

## **ESTUDO DO BALANÇO HÍDRICO E DO CLIMA DA BACIA DO ALTO RIO NEGRO**

Ana Clara Lazzari Franco

Orientadora: Msc. Patrícia Kazue Uda  
Coorientadora: Prof. Dr. Nadia Bernardi Bonumá

2014/2





Universidade Federal de Santa Catarina  
Centro Tecnológico  
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental

**ESTUDO DO BALANÇO HÍDRICO E DO CLIMA DA BACIA DO  
ALTO RIO NEGRO**

**ANA CLARA LAZZARI FRANCO**

Trabalho apresentado à Universidade  
Federal de Santa Catarina para a  
Conclusão do Curso de Graduação em  
Engenharia Sanitária e Ambiental.  
Orientadora: Msc. Patrícia Kazue Uda  
Coorientadora: Prof. Dr. Nadia  
Bernardi Bonumá

Florianópolis, SC

2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Franco, Ana Clara Lazzari  
ESTUDO DO BALANÇO HÍDRICO E DA DINÂMICA CLIMÁTICA DA  
BACIA DO ALTO RIO NEGRO / Ana Clara Lazzari Franco ;  
orientadora, Patrícia Kazue Uda ; coorientadora, Nadia  
Bernardi Bonumá. - Florianópolis, SC, 2014.  
102 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.  
Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Engenharia  
Sanitária e Ambiental. 3. Hidrologia. 4. Balanço Hídrico. I.  
Uda, Patrícia Kazue. II. Bonumá, Nadia Bernardi. III.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Engenharia Sanitária e Ambiental. IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E  
AMBIENTAL

ESTUDO DO BALANÇO HÍDRICO E DA DINÂMICA  
CLIMÁTICA DA BACIA DO ALTO RIO NEGRO

ANA CLARA LAZZARI FRANCO

Trabalho submetido à Banca  
Examinadora como parte dos  
requisitos para Conclusão do Curso de  
Graduação em Engenharia Sanitária e  
Ambiental

**Banca Examinadora:**



Msc. Patrícia Kazue Uda  
(Orientadora)



Prof. Dra. Nadia Bernardi Bonumá  
(Coorientadora)



Prof., Dr. Cesar Augusto Pompêo  
(Membro da Banca)



Prof., Dr. Pedro Luiz Borges Chaffe  
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)  
DEZEMBRO/2014

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais e toda minha família que me possibilitaram chegar até aqui hoje.

Agradeço à minha amiga orientadora Patrícia Kazue Uda o grande apoio e sincera amizade que me fizeram ir até o fim deste trabalho.

À minha coorientadora Nádya Bernardi Bonumá pela lembrança diária que o ambiente acadêmico pode ser descontraído.

Agradeço a todos meus amigos da graduação, que tornaram tão especial esta jornada acadêmica. Em especial, agradeço à Camila a parceria em tantos projetos, à Laura a constante e inabalável paciência, à Alice os momentos de descontração e à Priscila a companhia nos melhores momentos, no bar.

Às minhas grandes amigas Cacá, Natacha, Bruna e Helena, que mesmo longe estarão sempre pertinho.

Aos membros da banca a sua avaliação e contribuição para este trabalho.

À CAPES e ao CNPq as bolsas de estudos que proporcionaram meu crescimento acadêmico.

À Universidade Federal de Santa Catarina a oportunidade e infraestrutura disponibilizadas.

## RESUMO

A disponibilidade de água nas bacias, bem como a ocorrência da escassez ou excesso desta, tem ligação estreita com sua resposta hidrológica à dinâmica climática local. O presente trabalho estudou o comportamento das variáveis climáticas (radiação solar, temperatura e precipitação) e do balanço hídrico da bacia do alto rio Negro. A área de estudo abrange uma bacia-escola onde diversos estudos já foram realizados pelo Laboratório de Hidrologia da UFSC, com foco especial no estudo de desastres naturais. A bacia está localizada entre os estados de Santa Catarina e Paraná, entre as latitudes  $25^{\circ}55'73''S$  e  $26^{\circ}14'17''S$  e longitudes  $48^{\circ}56'34''O$  e  $49^{\circ}23'12''O$ , de clima subtropical úmido. Foi realizada uma análise temporal das variáveis climáticas com séries históricas de dados climatológicos e hidrológicos da bacia em questão. O comportamento da precipitação foi analisado também espacialmente, através da interpolação dos dados na área compreendida pela bacia hidrográfica. Diversos métodos de espacialização foram avaliados, com a finalidade de se comparar seus resultados, foram estes: krigagem bayesiana empírica, krigagem ordinária, cokrigagem ordinária, inverso do quadrado da distância, Spline e Thiessen. Os dois métodos de krigagem ordinária apresentaram os menores erros nas estimativas realizadas. O comportamento temporal das variáveis hidrológicas e climatológicas da bacia foi analisado a fim de realizar a estimativa do balanço hídrico mensal e anual médio, bem como o balanço hídrico de anos atipicamente secos e chuvosos. O balanço hídrico da bacia foi estimado através do método simplificado e do método de balanço hídrico sazonal desenvolvido por Kan (2005). Os valores médios para o balanço hídrico foram de  $1452 \text{ mm.ano}^{-1}$  para a precipitação,  $616 \text{ mm.ano}^{-1}$  para a vazão e  $833 \text{ mm.ano}^{-1}$  para evapotranspiração estimada pelo método simplificado e  $829 \text{ mm.ano}^{-1}$  para o método sazonal. Para o ano mais seco da série de dados a precipitação anual média na bacia foi de  $960 \text{ mm.ano}^{-1}$ , a vazão foi de  $247 \text{ mm.ano}^{-1}$  e a evapotranspiração estimada pelo método sazonal foi de  $661 \text{ mm.ano}^{-1}$ . Os elevados índices de evapotranspiração estimados evidenciam sua importância na gestão ambiental de recursos hídricos, especialmente em eventos extremos. No estudo estatístico do comportamento das variáveis climáticas não foram encontradas correlações significativas destas com as variáveis do balanço hídrico.

**Palavras-chave:** Bacia do alto rio Negro. Balanço hídrico sazonal. Balanço hídrico simplificado. Krigagem.

## ABSTRACT

The water availability on watersheds is highly connected with its hydrological response to the climatic local dynamic. The present study assesses the correlation between the climate variables (solar radiation, temperature and precipitation) and the water balance behavior on the upper Negro river basin. The study area consists of a hydrological basin provided with a school catchment network, where several other hydrological studies were developed, with special focus on natural disasters. This watershed is located in the Santa Catarina and Paraná states, between latitudes  $25^{\circ}55'73''\text{S}$  and  $26^{\circ}14'17''\text{S}$ , and between longitudes  $48^{\circ}56'34''\text{W}$  and  $49^{\circ}23'12''\text{W}$ , and the climate is subtropical humid. A temporal analysis was performed with historical databases from climate and hydrological variables. Precipitation behavior was also spatially analyzed through interpolation methods. In order to define the most accurate method to be applied on the study area, the performance of the following interpolation methods were compared: Spline, Thiessen, inverse of the distance's weight (IDW) and kriging methods (ordinary kriging, Empirical Bayesian kriging and ordinary cokriging) for the annual precipitation average in the upper Negro river watershed. The kriging methods showed the smaller errors, being the Bayesian ordinary kriging method the more precise one. The Spline method presented the second worst results, being the Thiessen estimations the method with the highest mean square error, although it is not a method used for spatial estimations, but for mean precipitation estimations in watersheds. Climate and hydrological variables behavior was studied in order to estimate the mean annual water balance, and to assess the water balance from specially dry and rainy years. The water balance assessment was made with the water budget equation and by the seasonal water budget method developed by Kan (2005). The average value for the annual water balance was  $1452 \text{ mm}\cdot\text{year}^{-1}$  precipitation,  $616 \text{ mm}\cdot\text{year}^{-1}$  streamflow and  $829 \text{ mm}\cdot\text{year}^{-1}$  for evapotranspiration estimated by Kan's method. The driest year had a  $960 \text{ mm}\cdot\text{year}^{-1}$  precipitation,  $247 \text{ mm}\cdot\text{year}^{-1}$  streamflow and  $661 \text{ mm}\cdot\text{year}^{-1}$  evapotranspiration estimated by the seasonal method. The substantial amount of water lost by evapotranspiration in the basin made clear its importance on the water management, especially on years of drought. In the study of the correlation between the climate variables and water balance, no clear relationship was determined.

**Keywords:** Water balance. Seasonal water budget method, Upper Negro river watershed, Kriging.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo Hidrológico. Fonte: Pedrazzi, 2004.....	19
Figura 2: Determinação da evapotranspiração média do mês i. ....	25
Figura 3: Localização da Bacia do alto rio Negro – SC/PR. ....	28
Figura 4: Rios principais da bacia do alto rio Negro. ....	30
Figura 5: Hipsometria da bacia do alto rio Negro. ....	32
Figura 6: Fluxograma metodológico. ....	33
Figura 7: Localização das estações utilizadas no estudo. ....	35
Figura 8: Média dos totais mensais para a série histórica de dados. ....	42
Figura 9: Coeficientes de variação dos totais mensais de precipitação. ....	43
Figura 10: Número médio de dias de chuva por mês. ....	44
Figura 11: Temperatura média mensal. ....	45
Figura 12: Radiação solar média mensal. ....	45
Figura 13: Umidade relativa média mensal. ....	46
Figura 14: Coeficientes de variação para as variáveis meteorológicas. ....	46
Figura 15: Média anual de chuva na bacia. Método da krigagem Bayesiana. ....	49
Figura 16: Média anual de chuva na bacia. Método da cokrigagem. ....	50
Figura 17: Média anual de chuva na bacia. Método do inverso do quadrado da. ....	51
Figura 18: Média anual de chuva na bacia. Método da krigagem ordinária. ....	52
Figura 19: Média anual de chuva na bacia. Método da Spline regularizada. ....	53
Figura 20: Média anual de chuva na bacia. Método dos polígonos de Thiessen. ....	54
Figura 21: Precipitação média mensal. Janeiro a abril. ....	56
Figura 22: Precipitação média mensal. Maio a agosto. ....	57
Figura 23: Precipitação média mensal. Setembro a dezembro. ....	58
Figura 24: Balanço hídrico simplificado para a bacia do alto rio Negro. ....	60
Figura 25: Balanço hídrico simplificado para o ano de 1990. ....	61
Figura 26: Balanço hídrico simplificado para o ano de 2006. ....	62
Figura 27: Determinação do coeficiente k. ....	63
Figura 28: Balanço hídrico sazonal para a bacia do alto rio Negro. ....	64
Figura 29: Balanço hídrico sazonal para o ano de 1990. ....	66
Figura 30: Balanço hídrico sazonal para o ano de 2006. ....	67
Figura 31: Evapotranspiração nos anos atípicos estimada pelo método do balanço hídrico sazonal. ....	68

Figura 32: Evapotranspiração nos anos atípicos estimada pelo método do balanço hídrico simplificado..... 69

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características das estações fluviométrica (F), meteorológica (M) e pluviométricas (P) utilizadas no estudo. ....	36
Tabela 2: Classificação dos coeficientes de correlação de Pearson.....	38
Tabela 3: Erro quadrático médio para os diferentes métodos de espacialização de chuva. ....	47
Tabela 4: Balanço hídrico simplificado para a bacia do alto rio Negro.	59
Tabela 5: Balanço hídrico simplificado para o ano de 1990. ....	61
Tabela 6: Balanço hídrico simplificado para o ano de 2006. ....	62
Tabela 7: Balanço hídrico sazonal para a bacia do alto rio Negro. ....	64
Tabela 8: Balanço hídrico sazonal para o ano de 1990. ....	65
Tabela 9: Balanço hídrico sazonal para o ano de 2006. ....	67
Tabela 10: Estatística descritiva das estações utilizadas no estudo, valores referentes à precipitação anual. ....	84
Tabela 11: Estatística descritiva das estações utilizadas no estudo, valores referentes à precipitação mensal.....	85

## SUMÁRIO

1.	Introdução .....	14
2.	Objetivos .....	16
	2.1. Objetivo geral .....	16
	2.2. Objetivos específicos .....	16
3.	Revisão bibliográfica .....	17
	3.1. Clima .....	17
	3.2. Ciclo Hidrológico .....	18
	3.2.1. Estimativa do Balanço Hídrico.....	20
	3.3. SIG e Hidrologia.....	25
	3.3.1. Métodos de espacialização de dados .....	26
4.	Área de estudo.....	28
	4.1. Hidrografia .....	29
	4.2. Clima .....	30
	4.3. Vegetação .....	31
	4.4. Relevo.....	31
5.	Materiais e métodos .....	33
	5.1. Materiais .....	34
	5.2. Análise de consistência.....	37
	5.3. Análise estatística das séries históricas de chuva, temperatura e radiação solar.....	37
	5.4. Espacialização de chuva .....	38
	5.5. Balanço Hídrico Simplificado .....	39
	5.6. Balanço Hídrico Sazonal .....	40
6.	Resultados .....	41
	6.1. Análise de consistência dos dados de chuva.....	41
	6.2. Análise estatística dos dados Pluviométricos e climatológicos .....	41
	6.3. Espacialização de chuva .....	47

6.4.	Balanço Hídrico Simplificado.....	59
6.4.1.	Balanço hídrico para anos atípicos.....	60
6.5.	Balanço Hídrico Sazonal.....	63
6.5.1.	Balanço hídrico para anos atípicos.....	65
6.6.	Comparação entre os métodos de balanço hídrico simplificado e sazonal .....	68
7.	Conclusão.....	69
8.	Referências bibliográficas .....	71
9.	Apêndice A – Gráficos das curvas dupla acumulativa das estações utilizadas no estudo .....	75
10.	Apêndice B – Estatística descritiva das estações utilizadas no estudo .....	84

## 1. INTRODUÇÃO

A água é fundamental para a vida na Terra e é responsável por manter o equilíbrio do meio ambiente, constituindo assim, importante recurso natural. O gerenciamento dos recursos hídricos procura direcionar o uso racional, sustentável e democrático da água, devendo manter controle de seus usos e proteger os recursos hídricos disponíveis. Para isso, são necessárias informações a respeito do balanço hídrico da bacia e a compreensão de sua dinâmica hidrológica.

A relação estreita do ciclo hidrológico com o clima leva à necessidade de se conhecer também o clima regional. A climatologia é o estudo científico do clima, cujo objeto de estudo é o comportamento normal dos fenômenos atmosféricos. De acordo com Varejão (2006), o clima de uma região é condicionado por fatores como precipitação, umidade relativa, radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento, direção do vento e pressão atmosférica. Estes fatores muitas vezes se confundem com as variáveis do balanço hídrico, evidenciando a relação entre o clima e o balanço hídrico.

A disponibilidade hídrica de uma bacia é claramente afetada pelo clima em situações de eventos extremos. Em períodos de seca, por exemplo, a quantidade de água disponível sofre declínio, levando muitas vezes à necessidade de se desenvolver planos de emergência para suprir a possível falta de água.

Assim como o comportamento médio, possíveis tendências no clima regional devem ser estudadas, de modo a prever as alterações que podem influenciar o balanço hídrico em um futuro próximo, e gerenciar possíveis problemas que possam surgir.

O objetivo deste trabalho foi estudar o balanço hídrico e o clima da bacia do alto rio Negro, região sul do Brasil. A bacia hidrográfica do alto Rio Negro encontra-se distribuída nos estados de Santa Catarina, no Planalto Norte Catarinense, e Paraná, no Primeiro Planalto Paranaense. Na bacia encontram-se 14 sub-bacias, que estão sendo monitoradas e que fazem parte de uma rede de bacias-escola do projeto "Hidrologia Florestal", uma atividade desenvolvida pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em cooperação com a companhia Battistella.

O desenvolvimento desse estudo deve, também, auxiliar uma tese sobre modelagem de evapotranspiração com técnicas de sensoriamento remoto em desenvolvimento no LABHIDRO, na compreensão do clima da bacia e sua relação com o comportamento de evapotranspiração.

Objeto deste estudo foi, também, a compreensão do balanço hídrico da bacia e sua relação com o clima local, a fim de auxiliar futuras atividades de gestão de recursos hídricos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Estudar o balanço hídrico e o clima da bacia do alto rio Negro.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar métodos de espacialização da precipitação na área da bacia do alto rio Negro.
- Quantificar as variáveis do balanço hídrico em escala sazonal e anual, por meio dos métodos do Balanço Hídrico Sazonal e Balanço Hídrico Simplificado.
- Verificar possíveis tendências espaciais e temporais das variáveis climáticas e do balanço hídrico na bacia do Alto Rio Negro.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. CLIMA

O estudo científico do clima, a climatologia, tem como foco o comportamento normal dos fenômenos atmosféricos. De acordo com Varejão (2006), o clima de uma região é condicionado por fatores como precipitação, umidade relativa, radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento, direção do vento e pressão atmosférica. Esses fatores, por sua vez, são influenciados pela altitude, latitude, topografia, características do solo e da vegetação, entre outros aspectos.

É importante definir e ressaltar as diferenças de clima e tempo. Segundo Vianello (2013), o tempo meteorológico é a soma total das condições atmosféricas de um dado local, num determinado tempo cronológico, enquanto o clima é uma generalização ou a integração das condições do tempo para um certo período, em uma determinada área, sendo sua caracterização mais abstrata do que a do tempo meteorológico.

A caracterização do clima de uma região é baseada na análise de um grande número de dados registrados em estações meteorológicas durante longos períodos. A Organização Mundial de Meteorologia (WMO) indica que são necessários no mínimo 30 anos de dados para estabelecer uma correta caracterização climática de uma região.

É possível, também, estabelecer uma distinção entre os elementos e os fatores climáticos, onde os primeiros são as características das condições atmosféricas instantâneas, como chuva, temperatura e umidade relativa, enquanto os fatores são os influenciadores destas condições e até mesmo determinantes do clima regional, como a latitude e a altitude. A diferenciação destes termos se faz de maneira subjetiva e indeterminada. Por exemplo, a radiação solar pode ser um fator condicionador ou um elemento dependente da latitude, altitude e época do ano (PEREIRA, 2002; VIANELLO, 2012; SHAHIDIAN et al, 2012)

A radiação solar é a energia recebida do sol através de ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo. A radiação solar é um fator importante também no ciclo hidrológico, pois é a sua principal fonte de energia, a qual provoca mudanças de temperatura e atua também na evaporação e transpiração (PEREIRA, 2002; PINTO, 2007; VIANELLO, 2012)

Existem variados aparelhos para medição da radiação, que podem ser classificados em: pireliômetros, que medem a irradiância solar direta; piranômetros, que medem a irradiância solar global; heliógrafos,

que medem o intervalo de tempo entre o nascer e ocaso do sol (insolação) e por fim, medidores de saldo de radiação, que medem diretamente o saldo de radiação de uma área da superfície terrestre (VIANELLO, 2012; VAREJÃO, 2006).

A temperatura é uma medida relativa, de calor sensível de um corpo, em relação a uma escala definida. A temperatura do ar à superfície é uma expressão utilizada no estudo da climatologia para designar a temperatura em um ponto da atmosfera próximo à superfície terrestre ou do oceano e lagos (PEREIRA, 2002; VAREJÃO, 2006; PINTO, 2007).

A medição da temperatura pode ser feita através de termômetros ou termógrafos. Os termômetros são instrumentos destinados à medição direta e instantânea da temperatura, enquanto os termógrafos fornecem um registro contínuo da temperatura durante um certo intervalo de tempo (VAREJÃO, 2006; VIANELLO, 2012; KOBIYAMA; 2011).

A precipitação é também um importante elemento climático, sendo bastante influenciada pelos demais elementos e fatores. Ademais, a precipitação é importante variável dentro do ciclo hidrológico e será melhor descrita no item referente.

### 3.2. CICLO HIDROLÓGICO

Hidrologia é a ciência que estuda a água de modo qualitativo e quantitativo, a sua distribuição e circulação na superfície e atmosfera terrestre, bem como suas propriedades físicas e químicas e sua relação com a vida e o homem (PINTO, 1976; TUCCI, 1997; CHANG, 2002; NAGHETTINI, 2007).

A unidade territorial comumente utilizada no estudo da hidrologia, a bacia hidrográfica consiste numa área da superfície terrestre onde toda a precipitação e o escoamento superficial convergem para um único ponto de saída, o exutório (TUCCI, 1997).

O ciclo hidrológico consiste na circulação da água, em suas diferentes formas físicas, na superfície terrestre e atmosfera, e tem como principal fonte de energia a energia solar. Precipitação, escoamento e evapotranspiração são alguns importantes componentes do ciclo, pois é onde se encontram as maiores quantidades e movimentações de água. A evapotranspiração também é parte importante do ciclo hidrológico, pois além de transportar grandes quantidades de água, é responsável pelo transporte de grande parte da energia do ciclo (PINTO, 1976; TUCCI, 1997; CHANG, 2002).

Além da energia solar, existem outros fatores que impulsionam o ciclo hidrológico. Para Tundisi(2003), estes fatores são a força dos ventos, que transportam vapor d'água para os continentes, a força da gravidade responsável pelos fenômenos da precipitação, da infiltração e deslocamento das massas de água.

O ciclo hidrológico pode ser representado de maneira simplificada pela Figura 1.

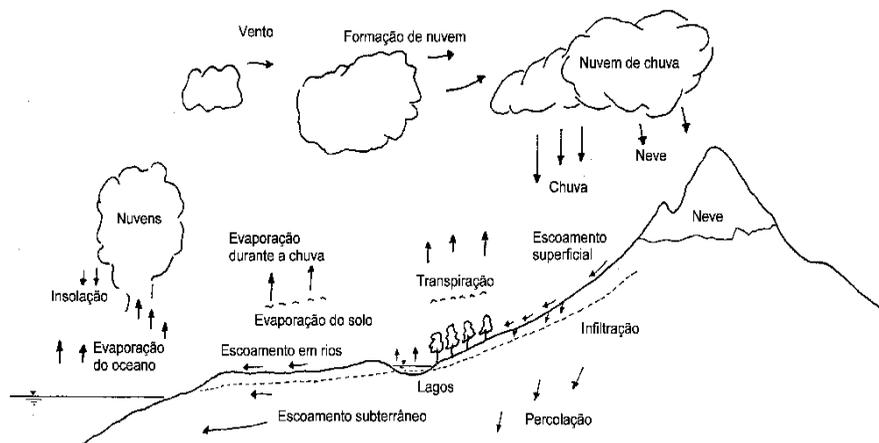


Figura 1: Ciclo Hidrológico. Fonte: Pedrazzi, 2004.

Importante componente do ciclo hidrológico, a precipitação é a água que, estando presente em forma de vapor na atmosfera, precipita e atinge a superfície terrestre sob diferentes formas: chuva, chuvisco, neve, geada, etc. Quando tratamos do território brasileiro a forma mais importante de precipitação, em termos de frequência e volume, é a chuva (PINTO, 1976; TUCCI, 1997).

Para o estudo da chuva faz-se necessária a sua medição e o correspondente registro, a fim de se obter séries históricas de dados. A medição de chuva pode ser realizada por meio de pluviômetros ou pluviógrafos. O pluviógrafo é o aparelho que registra automaticamente a altura de chuva no decorrer do tempo, podendo ser digital ou gráfico. O pluviômetro registra a altura total de chuva acumulada em um intervalo de tempo e não opera automaticamente, sendo necessário que um operador realize as leituras. O pluviômetro não é capaz de registrar a evolução da chuva no decorrer do tempo.

Para o estudo da precipitação algumas grandezas características são necessárias à sua descrição e quantificação, são elas:

- Altura pluviométrica, que representa a altura de água precipitada em uma determinada área, geralmente expressa em mm;
- Duração, que é a duração do episódio, determinado pelo intervalo de tempo entre o começo e final da chuva, normalmente expresso em minutos ou horas;
- Intensidade, definida pela razão entre a altura de água precipitada e a duração do evento, comumente expressa em mm/h ou mm/min.

A precipitação que atinge o solo pode ser parcial ou totalmente infiltrada, sendo que a taxa de água infiltrada depende da intensidade da precipitação e das propriedades do solo. A água que não é infiltrada escoar superficialmente e é impulsionada por meio da gravidade para as cotas mais baixas do terreno, até chegar a um rio ou diretamente ao oceano (TUCCI, 1997; CHANG, 2002).

A evaporação e a evapotranspiração correspondem ao processo de conversão da água líquida em vapor e, posteriormente, seu transporte para a atmosfera. A transpiração da vegetação e evaporação direta do solo e de superfícies de água são difíceis de distinguir, por isso, Thornthwaite utilizou-se da expressão “Evapotranspiração” para fazer referência à ocorrência simultânea dos dois eventos. A medida direta da evapotranspiração é difícil e onerosa, e os equipamentos usualmente utilizados para tal são os lisímetros. Entretanto, a medida da evaporação pode ser feita de maneira mais simples, por meio de tanques abertos onde o nível de água pode ser medido com precisão (BRUTSAERT, 1982; PEREIRA, 1997; TUCCI, 1997).

