995	326.40	177.60	136.39	117.95	41.51	84.05	73.00	27.28	154.66	159.88	45.30	126.16	1470.18	
1996	165.50	175.64	186.54	107.14	16.30	36.49	20.08	38.07	153.34	148.73	114.14	194.46	1356.45	
1997	416.65	160.81	32.38	72.47	73.54	235.01	27.07	69.26	116.44	138.87	200.96	140.14	1683.59	
1998	103.56	231.77	195.21	180.85	81.53	41.08	52.26	106.32	224.28	176.76	25.62	182.28	1601.52	
1999	295.77	183.20	104.93	99.18	79.51	89.39	76.91	0.38	101.02	70.01	47.29	82.11	1229.70	
2000	108.48	289.35	84.55	10.13	27.44	66.83	51.37	104.20	165.32	80.99	195.69	116.62	1300.95	
2001	127.24	251.24	96.79	49.99	152.52	102.61	69.54	59.30	97.06	131.12	108.83	180.79	1427.03	
2002	243.71	115.95	153.53	12.01	222.47	3.38	63.39	119.20	105.74	94.55	204.79	147.54	1486.27	
2003	238.74	199.28	105.49	142.06	71.30	45.26	89.31	35.49	70.91	77.29	169.62	138.69	1383.46	
Média	191.44	167.25	129.28	91.56	114.80	82.75	60.14	56.11	116.14	117.29	133.19	169.61	1429.56	

Tabela A6.6 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 30% de falhas calculada pelo método dos IDW Variáveis (30F_IDW_V)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	174.07	179.30	147.93	76.90	163.18	105.38	93.73	180.13	149.37	152.59	153.79	166.94	1743.32	
1977	170.16	115.61	143.81	113.12	14.50	94.96	40.62	22.95	62.65	112.16	153.35	155.25	1199.13	
1978	97.21	74.45	185.90	5.22	111.11	26.05	163.62	24.12	133.75	69.51	171.39	165.91	1228.24	
1979	61.24	122.70	89.33	39.31	176.74	4.63	72.60	97.56	155.92	144.31	142.30	133.88	1240.53	
1980	234.02	247.81	153.51	90.84	44.90	75.00	77.08	73.86	125.16	71.00	95.16	276.54	1564.89	
1981	242.17	77.99	80.16	165.47	7.08	68.77	19.55	16.96	19.44	209.06	125.69	265.84	1298.18	
1982	87.17	243.51	105.37	31.83	92.11	235.65	140.90	31.42	26.64	208.29	304.85	308.85	1816.59	
1983	181.32	83.26	165.06	135.76	375.92	279.96	22.31	0.11	256.63	115.98	115.23	131.37	1862.90	
1984	165.46	93.94	98.68	87.20	92.53	7.34	13.40	86.68	109.54	40.04	126.65	278.87	1200.33	
1985	106.53	144.72	161.26	154.67	117.42	18.16	27.76	8.50	36.96	38.16	107.32	88.31	1009.76	
1986	155.62	227.38	133.87	112.45	185.58	2.31	13.10	170.78	75.32	70.40	113.93	222.82	1483.56	
1987	132.37	233.61	46.20	64.24	252.21	157.34	31.54	11.68	103.39	121.41	213.99	100.64	1468.62	
1988	149.22	114.83	106.30	104.40	240.05	56.12	2.04	0.06	49.61	170.17	56.33	140.06	1189.18	
1989	332.62	166.82	148.98	41.30	77.78	89.79	139.84	67.63	137.98	97.16	122.00	252.89	1674.79	
1990	339.16	62.35	98.28	103.90	93.99	44.79	176.11	105.14	120.88	110.98	116.23	107.38	1479.19	
1991	201.47	163.73	183.55	107.85	49.92	113.10	25.64	36.34	94.74	98.26	113.70	265.85	1454.14	
1992	54.51	191.01	313.76	151.14	211.84	26.97	24.23	43.06	175.88	170.97	154.21	92.98	1610.54	
1993	291.23	248.54	114.85	86.93	84.12	96.20	42.05	25.86	191.26	93.44	64.40	183.86	1522.74	
1994	225.84	104.05	92.45	100.91	81.15	108.24	27.28	0.22	15.46	100.91	180.12	155.98	1192.63	
1995	326.25	183.89	132.65	123.00	45.19	86.26	76.59	26.17	152.71	168.56	46.47	124.02	1491.76	
1996	166.54	161.15	203.91	81.61	16.69	35.87	20.45	35.56	156.61	146.90	112.57	190.81	1328.67	
1997	439.78	169.87	36.12	74.35	75.76	238.33	26.42	64.73	103.51	149.90	220.78	138.72	1738.27	
1998	109.13	231.85	187.28	177.47	85.71	41.71	48.79	108.92	216.24	172.81	27.39	194.86	1602.18	
1999	291.97	189.18	96.69	99.60	79.47	85.88	73.80	0.42	102.44	67.45	46.63	81.59	1215.12	
2000	121.54	291.16	98.76	8.61	29.65	63.94	50.19	102.95	163.28	79.19	193.38	122.40	1325.05	
2001	120.54	245.52	103.11	50.77	149.69	100.46	65.31	61.89	98.95	119.42	99.56	192.59	1407.82	
2002	235.91	126.84	136.17	9.04	216.76	3.56	62.47	116.74	103.09	92.76	200.74	144.28	1448.36	
2003	247.74	184.52	119.68	137.27	72.07	42.98	89.41	36.86	70.78	81.43	174.46	127.32	1384.51	
Média	195.03	167.13	131.56	90.54	115.83	82.49	59.53	55.62	114.58	116.90	134.02	171.81	1435.04	