### 3.2.1. Estimativa do Balanço Hídrico

A quantificação dos componentes do ciclo hidrológico em uma determinada área pode ser estimada através do balanço hídrico, que corresponde à aplicação do princípio de conservação de massa em um determinado volume de controle, que pode ser uma bacia hidrográfica, um reservatório ou outro sistema delimitado artificialmente. Dentre as diversas variáveis do balanço hídrico, a precipitação e a vazão são as mais frequentemente medidas, com medições relativamente fáceis. Em contrapartida, a evapotranspiração é mais onerosa e difícil medição (TUCCI, 1997; BRUTSAERT, 1982; PEREIRA, 2012).

Brutsaert (2005) sugere a seguinte equação para o balanço hídrico sobre uma superfície terrestre de área  $A$ :

$$\frac{dS}{dt} = P + [(Q_{ri} + Q_{gi}) - (Q_{ro} + Q_{go})] - E \quad (1)$$

onde  $P$  é precipitação média no intervalo de tempo considerado;  $Q_{ri}$  e  $Q_{ro}$  representam as taxas totais de entrada e saída de escoamento superficial;  $Q_{gi}$  e  $Q_{go}$  representam as taxas totais de entrada e saída de escoamento subterrâneo;  $E$  é a taxa de evaporação, todos por unidade de área; e  $S$  é o volume de água reservado por unidade de área, de modo que  $\frac{dS}{dt}$  é a variação no armazenamento de água.

O autor apresenta simplificações para o cálculo do balanço hídrico, considerando sua aplicação em grandes bacias, de modo que o fluxo de entrada e saída de água subterrânea ( $Q_{gi}$  e  $Q_{go}$ ) passam a ser desprezíveis, e a equação (1) resume-se a:

$$P - Q - E = \frac{dS}{dt} \quad (2)$$

onde,

$$Q = Q_{ro} - Q_{ri} \quad (3)$$

sendo  $Q$  a taxa média de escoamento superficial por unidade de área.

Quando a Equação (3) é aplicada em bacias hidrográficas, o valor correspondente à  $Q_{ri}$ , é nulo ou, em casos de entrada de água artificial, conhecido em termos exatos.

A Equação (2) ainda possui dois termos usualmente desconhecidos, o armazenamento e a evapotranspiração. Para resolver a equação, torna-se necessário aplicá-la a longos períodos (sazonal ou anual), onde a variação do armazenamento seja desprezível ou aplicar equações adequadas para a determinação de  $S$  (BRUTSAERT, 2005). Deste modo, na aplicação para um longo intervalo de tempo (sazonal ou anual) a Equação (2) resume-se a:

$$P - Q_o - E = 0 \quad (4)$$

Brutsaert (2005) apresenta ainda uma equação geral para estimativa de  $S$  em função do escoamento superficial que deixa a bacia em tempos de recessão da vazão do rio e épocas de estiagem, quando  $P$  é igual a zero e  $E$  pode ser considerado nulo.

$$S = K_n Q^m \quad (5)$$

onde  $n$  e  $m$  são constantes que devem ser estimadas em condições de evapotranspiração negligenciável, ou seja, quando não há água disponível no solo. O termo  $Q$  representa a vazão e  $S$  refere-se ao armazenamento somente subterrâneo em aquífero, e não há umidade no solo, o qual alimentaria maior parte dos processos de evapotranspiração.

A variável  $S$ , que regula  $Q$ , pode então ser assumida como representante do armazenamento total da bacia somente após total depleção da umidade do solo, isso é, após longos períodos de recessão.

Nesse contexto, Kan (2005) desenvolveu o método do Balanço Hídrico Sazonal, que permite a estimativa de valores de evapotranspiração e armazenamento em escala mensal. O método desenvolvido pela autora baseia-se na estimativa do armazenamento de água na bacia em períodos de recessão da vazão do rio, quando  $P$  é nulo ou desprezível. Para aplicação do método, porém, é necessário que não exista nenhuma falha geológica no aquífero da bacia que permita fluxo significativo de água subterrânea. O método do Balanço Hídrico Sazonal é explicado a seguir, onde o método e as equações foram retirados de Kan (2005) e para mais detalhes, pode-se consultar a bibliografia citada.

Admitindo que a vazão de um rio em períodos de recessão é mantida exclusivamente pela água armazenada na bacia, a vazão é uma função não-linear do armazenamento ( $S$ ) de água na bacia:

$$Q = aS^b \quad (6)$$

Para um longo período de recessão, em que  $P=0$ , a autora menciona que o balanço hídrico é:

$$\frac{dS}{dt} = -(Q + E_t) \leq -Q \quad (7)$$

Em um longo período de recessão, em que a vazão diminui até atingir seu mínimo no último dia, pode-se supor que a evapotranspiração no último dia é insignificante, e a vazão é função do armazenamento:

$$Q = f(S) \quad (8)$$

Ou que o armazenamento é uma função inversa da vazão:

$$S = f^{-1}(Q) \quad (9)$$

Neste estudo, considera-se que o período de recessão compreende o número de dias consecutivos em que a precipitação é praticamente nula e a vazão do rio é decrescente. Para determinação do período de recessão a autora estabeleceu os critérios empíricos:

Para intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) < 15 dias: se a vazão do último dia de recessão,  $Q_f$ , for menor que a  $Q_f$  do período anterior, considera-se um único período a soma desses dois períodos. Caso contrário, busca-se o próximo  $Q_f$ ;

Aceita-se  $\Delta t$  entre 15 e 60 dias, se  $Q_f \leq 1,0 \text{ mm.dia}^{-1}$ ;

Somente nos casos em que  $\Delta t$  é  $> 60$  dias, admite-se  $Q_f \leq 2,0 \text{mm.dia}^{-1}$ .

Para aquíferos não lineares, a equação (5) é do tipo  $Q = aS^b$ , desse modo:

Para  $S = \left(\frac{1}{a}Q\right)^{1/b}$  a equação (7) torna-se:

$$-\frac{dQ}{dt} \geq a^{1/b} b Q^{\frac{2b-1}{b}} \quad (10)$$

Substituindo  $\alpha = a^{1/b} b$  e  $\beta = \frac{2b-1}{b}$ :

$$-\frac{dQ}{dt} \geq \alpha Q^\beta \quad (11)$$

Para longos períodos de recessão pode-se considerar que o aquífero comporta-se linearmente, de modo que  $b=1$  e, conseqüentemente,  $\alpha = a$ , de modo que:

$$S = \frac{1}{a} Q \quad (12)$$

Para o caso linear, a constante  $a$  é equivalente ao inverso do tempo de recessão  $Tr$ :

$$\frac{dQ}{dt} \leq \frac{1}{Tr} Q \quad (13)$$

A equação integrada para  $\Delta t$  resulta em:

$$Q(t + \Delta t) \leq Q(t) e^{-\frac{\Delta t}{Tr}} \quad (14)$$

Substituindo  $k = e^{-\Delta t/Tr}$  tem-se:

$$Q(t + \Delta t) \leq k \cdot Q(t) \quad (15)$$

A constante  $k$  é determinada pela envoltória superior do gráfico de  $Q(t)$  x  $Q(t + \Delta t)$ , que, por sua vez, é determinada pelo método da correlação.

Após determinada a constante  $k$  e seu correspondente  $Tr$ , o armazenamento no final do período de recessão pode ser calculado através da Equação (12). Em seguida, pode-se calcular a evapotranspiração média do período compreendido entre dois finais consecutivos de períodos de recessão através da Equação (2) integrada para um período de tempo  $\Delta t$  irregular.

$$\frac{S_f - S_i}{\Delta t} = \overline{P_s} - \overline{Q_s} - \overline{ET_s} \quad (16)$$

onde  $\overline{P}_s$  é a precipitação média sazonal em mm dia<sup>-1</sup>,  $\overline{Q}_s$  é a vazão média sazonal em mm dia<sup>-1</sup> e  $\overline{ET}_s$  é a evapotranspiração média sazonal em mm dia<sup>-1</sup>.  $S_i$  e  $S_f$  correspondem ao armazenamento (mm dia<sup>-1</sup>) do primeiro e do último dia do período de recessão no intervalo de tempo ( $\Delta t$ ) irregular.

A aplicação do método resulta em valores de evapotranspiração para intervalos de tempo irregulares, os quais devem ser transformados em valores para intervalos de tempo regulares. A autora não recomenda o uso do método para intervalos menores que um mês. Para transformação dos valores de intervalos irregulares para intervalos mensais utiliza-se a média ponderada dos valores de evapotranspiração pelo número de dias de cada período  $\Delta t$ .

$$\overline{ET}_i = \frac{n_e \overline{ET}_{se} + n_c \overline{ET}_{sc} + n_d \overline{ET}_{sd}}{n_e + n_c + n_d} \quad (17)$$

Onde  $\overline{ET}_i$  é a evapotranspiração média do mês  $i$ ;  $\overline{ET}_{se}$ ,  $\overline{ET}_{sc}$  e  $\overline{ET}_{sd}$ , são as estimativas sazonais situadas à esquerda, centro e direita dos limites do mês  $i$ , cujos comprimentos totais em dias são  $m_e$ ,  $m_c$  e  $m_d$ . Os termos  $n_e$ ,  $n_c$  e  $n_d$  são os comprimentos em dias dentro do mês de ocorrência de  $\overline{ET}_{se}$ ,  $\overline{ET}_{sc}$  e  $\overline{ET}_{sd}$ , respectivamente. Para avaliar a qualidade da estimativa pode-se utilizar a seguinte equação para cálculo do comprimento equivalente de registro,  $n_i$ :

$$n_i = \frac{m_e n_e + m_c n_c + m_d n_d}{n_e + n_c + n_d} \quad (18)$$

Quanto maior for o valor de  $n_i$ , mais afastada do valor real tende a ser a estimativa de  $\overline{ET}_i$ .

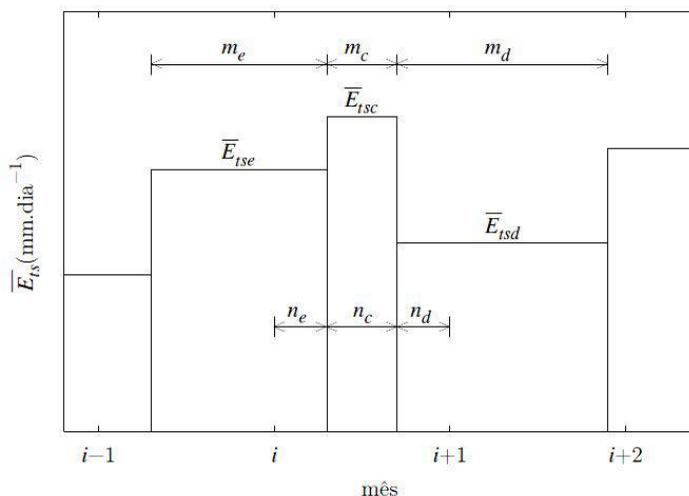


Figura 2: Determinação da evapotranspiração média do mês  $i$ .

Fonte: Kan (2005).

### 3.3. SIG E HIDROLOGIA

No estudo da hidrologia faz-se necessário o uso de funções que auxiliem a determinação das intensidades dos fenômenos hidrológicos. Tais funções podem ser expressas em relação ao tempo, espaço ou a ambos, e em escalas geográficas que vão da local até a global. Tais funções podem ser associadas a processos determinísticos ou estocásticos. Os processos determinísticos são aqueles que podem ser explicados de maneira completa pela aplicação de leis da natureza e de um número limitado de relações funcionais, ocorrendo raramente no estudo da hidrologia. A grande maioria dos processos hidrológicos são descritos através de processos estocásticos, ou seja, aqueles governados pelas leis da probabilidade, que, contendo variadas componentes e relações aleatórias, não são passíveis de uma descrição funcional completa (NAGHETTINI, 2007).

Na climatologia o uso de ferramentas de geoprocessamento auxilia na manipulação dos dados. SIG é a abreviação de Sistema de Informações Geográficas, e refere-se a sistemas que unem as informações numéricas às suas localizações geográficas. Várias definições de SIGs foram formuladas ao longo do tempo e de sua evolução.

Para Worboys (2004), um Sistema de Informações Geográficas é um sistema de informações baseado em computadores, que possibilita capturar, modelar, armazenar, recuperar, compartilhar, manipular, analisar e apresentar dados geograficamente referenciados.

O tratamento e manipulação matemática das variáveis climáticas podem ser realizados através de SIGs, de modo a produzir mapas que apresentem as características de uma determinada área.

De maneira geral os registros meteorológicos são feitos pontualmente, porém, a necessidade de dados de maneira contínua, especialmente distribuídos, nos leva a desenvolver mapas com estimativas aproximadas de seus valores, ou seja, com a interpolação dos valores amostrados/ registrados nas estações.

A interpolação é a estimativa do valor de uma variável contínua, representada por  $n$  valores amostrados, em um ponto ou instante intermediário àqueles amostrados, utilizando-se de ferramentas matemáticas adequadas. Entre os métodos de interpolação, podemos distinguir os locais e globais. Os métodos locais são aqueles que consideram somente as variáveis próximas àquela que se procura estimar, como o inverso do quadrado da distância (IQD). Enquanto isso, os métodos globais utilizam todos os dados disponíveis, como por exemplo, os interpoladores por superfície de tendência. Existem ainda métodos estatísticos de efeitos locais e globais, como a krigagem, onde os valores são estimados interpolando-se as amostras mais próximas e utilizando-se um estimador estatístico (SURFER 1999; DRUCK et al, 2004; HUISMAN, 2009).

### 3.3.1. Métodos de espacialização de dados

- Inverso da potência da distância ou Inverso do quadrado da distância (IQD).

Os métodos baseados na ponderação por distancia são algoritmos de interpolação do tipo local, aproximados e determinísticos. O valor em uma dada coordenada se calcula mediante uma média ponderada dos valores das amostras vizinhas, onde a ponderação mais comumente utilizada é aquele onde se utiliza o inverso do quadrado da distância (IQD) (DRUCK et al, 2004; HUISMAN, 2009; OLAYA, 2011).

- Krigagem e co-krigagem

A krigagem compreende um conjunto de técnicas de interpolação, sendo um método estocástico e exato, aplicável de maneira local e global. A krigagem assemelha-se à IQD, pois utiliza amostras

próximas para estimar um valor desconhecido. Porém, a krigagem considera um estimador estatístico, desenvolvido a partir de todos os valores de amostras disponíveis na região estudada. A krigagem é baseada na hipótese de que a variação espacial de uma variável pode ser expressa como função da distância entre pontos (DRUCKET al, 2004; HUISMAN, 2009; OLAYA, 2011).

A krigagem se diferencia das demais técnicas de interpolação principalmente pelo seu comportamento em relação à redundância de dados, e por fornecer estimativas não tendenciosas e com variância mínima (DRUCKET al, 2004).

A Cokrigagem é uma versão de método multivariado da krigagem, que permite incluir outros parâmetros na estimativa, sendo útil na estimativa de precipitação pela possibilidade de incluir a altitude e declividade do terreno como covariáveis. (SCHROEDER, 2013)

O método de krigagem Bayesiana consiste na aplicação empírica do método de krigagem, obtendo os parâmetros de maneira empírica, por meio de uma série de iterações realizadas automaticamente pelo *software*.

- Thiessen

O método de Thiessen é bastante utilizado para espacialização de dados de chuva e consiste em dar diferentes pesos aos totais precipitados, de acordo com a área que cada aparelho de amostragem abrange. Deste modo, o método assume que a precipitação em um ponto da bacia será sempre igual àquela registrada no posto pluviométrico mais próximo (PINTO, 1976).

- *Spline*

O método de interpolação *Spline* consiste no ajuste de uma função matemática coincidente aos pontos disponíveis, de modo a minimizar a curvatura total da superfície gerada. Esse método é adequado para gerar superfícies que variam suavemente, como elevação, nível de água ou concentração de poluição (ESRI, 2010).

Barbosa (2006), Silva *et al.* (2007) e Junior *et al.* (2011) realizaram estudos de espacialização de dados de precipitação, e todos os autores concluíram que o método da Krigagem obteve resultados melhores do que os métodos de Inverso do Quadrado da Distância e *Spline*, para espacialização dos dados de chuva.

#### 4. ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do alto rio Negro encontra-se distribuída nos estados de Santa Catarina, no Planalto Norte Catarinense, e Paraná, no Primeiro Planalto Paranaense, entre as longitudes  $49^{\circ}55'15''\text{W}$  e  $48^{\circ}56'55''\text{W}$  e latitudes  $25^{\circ}55'06''\text{S}$  e  $26^{\circ}42'16''\text{S}$  possuindo uma área de drenagem aproximada de 3453 km<sup>2</sup>. A localização da bacia pode ser visualizada na Figura 3.

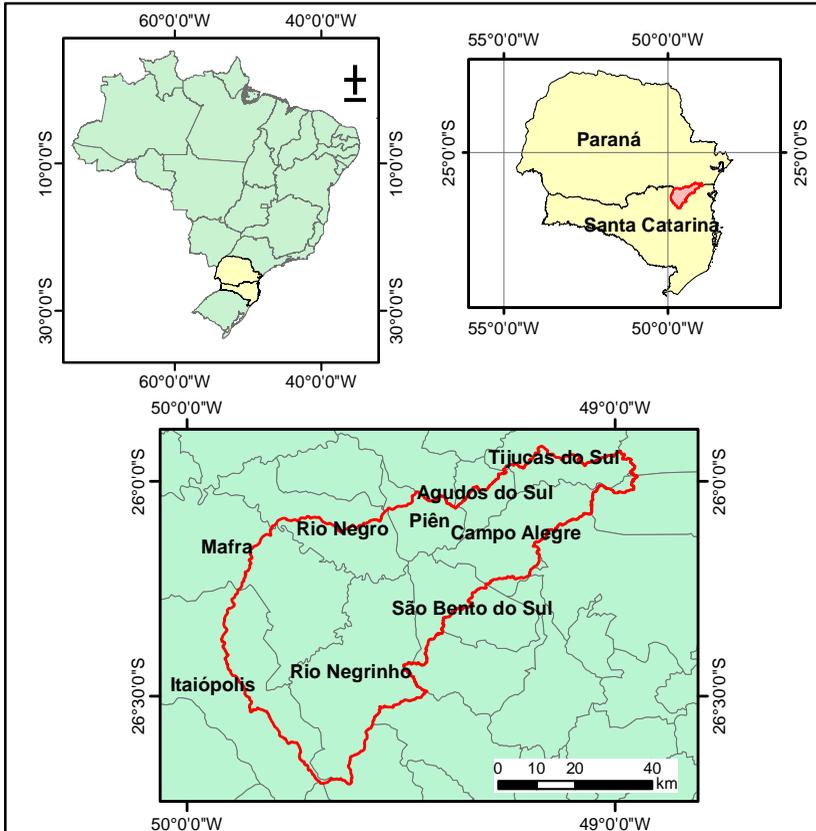


Figura 3: Localização da Bacia do alto rio Negro – SC/PR.

A bacia abrange os municípios catarinenses de Mafra, Rio Negrinho, Itaiópolis, São Bento do Sul e Campo Alegre e os municípios paranaenses Rio Negro, Tijucas do Sul, Agudos do Sul e Piên. A economia da região encontra-se fortemente estabelecida nos setores moveleiro e madeireiro, além da participação da agricultura.

Na bacia em estudo encontram-se 15 sub-bacias, que estão sendo monitoradas e que fazem parte de uma rede de bacias-escola do projeto "Hidrologia Florestal", uma atividade desenvolvida pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em cooperação com a companhia Battistella. O objetivo final dessa rede de monitoramento de bacias é o auxílio na prevenção e redução de desastres relacionados à água, como enchentes e inundações, que são frequentes na região. Além disto, a complexidade ecológica e hidrológica da região e a existência de grandes barragens na bacia do rio Iguaçu, trazem a necessidade de melhor compreender a dinâmica hidrológica e climática da região, de modo que as atividades científicas são um objetivo primário do projeto (KOBAYAMA *et al.*, 2009).

Diversos estudos foram realizados na região, de modo a compreender melhor sua dinâmica hidrológica, dentre os quais SOUZA *et al.* (2009) estudaram a aplicação do modelo SWAT como ferramenta de gestão de recursos hídricos, mais precisamente na concessão de outorgas na bacia do altíssimo rio Negro; LINO *et al.* (2007) estudaram a relação dos sólidos em suspensão com a vazão e precipitação na região da bacia do alto rio Negro; UDA (2012) avaliou a evapotranspiração real da bacia por meio da aplicação do modelo SEBAL, e GIGLIO (2010) e GOERL (2010) estudaram as inundações no município de Rio Negrinho.

#### 4.1. HIDROGRAFIA

A bacia do alto rio Negro é uma bacia de cabeceira da bacia do rio Iguaçu que, por sua vez, é uma sub-bacia da bacia do rio Paraná. A bacia do rio Iguaçu possui uma área de aproximadamente 70.800 km<sup>2</sup>, dividida entre o Brasil e Argentina, contando com uma população de 3.750.462 habitantes na parte brasileira. Em termos de aproveitamento hidrelétrico na bacia, dá-se destaque às usinas hidrelétricas de Salto Santiago (1.420 MW), de Segredo (1.260 MW), de Salto Caxias (1.240 MW) e de Salto Osório (1.078 MW). A demanda dos recursos hídricos na bacia representa somente 5% de sua disponibilidade hídrica, o que corresponde à 13,5 mil L/s dos 291 mil L/s disponíveis (SEMA/PR, 2010).

Na bacia do alto rio Negro não há nenhuma grande barragem utilizada para geração de energia elétrica, no entanto o município de Rio Negrinho-SC possui duas barragens para captação de água, pertencentes a uma indústria de papel e celulose.

O principal rio da bacia é o rio Negro, com aproximadamente 219 km, que divide os estados de Santa Catarina e Paraná dentro da bacia. Dentre os afluentes principais do rio Negro estão rio Preto, rio Bituva, rio São Bento e rio Negrinho.

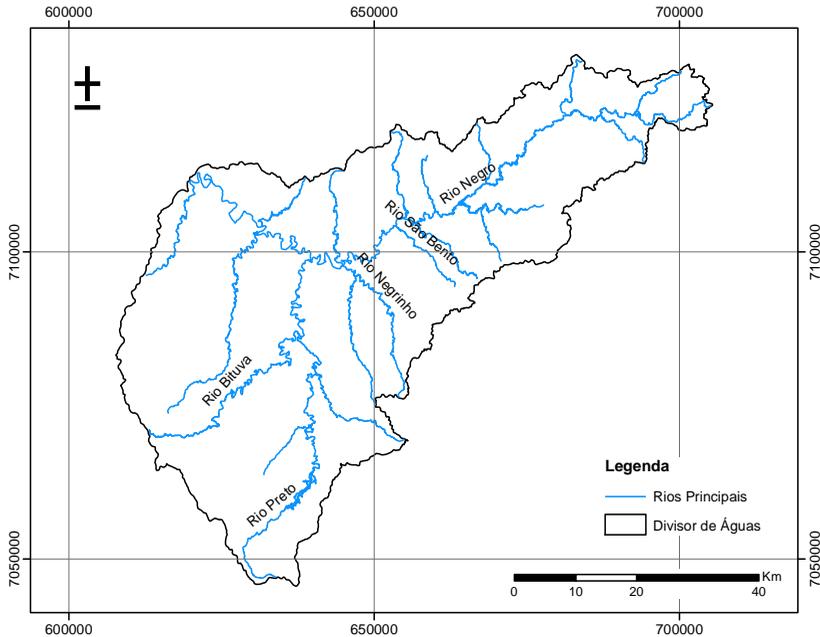


Figura 4: Rios principais da bacia do alto rio Negro.

#### 4.2. CLIMA

Segundo a classificação climática de Köppen, a região é de clima Cfb, clima temperado com a temperatura média do mês mais frio inferior a 18°C, constantemente úmido, sem estação seca definida, com verão fresco com temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C (EMBRAPA, 2012).

A EPAGRI realizou o zoneamento agroecológico do estado de Santa Catarina e o dividiu em zonas chamadas Grandes Unidades de Paisagem, baseando-se em metodologias que utilizam combinações de clima e solo. Deste modo, foram definidas cinco GUPs para o estado. As cinco GUPs por sua vez, foram subdivididas em um total de onze zonas agroecológicas. A bacia do alto rio Negro encontra-se na Zona Agroecológica 3B, Planalto Norte Catarinense. De acordo com o zoneamento, sua temperatura média anual varia entre 15,5 a 17,0 °C,

média das máximas variando de 24,0 a 26,6 °C, e das mínimas de 10,8 a 11,8 °C. A precipitação pluviométrica total anual varia de 1.360 a 1.670 mm, com total anual de dias de chuva entre 138 e 164 dias e umidade relativa do ar variando de 80,0 a 86,2 %. Por fim, o número de horas com temperaturas iguais ou abaixo de 7,2 °C, varia de 437 a 642 horas acumuladas por ano, e a insolação total anual varia de 1.413 a 1.613 horas (EPAGRI/CIRAM, 2009).