Tabela A6.7 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 50% de falhas preenchidos pelo método da ponderação regional pela média e calculada pelo método dos polígonos de Thiessen (50F_MPRM_T)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	189.01	181.33	159.85	77.31	139.51	102.00	87.05	171.32	152.81	138.41	138.99	163.39	1700.97	
1977	163.37	121.51	124.64	117.82	10.73	90.09	40.82	22.72	66.70	99.69	143.49	153.14	1154.73	
1978	98.48	64.93	175.44	3.60	102.43	30.04	173.80	19.23	149.34	73.21	198.17	177.70	1266.37	
1979	90.02	118.92	84.68	42.72	185.30	6.17	70.68	92.73	165.90	130.79	123.67	147.19	1258.77	
1980	231.39	253.65	142.81	81.91	48.23	74.46	68.00	80.39	131.02	71.79	104.01	278.62	1566.29	
1981	222.23	70.77	68.18	176.42	14.56	64.06	22.37	14.22	16.27	210.72	132.93	252.82	1265.55	
1982	108.55	235.55	124.61	29.66	91.00	230.87	144.48	30.37	27.62	193.42	305.95	306.31	1828.38	
1983	179.60	69.94	138.73	143.32	385.52	246.56	20.30	0.03	244.18	94.84	127.23	126.33	1776.58	
1984	157.76	84.14	98.82	92.67	92.22	10.91	14.15	103.34	105.80	41.35	120.24	297.40	1218.79	
1985	97.00	155.69	160.81	164.39	102.77	17.68	27.58	7.50	39.75	46.32	104.49	88.48	1012.45	
1986	121.96	220.44	120.82	109.81	189.33	0.79	16.71	158.98	72.23	63.60	114.39	243.38	1432.44	
1987	130.21	240.41	61.29	81.36	254.35	175.06	32.19	9.25	101.31	112.66	226.86	102.05	1527.00	
1988	162.29	124.41	109.01	115.07	245.68	55.50	0.84	0.01	46.89	186.43	69.45	157.28	1272.86	
1989	317.16	173.95	150.12	47.75	76.11	84.71	128.76	71.15	131.14	87.21	119.14	260.17	1647.36	
1990	352.03	54.81	100.35	99.04	85.64	45.31	155.95	103.61	123.91	112.41	119.12	113.27	1465.46	
1991	208.62	141.75	185.82	99.53	50.66	105.06	22.72	30.99	85.61	112.77	114.88	265.33	1423.74	
1992	59.67	179.48	305.70	158.88	202.87	24.75	31.77	34.75	171.08	176.89	132.62	101.23	1579.68	
1993	283.32	244.00	95.57	89.33	89.22	102.31	37.52	27.27	179.29	103.29	81.72	155.04	1487.88	
1994	233.38	117.36	91.27	99.63	82.04	113.67	31.40	0.06	12.72	102.61	174.44	191.84	1250.42	
1995	338.35	171.93	124.87	136.87	49.15	75.16	71.75	28.48	159.69	169.88	47.03	115.11	1488.28	
1996	158.17	164.02	190.60	84.76	15.39	25.22	23.47	31.15	156.42	152.09	124.21	187.09	1312.60	
1997	425.19	162.20	32.22	75.73	81.56	231.63	32.51	59.95	113.07	143.53	212.62	132.97	1703.19	
1998	109.46	234.23	184.45	184.54	82.25	44.33	42.89	109.83	228.58	175.03	21.95	185.90	1603.44	
1999	293.61	181.48	99.26	106.05	72.98	84.10	71.18	0.43	104.41	73.66	44.67	79.85	1211.67	
2000	128.85	286.39	95.55	7.34	26.52	64.17	52.70	109.44	164.92	77.87	187.00	128.74	1329.47	
2001	109.40	259.51	123.56	53.08	140.68	95.37	65.26	55.98	94.66	114.67	102.57	199.70	1414.43	
2002	250.87	119.30	153.97	16.16	214.88	2.82	65.65	126.49	103.06	94.91	199.18	130.84	1478.14	
2003	229.16	150.67	95.79	158.12	71.77	55.97	93.31	38.10	65.01	86.88	210.28	123.97	1379.04	
Média	194.61	163.67	128.53	94.75	114.40	80.67	58.78	54.92	114.76	115.96	135.76	173.75	1430.57	

Tabela A6.8 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 50% de falhas preenchidos pelo método da ponderação regional pela média e calculada pelo método dos IDW (50F_MPRM_IDW)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	188.04	180.37	160.42	77.51	135.85	100.75	90.18	172.45	154.01	143.34	144.14	166.91	1713.98	
1977	163.06	125.42	124.67	112.01	10.11	91.53	40.30	25.04	63.22	101.99	144.99	154.89	1157.24	
1978	101.54	68.31	182.40	3.94	100.10	29.76	171.72	19.16	148.32	73.79	190.79	182.60	1272.43	
1979	88.04	121.12	87.10	40.13	189.96	5.61	69.76	92.10	163.65	131.58	124.74	137.88	1251.67	
1980	235.86	252.69	138.71	84.40	47.29	74.52	67.81	79.94	122.65	72.20	107.66	284.05	1567.79	
1981	227.33	72.32	68.01	170.73	11.81	65.40	21.78	14.00	17.61	206.66	133.28	259.44	1268.36	
1982	113.77	233.74	126.49	29.90	91.30	224.53	143.66	28.69	29.28	197.45	302.23	306.98	1828.02	
1983	180.20	72.29	135.51	140.92	379.24	247.31	23.55	0.02	244.97	96.08	126.67	125.19	1771.95	
1984	161.85	83.83	104.31	89.72	93.40	6.68	13.73	97.10	103.48	43.25	113.95	292.13	1203.41	
1985	103.68	161.25	161.41	166.78	104.40	18.21	25.12	7.43	38.06	44.81	110.88	88.63	1030.68	
1986	117.84	221.80	115.02	105.80	192.69	1.18	16.38	156.21	71.54	63.39	110.37	244.74	1416.97	
1987	127.83	230.28	60.82	81.03	254.29	175.44	32.03	10.71	101.50	114.35	227.80	107.04	1523.12	
1988	157.95	124.14	113.98	113.37	239.68	52.91	0.88	0.01	46.73	187.97	74.07	151.56	1263.27	
1989	324.98	172.22	153.94	49.96	80.13	83.80	133.67	73.71	134.46	89.87	122.31	258.74	1677.80	
1990	362.14	56.47	106.31	110.30	87.67	44.37	157.28	102.81	121.79	112.31	122.67	116.36	1500.47	
1991	213.17	143.64	188.26	100.22	55.51	106.91	24.50	31.59	83.51	104.60	113.42	281.00	1446.34	
1992	60.41	183.29	313.68	157.06	204.80	25.75	32.31	34.59	177.96	171.08	135.49	102.87	1599.28	
1993	287.97	241.36	96.20	86.61	92.65	98.13	37.82	27.04	180.69	101.21	79.13	164.80	1493.61	
1994	232.58	114.20	92.93	103.99	81.94	111.49	26.92	0.04	13.88	99.71	176.98	189.56	1244.21	
1995	334.56	178.25	124.85	136.82	48.94	77.96	72.81	29.49	153.36	169.03	51.01	120.43	1497.51	
1996	156.13	158.57	205.20	80.81	15.36	26.57	23.23	29.39	154.51	150.56	121.32	186.18	1307.81	
1997	442.82	168.00	35.29	74.30	83.46	232.09	31.84	60.74	109.04	148.12	216.25	127.81	1729.75	
1998	113.44	237.56	180.55	182.72	85.78	44.31	43.89	107.55	225.29	175.25	21.51	193.41	1611.28	
1999	301.67	179.32	96.36	104.10	72.04	83.07	71.53	0.33	104.14	71.60	45.52	83.52	1213.19	
2000	133.96	291.47	103.10	5.56	26.60	58.95	51.76	107.50	168.13	74.98	183.15	118.40	1323.55	
2001	114.37	253.88	127.26	48.22	143.39	93.21	65.23	56.46	95.08	113.39	93.20	203.58	1407.26	
2002	248.26	121.69	147.85	15.21	209.73	1.89	66.30	125.73	101.70	90.86	197.61	135.28	1462.09	
2003	238.71	159.41	105.21	154.82	72.28	51.32	92.01	39.44	67.81	86.92	209.36	118.60	1395.89	
Média	197.58	164.53	130.57	93.82	114.66	79.77	58.86	54.62	114.16	115.58	135.73	175.09	1434.96	

Tabela A6.9 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 50% de falhas calculada pelo método dos polígonos de Thiessen Variáveis (50F_TV)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	208.57	185.45	167.84	83.03	144.94	103.88	83.48	152.60	150.01	148.16	148.24	152.37	1728.55	
1977	171.35	114.84	126.27	121.62	9.46	91.84	40.39	27.55	68.27	97.76	151.19	147.40	1167.94	
1978	100.64	72.22	175.52	4.68	104.54	29.83	189.34	26.43	149.01	70.35	209.35	170.57	1302.47	
1979	95.10	116.45	90.23	43.57	176.60	5.62	70.66	93.58	165.24	143.02	132.10	144.29	1276.45	
1980	228.72	256.38	148.73	73.17	48.59	76.41	81.99	82.30	127.11	61.03	91.36	287.32	1563.11	
1981	226.47	71.80	73.56	182.45	15.94	67.47	21.62	18.43	20.69	206.82	135.75	254.55	1295.56	
1982	102.52	242.89	117.18	26.09	94.76	229.23	150.79	34.48	27.75	190.03	325.55	292.23	1833.50	
1983	187.60	67.55	161.26	147.82	377.09	258.81	29.55	0.04	249.36	101.88	127.59	123.40	1831.93	
1984	152.65	69.63	85.14	90.43	91.08	10.70	17.04	106.19	105.32	49.65	127.44	292.35	1197.61	
1985	86.80	151.81	154.75	166.86	96.33	18.74	28.48	7.07	46.48	47.03	110.23	86.69	1001.27	
1986	125.01	216.26	121.05	111.10	195.95	0.81	15.77	159.15	70.59	65.12	113.37	240.87	1435.06	
1987	128.20	243.22	56.57	68.30	257.10	152.69	30.73	9.68	98.87	111.62	219.73	88.75	1465.46	
1988	153.96	123.76	114.52	110.50	239.79	54.76	2.16	0.03	46.80	175.90	55.72	156.10	1234.01	
1989	333.88	174.17	154.05	49.97	80.07	82.07	128.84	67.13	131.19	90.07	122.78	251.74	1665.96	
1990	361.07	53.63	115.46	96.96	93.80	44.71	148.99	103.14	124.06	114.69	116.01	112.86	1485.38	
1991	204.33	142.79	175.09	102.45	48.29	112.61	23.03	32.25	88.46	113.54	111.37	272.63	1426.83	
1992	56.96	169.94	291.45	156.89	214.61	28.57	30.22	36.44	170.18	172.62	133.66	94.68	1556.21	
1993	279.21	232.76	91.07	90.87	83.17	101.50	41.81	26.96	178.10	115.12	64.89	144.13	1449.58	
1994	235.59	113.54	88.45	98.17	84.61	114.60	31.76	0.06	11.71	96.10	171.00	173.52	1219.11	
1995	335.23	180.07	125.56	133.32	46.55	77.00	69.74	25.75	149.58	164.90	46.54	110.80	1465.04	
1996	158.12	163.21	183.58	82.51	15.34	28.59	24.72	32.85	170.29	146.22	119.07	178.05	1302.55	
1997	418.69	162.11	31.45	71.21	76.35	236.02	28.52	62.70	111.25	146.77	201.00	144.94	1691.02	
1998	120.18	231.95	193.36	173.89	83.07	42.90	48.85	112.67	229.12	171.76	21.55	183.65	1612.94	
1999	283.67	186.40	92.82	99.94	70.59	87.44	76.04	0.45	103.18	67.67	46.60	76.66	1191.45	
2000	126.33	293.49	87.87	6.96	27.59	66.09	52.90	104.86	168.45	81.57	195.39	132.00	1343.51	
2001	109.05	257.78	122.23	52.92	147.01	100.16	70.89	55.37	94.74	124.07	101.30	181.53	1417.04	
2002	258.43	119.45	167.05	19.06	224.46	2.73	65.44	124.70	104.82	101.18	206.85	124.14	1518.32	
2003	214.06	148.49	98.16	155.06	74.29	51.99	94.03	36.20	64.23	88.76	225.01	133.66	1383.94	
Média	195.09	162.93	128.94	93.56	115.07	81.35	60.63	54.97	115.17	116.55	136.81	169.71	1430.78	

Tabela A6.10 - Série de precipitação mensal média (mm) para a área de contribuição da estação Andirá calculada a partir dos dados de precipitação com 50% de falhas calculada pelo método dos IDW Variáveis (50F_IDW_V)

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec	Ano	
1976	192.41	185.13	166.22	79.10	139.90	101.70	88.17	165.34	151.09	148.08	146.03	167.17	1730.34	
1977	166.71	127.20	128.69	112.53	10.12	92.84	43.18	26.77	64.82	102.10	146.49	151.82	1173.28	
1978	104.51	70.98	181.11	3.78	100.74	29.91	175.45	22.84	150.79	71.35	190.04	181.24	1282.74	
1979	88.64	125.37	90.76	40.52	186.43	5.64	67.96	93.16	164.50	135.61	126.90	135.46	1260.96	
1980	234.25	260.84	141.04	81.88	47.88	71.70	76.95	80.22	124.61	72.69	105.09	291.04	1588.19	
1981	235.74	73.22	68.41	168.26	13.54	66.31	20.48	14.90	17.62	203.35	135.32	257.73	1274.87	
1982	119.23	238.10	123.59	28.71	92.81	220.62	146.41	29.08	29.22	197.39	311.92	306.10	1843.18	
1983	182.67	75.74	155.18	142.26	382.46	257.10	27.64	0.03	243.95	99.35	122.75	126.39	1815.52	
1984	158.88	83.90	96.69	89.57	93.12	7.41	16.22	98.04	103.75	46.68	121.05	286.75	1202.07	
1985	97.91	160.01	158.37	167.05	101.30	18.69	25.69	7.51	39.19	46.24	112.92	87.54	1022.40	
1986	119.64	225.53	115.56	105.28	189.90	1.86	17.33	155.64	68.03	67.51	110.03	240.13	1416.43	
1987	128.60	226.66	56.98	71.73	256.49	165.16	31.94	12.54	101.38	114.28	237.72	99.79	1503.26	
1988	157.72	124.78	116.02	113.21	233.27	52.71	1.22	0.02	46.92	182.78	65.52	150.96	1245.13	
1989	331.68	169.66	150.73	50.48	80.74	84.20	135.51	71.54	132.75	89.97	123.78	254.81	1675.86	
1990	373.14	55.38	112.27	103.89	87.43	45.13	155.00	101.67	121.42	113.87	121.89	111.21	1502.30	
1991	210.04	138.69	185.43	103.73	54.48	107.00	25.48	32.91	85.32	112.39	110.73	275.34	1441.54	
1992	59.38	176.43	304.03	158.08	208.22	25.82	35.80	36.50	172.73	169.50	136.05	102.15	1584.70	
1993	291.87	238.21	97.45	85.89	90.40	99.20	41.19	26.30	180.87	108.93	75.98	154.52	1490.81	
1994	231.39	111.72	94.27	101.91	83.15	111.81	27.17	0.04	13.70	96.95	173.84	183.44	1229.40	
1995	326.51	179.42	123.23	131.64	50.24	76.97	74.00	27.61	152.33	167.30	52.39	119.53	1481.18	
1996	158.80	164.23	209.10	78.46	15.38	27.93	23.93	29.47	164.82	147.83	122.55	180.37	1322.88	
1997	439.23	170.18	35.32	70.74	79.89	233.70	30.95	60.39	111.58	149.13	212.02	127.20	1720.33	
1998	118.26	235.64	188.08	178.76	86.17	46.01	44.98	108.83	226.05	174.43	21.00	193.80	1622.00	
1999	299.60	183.50	97.44	101.66	70.06	83.31	74.17	0.29	104.46	68.66	46.01	81.53	1210.69	
2000	128.81	293.52	100.04	6.04	27.59	60.35	51.42	110.96	168.91	77.24	190.62	122.41	1337.90	
2001	116.23	254.33	124.38	50.00	144.95	95.50	65.45	57.89	96.71	118.57	95.41	192.91	1412.34	
2002	252.24	124.26	148.04	14.33	213.99	2.20	66.23	123.24	105.63	91.53	200.38	136.48	1478.55	
2003	234.55	161.42	104.71	149.91	70.90	50.32	90.43	39.19	68.19	91.44	208.65	127.41	1397.10	
Média	198.52	165.50	131.18	92.48	114.70	80.04	60.01	54.75	114.69	116.61	136.54	173.04	1438.07	