#### 4.3. VEGETAÇÃO

A bacia do alto rio Negro encontra-se em área onde a vegetação primária predominante consiste em: Floresta de Araucária, na qual predominam o pinheiro (*Araucaria angustifolia*), imbuia (*Ocotea porosa*), sapopema (*Sloanea lasiocoma*), erva-mate (*Ilex paraguariensis*) e taquara (*Merostachys multiramea*); Campos com Capões, Florestas Ciliares e Bosques de Pinheiros, onde predominam as ervas (Gramíneas, Ciperáceas, Leguminosas e Compostas) e Campos de Inundações dos Rios Negro e Iguaçu, onde capins altos (Gramíneas), caraguatás (*Eryngium spp.*) e tiriricas (Ciperáceas) são predominantes (EPAGRI/CIRAM, 2009).

Aproximadamente 2/3 da área do estado de Santa Catarina era originalmente coberta por Florestas de araucária, sendo esta a formação florestal mais importante e de maior área no estado de Santa Catarina. As florestas de araucárias se distribuem por quase todo o planalto catarinense, em altitudes de 500 até 1500 m (NEGRELLE e da SILVA, 1992).

#### 4.4. RELEVO

A altitude na bacia varia de 780 m, no ponto do exutório, que se encontra entre as cidades de Mafra e Rio Negro, até 1.519 m, no ponto onde se encontra a nascente do rio principal, na área mais acidentada da bacia. A altitude média da bacia é 885 m e 80% da área da bacia possui altitudes entre 780 e 1.215 m. A hipsometria da bacia pode ser visualizada na Figura 5.

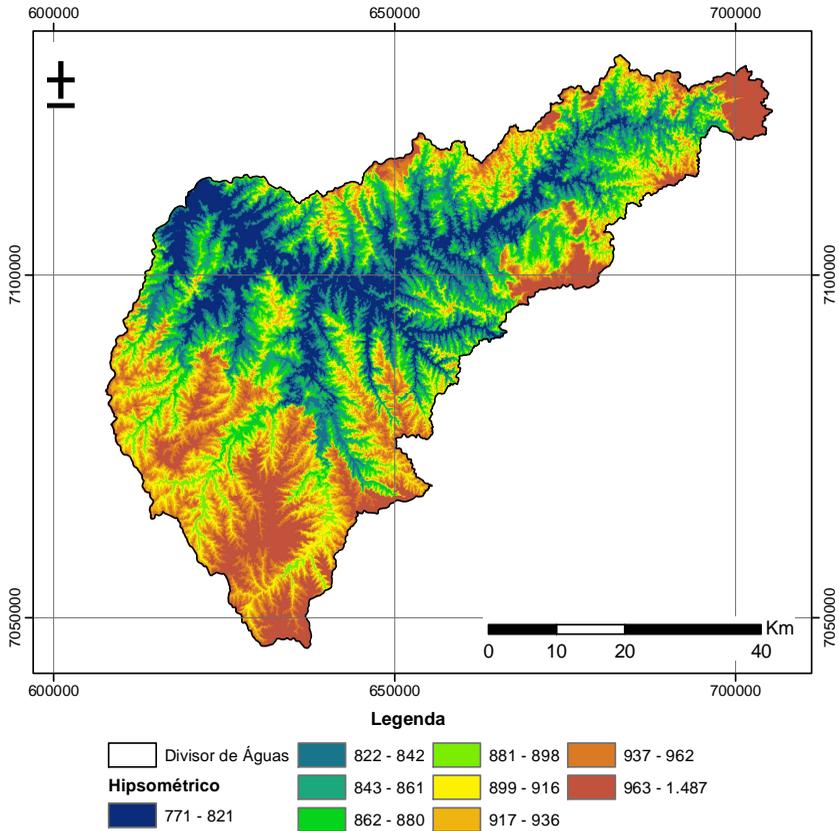


Figura 5: Hipsometria da bacia do alto rio Negro.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxograma a seguir apresenta a sequência de realização das etapas do trabalho.

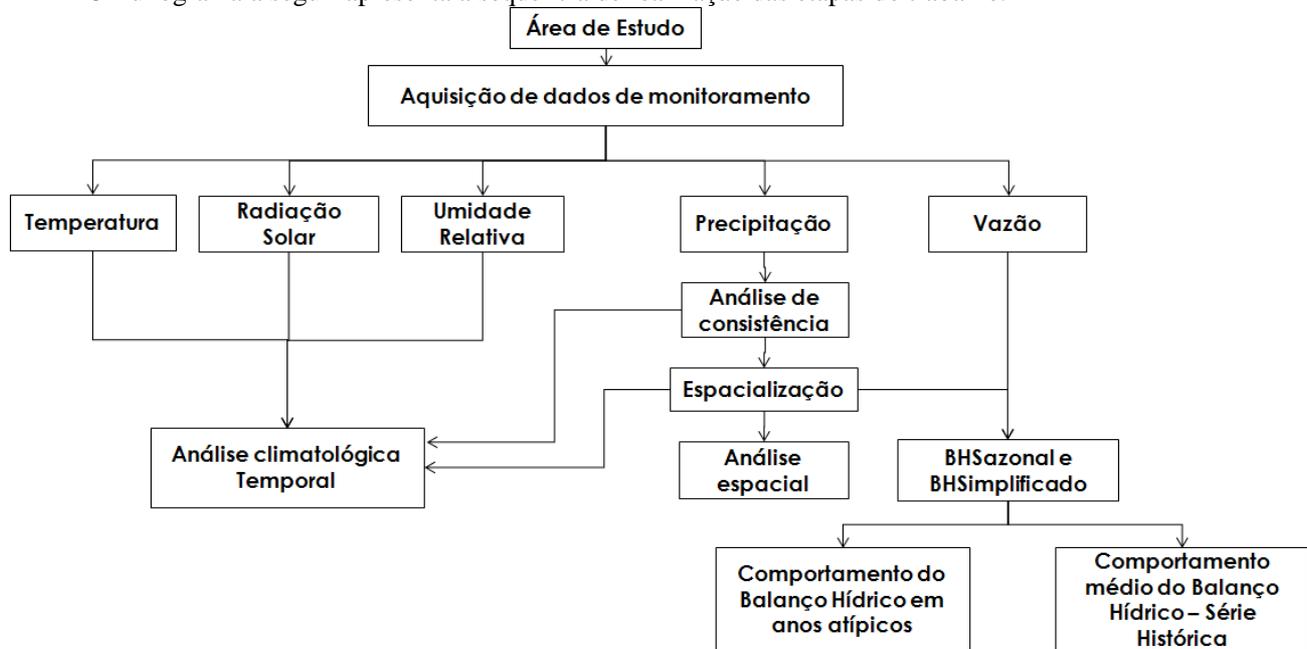


Figura 6: Fluxograma metodológico.

## 5.1. MATERIAIS

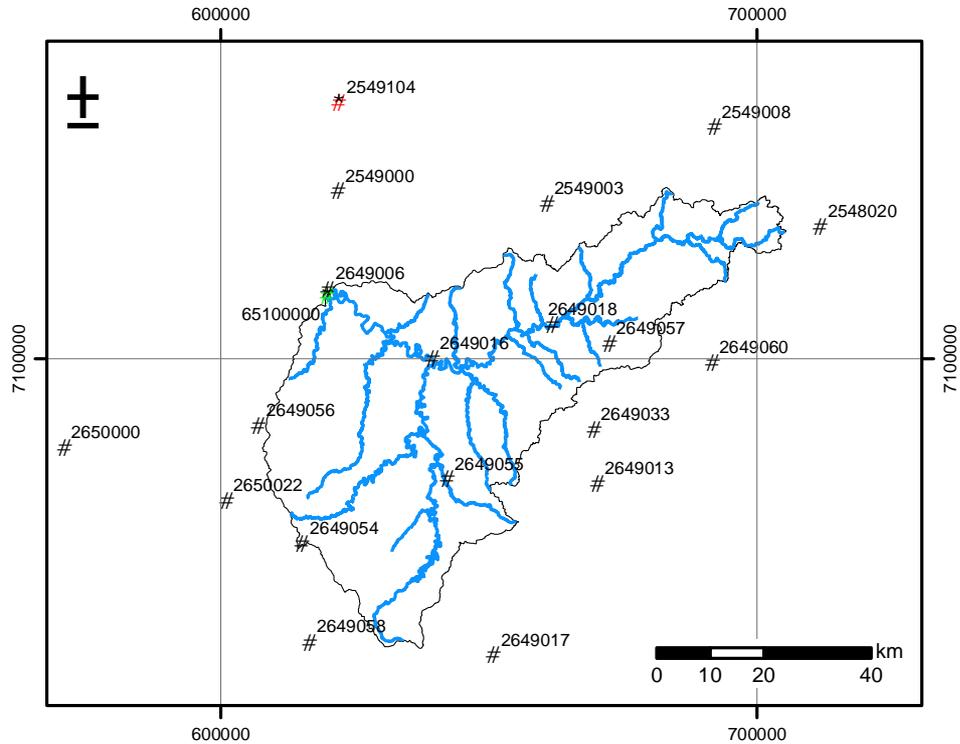
Para análise e compreensão do clima da bacia foram utilizadas as séries históricas de precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar.

As séries históricas de dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar foram adquiridas junto ao Instituto Agrônômico do Paraná e ao Instituto Tecnológico SIMEPAR, referentes à estação meteorológica da Lapa. A escolha da estação meteorológica da Lapa se deu pela sua proximidade à bacia em estudo. A estação da Lapa encontra-se em área de topografia e clima similares aqueles da bacia, sendo região de planalto e clima Köppen Cfb. Os detalhes da estação encontram-se na Tabela 1.

As séries históricas de dados diários de precipitação e vazão foram obtidas no site da Agência Nacional de Águas (ANA) por meio da plataforma online Hidroweb, disponível para acesso em <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. As séries históricas de vazão foram obtidas somente para a estação situada no exutório da bacia, a fim de realizar os cálculos de balanço hídrico. As localizações das estações escolhidas podem ser verificadas na Figura 7, e suas descrições se encontram na Tabela 1.

A escolha das estações utilizadas seguiu os critérios de tamanho das series históricas e distância em relação à bacia, quando estas não se encontravam dentro da mesma. Estações muito próximas umas das outras foram descartadas, optando-se por aquelas que apresentavam maior série de dados e melhor consistência.

Para espacialização dos dados de chuva foi utilizado um sistema de informações geográficas (SIG), mais especificadamente o *software* ArcGIS 10, no qual as séries históricas de chuva e a localização das estações foram inseridas como dados de entrada para os cálculos de espacialização.



### Legenda

- # Meteorológicas   
 # Fluviométrica   
 # Pluviométricas   
 — Rios Principais   
  Divisor de Águas

Figura 7: Localização das estações utilizadas no estudo.

Tabela 1: Características das estações fluviométrica (F), meteorológica (M) e pluviométricas (P) utilizadas no estudo.

<b>Código</b>	<b>Nome</b>	<b>Data início</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (m)</b>	<b>Tipo</b>	<b>Operador</b>
2649055	Corredeira	01/07/1976	-26,4	-49,6	750	P	ANA
2649058	Barra do Prata	01/11/1977	-26,7	-49,8	450	P	ANA
2649054	Moema	01/07/1976	-26,5	-49,8	950	P	ANA
2649056	Itaiópolis	01/07/1976	-26,3	-49,9	990	P	ANA
2649033	Rio Natal	01/09/1939	-26,3	-49,3	300	P	ANA
2548020	Pedra Branca do Araraquara	01/05/1962	-26,0	-48,9	150	P	SUDERHSA
2649018	Fragosos	01/05/1967	-26,2	-49,4	790	P	COPEL
2649006	Rio Negro	01/12/1922	-26,1	-49,8	770	P	COPEL
2649021	Rio Negro	01/12/1922	-26,1	-49,8	824	P	ANA
2549000	São Bento	01/04/1938	-25,9	-49,8	750	P	ANA
2549008	Vossoroca	01/01/1941	-25,8	-49,1	805	P	ANA
2649017	Doutor Pedrinho	01/12/1953	-26,7	-49,5	250	P	ANA
2649060	Primeiro Salto do Cubatão	01/11/1951	-26,2	-49,1	790	P	ANA
2649016	Rio Preto do Sul	01/01/1951	-26,2	-49,6	780	P	ANA
2549003	Rio da Várzea dos Lima	01/09/1940	-26,0	-49,4	810	P	ANA
2650000	Salto Canoinhas	01/07/1951	-26,4	-50,3	765	P	ANA
2649057	Campo Alegre	01/07/1976	-26,2	-49,3	870	P	ANA
2650022	Iracema	01/01/1983	-26,5	-50,0	1000	P	ANA
2649013	Corupá	1/10/1945	-26,4	-49,3	200	P	ANA
6510000	Rio Negro	01/05/1930	-26,1	-49,8	766	F	COPEL
2549104	Lapa	01/09/1988	-25,8	-49,8	910	M	SIMEPAR

## 5.2. ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA

Algumas estações pluviométricas possuem falhas nas séries históricas, as quais foram preenchidas quando possível. Falhas maiores que um mês não foram preenchidas, sendo descartados os dados do mês correspondente, as demais foram preenchidas com a média aritmética das estações próximas, como sugere Pinto (1976).

$$P_x = \frac{1}{3} \left( \frac{M_x}{M_a} P_a + \frac{M_x}{M_b} P_b + \frac{M_x}{M_c} P_c \right) \quad (19)$$

Onde  $P_x$  refere-se a precipitação a ser estimada na estação desejada, cuja média é  $M_x$ ;  $P_a$ ,  $P_b$  e  $P_c$  referem-se às precipitações no mesmo período em três estações próximas e  $M_a$ ,  $M_b$  e  $M_c$  são suas respectivas médias. Períodos de falhas maiores que 7 dias não foram corrigidos, sendo descartados os dados do mês correspondente na análise estatística, e desconsiderada a estação pluviométrica para o respectivo mês, no cálculo da precipitação média da bacia realizada pelo método de Thiessen.

Após o preenchimento das possíveis falhas, foi realizada uma verificação de homogeneidade dos dados por meio de gráficos com curva dupla acumulativa para cada estação utilizada. Para tanto, plotou-se um gráfico com o total de chuva média acumulada de todas as estações no eixo das abscissas, e a média acumulada da estação em questão no eixo das ordenadas. Os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) das respectivas linhas de tendência lineares calculadas para cada estação sugerem a ausência de anormalidades nas séries, quando estes estão próximos do valor 1,00, ou existência de anormalidades nas séries, quando os coeficientes possuem valores muito baixos.

## 5.3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS SÉRIES HISTÓRICAS DE CHUVA, TEMPERATURA E RADIAÇÃO SOLAR

As séries de dados de chuva consistidas, de temperatura, umidade relativa do ar e de radiação solar foram submetidas a análises estatísticas, onde foram calculados:

- As máximas e mínimas mensais e anuais;
- A média ( $\bar{X}$ ) anual e mensal, através da equação:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (20)$$

onde  $N$  corresponde ao tamanho da amostra,  $x_i$  ao elemento  $i$  e  $\bar{X}$  à média amostral.

- A mediana ( $x_{md}$ ), que corresponde ao valor que separa a frequência total em duas metades iguais, com a seguinte equação, após ordenamento crescente dos valores:

$$x_{md} = x_{\left(\frac{N+1}{2}\right)}, \text{ se } N \text{ for ímpar} \quad (21)$$

$$x_{md} = \frac{x_{\left(\frac{N}{2}\right)} + x_{\left(\frac{N}{2}+1\right)}}{2}, \text{ se } N \text{ for par} \quad (22)$$

- Desvio padrão ( $s$ );

$$s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (23)$$

- Coeficiente de variação ( $CV$ );

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \quad (24)$$

- Os totais mensais e anuais, que foram calculados somente para as séries de precipitação;

A análise de correlação das variáveis climáticas entre si e com a evapotranspiração foi realizada através da avaliação do coeficiente de correlação de Pearson, que estima correlação linear.

- Coeficiente de correlação de Pearson ( $\rho$ );

$$\rho = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sqrt{\sum(x-\bar{x})^2 \sum(y-\bar{y})^2}} \quad (25)$$

Segundo Hopkins (2002), a escala de correlação pode ser avaliada de acordo com os seguintes critérios:

Tabela 2: Classificação dos coeficientes de correlação de Pearson.

Coeficiente de correlação ( $\rho$ )	Correlação
0,0-0,1	Muito baixa
0,1-0,3	Baixa
0,3-0,5	Moderada
0,5-0,7	Alta
0,7-0,9	Muito alta
0,9-1,0	Quase perfeita

#### 5.4. ESPACIALIZAÇÃO DE CHUVA

Os mapas de espacialização de chuva da bacia foram gerados com auxílio do *software* ArcGIS, que é um SIG com ferramentas de auxílio a análises geoestatísticas. Foram elaboradas tabelas contendo a localização das estações em coordenadas UTM, *Datum* SAD69, e os dados de cada estação referentes à precipitação média anual e mensal, mediana, variância e desvio padrão calculados anteriormente.

Para espacialização da chuva foram avaliados quatro métodos geoestatísticos: krigagem ordinária, krigagem bayesiana empírica, cokrigagem e o inverso da distância ao quadrado, além de dois métodos mais simples de interpolação espacial, Thiessen e Spline. A cokrigagem foi realizada utilizando como covariáveis a altitude e a declividade do terreno.

A avaliação dos métodos foi feita através da análise do erro relativo médio da raiz quadrada (ERMQR), calculado automaticamente para os métodos de krigagem e inverso do quadrado da distância. Para os métodos de Thiessen e Spline, o erro para cada estação foi estimado manualmente pelo método da validação cruzada, que consiste em realizar a interpolação deletando uma estação e avaliando os resultados em respeito aos valores medidos na estação em questão. O erro total para cada método de interpolação foi calculado através da seguinte equação:

$$ERMQR = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_{est} - x_{real})^2} \quad (26)$$

Os métodos geoestatísticos disponíveis na ferramenta de Análise Geoestatística (*geostatistical analyst*) do *software* ArcGIS (krigagem, cokrigagem e inverso do quadrado da distância) calculam os erros apresentados pelo método da validação cruzada automaticamente.

O erro relativo médio da raiz quadrada foi avaliado para os mapas dos valores médios anuais gerados através de cada um dos métodos em estudo, sendo posteriormente utilizado para a geração dos mapas dos valores médios mensais somente o método que apresentou menor erro.

Os mapas gerados pela espacialização dos dados de chuva, juntamente com a análise estatística realizada, foram utilizados na análise espaço-temporal de tendências relacionadas à precipitação na bacia.

## 5.5. BALANÇO HÍDRICO SIMPLIFICADO

Para a série histórica de dados de chuva e vazão disponíveis, de 1930 até 2007, foi calculada a evapotranspiração por meio da Equação (4), correspondente ao balanço hídrico simplificado.

Os dados de vazão obtidos para o posto Fluviométrico situado no exutório da bacia encontravam-se consistidos e, portanto, não realizou-se análise de consistência para tal série histórica. Somente os dados correspondentes ao mesmo período analisado para a precipitação foram considerados nos cálculos do balanço hídrico sazonal. A precipitação média para a bacia foi estimada através do método dos polígonos de Thiessen, utilizando as estações listadas na Tabela 1, resultando na precipitação média da bacia em intervalos diários de dados.

Após realização dos cálculos em intervalos mensais, para toda a série de dados, foram estimados os valores médios de chuva, vazão e evapotranspiração mensais e anuais para toda a série histórica de dados.

## 5.6. BALANÇO HÍDRICO SAZONAL

Para cálculo do balanço hídrico pelo método do Balanço Hídrico Sazonal, proposto por Kan (2005), os dados foram organizados em planilhas e identificados os períodos de recessão. Os períodos de recessão foram estimados considerando-se os mesmos critérios propostos pela autora. Para obtenção de um número considerável de períodos de recessão no período compreendido pelos dados disponíveis, optou-se por utilizar períodos de recessão com mais de 10 dias.

Após identificação de todos os períodos de recessão, o coeficiente  $k$  foi encontrado através do método de regressão linear, proposto pela mesma autora, com auxílio da Equação (15). A constante  $k$  foi definida pela envoltória superior a 75% dos pontos do gráfico da correlação de  $Q(t) \times Q(t + \Delta t)$ , onde  $\Delta t$  corresponde ao intervalo de um dia. Com o coeficiente  $k$  determinado, calcula-se o armazenamento para cada final de período de recessão através da Equação (12). Na sequência, o balanço hídrico foi calculado através da Equação (16), onde o termo referente à evapotranspiração foi estimado através das demais componentes da Equação (16).

Desse modo, ao final do processo, tem-se uma estimativa do balanço hídrico para períodos referentes àqueles compreendidos entre dois finais de períodos de recessão determinados. A transformação destes valores em valores correspondentes a intervalos mensais foi realizada com auxílio da Equação (17).

## 6. RESULTADOS

### 6.1. ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA DOS DADOS DE CHUVA

Os gráficos de dupla acumulativa gerados para as estações em estudo sugerem a inexistência de anormalidades nas séries históricas, e todos os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) encontrados são superiores a 0,99. Os gráficos podem ser verificados no Apêndice A.

### 6.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS E CLIMATOLÓGICOS

O total médio mensal segue a mesma tendência do número de dias de chuva por mês, sendo ambos significativamente menores entre os meses de março a agosto (outono e inverno). Os coeficientes de variação seguem uma tendência inversa, sendo maiores nos meses de menor precipitação média, sendo especialmente elevado para o mês de Maio.

Os gráficos apresentam também a diferença comportamental das estações Pedra Branca de Araraquara e Primeiro Salto do Cubatão em relação às demais, as quais registram médias significativamente maiores nos meses de setembro a março, bem como um maior número de dias de chuva. Tal diferencial no comportamento pode ser explicado pela sua localização, pois ambas as estações se encontram em altitudes muito inferiores às demais, estando próximas à serra e sujeitas a influência de chuvas orográficas.

Os gráficos a seguir apresentam o comportamento dos dados das estações pluviométricas utilizadas no estudo. Os valores correspondentes a cada estação pluviométrica podem ser visualizados no Apêndice B.

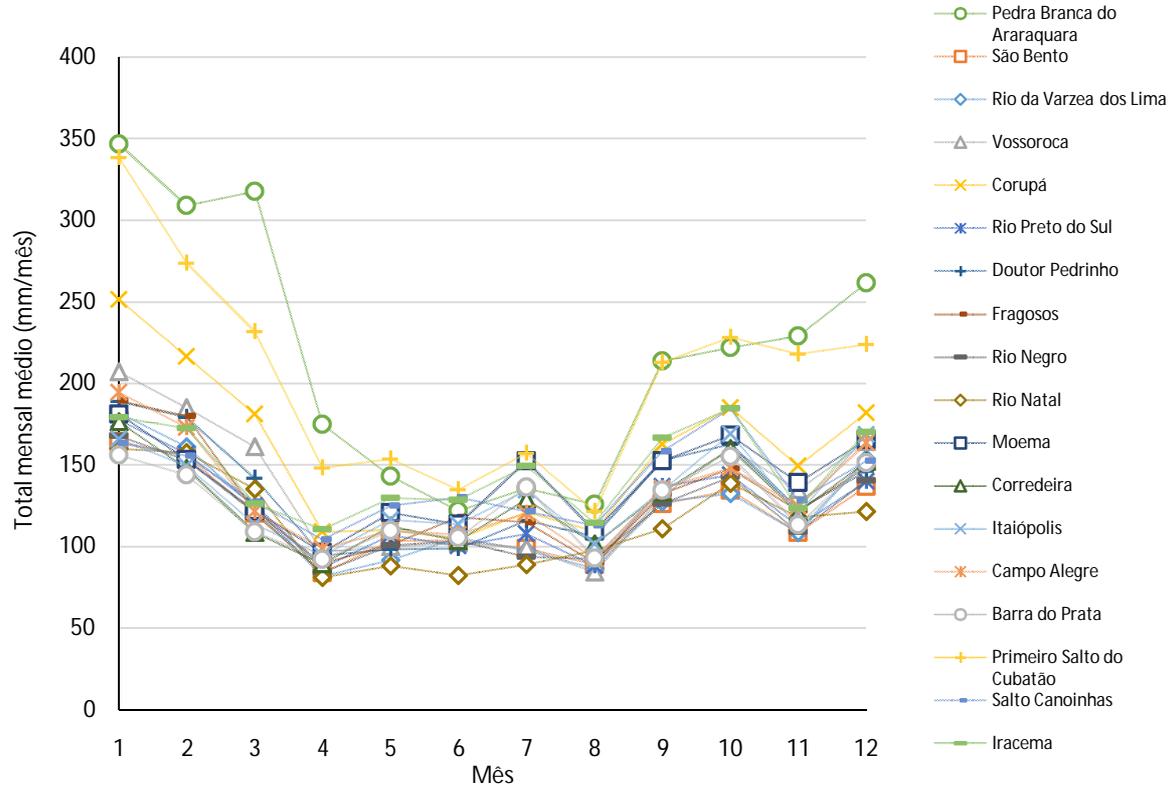


Figura 8: Média dos totais mensais para a série histórica de dados.