ANEXO 7: SÉRIES DE VAZÕES MÉDIAS MENSAL PARA ESTAÇÃO ANDIRÁ CALCULADAS NA 3ª FASE DA METODOLOGIA

Tabela A7.1 - Série de vazões médias mensal (m³/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série Thiessen

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec
1976	183.26	139.16	110.50	78.27	81.64	70.16	67.47	134.21	137.91	152.00	127.58	132.84
1977	134.60	79.60	89.06	84.02	10.65	59.12	27.67	14.92	35.12	54.19	78.88	81.70
1978	51.06	31.26	84.21	3.90	44.80	12.31	93.06	15.65	105.12	52.32	123.63	109.02
1979	40.03	58.83	38.97	16.66	87.79	3.58	36.60	54.90	120.87	123.82	114.11	101.51
1980	180.92	234.54	139.17	72.01	37.74	58.02	61.87	65.68	118.70	58.19	65.44	214.34
1981	212.52	73.72	52.07	109.93	10.76	40.40	11.66	9.31	9.56	95.20	81.34	182.20
1982	57.24	174.69	79.59	18.26	52.95	199.52	176.52	45.24	21.20	184.03	327.76	348.01
1983	202.40	59.98	137.73	118.80	495.58	412.05	42.25	2.46	337.29	135.45	108.55	97.61
1984	113.02	63.94	49.45	45.71	46.96	6.70	9.64	47.47	65.87	26.66	71.10	191.94
1985	72.55	89.16	105.61	119.43	89.22	17.14	21.87	5.76	21.28	22.27	39.17	29.57
1986	53.57	111.69	75.30	70.20	151.12	2.34	13.08	132.62	71.44	55.61	76.60	163.19
1987	95.17	183.55	30.03	35.96	192.19	156.73	32.10	10.69	80.67	93.90	165.86	72.60
1988	111.52	76.14	68.43	64.37	197.41	54.70	2.65	1.39	29.46	124.65	32.22	84.29
1989	239.01	154.77	116.44	25.41	40.24	63.12	106.74	54.70	121.09	80.03	88.60	192.59
1990	357.77	55.99	67.21	79.22	65.16	31.04	124.96	94.81	124.14	98.59	95.82	72.85
1991	123.94	90.93	133.24	76.77	34.41	82.63	19.96	25.72	64.72	77.49	70.97	187.98
1992	43.60	118.30	269.64	146.36	240.32	30.63	35.51	35.86	165.99	184.71	131.49	69.46
1993	241.29	239.68	109.36	67.72	61.67	83.89	36.05	23.45	158.86	91.08	39.44	102.44
1994	170.98	80.70	57.16	52.60	47.27	73.40	21.20	1.10	7.40	45.84	89.98	83.77
1995	278.72	155.42	113.34	97.36	33.62	60.11	58.16	20.14	132.96	161.41	35.54	72.76
1996	100.82	114.43	137.75	80.42	12.64	22.81	12.13	19.43	88.72	105.25	75.52	136.81
1997	437.75	169.17	33.20	43.34	41.74	201.85	26.77	61.63	109.77	115.14	170.37	118.32
1998	73.19	174.63	166.03	154.18	74.61	39.92	37.74	90.76	258.71	217.52	21.22	129.72
1999	238.02	151.19	86.85	73.22	53.92	65.89	66.35	1.74	70.68	46.31	24.12	32.80
2000	38.19	154.32	51.58	4.80	10.48	23.46	20.69	49.88	110.45	54.86	147.35	75.70
2001	64.56	170.29	58.86	31.00	93.41	80.39	60.86	48.22	80.82	97.59	72.75	135.22
2002	200.57	95.05	110.33	9.55	153.15	4.05	48.93	98.14	103.98	90.28	164.29	110.74
2003	208.56	131.91	71.63	114.08	55.17	38.22	69.84	27.65	50.98	52.11	96.77	91.60
Média	154.46	122.61	94.38	67.63	89.88	71.22	47.94	42.63	100.13	96.30	97.73	122.20

Tabela A7.2 - Série de vazões médias mensal (m³/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série IDW

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec
1976	183.25	139.19	111.55	79.67	84.59	72.00	71.15	140.11	148.89	158.59	132.56	141.97
1977	139.73	83.66	96.14	80.37	10.28	57.28	27.57	15.08	35.47	55.84	83.74	88.70
1978	53.05	34.21	94.02	3.56	46.78	13.29	99.71	16.49	101.04	53.29	121.28	116.11
1979	41.52	59.16	41.84	16.05	89.28	3.29	37.83	53.59	117.05	120.28	111.78	96.79
1980	175.81	228.13	138.74	74.46	36.89	57.77	63.91	62.12	113.27	57.60	66.30	208.09
1981	212.28	65.63	47.18	105.72	8.62	40.24	11.71	8.34	9.54	97.26	78.15	187.64
1982	64.47	175.40	81.19	19.14	53.10	193.60	171.18	36.82	22.65	183.60	322.41	362.10
1983	210.13	66.01	135.64	113.63	496.61	396.62	42.17	2.23	325.62	133.44	109.87	98.72
1984	117.85	61.09	52.99	46.69	49.53	5.40	7.95	44.45	64.00	23.69	60.10	179.90
1985	71.79	89.85	107.65	121.24	93.84	16.37	21.60	6.02	20.74	21.22	41.52	29.09
1986	49.12	108.25	72.93	65.74	146.84	2.42	11.46	126.29	70.80	56.08	74.34	170.57
1987	92.23	173.81	31.56	36.97	193.68	162.13	33.42	12.77	81.88	97.46	171.43	75.97
1988	106.60	80.43	65.73	61.59	193.47	54.36	2.63	1.34	29.91	122.60	34.54	80.87
1989	258.95	166.59	122.37	29.33	47.36	63.55	113.80	60.70	129.49	87.73	96.50	200.41
1990	390.48	61.79	76.13	86.36	69.15	33.84	138.08	103.73	127.53	105.78	100.13	76.62
1991	134.00	107.50	141.34	82.78	39.03	89.16	21.94	26.08	64.34	72.59	69.80	200.21
1992	43.53	122.84	291.68	153.93	248.13	31.74	36.21	37.10	166.06	173.44	128.62	71.91
1993	252.67	247.62	108.60	73.05	66.89	82.15	35.52	23.55	166.95	89.78	42.00	112.74
1994	170.22	82.58	57.11	56.39	47.83	73.41	20.05	1.19	7.95	45.71	87.31	84.88
1995	272.87	153.52	108.83	97.03	35.18	63.22	60.07	20.67	128.23	160.77	35.97	77.35
1996	103.08	107.95	151.06	67.97	12.14	20.60	11.65	17.54	87.88	103.25	72.78	128.77
1997	466.38	170.20	36.64	44.88	45.26	207.49	27.55	58.65	98.05	117.91	187.24	110.59
1998	79.01	181.80	156.25	157.70	79.79	40.48	39.93	90.21	250.62	205.87	22.00	136.59
1999	238.73	162.01	83.78	74.23	53.92	65.19	63.38	1.64	71.76	43.92	23.91	32.01
2000	42.64	157.79	63.60	4.21	11.79	23.44	21.37	49.25	109.88	57.71	144.99	75.40
2001	67.39	172.43	69.52	31.21	95.97	78.80	58.21	51.21	81.82	94.14	66.31	136.09
2002	193.39	100.66	101.77	8.85	146.37	3.64	47.27	93.66	94.25	82.25	166.00	105.66
2003	207.19	141.69	83.73	120.50	57.89	36.49	70.60	29.28	53.00	56.47	109.71	84.88
Média	158.51	125.06	97.48	68.33	91.44	71.00	48.85	42.50	99.24	95.65	98.62	123.95