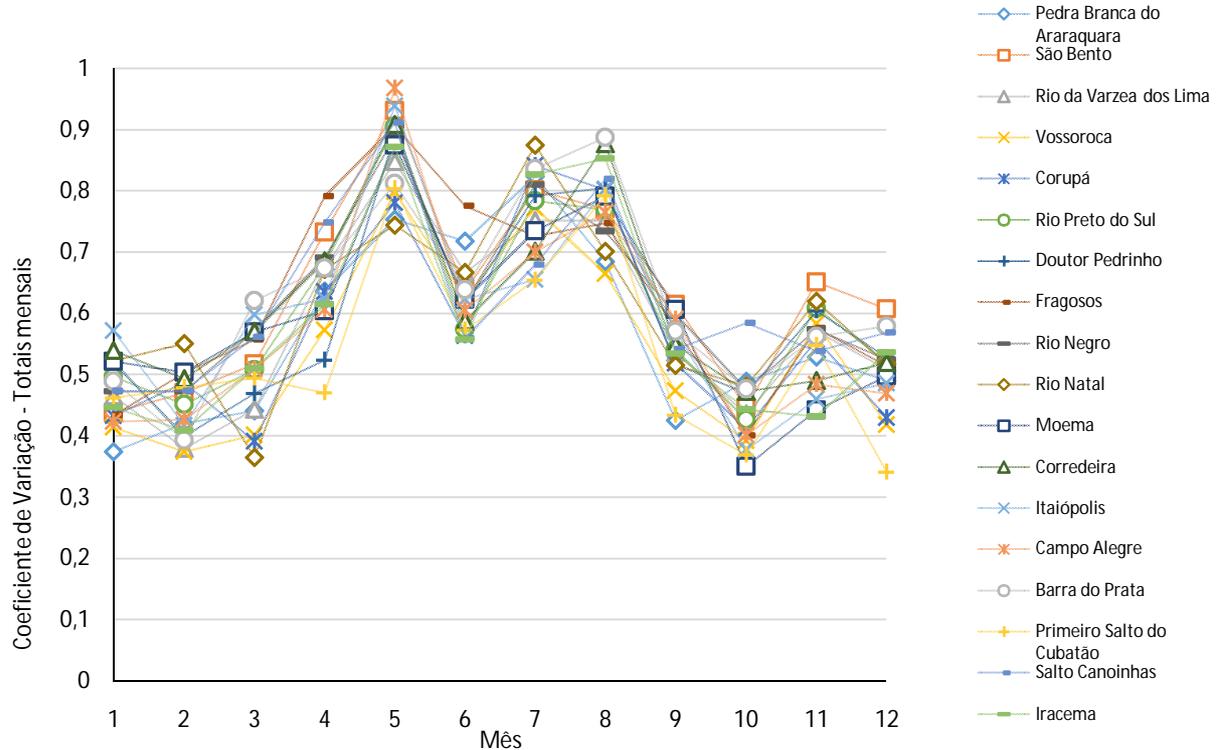


Figura 9: Coeficientes de variação dos totais mensais de precipitação.

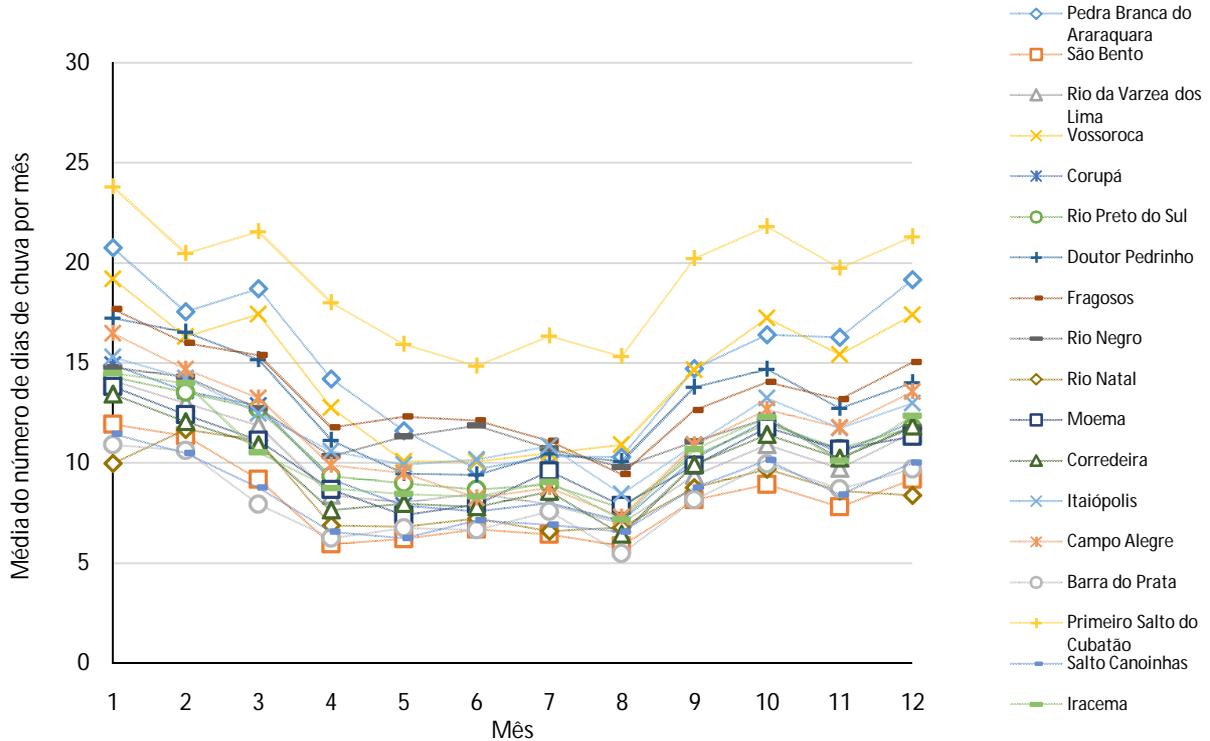


Figura 10: Número médio de dias de chuva por mês.

Através da estatística descritiva das variáveis meteorológicas da estação Lapa, observa-se que a radiação solar e a temperatura do ar seguem padrões médios mensais similares aos apresentados pela precipitação, enquanto a umidade relativa do ar não apresentou padrão visível de sazonalidade, se mantendo, em média, relativamente constante ao longo do ano. Os coeficientes de variação da temperatura do ar e radiação solar também seguem os padrões apresentados pelas estações pluviométricas, enquanto a variação da umidade relativa do ar é baixa e constante ao longo do ano.

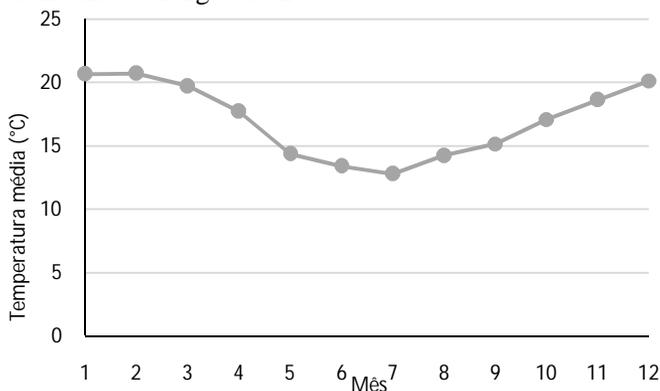


Figura 11: Temperatura média mensal.

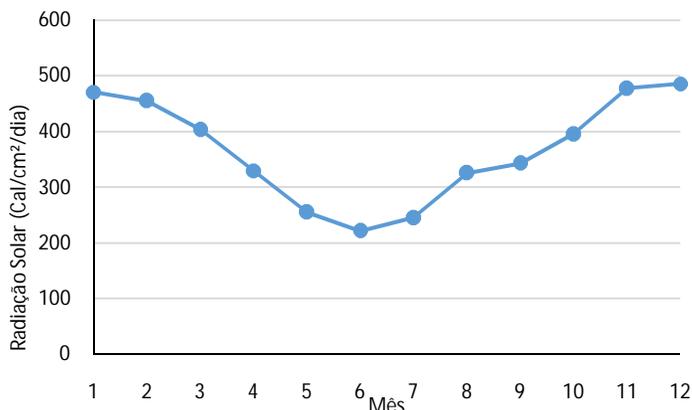


Figura 12: Radiação solar média mensal.

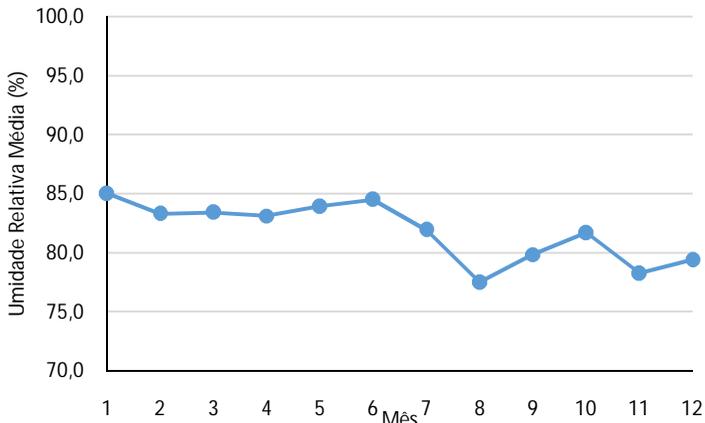


Figura 13: Umidade relativa média mensal.

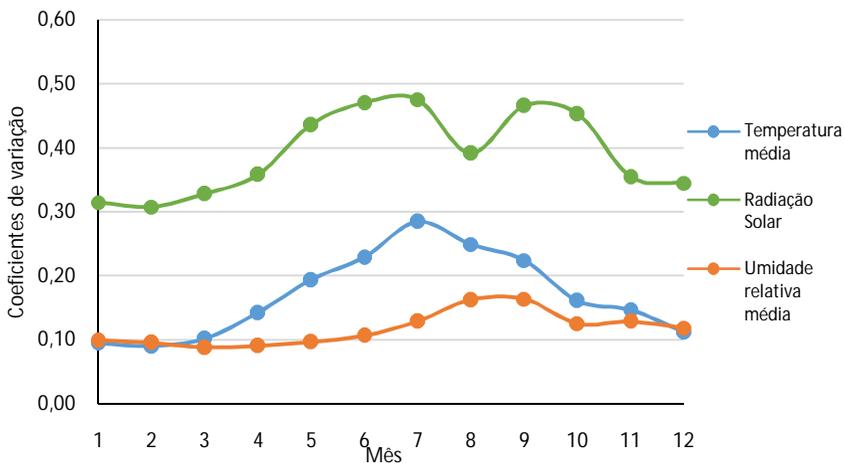


Figura 14: Coeficientes de variação para as variáveis meteorológicas.

Após o estudo individual de cada um dos dados climatológicos e hidrológicos, analisou-se a possível existência de correlação linear entre as variáveis através do índice de correlação de Pearson. Os resultados apresentaram baixos índices de correlação entre as variáveis climatológicas e a evapotranspiração, e, portanto, foram dispensados na sequência do estudo da bacia. Tal fato deve-se possivelmente à simplicidade dos métodos utilizados para estimativa da evapotranspiração, que não consideram em suas estimativas as variáveis climáticas.

### 6.3. ESPACIALIZAÇÃO DE CHUVA

O método de interpolação dos valores de chuva média anual ( $\text{mm.ano}^{-1}$ ) que apresentou menor erro relativo médio da raiz quadrada foi a krigagem bayesiana empírica, seguida da cokrigagem. Os métodos de interpolação simples, Thiessen e Spline, apresentaram os maiores erros relativos médios da raiz quadrada. Deste modo, o método escolhido para realizar a estimativa dos valores médios mensais foi o método da krigagem bayesiana.

Tabela 3: Erro quadrático médio para os diferentes métodos de espacialização de chuva.

<b>Método</b>	<b>Erro Relativo Médio da Raiz Quadrada (<math>\text{mm.ano}^{-1}</math>)</b>	<b>Média (<math>\text{mm.ano}^{-1}</math>)</b>
Krigagem Bayesiana Empírica	276	1594
Krigagem Ordinária	293	1599
Cokrigagem	322	1528
Inverso do Quadrado da Distância	334	1588
Spline	444	1578
Thiessen	447	1576

A superfície gerada pelo método da cokrigagem apresenta um padrão espacial diferente das demais, sendo, muitas vezes, inverso ao apresentado pelos demais métodos. Isto indica, por exemplo, precipitação média anual menor na cabeceira da bacia e maior na região do exutório, em contraste com o apresentado pelos demais métodos, onde a maior precipitação ocorre na cabeceira e o menor índice pluviométrico na região próxima ao exutório.

O resultado da interpolação pelo método Spline foi uma superfície muito próxima daquela gerada pelo método do inverso do quadrado da distância, porém mais suavizada nas alterações espaciais. O método da Spline superestimou a influência da estação Rio Natal em relação aos demais métodos, sugerido pela região circular de cor mais clara na parte central do mapa, que também pode ser visualizado na superfície gerada pelo mapa do inverso do quadrado da distância, porém com menor dimensão. O método da krigagem ordinária e krigagem bayesiana empírica apresentam padrões espaciais muito similares.

As médias de precipitação anual para toda a bacia variaram de 1528 mm.ano<sup>-1</sup> para o método da cokrigagem, até 1599 mm.ano<sup>-1</sup> para a krigagem ordinária, sendo 1576 mm.ano<sup>-1</sup> para o método de Thiessen. Esta variação de pequena escala sugere que a utilização do método de Thiessen, apresenta resultados coerentes para o cálculo da precipitação média na bacia, o qual foi utilizado no cálculo da precipitação diária para estimativas de evapotranspiração.

## Krigagem Bayesiana

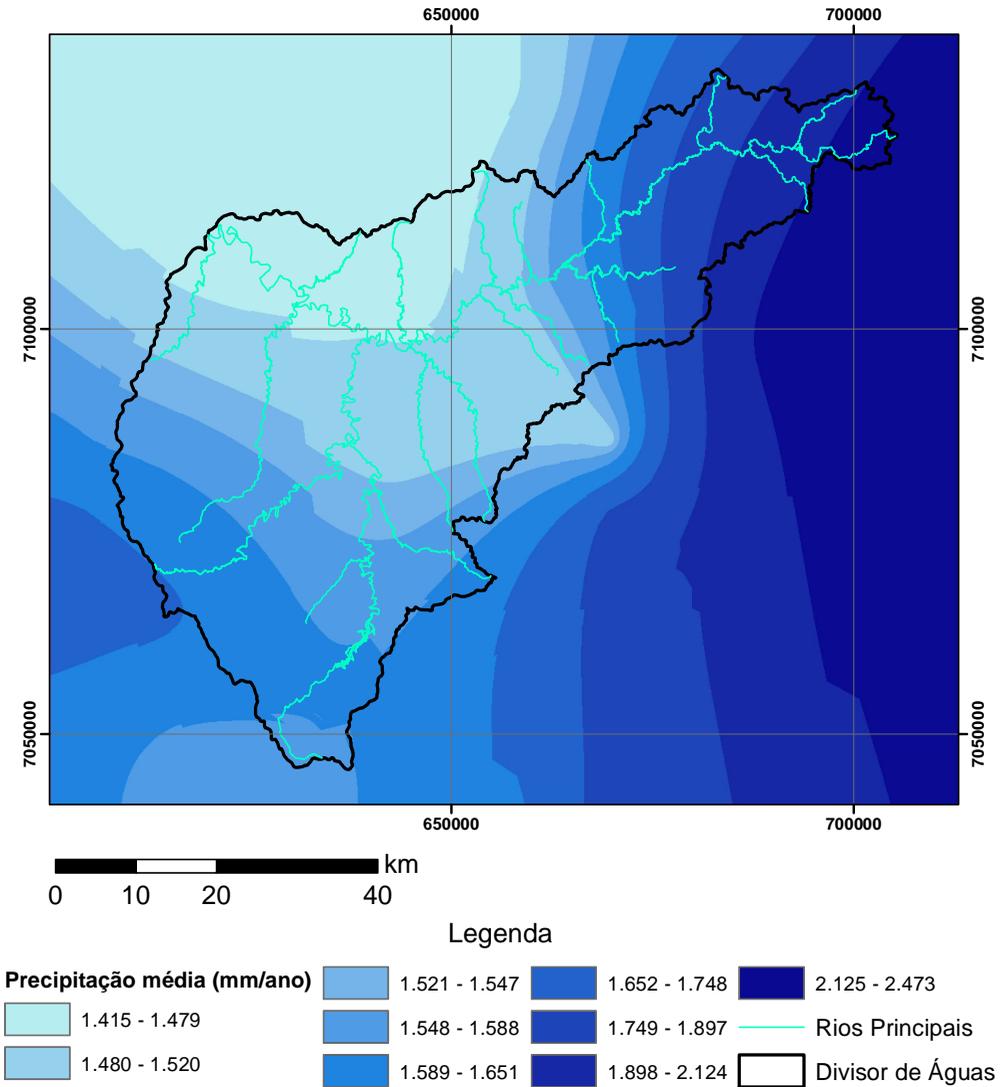
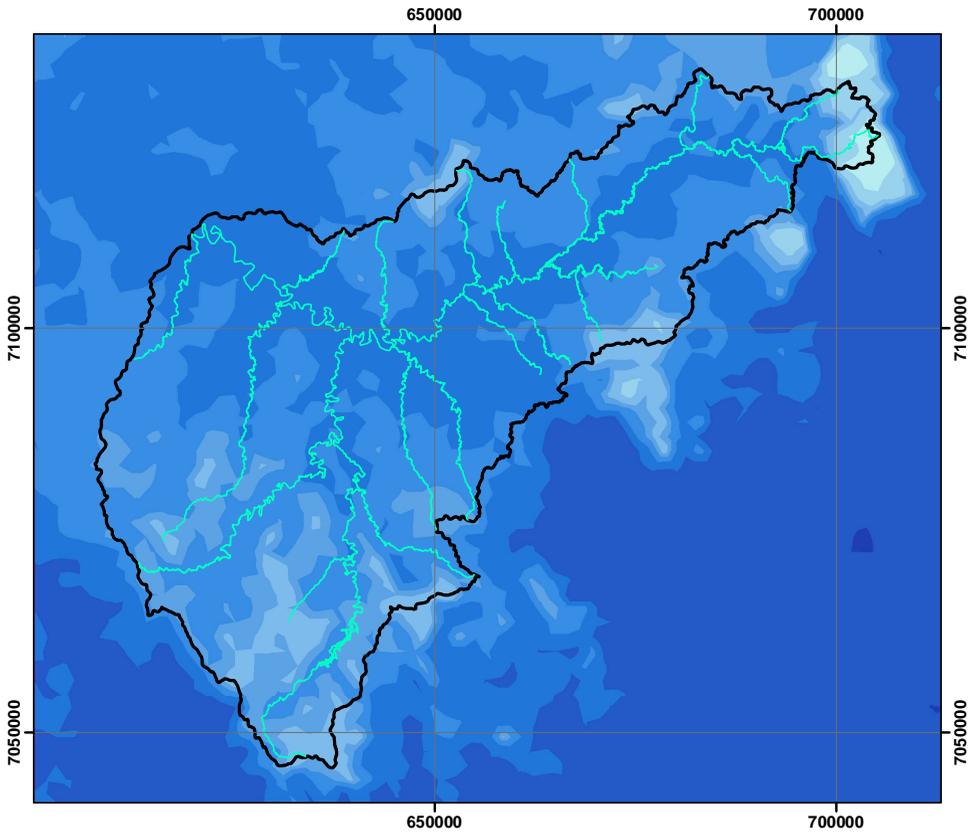


Figura 15: Média anual de chuva na bacia. Método da krigagem Bayesiana empírica.

# Cokrigagem



## Legenda

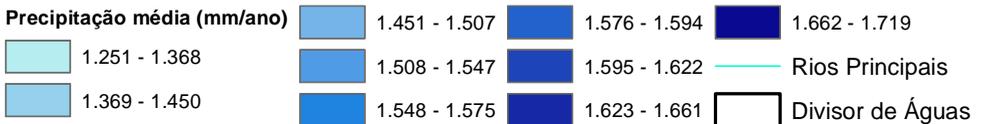


Figura 16: Média anual de chuva na bacia. Método da cokrigagem.

## Inverso do Quadrado da Distância

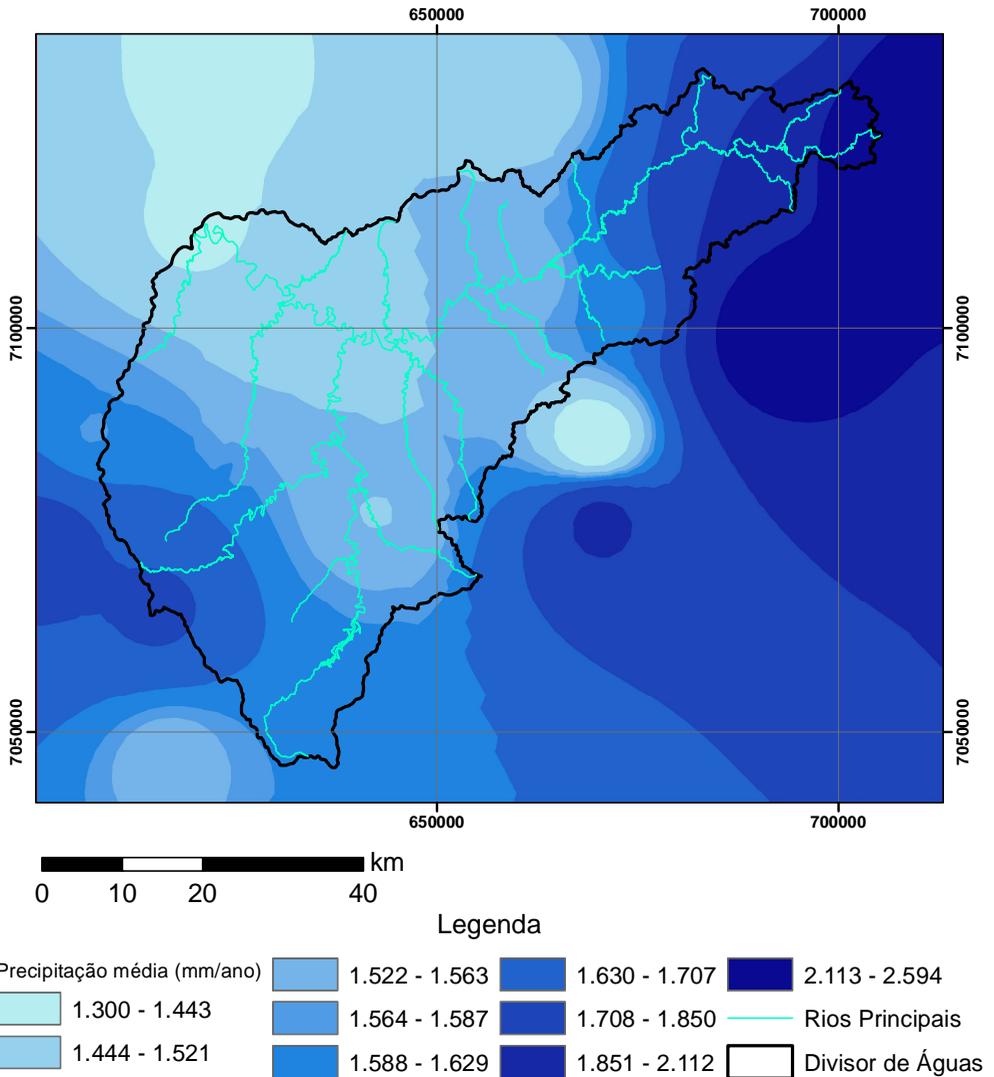


Figura 17: Média anual de chuva na bacia. Método do inverso do quadrado da distância.

## Krigagem Ordinária

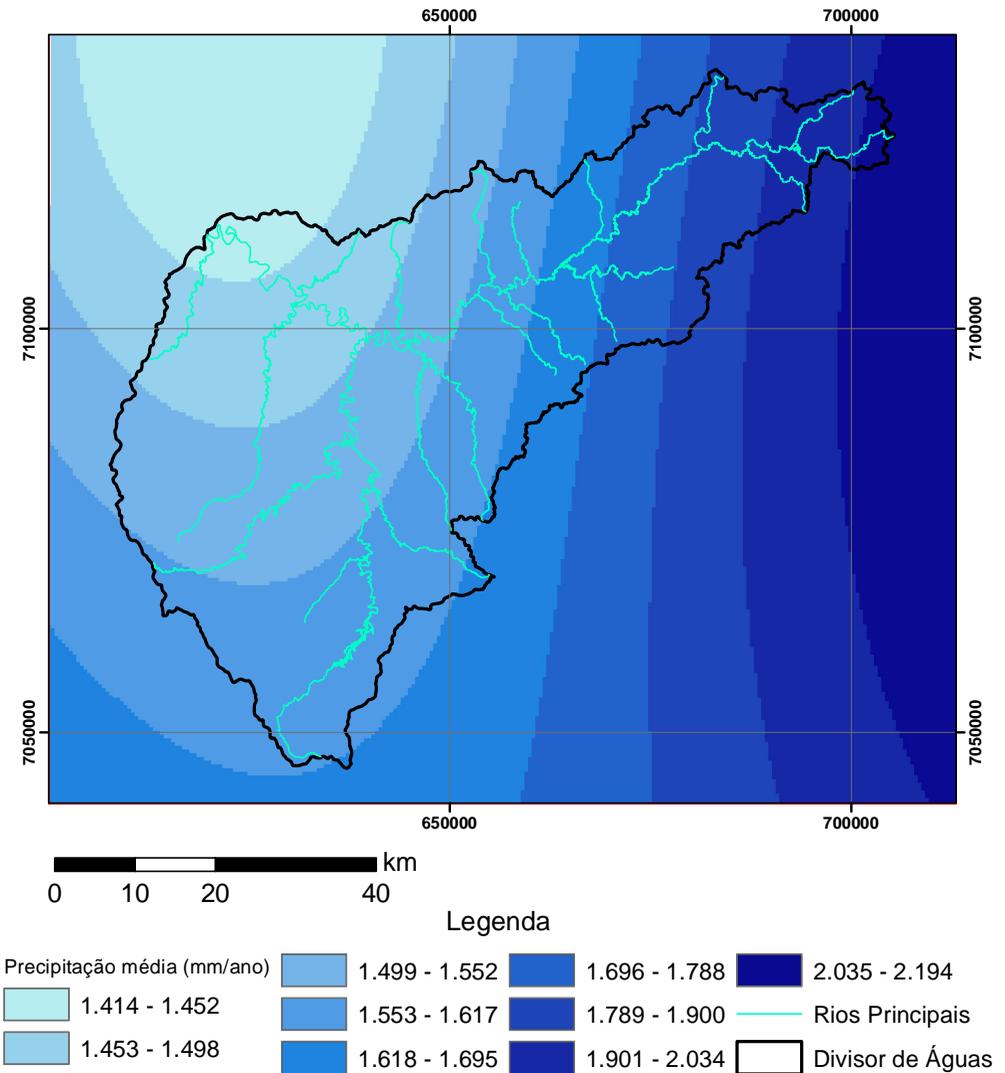


Figura 18: Média anual de chuva na bacia. Método da krigagem ordinária.

## Inverso do Quadrado da Distância

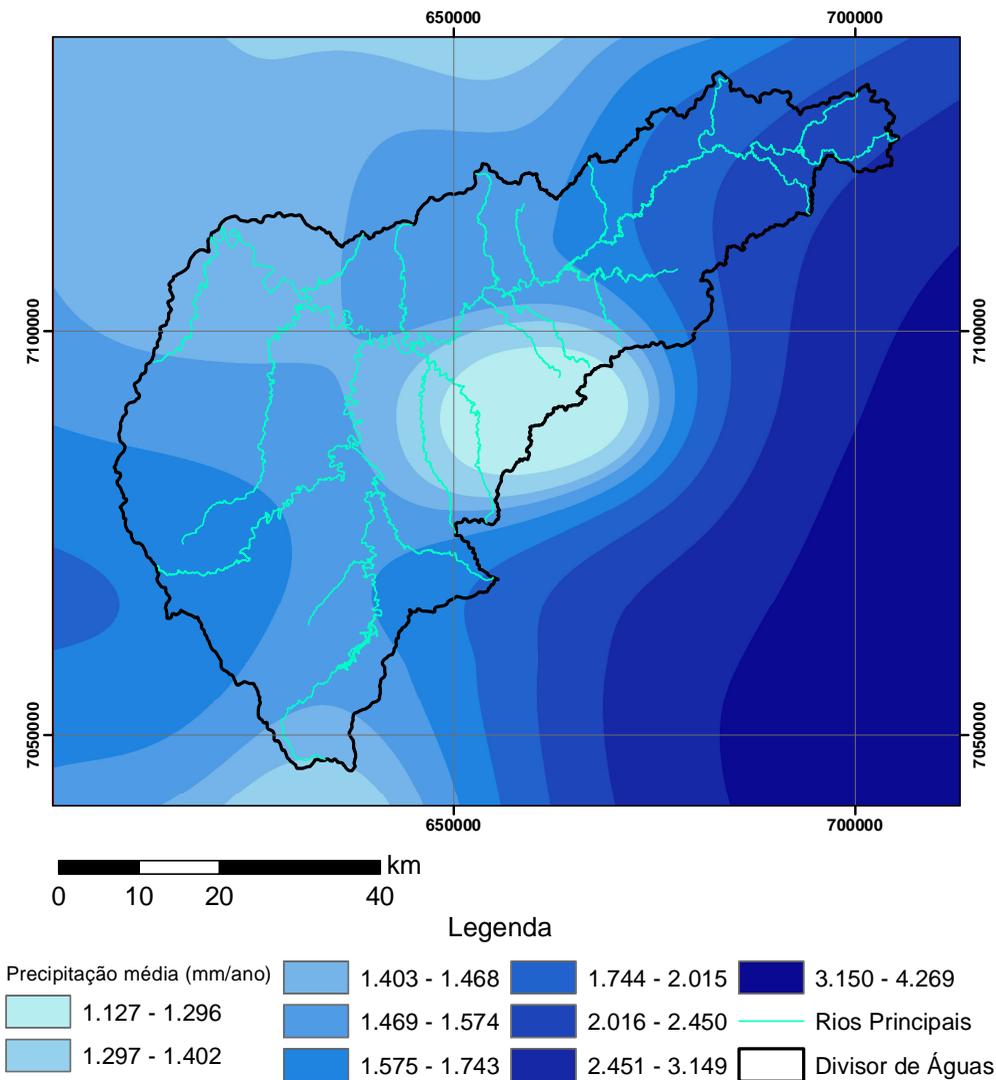
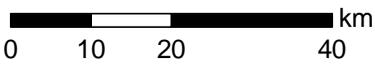
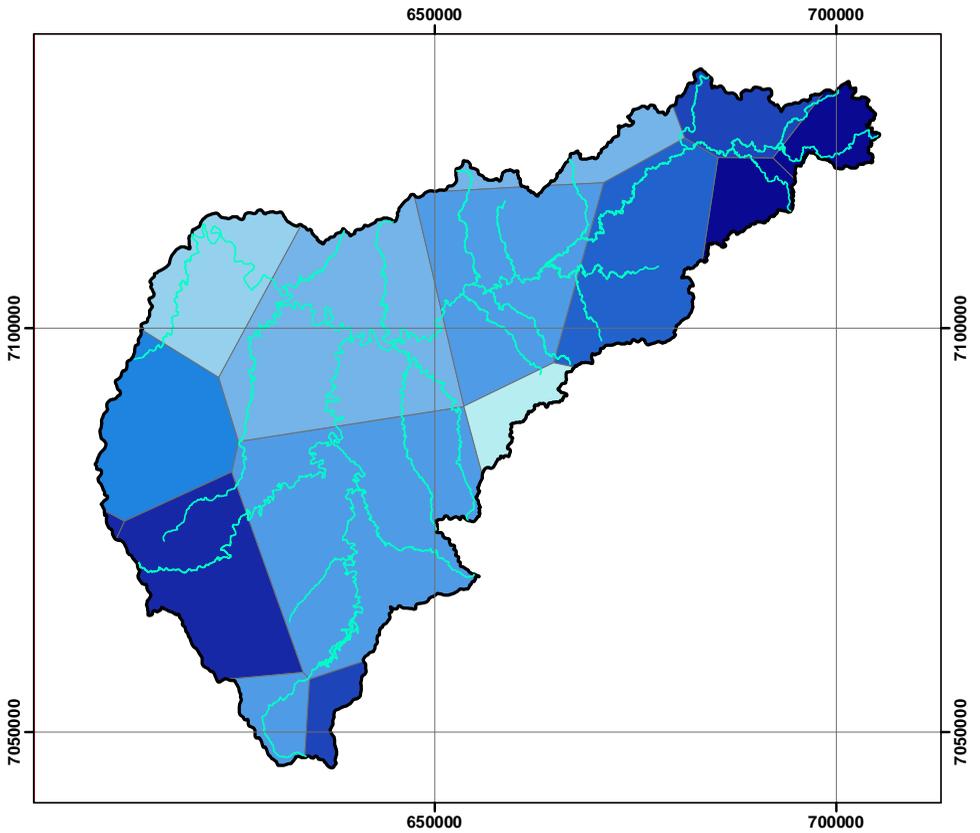


Figura 19: Média anual de chuva na bacia. Método da Spline regularizada.

## Thiessen



### Legenda

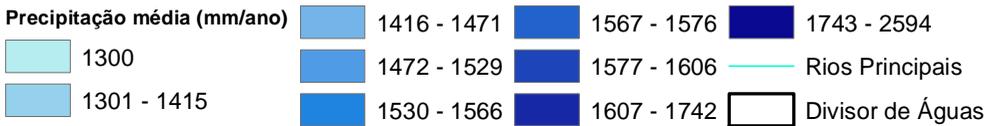


Figura 20: Média anual de chuva na bacia. Método dos polígonos de Thiessen.

Após escolha do método mais adequado para espacialização dos dados de precipitação, foram gerados os mapas de estimativas para os valores médios mensais.

Através dos mapas gerados pode-se perceber que a variabilidade espacial na bacia é maior nos meses mais chuvosos (entre setembro e fevereiro), enquanto que nos meses mais secos (de março a agosto) a bacia recebe, quase que inteiramente, a mesma intensidade de precipitação. Na maior parte do tempo, a cabeceira da bacia é a região de maior intensidade pluviométrica. No mês de Junho a bacia recebe praticamente em toda sua extensão a mesma intensidade pluviométrica ( $100$  a  $125 \text{ mm.ano}^{-1}$ ) e no mês mais de Janeiro, o mais chuvoso do ano, a bacia recebe de  $150$  a  $175 \text{ mm.ano}^{-1}$  na região próxima ao exutório e de  $275$  a  $300 \text{ mm.ano}^{-1}$  perto da cabeceira.

Estas tendências podem ser verificadas nos mapas de espacialização de chuva para a precipitação média mensal, apresentados a seguir, para os 12 meses do ano.

## Precipitação média mensal (mm/mês)

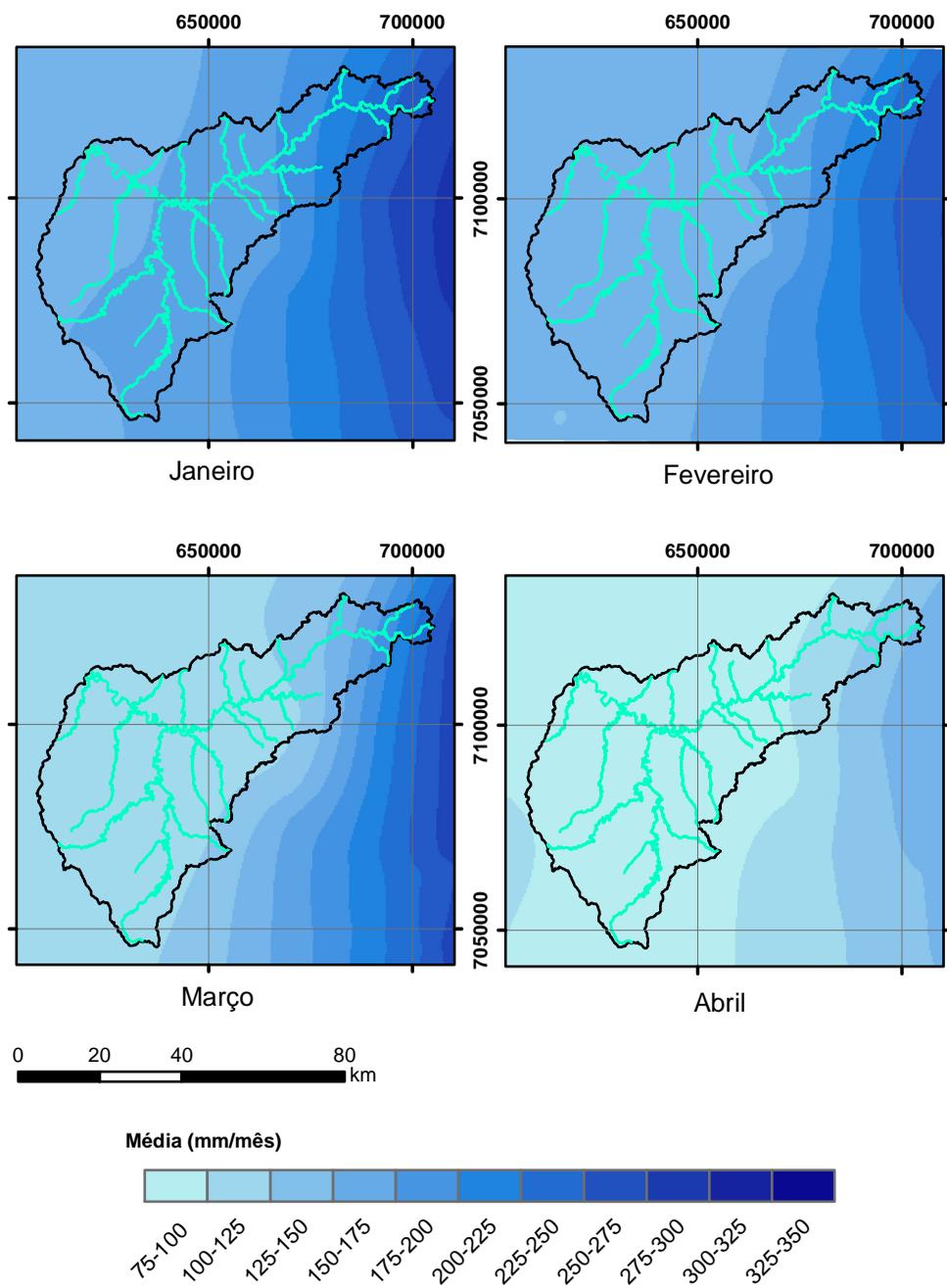


Figura 21: Precipitação média mensal. Janeiro a abril.

### Precipitação média mensal (mm/mês)

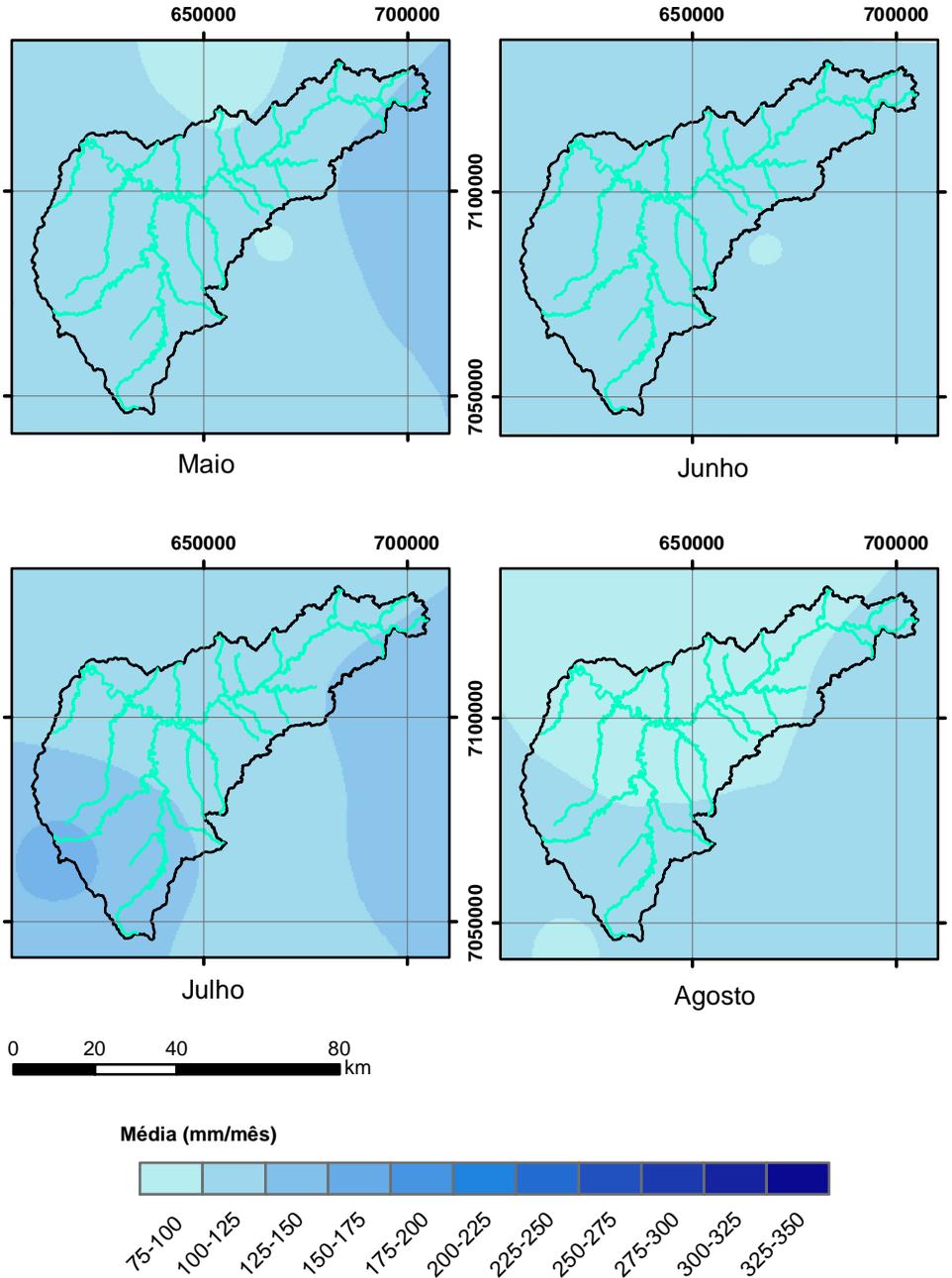
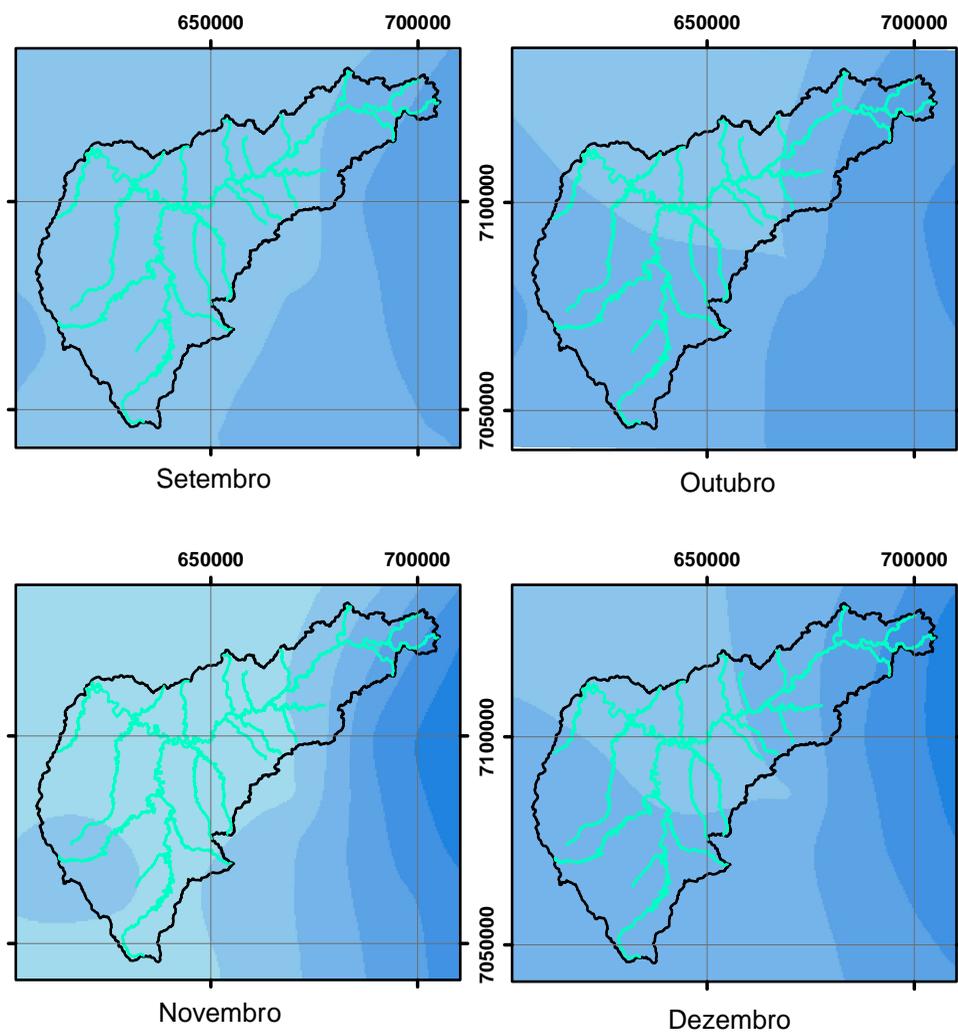


Figura 22: Precipitação média mensal. Maio a agosto.

## Precipitação média mensal (mm/mês)



0 20 40 80 km

Média (mm/mês)

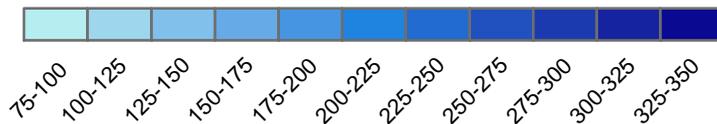


Figura 23: Precipitação média mensal. Setembro a dezembro.

#### 6.4. BALANÇO HÍDRICO SIMPLIFICADO

O cálculo do balanço hídrico simplificado foi realizado para todo o período de dados disponível, em intervalo diário. Analisando o comportamento médio das variáveis, verifica-se que ao longo do ano a evapotranspiração tem comportamento irregular, análogo ao apresentado pela precipitação, em contraste ao comportamento mais regular da vazão.

Observa-se a existência de comportamento sazonal ao longo do ano, tendo os meses de inverno, de abril a agosto, menor taxa de precipitação e evapotranspiração, enquanto o impacto da sazonalidade é mais sutil no comportamento médio da vazão na bacia. Nos meses mais secos a variação da precipitação é menor, estando entre 85 e 96  $\text{mm.mês}^{-1}$  variando mais nos meses de maior índice pluviométrico, estando entre 125 e 172  $\text{mm.mês}^{-1}$ .

Através da Tabela 4 observa-se que a evapotranspiração nos meses entre abril e agosto se mantém entre 40 e 51  $\text{mm.mês}^{-1}$  e entre setembro e março se encontra entre 66 e 117  $\text{mm.mês}^{-1}$ , sendo o maior valor correspondente ao mês de janeiro (117  $\text{mm.mês}^{-1}$ ) e o menor valor correspondente ao mês de julho (40  $\text{mm.mês}^{-1}$ ).

Tabela 4: Balanço hídrico simplificado para a bacia do alto rio Negro.

<b>Mês</b>	<b>Precipitação (<math>\text{mm.mês}^{-1}</math>)</b>	<b>Vazão (<math>\text{mm.mês}^{-1}</math>)</b>	<b>Evapotranspiração (<math>\text{mm.mês}^{-1}</math>)</b>
Janeiro	172	57	117
Fevereiro	163	57	105
Março	128	54	74
Abril	85	39	46
Mai	96	45	51
Junho	96	46	50
Julho	96	50	40
Agosto	93	49	44
Setembro	125	54	71
Outubro	142	65	77
Novembro	116	50	66
Dezembro	141	50	91
<b>Total (<math>\text{mm.ano}^{-1}</math>)</b>	1452	616	833

Para um total anual médio de precipitação de  $1452 \text{ mm.ano}^{-1}$ , evaporam-se  $833 \text{ mm.ano}^{-1}$  (57 %) e deixam a bacia em forma de vazão  $616 \text{ mm.ano}^{-1}$  (43 %), explicitando assim a importância de compreender o comportamento da evapotranspiração nesta bacia.