Tabela A7.3 - Série de vazões médias mensal (m³/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 30F_MPRM_T

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec
1976	183.41	139.37	109.51	77.65	81.51	70.18	64.56	130.48	134.33	150.88	134.42	130.23
1977	132.32	88.72	91.36	75.95	11.50	59.12	26.21	14.39	33.13	60.36	80.92	82.67
1978	48.08	29.62	80.76	2.98	46.03	12.33	92.83	15.65	97.33	46.51	108.97	111.29
1979	33.51	63.01	39.53	16.93	81.97	4.08	36.38	55.78	118.17	121.46	115.36	101.51
1980	187.32	234.20	143.13	77.19	34.67	56.91	61.35	60.25	108.49	53.15	60.21	214.96
1981	212.23	72.80	55.00	109.25	5.54	39.21	12.12	9.48	9.71	104.79	77.35	190.97
1982	58.70	171.98	74.60	18.95	51.11	197.63	160.74	30.86	23.99	182.25	341.42	357.86
1983	200.23	66.31	130.62	110.31	469.15	425.16	34.78	2.04	318.50	133.93	106.59	100.98
1984	115.47	68.19	55.32	48.24	49.98	6.98	8.36	40.26	62.27	21.90	67.66	184.68
1985	75.36	92.22	106.34	119.20	94.61	16.63	21.39	6.05	21.47	18.40	40.16	30.77
1986	58.26	118.71	85.16	68.92	145.53	2.80	10.58	130.75	65.43	53.13	75.10	152.32
1987	103.71	200.45	30.10	34.87	189.76	157.94	31.43	10.05	86.20	99.07	172.69	71.94
1988	106.91	67.52	65.18	58.98	181.99	54.35	2.74	1.25	28.60	103.87	29.84	63.87
1989	225.25	134.62	113.61	27.55	44.78	60.69	109.22	54.91	124.41	80.58	87.55	200.35
1990	334.11	52.58	62.63	67.48	66.32	30.08	142.75	96.73	120.56	102.43	87.87	71.12
1991	134.17	103.92	135.42	80.65	35.23	80.79	20.20	26.01	69.74	65.14	70.32	181.61
1992	35.86	114.23	259.71	141.37	229.40	31.20	26.92	36.47	171.63	189.32	139.29	70.64
1993	244.21	247.87	105.57	70.43	62.12	82.83	38.29	19.99	161.38	86.60	41.06	106.71
1994	172.27	79.90	58.47	56.26	45.84	75.59	19.52	1.11	8.24	44.43	91.55	80.72
1995	261.68	168.78	118.04	99.05	33.09	63.37	56.78	21.02	126.76	149.53	33.32	70.73
1996	96.87	115.09	137.05	77.25	12.09	20.66	11.82	18.75	86.14	105.16	72.42	123.59
1997	453.29	174.45	27.04	44.57	43.32	193.44	25.17	57.06	102.92	137.71	183.35	122.32
1998	74.95	189.68	173.00	168.11	78.32	37.88	41.84	90.58	245.48	199.96	25.44	140.78
1999	274.76	179.07	86.51	73.74	56.34	68.00	63.79	1.60	71.19	46.57	24.23	32.38
2000	41.93	158.78	53.16	5.70	11.38	25.87	21.59	47.02	107.38	51.29	123.07	81.09
2001	65.27	177.66	69.01	31.67	100.13	81.84	55.15	49.01	82.34	105.77	75.67	131.76
2002	199.83	94.60	100.30	7.49	151.68	3.85	45.01	90.99	93.23	78.68	160.35	118.59
2003	211.23	165.19	91.27	115.33	58.84	35.86	71.34	28.58	52.29	53.39	112.01	89.09
Média	155.04	127.48	94.91	67.36	88.29	71.26	46.89	40.97	97.55	94.51	97.79	121.98

Tabela A7.4 - Série de vazões médias mensal (m³/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 30F_TV

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec
1976	183.38	139.56	109.34	77.64	83.05	71.77	64.00	130.47	136.40	150.82	146.52	138.08
1977	131.82	91.98	96.40	81.67	11.61	61.26	27.38	14.82	33.42	64.20	85.58	86.65
1978	50.73	30.94	82.82	3.35	47.65	12.65	96.52	15.89	105.42	49.57	112.02	113.31
1979	35.18	66.20	36.22	16.77	83.34	4.31	36.17	57.20	119.11	123.62	117.84	102.16
1980	184.47	233.69	135.40	75.55	33.82	56.12	63.62	65.05	110.02	55.76	59.88	220.07
1981	216.70	65.70	56.49	108.33	6.85	38.60	12.83	9.61	10.60	113.05	72.67	190.96
1982	56.00	188.97	76.74	17.90	52.45	201.49	165.77	32.65	25.15	193.48	339.18	361.86
1983	195.30	65.95	135.69	113.06	457.51	448.15	40.15	2.07	337.20	135.22	108.57	100.00
1984	116.02	71.67	55.52	47.21	51.91	7.10	10.99	45.88	66.73	22.79	70.29	192.15
1985	76.64	95.15	109.24	115.77	93.45	17.04	21.70	5.93	21.43	19.23	41.69	30.35
1986	58.32	113.64	81.96	70.49	144.74	2.36	11.19	131.38	65.78	53.55	73.71	144.90
1987	94.95	199.85	32.16	34.95	187.26	148.94	33.64	9.90	84.59	95.76	172.85	66.24
1988	105.68	67.49	65.39	64.17	201.99	57.17	2.88	1.36	29.67	112.32	31.30	68.03
1989	225.51	141.99	113.33	27.20	43.97	58.91	105.25	54.03	123.56	80.09	87.27	211.02
1990	348.14	53.94	60.66	72.49	62.74	30.01	134.50	94.50	124.68	102.95	84.01	70.40
1991	132.05	101.99	140.76	84.16	37.46	80.43	22.36	27.76	68.46	74.75	67.29	192.96
1992	38.57	118.83	267.41	142.76	228.01	30.56	25.52	36.82	170.52	190.16	143.92	71.00
1993	237.78	250.40	114.51	71.79	65.03	83.84	39.60	21.14	171.80	86.65	44.64	105.31
1994	174.08	83.49	58.32	54.71	46.00	73.20	18.99	1.11	7.87	43.93	85.24	86.79
1995	264.33	161.30	115.67	95.14	31.82	62.80	58.08	20.87	124.42	143.77	33.52	73.39
1996	98.23	115.45	137.34	80.94	11.86	22.31	11.78	19.13	89.48	105.70	76.06	132.52
1997	454.40	166.42	26.77	45.22	43.90	197.36	26.75	60.65	107.07	128.20	181.78	118.40
1998	74.52	177.69	168.99	171.36	78.89	38.31	45.71	92.21	249.03	205.20	23.75	132.84
1999	272.10	177.29	89.83	75.48	59.18	70.31	64.66	1.59	72.11	47.70	24.57	32.49
2000	38.91	156.06	52.03	5.57	10.83	25.29	21.24	47.85	106.08	56.03	134.76	78.35
2001	77.40	184.03	71.33	31.05	99.96	82.51	60.02	49.29	82.02	110.39	80.04	128.04
2002	202.44	93.70	115.38	8.67	160.74	3.84	47.35	94.51	94.57	79.92	167.72	118.23
2003	205.67	184.55	88.67	113.76	57.82	35.82	71.33	27.94	52.38	52.23	108.43	89.14
Média	155.33	128.50	96.23	68.11	89.07	72.23	47.86	41.84	99.63	96.32	99.11	123.42