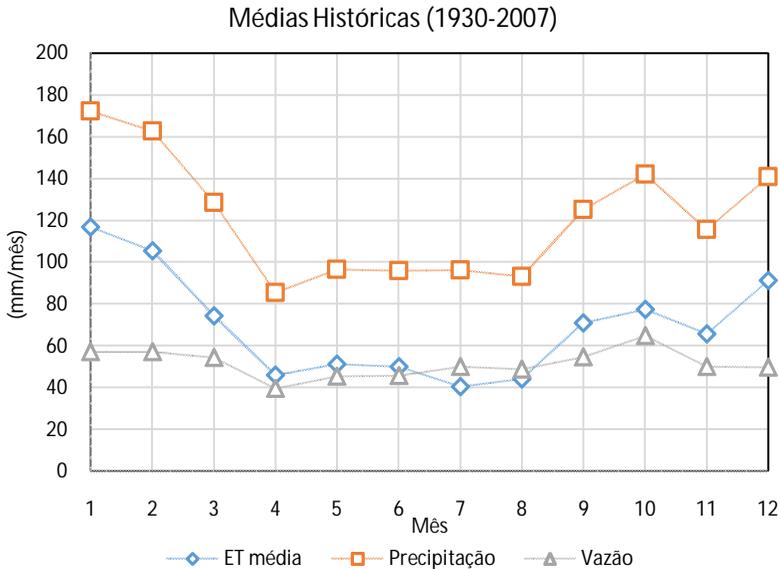


Figura 24: Balanço hídrico simplificado para a bacia do alto rio Negro.

#### 6.4.1. Balanço hídrico para anos atípicos

De posse dos dados da série histórica, e já tendo realizado sua análise estatística, foram analisados dois anos de comportamento atípico, um ano seco e um ano chuvoso. Devido à falha na série histórica de dados no período do ano mais chuvoso da série histórica de dados (1983) foi analisado o ano de 1990, sendo este também especialmente chuvoso.

Verificou-se que o comportamento atípico da pluviosidade na bacia se refletiu de maneira mais intensa nos índices de vazão do que nos índices de evapotranspiração da bacia. No ano mais chuvoso o comportamento sazonal da bacia fica descaracterizado, não sendo possível distinguir entre estação seca e chuvosa, enquanto esse comportamento ainda é verificado no ano mais seco.

- Ano chuvoso – 1990

Para o ano de 1990, o total de precipitação para a bacia foi de 2.138 mm, sendo 46% superior à média, o total da vazão foi de 1.186 mm, sendo por sua vez 90% superior à média, e por fim, a evapotranspiração anual total foi de 953 mm, 15% maior do que a média correspondente.

Tabela 5: Balanço hídrico simplificado para o ano de 1990.

Mês	Precipitação (mm.mês <sup>-1</sup> )	Vazão (mm.mês <sup>-1</sup> )	Evapotranspiração (mm.mês <sup>-1</sup> )
Janeiro	400	182	218
Fevereiro	145	63	82
Março	171	61	110
Abril	144	58	86
Maio	84	62	23
Junho	161	129	31
Julho	211	126	85
Agosto	179	116	63
Setembro	150	107	43
Outubro	193	130	62
Novembro	186	99	87
Dezembro	116	55	61
<b>Total (mm.ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>2.138</b>	<b>1.186</b>	<b>953</b>

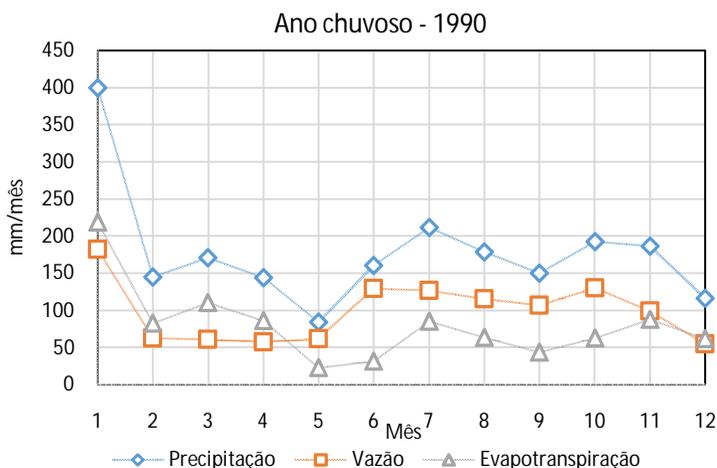


Figura 25: Balanço hídrico simplificado para o ano de 1990.

- Ano seco – 2006

Para o ano de 2006, o total precipitado foi de 960 mm, correspondendo a 66% da precipitação média anual da bacia, o total da vazão para este ano foi de 247 mm, correspondendo a 40% da média, e o total de evapotranspiração para o período foi de 713 mm, sendo este 86% da evapotranspiração média anual da bacia.

Tabela 6: Balanço hídrico simplificado para o ano de 2006.

Mês	Precipitação (mm.mês <sup>-1</sup> )	Vazão (mm.mês <sup>-1</sup> )	Evapotranspiração (mm.mês <sup>-1</sup> )
Janeiro	118	34	84
Fevereiro	98	25	73
Março	129	26	103
Abril	22	21	1
Mai	18	13	5
Junho	28	10	18
Julho	47	11	37
Agosto	57	11	46
Setembro	110	18	92
Outubro	77	26	51
Novembro	171	23	148
Dezembro	86	30	56
<b>Total (mm.ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>960</b>	<b>247</b>	<b>713</b>

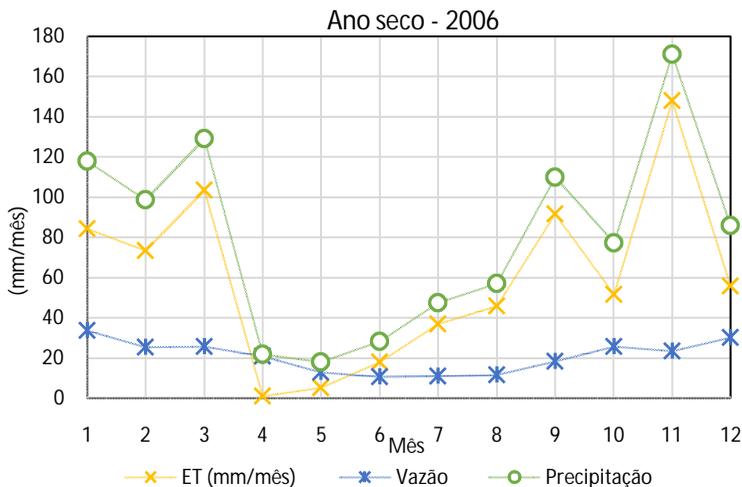


Figura 26: Balanço hídrico simplificado para o ano de 2006.

## 6.5. BALANÇO HÍDRICO SAZONAL

Para estimativa da evapotranspiração da bacia pelo método do balanço hídrico sazonal, inicialmente foi estabelecida a variável  $k$ , definida pelo ângulo de inclinação da envoltória superior do gráfico  $Q_t$  versus  $Q_{t+\Delta t}$ , determinada através do método da correlação, como pode ser visualizado na Figura 27. Para esse estudo, a inclinação da envoltória superior ( $k$ ) foi igual a 0,97702. Através da relação entre  $k$  e  $Tr$ , tem-se que  $Tr= 43,0$  anos, sendo a constante  $a$  por sua vez o inverso de  $Tr$ , tem-se que  $a=0,023248$ .

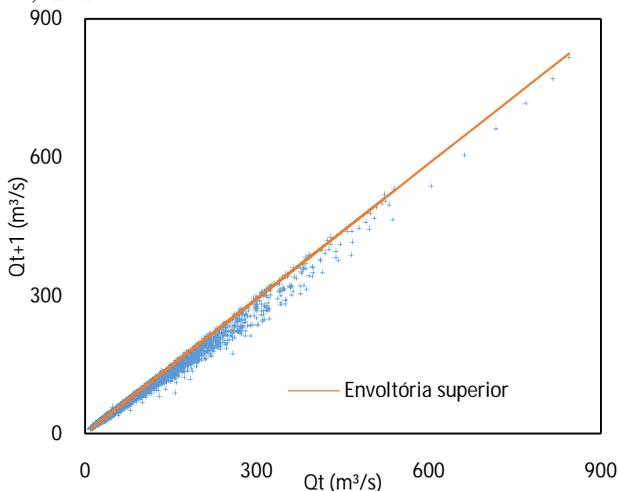


Figura 27: Determinação do coeficiente  $k$ .

Os valores encontrados inicialmente correspondem a períodos sazonais, sendo interpolados para intervalos mensais com auxílio da equação (17). Para os valores mensais encontrados foram calculadas as médias mensais e anual, apresentadas na Tabela 7.

O método do balanço hídrico sazonal também apresenta um comportamento sazonal da evapotranspiração ao longo do ano, tendo os meses entre abril e agosto uma evapotranspiração entre 45 e 64  $\text{mm.mês}^{-1}$ , e os meses entre setembro e março 63 a 94  $\text{mm.mês}^{-1}$ , estando a máxima em 94  $\text{mm.mês}^{-1}$  para o mês de janeiro, e a mínima em 45  $\text{mm.mês}^{-1}$  para o mês de julho. O total de evapotranspiração anual média foi de 829  $\text{mm.ano}^{-1}$ , 0,5% menor do que o total médio calculado pelo método do balanço hídrico simplificado, sugerindo que as estimativas realizadas por este método são coerentes.

Os valores médios do balanço hídrico sugerem uma variação positiva de  $7 \text{ mm.ano}^{-1}$  no armazenamento da bacia, sendo este um valor bem próximo de zero e, portanto, sugerindo bons resultados para o método.

Tabela 7: Balanço hídrico sazonal para a bacia do alto rio Negro.

Mês	Precipitação (mm.mês <sup>-1</sup> )	Vazão (mm.mês <sup>-1</sup> )	Evapotranspiração (mm.mês <sup>-1</sup> )
Janeiro	172	57	94
Fevereiro	163	57	89
Março	128	54	89
Abril	85	39	64
Maio	96	45	53
Junho	96	46	48
Julho	96	50	45
Agosto	93	49	49
Setembro	125	54	63
Outubro	142	65	73
Novembro	116	50	77
Dezembro	141	50	86
<b>Total (mm.ano<sup>-1</sup>)</b>	<b>1452</b>	<b>616</b>	<b>829</b>

Médias Históricas (1930-2007)

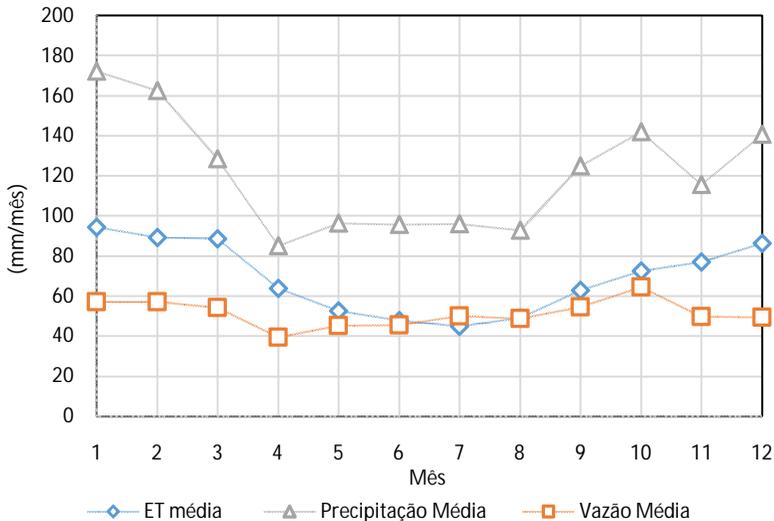


Figura 28: Balanço hídrico sazonal para a bacia do alto rio Negro.

### 6.5.1. Balanço hídrico para anos atípicos

- Ano chuvoso – 1990

Para o ano de 1990, o método do balanço hídrico sazonal estimou a evapotranspiração anual em 833 mm, sendo esta 12,6 % menor do que a estimada pelo método do balanço hídrico simplificado. Novamente, a evapotranspiração calculada pelo método do balanço hídrico sazonal sugere resultados mais homogêneos ao longo do ano, do que o método simplificado, sendo o maior valor de evapotranspiração encontrado para o mês de janeiro ( $104 \text{ mm.mês}^{-1}$ ) e o menor para o mês de maio ( $43 \text{ mm.mês}^{-1}$ ). As estimativas sugerem uma variação positiva de 119 mm no armazenamento da bacia para o ano de 1990.

Tabela 8: Balanço hídrico sazonal para o ano de 1990.

Mês	Precipitação ( $\text{mm.mês}^{-1}$ )	Vazão ( $\text{mm.mês}^{-1}$ )	Evapotranspiração ( $\text{mm.mês}^{-1}$ )
Janeiro	400	182	104
Fevereiro	145	63	90
Março	171	61	98
Abril	144	58	77
Mai	84	62	43
Junho	161	129	49
Julho	211	126	41
Agosto	179	116	54
Setembro	150	107	66
Outubro	193	130	68
Novembro	186	99	70
Dezembro	116	55	73
<b>Total (<math>\text{mm.ano}^{-1}</math>)</b>	2138	1186	833

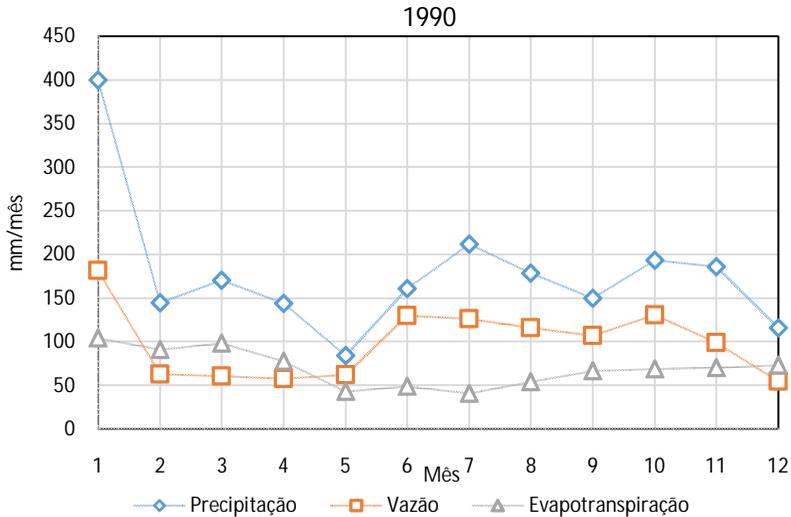


Figura 29: Balanço hídrico sazonal para o ano de 1990.

- Ano seco – 2006

Para o ano de 2006 o método do balanço hídrico sazonal estimou a evapotranspiração anual em 661 mm, 7,3 % menor do que a estimada pelo método do balanço hídrico simplificado. O menor valor de evapotranspiração se deu no mês de julho ( $22 \text{ mm.mês}^{-1}$ ) e o maior valor no mês de dezembro ( $92 \text{ mm.mês}^{-1}$ ). As estimativas sugerem uma variação positiva de 52 mm no armazenamento da bacia para o ano de 2006.

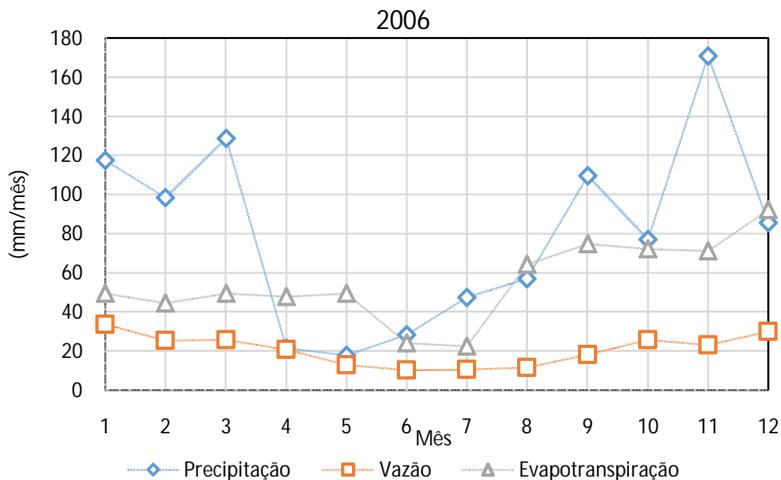


Figura 30: Balanço hídrico sazonal para o ano de 2006.

Tabela 9: Balanço hídrico sazonal para o ano de 2006.

Mês	Precipitação (mm.mês <sup>-1</sup> )	Vazão (mm.mês <sup>-1</sup> )	Evapotranspiração (mm.mês <sup>-1</sup> )
Janeiro	118	34	49
Fevereiro	98	25	45
Março	129	26	49
Abril	22	21	48
Mai	18	13	49
Junho	28	10	24
Julho	47	11	22
Agosto	57	11	64
Setembro	110	18	75
Outubro	77	26	72
Novembro	171	23	71
Dezembro	86	30	92
<b>Total (mm.ano<sup>-1</sup>)</b>	960	247	661

## 6.6. COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE BALANÇO HÍDRICO SIMPLIFICADO E SAZONAL

Comparando os resultados gerados pelo método do balanço hídrico sazonal com o balanço hídrico simplificado, vê-se que a evapotranspiração quando estimada pelo método sazonal, possui comportamento mais próximo do esperado, com os valores mais altos no verão e mais baixos no inverno. Este comportamento fica descaracterizado nos resultados do método simplificado, em que não se verifica a sazonalidade da evapotranspiração ao longo das estações.

O método do balanço hídrico sazonal estima variações positivas no armazenamento da bacia. Para o ano mais seco da série histórica, o método sugere uma variação de 52 mm no armazenamento da bacia. Para o ano chuvoso analisado, o método sugere 119 mm de variação positiva. A diferença entre os valores de variação no armazenamento da bacia demonstra sua capacidade de captar as variações interanuais no seu comportamento.

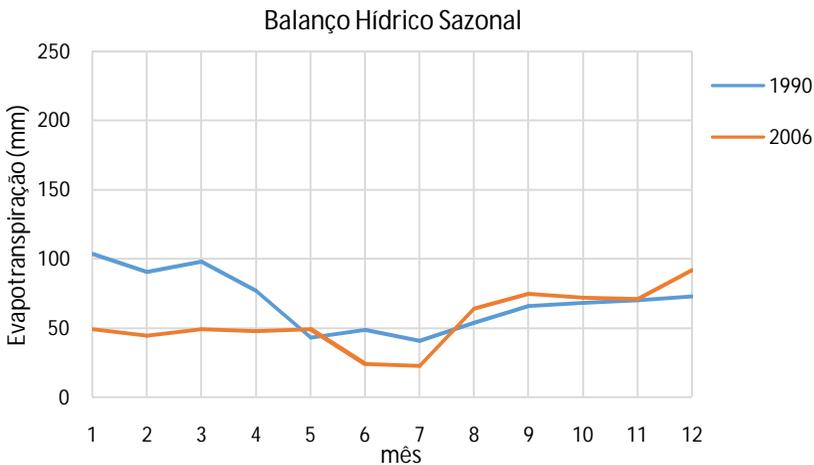


Figura 31: Evapotranspiração nos anos atípicos estimada pelo método do balanço hídrico sazonal.

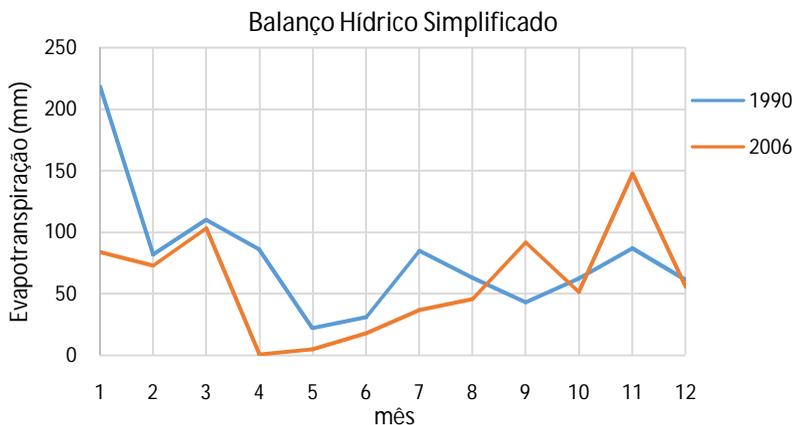


Figura 32: Evapotranspiração nos anos atípicos estimada pelo método do balanço hídrico simplificado.

## 7. CONCLUSÃO

A análise climatológica da bacia foi realizada com foco na sua relação com o balanço hídrico e disponibilidade de água na bacia. Os resultados encontrados por este estudo não foram capazes de evidenciar a correlação entre o comportamento das variáveis climáticas locais e o balanço hídrico, sugerindo-se portanto, que se façam estudos mais aprofundados no sentido de buscar relações claras entre o comportamento das variáveis hidrológicas e climatológicas da bacia.

A análise das metodologias de espacialização dos dados de precipitação sugere que os métodos de interpolação mais adequados à área de estudo são os métodos de krigagem e inverso do quadrado da distância. Os erros médios encontrados por estes métodos variaram de 275 a 334  $\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$  (mais de 15 % da média anual), sendo estes ainda de magnitude considerável. Sugere que se façam estudos mais aprofundados da aplicação destas metodologias específicas de espacialização, com vistas a diminuir os erros médios por elas apresentados.

Os métodos de estimativa do balanço hídrico na bacia se mostraram satisfatórios para períodos anuais e sazonais. As estimativas do método de balanço hídrico sazonal para os anos atípicos sugerem que

este seja capaz de captar variações interanuais no armazenamento da bacia.

Os valores médios do balanço hídrico para a série histórica são de  $1.452 \text{ mm.ano}^{-1}$  para a precipitação e  $616 \text{ mm.ano}^{-1}$  para a vazão. As estimativas de evapotranspiração média são de  $833 \text{ mm.ano}^{-1}$  para o método simplificado e  $829 \text{ mm.ano}^{-1}$  para o método sazonal, correspondendo a aproximadamente 57 % da precipitação média anual. As estimativas da evapotranspiração na análise do balanço hídrico da bacia reforçam a elevada importância desta na disponibilidade de água na bacia.

A inexistência de estações meteorológicas na bacia em estudo, com longas séries históricas de dados, impossibilitaram a realização de análises espaciais das variáveis meteorológicas.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Atlas climático da região Sul do Brasil: estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Wrege, M. S. et al. Editores técnicos. - Brasília, DF: Embrapa, 2012.

BARBOSA, J. P. M. Utilização de método de interpolação para análise e espacialização de dados climáticos: o SIG como ferramenta. v. 9, n. 17, p. 85–96, 2006.

BRUTSAERT, W. Evaporation into the atmosphere. Kluwer Academic Publishers, Países Baixos. 1982. 302p.

BRUTSAERT, W. Hydrology: an introduction. Cambridge University Press, 2005. 605p.

CHANG, M. Forest Hydrology: an introduction to water and forests. CRC Press LLC, Florida. 2003. 373p.

Druck, S.; Carvalho, M.S.; Câmara, G.; Monteiro, A.V.M. (eds) "Análise Espacial de Dados Geográficos". Brasília, EMBRAPA, 2004. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/index.html>> Acesso em Março de 2014.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A. – EPAGRI / Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina - CIRAM. Zoneamento Agroecológico. Disponível em: <<http://ciram.epagri.sc.gov.br/images/documentos/ZonAgroecoMapas.pdf>> Acesso em: junho de 2014.

GIGLIO, J. N. Caracterização das Áreas de Inundação em Rio Negrinho - SC. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS, 2010. 85 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental - UFSC).

GOERL, R. F. Estudo de inundações em Rio Negrinho - SC sob a ótica dos desastres naturais. Florianópolis: UFSC/CFH/GCN, 2010. 103f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.

HOPKINS, W. G. Correlation Coefficient. Disponível em: <http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>. Acesso: 28 Outubro de 2014.

HUISMAN, O., De BY, R. A., Principles of Geographic Information Systems. The International Institute for geo-Information Science and Earth Observation - ITC, Países Baixos. 540 p. 2009.

JUNIOR, B. S. G. et al. Análise de técnicas de interpolação para espacialização da precipitação pluviométrica na bacia do rio Itapemirim (ES). *Revista Ambiente*, v. 8, n. 1, p. 61–71, 2 maio 2012.

KAN, A. Estimativa de Evapotranspiração Real com Base na Análise de Recessão dos Hidrogramas. 257 f. Tese (Doutorado em Ciências, pós graduação em Métodos Numéricos em Engenharia dos Setores de Tecnologia e Ciências Exatas). Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 2005

KOBIYAMA, M.; CHAFFE, P.L.B.; ROCHA, H.L.; CORSEUIL, C.W.; MALUTTA, S.; GIGLIO, J.N.; MOTA, A.A.; SANTOS, I.; RIBAS, U.; LANGA, R. Implementation of school catchments network for water resources management of the Upper Negro River region, southern Brazil. In: TANIGUCHI, M.; BURNETT, W.C.; FUKUSHIMA, Y. HAIGH, M.; UMEZAWA, Y. (eds.) *From Headwaters to the Ocean: Hydrological Change and Watershed Management*. London: Taylor & Francis Group, p. 151-157, 2009.

LINO, J.F.L.; KOBIYAMA, M.; MALUTTA, S. Relação de sólidos em suspensão com vazão e precipitação na bacia hidrográfica do Alto Rio Negro, Região Sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (24: 2007: Belo Horizonte) Belo Horizonte: ABES, Anais, 2007. 12p. CD-rom.

NAGHETTINI, M., PINTO, E. J. A., *Hidrologia Estatística*, 552p., Belo Horizonte, CPRM.

NEGRELLE, R. A. B., da SILVA F. C. FITOSSOCIOLOGIA DE UM TRECHO DE FLORESTA COM *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. NO MUNICÍPIO DE CAÇADOR-SC. Embrapa Florestas. *Boletim de Pesquisa Florestal*, Colombo, n. 24/25, p.37-54, Jan./Dez. 1992

Disponível em: <<http://florestaombrofilamista.com.br/sidol/downloads/21.pdf>> Acesso em 9 de Junho de 2014.

OLAYA, V. *Sistemas de Información Geográfica*. 2011

PEDRAZZI, J. A. *Hidrologia aplicada*. Disponível em: <<http://facens.br/site/alunos/download/hidrologia/>> Acesso em: 03 de Março de 2014.

PEREIRA, A. R. et al. *Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas*. Guaíba: Agropecuária, 2002 478p.

PINTO, J. E. S. S., NETTO, A. O. A. *Clima, geografia e agrometeorologia: uma abordagem interdisciplinar*. 2007. editora UFS 222p.

PINTO, N. L. S. et al. *Hidrologia Básica*. São Paulo: Edgard Blucher, 1976.

BACIAS HIDROGRÁFICAS DOPARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA. Curitiba, 2010 - SEMA - PARANÁ. Disponível em: <[http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Revista\\_Bacias\\_Hidrograficas\\_do\\_Parana.pdf](http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/corh/Revista_Bacias_Hidrograficas_do_Parana.pdf)> Acesso em Junho de 2014.

SILVA, K. R. DA et al. Avaliação de interpoladores para a espacialização de variáveis climáticas na bacia do rio Itapemirim-ES. p. 3141–3146, 2007.

SCHROEDER, J. F. Surface representation of rainfall at small extents: a study of rainfall mapping based on volunteered geographic information in Kona, Hawaii. Master science thesis, university of southern California, 2013.

SHAHIDIAN, S.; GUIMARÃES; R.; RODRIGUES; C. Hidrologia Agrícola (Editores).2012: ICAAM- ECT Universidade de Évora. Disponível em <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/7224>> Acesso em Abril de 2014.

SOUZA, R.M.; SANTOS, I.; KOBİYAMA, M. O modelo SWAT como ferramenta para a gestão de recursos hídricos: avaliação de vazões de outorga na bacia hidrográfica do Altíssimo Rio Negro. In XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos (2009: Campo Grande) Campo Grande: ABRH, Anais, 2009.CD-rom. 14p.

Surfer. User's Guide. Golden Software Inc. USA. 1999. disponível em <[http://www.wi.zut.edu.pl/gis/Surfer\\_8\\_Guide.pdf](http://www.wi.zut.edu.pl/gis/Surfer_8_Guide.pdf)> Acesso em 17/05/2014

TUCCI, C. E. M. (Org). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997. 2ª ed.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. Cienc. Cult., São Paulo, v.55, n.4, Dec. 2003. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252003000400018&lng=en&nrm=iso](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400018&lng=en&nrm=iso)> Acesso em 3 de Março de 2014.

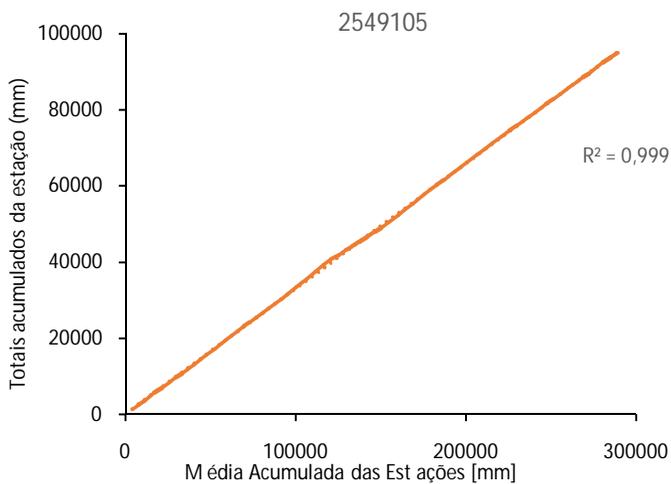
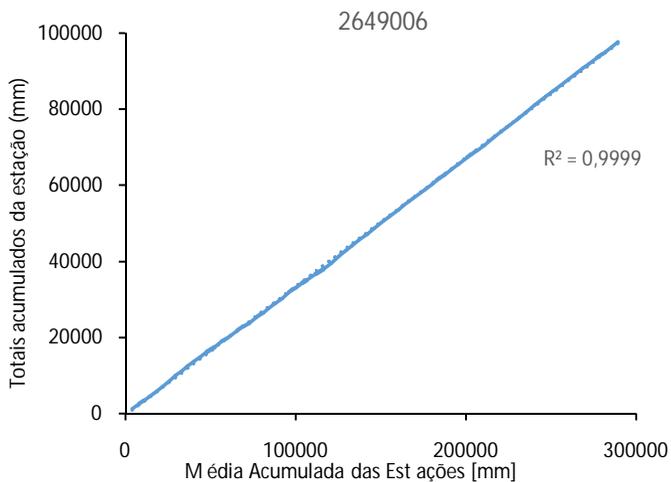
UDA, P. K. Avaliação da evapotranspiração real da bacia do alto Rio Negro, região sul brasileira, por meio do modelo SEBAL. Florianópolis: UFSC/CTC/ENS, 2012. 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina.

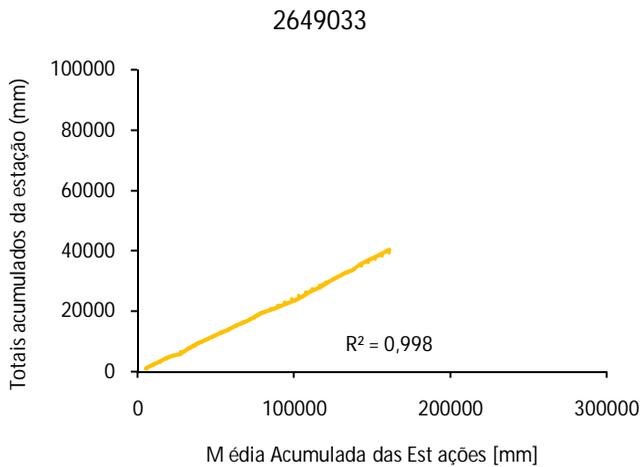
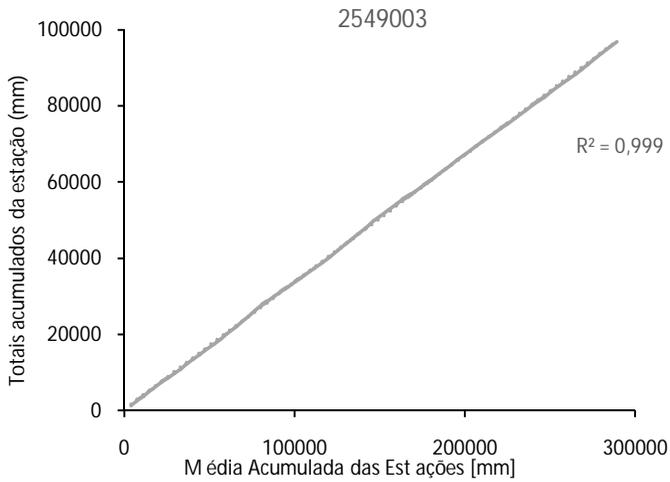
VAREJAO-SILVA, M. A. Meteorologia e Climatologia. 2006, Versão digital 2. 449p.

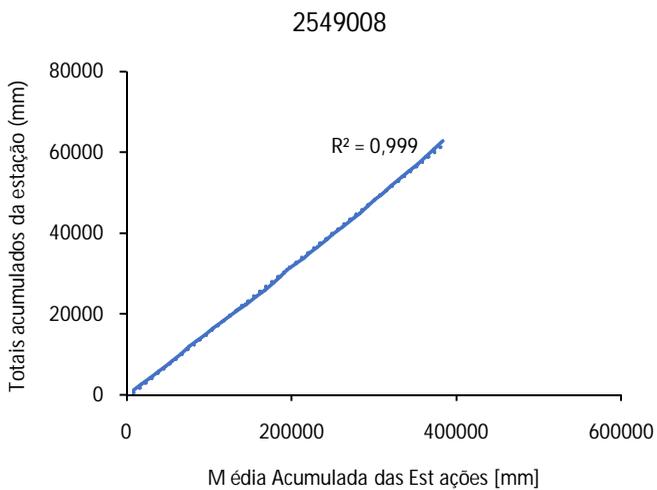
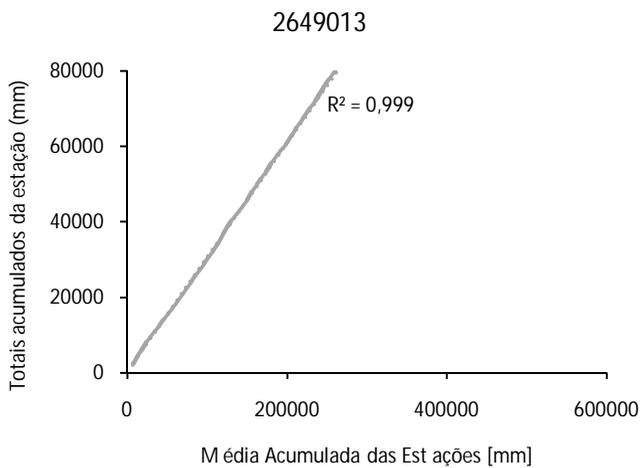
VIANELLO, R. L., ALVES, A. R., Meteorologia básica e aplicações. Viçosa UFV, 2000. 448p.

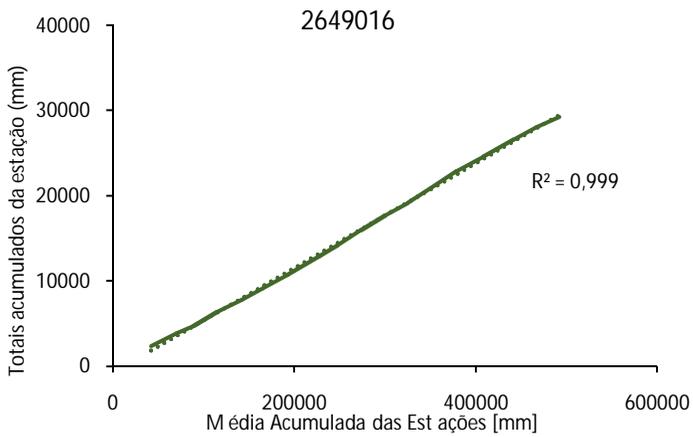
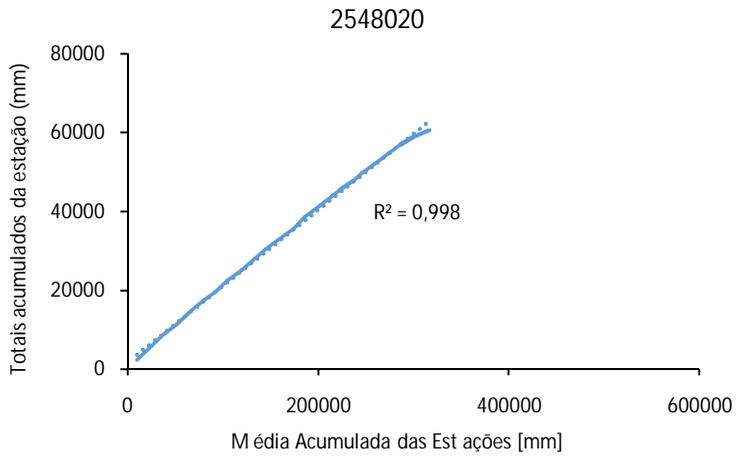
WORBOYS, Michael, DUCKHAM, Matt. GIS: a computing perspective. 448p. CRC Press, Florida. 2004. Disponível em <[http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=x4e2IVV0u9gC&oi=fnd&pg=PA1&dq=gis&ots=\\_sn7jgmm2c&sig=vIzLC6Nc\\_SBNtkBYqwxvIB16V-A#v=onepage&q=gis&f=false](http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=x4e2IVV0u9gC&oi=fnd&pg=PA1&dq=gis&ots=_sn7jgmm2c&sig=vIzLC6Nc_SBNtkBYqwxvIB16V-A#v=onepage&q=gis&f=false)> Acesso em 29 de Março de 2014.

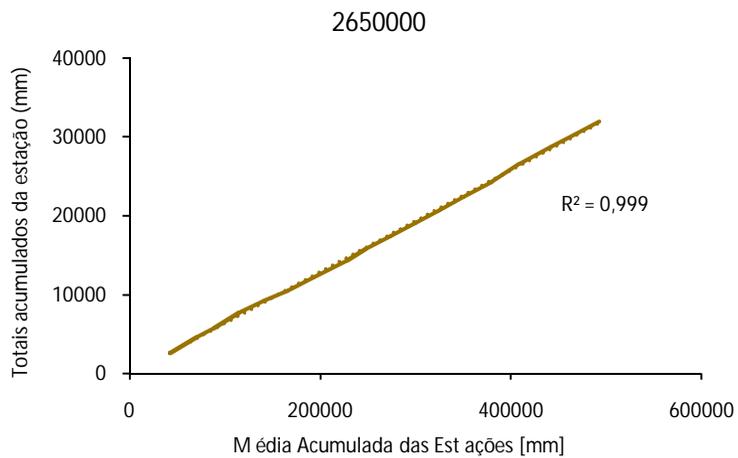
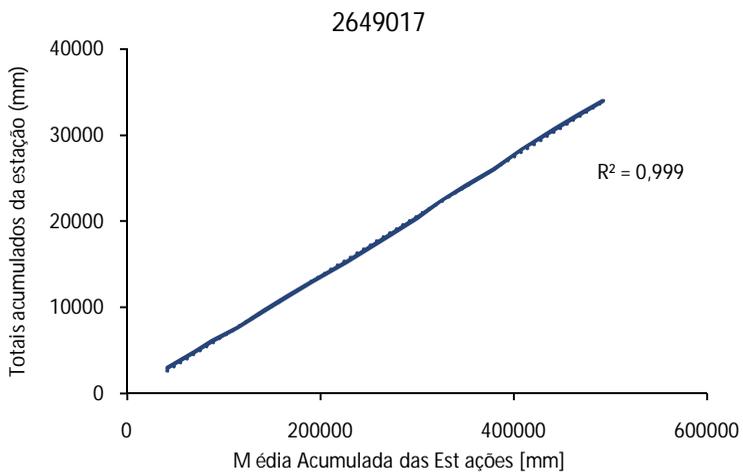
## 9. APÊNDICE A – GRÁFICOS DAS CURVAS DUPLA ACUMULATIVA DAS ESTAÇÕES UTILIZADAS NO ESTUDO

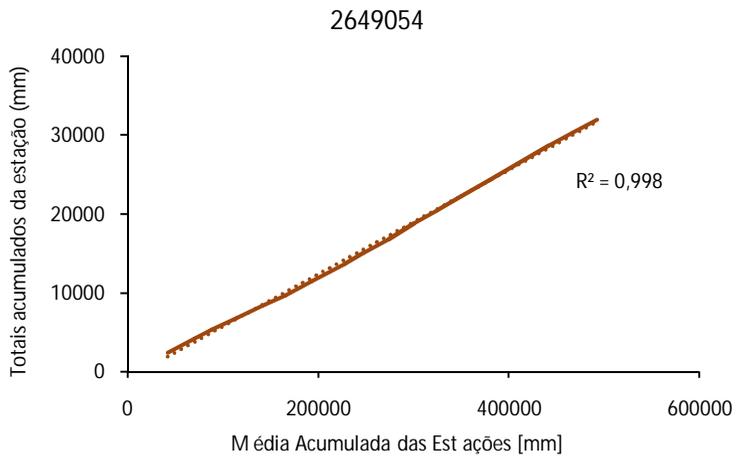
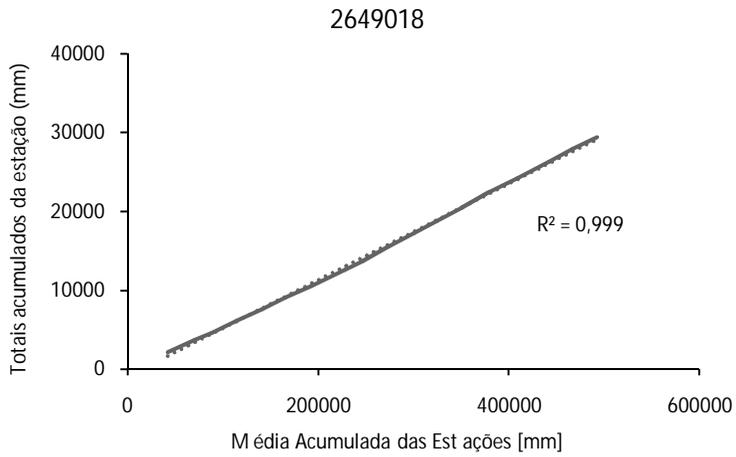


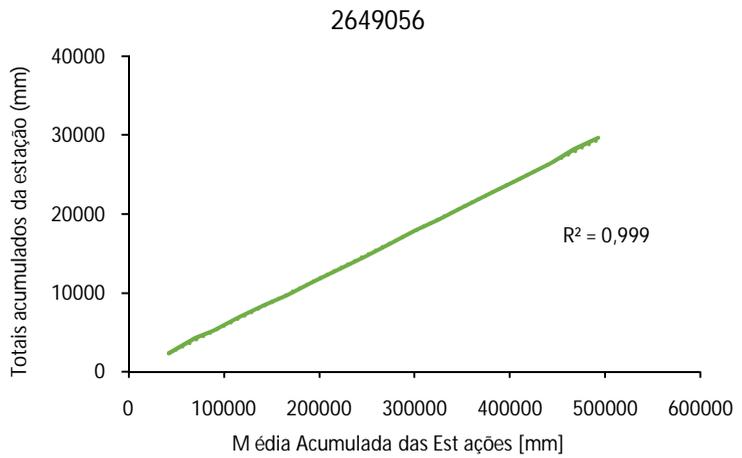
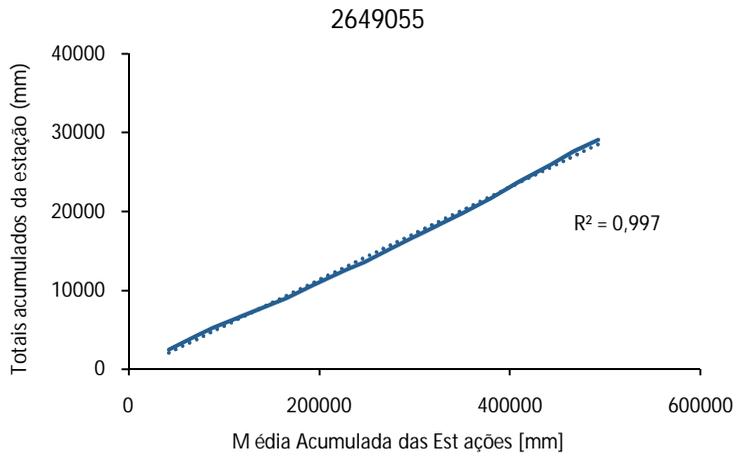


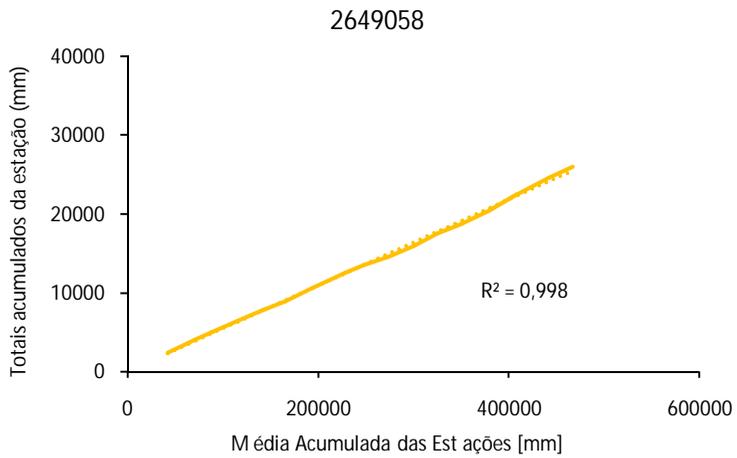
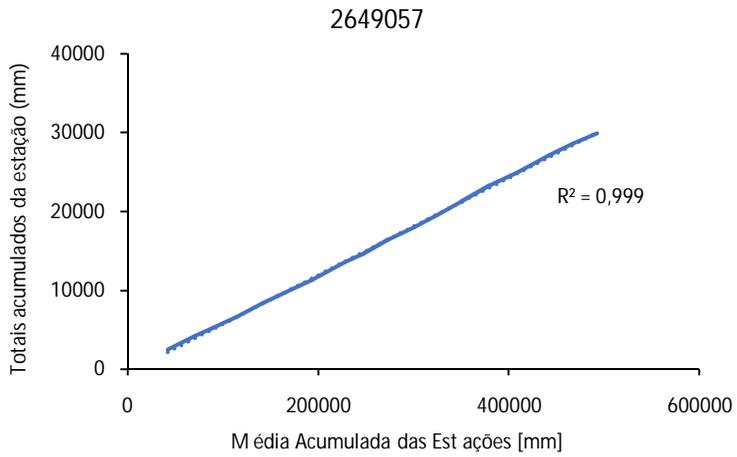


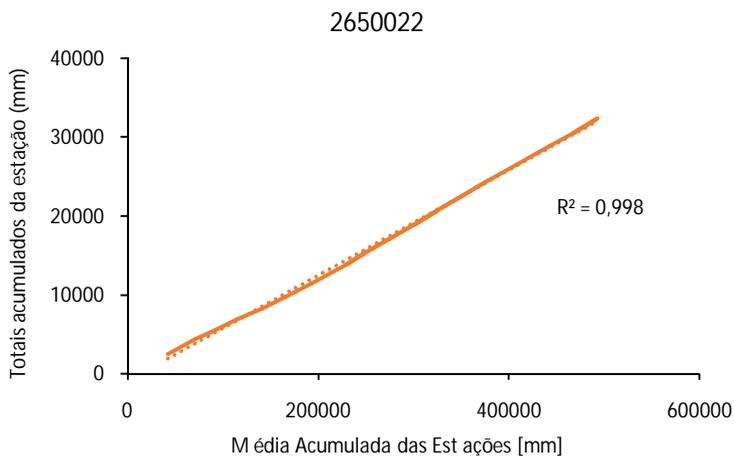
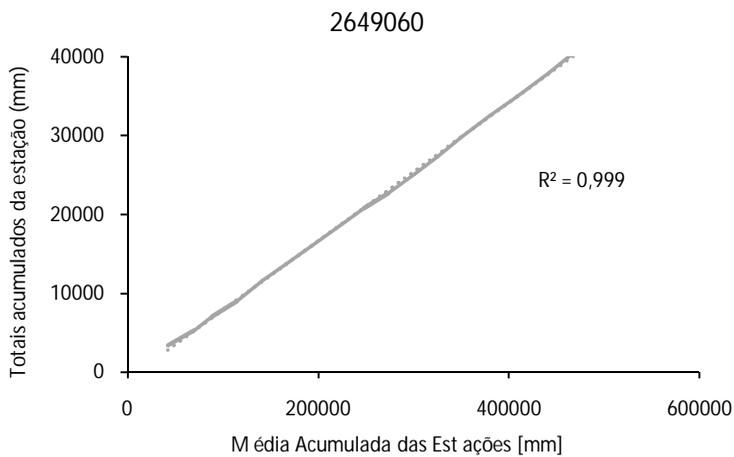












## 10. APÊNDICE B – ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS ESTAÇÕES UTILIZADAS NO ESTUDO

Tabela 10: Estatística descritiva das estações utilizadas no estudo, valores referentes à precipitação anual.

Estação		Pedra Branca do Araraquara	São Bento	Rio da Várzea dos Lima	Vossoroça	Doutor Pedrinho	Fragosos	Rio Negro	Rio Natal	Moema
Código		2548020	2549000 e 2549105	2549003	2549008	2649017	2649018	2649021 e 2649006	2649033	2649054
Média	mm/ano	2594	1405	1448	1606	1599	1529	1415	1300	1701
Mediana		2524	1354	1437	1580	1642	1526	1381	1308	1678
Mínimo		1440	876	964	1094	721	949	778	638	1026
Máximo		3978	2506	2140	2354	2974	2563	2259	1832	2432
Coef. de Variação		0,2	0,24	0,20	0,17	0,24	0,23	0,21	0,26	0,20
Desvio Padrão		526	333	289	280	388	347	301	336	344
Estação		Corredeira	Itaiópolis	Campo Alegre	Barra do Prata	Primeiro Salto do Cubatão	Salto Canoinhas	Iracema	Rio Preto do Sul	Corupá
Código		2649055	2649056	2649057	2649058	2649060	2650000	2650022	2649016	2649013
Média	mm/ano	1508	1566	1576	1514	2457	1650	1742	1471	1886
Mediana		1483	1592	1559	1515	2389	1636	1716	1452	1903
Mínimo		866	870	762	976	1729	833	987	845	1140
Máximo		2515	2301	2447	2378	3405	2595	2501	2312	3128
Coef. de Variação		0,25	0,20	0,22	0,22	0,20	0,21	0,21	0,22	0,22
Desvio Padrão		381	313	348	339	482	351	361	321	407

Tabela 11: Estatística descritiva das estações utilizadas no estudo, valores referentes à precipitação mensal.