Tabela A7.5 - Série de vazões médias mensal (m³/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 30F_MPRM_IDW

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec
1976	183.45	139.69	110.01	78.97	84.46	72.32	69.10	137.13	146.39	155.21	138.01	139.14
1977	138.22	87.84	97.35	77.16	11.02	58.10	26.35	14.06	34.32	60.54	84.07	87.88
1978	51.54	34.53	89.76	3.58	48.53	12.88	96.49	15.96	89.61	46.76	110.18	114.09
1979	35.87	60.94	43.00	16.43	81.39	3.39	37.38	56.63	116.07	119.50	108.20	95.78
1980	185.23	235.41	142.86	76.79	34.42	56.78	60.77	56.24	106.99	55.78	61.44	208.45
1981	220.29	67.12	52.28	110.23	5.84	40.39	12.37	9.13	9.61	105.68	76.03	190.64
1982	64.39	176.60	80.02	20.25	53.34	196.64	157.87	31.58	24.68	183.18	333.54	380.08
1983	204.43	73.15	128.69	109.38	486.28	415.85	36.54	2.08	322.25	137.63	110.12	105.49
1984	124.86	63.69	57.71	48.61	51.65	4.87	7.56	39.22	60.76	21.58	57.96	178.48
1985	72.66	89.51	105.16	118.53	97.20	15.98	20.75	6.07	20.37	17.59	40.72	30.90
1986	56.88	118.96	83.48	69.34	145.66	3.00	9.91	129.32	65.55	53.56	75.80	155.04
1987	95.50	181.69	33.35	35.75	193.15	166.31	34.08	11.72	88.35	102.67	177.66	78.02
1988	103.72	73.51	62.86	57.03	183.73	52.90	2.72	1.28	29.55	105.92	32.37	66.85
1989	248.97	140.72	124.21	29.35	49.75	62.29	116.91	60.86	134.78	89.29	94.96	203.47
1990	370.95	56.72	70.51	71.81	66.60	31.98	148.65	101.84	124.22	110.03	94.24	74.02
1991	145.23	122.20	144.85	85.15	36.75	88.12	21.30	26.05	67.55	66.55	70.66	199.60
1992	37.40	121.82	280.23	148.89	242.44	32.14	26.29	37.80	170.66	180.21	143.16	74.84
1993	257.04	256.10	105.82	72.02	65.40	80.13	35.17	20.34	166.13	84.54	42.16	115.31
1994	167.70	76.37	57.71	57.59	46.38	74.12	17.34	1.19	8.09	43.63	89.87	84.70
1995	267.61	170.68	111.86	99.81	34.94	65.54	59.48	20.68	121.89	152.87	34.23	72.11
1996	100.70	105.22	150.83	61.61	11.55	20.86	11.47	16.99	84.50	100.23	73.34	122.27
1997	488.65	176.80	30.15	47.71	45.78	203.95	26.70	55.75	93.41	140.11	203.37	123.58
1998	81.49	187.52	163.01	167.68	81.87	39.09	42.75	92.30	240.80	198.29	25.77	145.45
1999	270.55	183.54	83.58	77.45	56.78	66.67	61.24	1.55	72.28	45.10	23.99	31.52
2000	45.34	163.51	65.16	4.98	12.51	25.51	22.09	48.79	106.01	53.35	128.61	83.02
2001	70.40	174.80	72.95	31.15	98.99	78.83	54.79	50.82	82.77	95.95	66.63	132.75
2002	188.45	103.88	96.65	6.44	144.44	3.37	43.91	88.31	87.89	75.42	159.03	112.98
2003	211.84	161.97	101.24	112.97	59.61	35.12	71.12	29.65	52.13	55.70	114.93	83.46
Média	160.33	128.73	98.05	67.74	90.37	71.68	47.54	41.55	97.41	94.89	98.97	124.64

Tabela A7.6 - Série de vazões médias mensal (m³/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 30F_IDW_V

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec
1976	183.31	139.39	109.72	78.87	85.11	73.36	69.68	136.42	146.69	154.40	141.20	142.27
1977	140.08	88.06	101.40	79.79	11.02	59.65	27.60	14.48	35.19	62.73	87.06	92.47
1978	53.99	34.79	92.01	3.24	48.57	12.80	95.08	16.06	92.54	48.16	110.96	113.04
1979	36.15	61.68	41.95	16.16	84.34	3.29	38.60	57.41	117.23	121.50	111.54	95.74
1980	183.43	232.70	143.00	77.18	34.78	56.16	60.90	58.65	108.55	58.24	61.92	209.65
1981	224.09	64.52	51.96	108.93	5.61	41.08	12.13	9.18	9.04	106.70	72.75	190.93
1982	61.43	184.37	79.85	20.27	52.57	197.85	155.46	33.91	25.25	191.71	333.68	374.22
1983	202.05	76.26	132.75	111.63	478.49	435.03	34.01	2.09	329.84	139.64	110.20	105.20
1984	124.53	63.97	57.48	47.17	51.97	4.99	7.15	40.20	61.27	21.76	58.02	176.56
1985	72.11	91.48	106.59	113.62	96.54	15.52	20.69	6.19	20.24	17.50	40.21	30.69
1986	56.85	117.34	81.09	69.37	142.94	2.79	9.86	128.85	66.02	54.76	73.07	155.51
1987	94.54	185.28	33.35	36.39	191.12	166.10	34.62	11.67	88.73	102.74	183.26	78.43
1988	103.19	74.21	62.15	59.15	189.66	53.06	2.90	1.30	29.61	108.50	32.59	69.94
1989	251.56	144.59	123.38	30.13	50.23	62.67	117.49	60.58	132.93	89.92	94.40	212.67
1990	374.47	59.30	71.61	69.34	64.72	31.92	148.02	102.16	126.54	109.12	94.98	73.69
1991	140.20	122.17	144.42	85.32	37.44	88.23	21.26	26.08	66.96	68.51	69.72	194.91
1992	37.44	122.13	286.40	151.76	244.38	32.25	25.70	38.71	171.92	179.16	146.30	73.32
1993	254.95	255.08	108.13	71.08	65.64	79.97	36.06	20.08	164.04	83.08	44.45	116.67
1994	170.65	76.49	57.61	58.46	48.52	73.59	19.94	1.20	8.33	45.12	89.54	87.85
1995	266.92	169.34	113.60	100.26	35.27	66.21	62.81	20.69	125.35	155.13	35.36	73.75
1996	100.34	104.39	150.75	60.65	11.53	20.85	11.42	17.05	87.76	101.61	73.16	126.63
1997	490.62	178.21	30.43	47.81	46.74	206.84	26.78	57.58	94.04	137.40	206.46	121.32
1998	81.13	183.03	163.04	166.91	82.67	39.02	42.73	94.31	237.78	198.20	25.02	144.17
1999	272.03	185.50	83.13	75.26	58.85	66.91	61.01	1.60	71.99	45.31	23.79	31.68
2000	44.13	162.68	63.71	5.16	12.39	25.66	21.67	48.81	106.65	55.23	133.02	82.76
2001	73.41	176.55	75.40	31.66	98.08	80.21	55.60	50.67	83.14	98.72	70.24	133.45
2002	193.04	102.45	100.85	6.59	149.23	3.83	44.84	89.14	88.99	75.89	159.34	112.28
2003	211.92	167.59	99.88	110.45	58.38	33.96	71.00	28.88	52.25	55.30	113.71	81.84
Média	160.66	129.41	98.77	67.59	90.60	72.64	47.68	41.93	98.17	95.93	99.86	125.06

Tabela A7.7 - Série de vazões médias mensal (m³/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 50F_MPRM_T

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec
1976	183.81	140.67	113.50	80.68	81.48	71.38	64.96	124.31	143.98	135.22	120.60	130.79
1977	127.13	88.78	83.48	78.25	8.31	53.27	26.10	13.57	35.77	52.90	75.18	84.50
1978	51.54	28.45	79.09	2.30	40.07	13.17	95.27	12.43	102.02	51.48	137.05	132.81
1979	60.28	69.34	44.18	19.15	97.62	4.53	41.08	58.05	131.95	113.28	94.88	103.55
1980	181.27	239.78	132.18	67.73	36.13	54.47	52.00	61.78	112.82	58.97	68.78	216.83
1981	202.66	56.68	41.79	111.12	10.19	38.22	13.64	7.81	7.59	105.79	77.28	179.32
1982	77.46	182.31	97.89	20.01	54.20	197.67	161.44	33.22	26.42	175.78	330.49	368.02
1983	198.71	62.83	103.59	109.72	483.15	369.44	30.30	1.94	303.43	109.99	117.35	99.12
1984	114.89	54.59	54.40	48.31	50.73	6.78	7.44	49.49	62.25	23.32	56.32	196.60
1985	67.53	101.15	109.78	125.49	85.94	15.08	20.45	5.57	21.60	21.41	40.19	31.25
1986	41.69	100.77	65.16	60.37	134.63	1.47	11.60	112.84	59.44	46.34	68.80	169.09
1987	94.14	194.01	45.69	50.19	211.48	199.37	37.90	10.16	91.38	97.59	199.33	81.95
1988	117.49	85.84	68.35	70.59	209.91	55.50	2.02	1.34	29.19	125.73	43.54	89.00
1989	255.99	156.33	128.48	36.02	51.22	60.53	107.42	62.89	124.41	78.42	88.65	215.30
1990	394.25	52.32	72.65	65.45	57.29	31.10	123.07	94.29	123.81	107.34	95.73	77.71
1991	148.20	104.22	141.88	76.30	36.60	78.52	18.03	21.08	55.96	74.59	69.20	192.44
1992	40.87	113.18	270.29	157.86	231.23	29.24	32.94	31.25	163.23	183.37	122.18	77.10
1993	241.83	244.95	86.53	69.28	67.38	84.21	32.09	20.87	149.79	90.37	57.63	97.73
1994	172.38	87.23	58.37	58.71	49.71	78.98	23.55	1.13	7.27	47.14	87.69	115.92
1995	304.82	164.23	107.50	113.34	39.67	58.92	58.52	22.23	132.05	158.35	36.21	68.15
1996	92.24	103.26	135.52	60.64	10.39	14.24	12.17	14.13	82.35	101.63	80.76	125.31
1997	464.03	167.82	26.65	47.49	49.83	199.12	32.55	53.28	103.27	132.24	196.10	113.71
1998	79.52	182.87	159.13	173.89	79.59	41.45	37.60	94.23	254.45	203.43	20.48	135.11
1999	269.60	174.92	84.01	80.16	54.08	64.71	57.90	1.59	72.36	49.48	23.02	31.01
2000	47.38	161.66	61.40	4.49	10.96	25.10	22.34	52.10	109.58	55.00	128.11	87.11
2001	65.96	187.51	94.55	35.49	96.45	77.28	55.85	45.75	78.12	92.41	70.83	138.58
2002	211.95	98.39	118.01	11.48	156.95	3.40	49.11	101.92	93.76	81.08	162.95	101.75
2003	187.46	125.32	70.17	115.63	55.32	42.85	74.46	30.13	48.22	59.14	147.73	86.85
Média	160.54	126.05	94.79	69.65	91.09	70.36	46.49	40.69	97.37	93.99	100.61	126.66

Tabela A7.8 - Série de vazões médias mensal (m³/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 50F_TV

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec
1976	184.56	142.74	117.92	84.10	88.80	77.85	68.05	117.21	142.26	145.98	132.18	124.14
1977	134.72	84.64	84.47	81.38	7.65	54.87	26.13	16.46	37.68	53.13	81.67	83.19
1978	53.34	32.52	82.14	2.82	42.46	13.57	110.51	18.25	110.32	52.36	153.22	132.07
1979	65.39	69.60	48.31	20.22	94.09	4.21	40.83	58.37	131.07	125.69	105.04	104.78
1980	181.49	244.61	139.69	60.94	36.14	55.73	63.96	65.88	112.63	50.47	58.52	218.75
1981	206.50	57.74	45.66	118.57	11.42	41.89	13.77	10.28	10.00	109.28	81.73	185.93
1982	74.03	190.48	92.39	17.52	55.81	195.19	169.06	37.97	26.96	173.97	361.70	350.62
1983	208.70	61.21	125.05	120.14	482.36	395.43	44.21	1.99	317.82	120.70	120.50	98.21
1984	111.00	43.99	43.56	43.00	46.09	6.21	8.18	48.36	59.77	27.37	60.68	195.38
1985	59.65	95.52	101.67	123.68	78.31	15.42	20.52	5.18	24.78	21.81	43.14	31.32
1986	43.68	100.04	65.47	61.38	141.87	1.51	11.21	114.67	58.64	47.80	68.67	167.10
1987	92.10	195.97	42.01	40.80	205.75	165.79	34.36	10.05	85.02	92.86	185.76	67.81
1988	103.94	80.22	68.98	65.70	197.41	53.14	3.06	1.31	28.45	114.23	32.93	81.80
1989	265.53	156.56	132.62	38.10	54.98	59.80	108.74	59.61	124.21	81.14	92.32	207.62
1990	407.34	51.38	85.51	66.50	65.30	32.16	120.54	94.81	124.84	110.37	93.63	77.33
1991	143.82	104.08	130.70	76.71	34.26	83.53	18.33	22.03	58.59	76.32	67.60	200.54
1992	39.50	105.75	247.20	150.98	243.11	33.70	31.63	32.92	163.41	178.62	122.75	71.40
1993	233.31	227.18	79.94	68.43	60.92	80.69	34.76	20.31	146.56	101.09	45.63	86.36
1994	166.83	81.73	54.59	55.78	49.83	78.31	23.51	1.11	6.68	43.00	82.65	97.97
1995	284.42	168.56	107.38	109.36	37.03	59.47	56.18	19.85	119.35	147.81	34.56	63.09
1996	88.94	100.00	126.45	57.01	10.01	15.56	12.54	14.70	92.00	100.30	77.67	116.77
1997	444.72	165.99	25.79	43.92	45.22	198.41	28.21	54.77	100.38	134.39	182.16	123.42
1998	89.61	185.95	171.41	165.43	80.30	40.10	42.85	98.21	258.53	200.47	20.16	132.94
1999	255.28	178.09	77.77	73.60	50.58	65.47	61.15	1.58	71.22	44.86	23.51	29.20
2000	45.12	164.38	55.91	4.21	11.13	25.51	22.27	49.18	110.61	57.67	136.72	91.94
2001	67.49	188.83	94.03	35.47	102.10	83.20	62.71	46.92	80.51	103.59	72.62	125.07
2002	216.53	98.51	130.72	13.81	172.69	3.47	51.16	103.74	97.71	88.91	175.86	98.81
2003	172.22	120.37	70.59	111.61	56.56	39.37	73.87	28.26	46.82	59.63	161.29	97.73
Média	158.56	124.88	94.57	68.26	91.51	70.70	48.65	41.21	98.10	95.14	102.67	123.62

Tabela A7.9 - Série de vazões médias mensal (m³/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 50F_MPRM_IDW

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec
1976	183.78	140.50	113.39	80.65	80.17	70.13	65.79	124.65	145.13	140.78	126.97	136.57
1977	129.29	93.34	85.17	74.89	7.94	53.92	25.76	14.85	33.94	53.99	76.35	86.28
1978	53.96	30.66	85.77	2.53	40.71	13.43	95.87	12.54	102.08	52.16	130.80	135.82
1979	58.89	70.62	45.79	18.15	101.10	4.24	40.98	58.01	130.12	113.83	95.85	95.76
1980	182.75	237.83	127.30	69.23	35.29	54.22	51.62	61.14	103.82	58.02	70.38	222.62
1981	210.25	58.84	42.34	107.66	8.39	38.49	13.17	7.62	8.06	102.32	76.38	184.70
1982	82.49	183.44	100.40	20.40	55.00	191.68	159.41	31.21	27.73	179.86	325.98	368.67
1983	199.46	65.13	101.28	107.12	468.31	369.49	34.87	1.93	305.35	111.76	117.16	98.22
1984	118.47	54.86	58.34	47.61	51.96	4.59	7.22	45.66	59.03	23.72	51.69	185.34
1985	70.80	105.29	111.44	128.92	88.52	15.72	18.94	5.57	20.78	20.67	42.96	31.92
1986	40.57	101.44	61.48	56.76	134.66	1.75	11.29	109.47	58.06	45.59	65.20	167.48
1987	91.29	180.69	44.04	48.69	207.51	197.87	37.43	11.46	91.34	99.11	200.89	86.79
1988	115.10	85.60	71.99	70.28	203.62	52.37	2.05	1.33	28.71	125.79	46.56	85.71
1989	264.33	155.57	132.73	38.15	55.09	61.28	114.26	66.94	131.30	83.06	93.72	218.39
1990	414.48	54.72	78.80	76.30	62.12	32.08	129.39	96.41	123.99	108.48	99.92	81.41
1991	155.36	108.22	147.05	78.38	41.03	82.47	19.98	22.21	56.13	69.57	67.61	208.05
1992	42.52	119.04	286.75	159.00	236.39	30.72	33.90	31.48	173.06	178.98	125.51	79.10
1993	249.69	243.83	87.42	67.19	70.04	80.75	32.16	20.61	150.67	88.31	55.34	104.62
1994	174.23	85.21	59.51	61.99	50.49	78.22	20.30	1.12	7.78	45.34	88.29	113.83
1995	297.82	170.46	108.13	113.80	39.63	61.50	60.04	23.27	126.99	156.63	39.19	72.41
1996	92.50	99.69	148.62	59.18	10.52	15.18	12.26	13.55	81.56	100.25	78.13	123.18
1997	494.17	175.71	29.59	47.49	51.85	202.57	32.22	54.45	99.86	136.99	201.76	109.68
1998	82.61	187.75	156.38	171.61	83.02	41.63	38.66	92.54	249.51	202.94	20.05	141.92
1999	283.80	175.15	81.92	78.43	53.03	63.37	57.70	1.51	71.65	47.66	23.20	32.42
2000	50.23	170.00	68.80	3.76	11.41	23.67	22.14	51.21	112.10	53.08	124.28	77.89
2001	67.07	179.34	96.10	31.88	96.94	74.75	55.19	45.71	77.96	90.81	63.06	138.34
2002	207.03	99.66	111.97	10.68	149.17	2.60	48.34	99.25	90.84	76.03	158.17	104.16
2003	198.04	136.37	80.51	117.88	57.27	40.08	73.87	31.33	50.82	59.96	148.25	82.77
Média	164.68	127.46	97.25	69.59	91.11	69.96	46.96	40.61	97.08	93.77	100.49	127.64

Tabela A7.10 - Série de vazões médias mensal (m³/s) para estação Andirá calculada pelo modelo SMAP mensal a partir dos dados de precipitação da série 50F_IDW_V

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dec
1976	183.93	141.33	115.60	81.99	83.83	73.24	67.34	123.16	143.41	146.18	130.08	138.25
1977	133.86	96.16	89.72	76.96	8.09	55.85	28.20	16.28	36.04	55.86	79.39	86.03
1978	56.32	32.57	86.87	2.50	41.53	13.68	99.86	15.21	107.28	51.71	132.02	135.56
1979	59.51	73.95	48.79	18.83	100.78	4.30	40.07	58.77	131.33	118.39	98.90	94.96
1980	181.60	248.31	131.29	67.87	35.93	52.29	59.14	62.77	107.75	59.55	69.56	232.07
1981	223.44	61.04	43.58	107.58	9.57	39.60	12.61	8.15	8.18	101.00	77.67	183.54
1982	87.08	190.38	99.21	19.71	56.12	187.95	162.39	31.68	27.74	180.10	341.12	369.94
1983	203.46	68.92	121.08	114.38	488.41	391.51	41.32	1.97	307.82	116.68	114.24	99.34
1984	116.07	54.63	53.17	46.21	50.57	4.88	8.24	45.85	59.07	25.65	56.32	184.89
1985	66.60	103.09	107.58	127.31	84.66	15.86	19.08	5.54	21.17	21.23	43.95	31.71
1986	41.45	104.89	62.87	57.29	133.25	2.26	11.93	109.46	55.06	48.43	65.30	163.32
1987	91.20	176.10	40.67	41.63	202.10	180.58	36.21	12.83	89.36	97.51	210.70	80.99
1988	113.89	85.53	73.26	70.36	196.28	51.58	2.31	1.32	28.56	120.34	39.95	81.92
1989	266.50	152.20	128.47	38.07	55.02	61.23	115.73	64.89	128.84	82.65	94.62	213.70
1990	431.72	53.92	84.10	72.35	61.68	32.51	126.87	94.64	122.72	109.58	99.07	77.00
1991	150.12	102.04	141.06	79.77	39.85	81.70	20.57	23.01	57.49	76.06	67.39	203.72
1992	41.55	112.40	268.80	156.80	238.54	30.68	37.42	33.37	168.06	176.46	125.54	78.29
1993	253.98	240.46	88.47	66.63	68.04	81.20	34.98	20.19	151.39	96.23	53.99	96.98
1994	169.71	81.81	59.39	59.86	50.53	77.79	20.35	1.11	7.65	43.60	85.00	106.90
1995	280.31	168.28	105.15	107.24	39.80	59.66	60.13	21.56	124.19	152.98	39.80	71.30
1996	93.88	104.53	154.75	58.39	10.64	16.10	12.80	13.81	90.23	101.88	80.85	120.32
1997	487.03	178.18	29.72	45.11	48.92	201.37	31.08	53.65	101.74	138.03	196.90	108.40
1998	86.22	186.85	164.81	169.24	83.64	43.40	39.92	94.59	252.57	202.85	19.65	142.44
1999	281.26	179.87	83.45	76.89	51.42	63.19	59.77	1.49	72.14	45.68	23.31	31.41
2000	47.23	168.02	65.80	3.94	11.64	24.05	21.90	53.03	113.71	55.30	132.63	83.19
2001	70.54	184.42	95.11	33.34	99.30	77.77	56.27	47.60	80.73	97.15	66.38	131.62
2002	210.19	102.36	112.98	10.18	153.84	2.88	48.91	97.87	95.03	77.42	162.45	106.46
2003	195.13	138.33	80.33	113.37	55.47	38.73	71.42	30.63	50.36	62.78	148.00	90.20
Média	165.14	128.23	97.72	68.71	91.41	70.21	48.10	40.87	97.84	95.05	101.96	126.59