<b>Pedra Branca do Araraquara</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2548020	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
<b>Mês</b>	<b>Janeiro</b>			<b>Julho</b>		
Média	71,1	346,6	20,8	39,2	135,5	10,3
Máxima	228,3	584,2		95,9	547,0	
Mínima		34,6			14,3	
Desvio Padrão	47,4	129,8	3,8	24,7	111,6	4,4
Coef. de Variação	0,67	0,37	0,18	0,63	0,82	0,43
<b>Mês</b>	<b>Fevereiro</b>			<b>Agosto</b>		
Média	71,1	308,7	17,6	38,1	125,6	10,3
Máxima	184,2	564,9		129,0	389,4	
Mínima		75,6			7,2	
Desvio Padrão	40,3	129,7	3,8	24,5	85,9	4,3
Coef. de Variação	0,57	0,42	0,22	0,64	0,68	0,41
<b>Mês</b>	<b>Março</b>			<b>Setembro</b>		
Média	71,5	317,5	18,7	54,1	213,7	14,7
Máxima	259,6	682,6		146,4	413,1	
Mínima		62,6			45,4	
Desvio Padrão	42,5	140,0	5,0	31,6	90,8	3,9
Coef. de Variação	0,59	0,44	0,27	0,58	0,42	0,27
<b>Mês</b>	<b>Abril</b>			<b>Outubro</b>		
Média	43,2	174,7	14,2	48,1	221,8	16,4
Máxima	124,1	546,9		141,3	509,6	
Mínima		30,3			51,9	
Desvio Padrão	27,8	111,2	4,6	25,6	108,5	4,6
Coef. de Variação	0,64	0,64	0,32	0,53	0,49	0,28
<b>Mês</b>	<b>Maió</b>			<b>Novembro</b>		
Média	44,6	142,9	11,6	52,3	229,0	16,3
Máxima	216,5	522,7		225,8	531,6	
Mínima		16,4			61,7	
Desvio Padrão	42,3	107,7	5,3	37,0	121,1	3,6
Coef. de Variação	0,95	0,75	0,45	0,71	0,53	0,22
<b>Mês</b>	<b>Junho</b>			<b>Dezembro</b>		
Média	41,9	121,8	9,7	53,2	261,5	19,1
Máxima	100,9	384,1		156,6	684,9	
Mínima		4,2			23,4	
Desvio Padrão	27,1	87,5	3,7	33,2	128,1	4,4
Coef. de Variação	0,65	0,72	0,38	0,62	0,49	0,23

<b>São Bento</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2549000 e 2549105	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
	Mês	Janeiro			Julho	
Média	46,8	164,0	11,9	36,7	98,8	6,4
Máxima	124,0	333,0		108,0	472,8	
Mínima		23,6			8,0	
Desvio Padrão	26,5	71,9	4,3	21,7	79,2	3,6
Coef. de Variação	0,57	0,44	0,36	0,59	0,80	0,56
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	42,9	155,5	11,4	32,1	88,7	5,9
Máxima	92,2	357,9		100,0	339,4	
Mínima		25,2			0,0	
Desvio Padrão	18,0	73,2	4,0	19,8	68,4	2,8
Coef. de Variação	0,42	0,47	0,35	0,62	0,77	0,48
Mês	Março			Setembro		
Média	38,9	120,3	9,2	38,2	126,1	8,1
Máxima	102,0	322,6		84,6	442,0	
Mínima		13,2			14,1	
Desvio Padrão	20,6	62,3	3,2	17,4	77,5	3,1
Coef. de Variação	0,53	0,52	0,35	0,46	0,61	0,38
Mês	Abril			Outubro		
Média	33,3	83,7	5,9	36,9	134,5	8,9
Máxima	104,0	346,2		80,0	282,6	
Mínima		6,0			18,1	
Desvio Padrão	20,6	61,3	2,7	14,5	60,0	3,1
Coef. de Variação	0,62	0,73	0,46	0,39	0,45	0,34
Mês	Maio			Novembro		
Média	40,1	103,2	6,2	34,6	108,5	7,8
Máxima	148,0	534,0		83,1	352,2	
Mínima		0,0			8,2	
Desvio Padrão	30,1	96,1	3,4	18,2	70,7	3,4
Coef. de Variação	0,75	0,93	0,55	0,53	0,65	0,43
Mês	Junho			Dezembro		
Média	36,5	103,8	6,7	39,4	136,7	9,2
Máxima	110,0	295,0		129,0	469,0	
Mínima		0,0			30,9	
Desvio Padrão	21,9	66,0	3,1	20,2	83,0	3,5
Coef. de Variação	0,60	0,64	0,46	0,51	0,61	0,38

<b>Rio da Várzea dos Lima</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2549003	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
<b>Mês</b>	<b>Janeiro</b>			<b>Julho</b>		
Média	43,1	181,6	14,1	35,0	97,6	7,9
Máxima	96,4	457,8		115,8	406,5	
Mínima		16,9			14,3	
Desvio Padrão	18,9	84,5	4,8	22,9	73,4	3,5
Coef. de Variação	0,44	0,46	0,34	0,65	0,75	0,45
<b>Mês</b>	<b>Fevereiro</b>			<b>Agosto</b>		
Média	44,1	160,9	13,0	31,5	86,3	7,0
Máxima	101,7	358,4		112,0	287,2	
Mínima		39,0			2,6	
Desvio Padrão	18,9	61,1	4,4	21,9	64,9	3,1
Coef. de Variação	0,43	0,38	0,34	0,69	0,75	0,44
<b>Mês</b>	<b>Março</b>			<b>Setembro</b>		
Média	39,9	124,2	11,9	38,3	127,4	9,4
Máxima	117,4	262,8		100,7	372,5	
Mínima		19,0			9,8	
Desvio Padrão	22,0	55,1	4,3	16,9	68,3	3,7
Coef. de Variação	0,55	0,44	0,36	0,44	0,54	0,39
<b>Mês</b>	<b>Abril</b>			<b>Outubro</b>		
Média	32,4	81,8	8,4	36,2	132,3	10,9
Máxima	108,7	238,8		94,0	287,4	
Mínima		0,0			45,0	
Desvio Padrão	22,2	55,1	3,7	16,0	57,6	3,5
Coef. de Variação	0,69	0,67	0,45	0,44	0,44	0,32
<b>Mês</b>	<b>Maior</b>			<b>Novembro</b>		
Média	34,3	91,5	8,0	32,3	108,5	9,7
Máxima	113,7	400,5		92,0	245,5	
Mínima		4,7			5,5	
Desvio Padrão	23,7	77,6	3,7	17,2	61,9	3,8
Coef. de Variação	0,69	0,85	0,46	0,53	0,57	0,39
<b>Mês</b>	<b>Junho</b>			<b>Dezembro</b>		
Média	37,2	105,4	8,5	45,4	153,5	11,5
Máxima	99,5	372,7		144,9	408,6	
Mínima		0,0			30,5	
Desvio Padrão	22,5	70,3	3,6	23,5	78,1	4,0
Coef. de Variação	0,61	0,67	0,43	0,52	0,51	0,35

<b>Vossoroça</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2549008	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	46,0	206,7	19,2	34,8	99,0	10,5
Máxima	83,8	412,9		98,7	426,8	
Mínima		41,8			8,9	
Desvio Padrão	19,7	85,5	3,6	22,9	76,5	3,9
Coef. de Variação	0,43	0,41	0,19	0,66	0,77	0,38
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	44,6	185,0	16,3	27,4	84,0	10,9
Máxima	89,8	370,9		58,4	258,5	
Mínima		52,2			6,4	
Desvio Padrão	17,8	69,3	4,5	14,6	55,8	3,4
Coef. de Variação	0,40	0,37	0,28	0,53	0,66	0,31
Mês	Março			Setembro		
Média	43,0	161,2	17,4	33,2	130,9	14,7
Máxima	116,8	318,0		72,4	307,2	
Mínima		48,6			31,3	
Desvio Padrão	21,1	64,7	4,7	16,1	62,0	3,5
Coef. de Variação	0,49	0,40	0,27	0,48	0,47	0,24
Mês	Abril			Outubro		
Média	31,2	96,6	12,8	36,1	160,0	17,2
Máxima	85,5	247,8		65,7	321,3	
Mínima		0,0			53,0	
Desvio Padrão	19,1	55,3	4,6	12,0	62,7	4,2
Coef. de Variação	0,61	0,57	0,36	0,33	0,39	0,24
Mês	Maio			Novembro		
Média	34,0	100,0	10,1	38,0	134,5	15,4
Máxima	113,6	365,0		196,8	411,1	
Mínima		7,2			28,2	
Desvio Padrão	22,6	79,8	4,3	29,6	78,5	4,0
Coef. de Variação	0,67	0,80	0,43	0,78	0,58	0,26
Mês	Junho			Dezembro		
Média	33,8	102,3	10,1	39,2	164,0	17,4
Máxima	91,7	267,1		98,4	395,5	
Mínima		8,8			24,0	
Desvio Padrão	19,9	63,8	3,8	16,5	68,6	4,2
Coef. de Variação	0,59	0,62	0,38	0,42	0,42	0,24

<b>Corupá</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2649013	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	55,7	251,4	14,9	36,0	120,9	8,0
Máxima	109,4	479,1		140,0	678,0	
Mínima		27,8			13,2	
Desvio Padrão	24,5	108,9	5,0	25,5	101,8	3,9
Coef. de Variação	0,44	0,43	0,34	0,71	0,84	0,49
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	50,9	216,4	13,6	36,4	109,1	7,1
Máxima	150,6	528,1		131,4	442,1	
Mínima		38,1			1,6	
Desvio Padrão	27,6	105,4	4,6	25,3	87,5	3,5
Coef. de Variação	0,54	0,49	0,33	0,69	0,80	0,49
Mês	Março			Setembro		
Média	43,0	180,9	12,9	42,7	162,4	10,2
Máxima	97,6	396,2		106,4	391,2	
Mínima		39,8			15,4	
Desvio Padrão	20,3	70,8	4,0	21,6	84,2	3,9
Coef. de Variação	0,47	0,39	0,31	0,51	0,52	0,38
Mês	Abril			Outubro		
Média	33,9	109,0	9,2	45,3	185,0	12,1
Máxima	93,0	321,8		111,7	446,7	
Mínima		0,0			41,8	
Desvio Padrão	19,9	69,3	3,5	20,7	76,1	4,4
Coef. de Variação	0,59	0,64	0,38	0,46	0,41	0,36
Mês	Maio			Novembro		
Média	37,3	110,0	7,9	39,3	149,3	10,5
Máxima	133,6	465,0		111,6	404,3	
Mínima		4,1			11,1	
Desvio Padrão	28,4	85,9	3,8	22,8	83,2	4,4
Coef. de Variação	0,76	0,78	0,49	0,58	0,56	0,42
Mês	Junho			Dezembro		
Média	36,3	104,5	7,6	47,3	181,7	12,0
Máxima	93,6	282,0		161,0	461,7	
Mínima		10,4			41,8	
Desvio Padrão	22,5	58,8	3,2	26,6	78,0	3,8
Coef. de Variação	0,62	0,56	0,42	0,56	0,43	0,32

<b>Rio Preto do Sul</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2649016	mm/dia	mm/mê s	dias/mês	mm/dia	mm/mê s	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	45,0	177,5	14,3	36,9	107,5	8,9
Máxima	93,6	407,0		115,5	488,7	
Mínima		18,5			5,0	
Desvio Padrão	20,4	88,1	4,4	23,9	84,3	4,0
Coef. de Variação	0,45	0,50	0,31	0,65	0,78	0,45
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	42,2	156,8	13,5	30,0	88,1	7,7
Máxima	145,0	411,0		91,2	303,8	
Mínima		10,8			2,0	
Desvio Padrão	23,2	70,8	4,0	19,1	67,8	3,6
Coef. de Variação	0,55	0,45	0,29	0,64	0,77	0,46
Mês	Março			Setembro		
Média	36,5	125,0	12,7	38,9	136,6	10,4
Máxima	100,3	311,4		94,5	347,3	
Mínima		30,4			12,5	
Desvio Padrão	15,5	63,4	4,4	18,6	73,8	3,5
Coef. de Variação	0,43	0,51	0,34	0,48	0,54	0,34
Mês	Abril			Outubro		
Média	34,8	86,7	9,3	37,9	143,9	11,9
Máxima	117,6	254,0		90,1	336,6	
Mínima		0,0			26,8	
Desvio Padrão	23,0	59,0	4,0	15,2	61,3	3,5
Coef. de Variação	0,66	0,68	0,43	0,40	0,43	0,29
Mês	Maio			Novembro		
Média	39,2	106,7	9,0	34,3	112,3	10,7
Máxima	160,0	536,1		82,2	291,0	
Mínima		9,9			9,4	
Desvio Padrão	28,1	96,6	4,5	19,2	68,3	3,3
Coef. de Variação	0,72	0,91	0,50	0,56	0,61	0,31
Mês	Junho			Dezembro		
Média	34,4	100,2	8,7	40,2	139,9	11,8
Máxima	81,2	297,6		81,4	334,1	
Mínima		5,6			20,9	
Desvio Padrão	17,5	57,4	3,6	17,4	72,9	4,1
Coef. de Variação	0,51	0,57	0,41	0,43	0,52	0,35

<b>Doutor Pedrinho</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2649017	mm/dia	mm/mê s	dias/mês	mm/dia	mm/mê s	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	43,5	188,7	17,2	38,1	116,0	10,4
Máxima	95,4	484,1		136,5	613,3	
Mínima		1,0			8,9	
Desvio Padrão	23,5	98,3	4,6	24,2	91,9	4,6
Coef. de Variação	0,54	0,52	0,27	0,64	0,79	0,45
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	40,4	178,9	16,5	32,5	106,3	10,1
Máxima	94,2	339,4		110,8	400,9	
Mínima		42,7			8,3	
Desvio Padrão	18,4	71,4	4,4	20,0	85,5	4,4
Coef. de Variação	0,46	0,40	0,27	0,62	0,80	0,44
Mês	Março			Setembro		
Média	37,7	141,7	15,2	41,1	152,9	13,8
Máxima	121,0	364,4		94,7	353,9	
Mínima		9,6			22,1	
Desvio Padrão	19,4	66,6	4,6	19,8	79,2	4,5
Coef. de Variação	0,51	0,47	0,30	0,48	0,52	0,33
Mês	Abril			Outubro		
Média	30,4	94,4	11,1	41,8	162,6	14,7
Máxima	69,2	217,4		160,0	398,9	
Mínima		0,0			44,4	
Desvio Padrão	16,3	49,4	4,2	24,7	76,4	4,4
Coef. de Variação	0,54	0,52	0,38	0,59	0,47	0,30
Mês	Maio			Novembro		
Média	36,0	98,1	9,5	33,2	122,7	12,7
Máxima	138,2	441,3		78,2	394,4	
Mínima		0,8			6,9	
Desvio Padrão	30,3	87,4	4,3	17,3	74,1	4,6
Coef. de Variação	0,84	0,89	0,46	0,52	0,60	0,36
Mês	Junho			Dezembro		
Média	35,0	98,6	9,4	41,3	146,0	14,0
Máxima	117,9	259,8		148,4	396,4	
Mínima		19,5			12,6	
Desvio Padrão	22,0	60,5	3,9	27,2	77,0	4,8
Coef. de Variação	0,63	0,61	0,41	0,66	0,53	0,35

<b>Fragosos</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2649018	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	46,3	189,3	17,7	38,9	114,6	11,1
Máxima	96,6	353,3		99,3	452,4	
Mínima		27,6			8,3	
Desvio Padrão	20,1	82,2	6,3	21,9	83,3	5,6
Coef. de Variação	0,43	0,43	0,36	0,56	0,73	0,50
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	47,5	179,7	16,0	32,2	90,1	9,4
Máxima	115,0	500,6		69,5	262,9	
Mínima		21,3			1,5	
Desvio Padrão	25,3	90,3	5,4	18,5	67,4	5,7
Coef. de Variação	0,53	0,50	0,34	0,57	0,75	0,61
Mês	Março			Setembro		
Média	34,2	121,3	15,4	40,6	132,2	12,6
Máxima	60,4	303,2		89,0	374,2	
Mínima		16,0			14,0	
Desvio Padrão	15,7	67,6	5,8	19,2	76,2	5,0
Coef. de Variação	0,46	0,56	0,38	0,47	0,58	0,40
Mês	Abril			Outubro		
Média	34,3	89,8	11,8	41,0	147,6	14,0
Máxima	104,0	388,1		88,4	292,0	
Mínima		0,0			41,7	
Desvio Padrão	22,1	71,0	5,9	17,3	59,0	4,6
Coef. de Variação	0,64	0,79	0,50	0,42	0,40	0,33
Mês	Maio			Novembro		
Média	36,3	100,8	12,3	38,5	121,7	13,2
Máxima	132,7	481,7		139,0	291,7	
Mínima		6,1			25,5	
Desvio Padrão	27,8	91,4	6,8	26,3	70,1	5,2
Coef. de Variação	0,77	0,91	0,55	0,68	0,58	0,39
Mês	Junho			Dezembro		
Média	41,4	118,0	12,1	41,3	148,6	15,0
Máxima	105,4	532,7		105,4	388,8	
Mínima		26,8			41,4	
Desvio Padrão	24,3	91,6	6,5	19,2	76,5	4,5
Coef. de Variação	0,59	0,78	0,54	0,46	0,51	0,30

RioNatal	Máxim a mensal	Total mensal	Dias de chuva por mês	Máxim a mensal	Total mensal	Dias de chuva por mês
2649033	mm/dia	mm/mê s	dias/mês	mm/dia	mm/mê s	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	42,8	160,0	10,0	29,2	88,8	6,6
Máxima	98,0	309,8		83,0	417,9	
Mínima		13,8			10,4	
Desvio Padrão	24,5	83,6	4,3	18,7	77,7	4,3
Coef. de Variação	0,57	0,52	0,43	0,64	0,88	0,65
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	36,2	157,6	11,7	32,1	97,6	6,8
Máxima	75,1	361,8		90,0	269,0	
Mínima		19,0			2,9	
Desvio Padrão	18,6	86,9	5,5	20,9	68,5	3,4
Coef. de Variação	0,51	0,55	0,47	0,65	0,70	0,50
Mês	Março			Setembro		
Média	36,7	135,0	11,1	34,2	110,8	8,8
Máxima	101,3	228,5		86,0	253,4	
Mínima		5,7			6,5	
Desvio Padrão	20,3	49,2	5,0	18,3	57,1	4,1
Coef. de Variação	0,55	0,36	0,45	0,53	0,52	0,47
Mês	Abril			Outubro		
Média	25,6	80,8	6,9	36,6	138,5	9,7
Máxima	93,0	241,0		85,0	275,1	
Mínima		1,2			4,0	
Desvio Padrão	17,7	54,4	3,6	17,5	66,7	4,3
Coef. de Variação	0,69	0,67	0,52	0,48	0,48	0,45
Mês	Maio			Novembro		
Média	35,0	88,0	6,8	34,8	117,7	8,6
Máxima	123,0	302,2		100,5	352,6	
Mínima		0,0			2,6	
Desvio Padrão	27,0	65,5	4,8	21,0	73,0	3,8
Coef. de Variação	0,77	0,74	0,70	0,60	0,62	0,44
Mês	Junho			Dezembro		
Média	27,0	82,1	7,2	37,6	121,2	8,4
Máxima	70,0	207,2		118,0	227,3	
Mínima		0,0			10,9	
Desvio Padrão	15,4	54,7	4,6	25,9	62,7	4,3

Moema	Máxim a mensal	Total mensal	Dias de chuva por mês	Máxim a mensal	Total mensal	Dias de chuva por mês
2649054	mm/dia	mm/mê s	dias/mês	mm/dia	mm/mê s	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	46,4	181,0	13,8	49,7	152,2	9,6
Máxima	136,6	433,4		115,2	665,9	
Mínima		21,6			6,2	
Desvio Padrão	23,1	94,4	4,6	24,3	111,9	4,5
Coef. de Variação	0,50	0,52	0,34	0,49	0,74	0,47
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	40,1	153,1	12,4	39,2	109,3	7,9
Máxima	170,0	343,6		126,4	369,5	
Mínima		21,2			8,6	
Desvio Padrão	29,0	77,2	3,8	25,8	86,4	3,6
Coef. de Variação	0,72	0,50	0,31	0,66	0,79	0,46
Mês	Março			Setembro		
Média	35,7	121,9	11,1	45,3	152,3	9,9
Máxima	72,8	283,2		128,6	392,7	
Mínima		21,4			7,0	
Desvio Padrão	19,1	69,4	4,2	24,8	92,3	3,7
Coef. de Variação	0,54	0,57	0,38	0,55	0,61	0,37
Mês	Abril			Outubro		
Média	33,8	96,3	8,7	44,7	168,2	11,8
Máxima	118,8	248,9		93,3	309,7	
Mínima		0,0			66,4	
Desvio Padrão	22,9	58,2	3,1	18,9	58,9	3,6
Coef. de Variação	0,68	0,60	0,36	0,42	0,35	0,31
Mês	Maio			Novembro		
Média	46,9	120,7	7,4	42,1	139,2	10,7
Máxima	147,2	496,9		91,0	289,6	
Mínima		3,2			30,8	
Desvio Padrão	33,1	105,6	3,6	15,5	61,5	3,9
Coef. de Variação	0,71	0,87	0,49	0,37	0,44	0,36
Mês	Junho			Dezembro		
Média	45,3	113,7	7,9	51,1	165,4	11,3
Máxima	127,6	279,7		200,8	362,6	
Mínima		19,6			28,2	
Desvio Padrão	29,2	70,8	3,6	34,3	82,2	3,4
Coef. de Variação	0,64	0,62	0,45	0,67	0,50	0,30

<b>Corredeira</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
2649055	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	44,5	176,2	13,4	42,8	128,8	8,6
Máxima	113,1	433,8		128,4	538,3	
Mínima		23,7			7,2	
Desvio Padrão	25,5	95,0	5,5	24,4	90,3	4,2
Coef. de Variação	0,57	0,54	0,41	0,57	0,70	0,49
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	37,3	147,6	12,1	32,8	101,5	6,4
Máxima	96,8	310,1		105,7	385,0	
Mínima		29,6			7,1	
Desvio Padrão	20,5	72,9	3,9	23,4	89,0	4,0
Coef. de Variação	0,55	0,49	0,32	0,71	0,88	0,62
Mês	Março			Setembro		
Média	29,1	108,6	10,9	36,8	133,3	9,9
Máxima	56,0	277,9		124,8	316,8	
Mínima		30,9			5,6	
Desvio Padrão	12,8	62,0	4,8	21,6	73,2	4,3
Coef. de Variação	0,44	0,57	0,44	0,59	0,55	0,44
Mês	Abril			Outubro		
Média	32,0	89,1	7,6	43,1	159,6	11,4
Máxima	97,4	239,7		93,0	353,3	
Mínima		2,3			51,8	
Desvio Padrão	21,0	61,1	3,8	18,6	75,5	4,1
Coef. de Variação	0,66	0,69	0,50	0,43	0,47	0,36
Mês	Maio			Novembro		
Média	38,2	112,4	8,0	31,1	121,1	10,2
Máxima	168,1	482,4		68,2	291,1	
Mínima		16,9			34,2	
Desvio Padrão	30,7	102,1	4,9	16,2	59,3	3,3
Coef. de Variação	0,80	0,91	0,61	0,52	0,49	0,32
Mês	Junho			Dezembro		
Média	36,8	103,4	7,8	39,4	151,9	11,8
Máxima	96,5	251,4		105,6	429,6	
Mínima		26,9			40,1	
Desvio Padrão	20,4	60,8	3,7	22,2	78,9	5,2
Coef. de Variação	0,55	0,59	0,47	0,56	0,52	0,44

<b>Itaiópolis</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2649056	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	42,2	165,6	15,3	46,8	134,4	10,8
Máxima	84,0	437,0		135,9	510,2	
Mínima		13,4			3,4	
Desvio Padrão	18,8	94,6	4,7	29,8	88,1	4,4
Coef. de Variação	0,44	0,57	0,31	0,64	0,66	0,40
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	44,8	149,1	14,2	34,3	101,5	8,4
Máxima	113,3	291,3		90,2	391,5	
Mínima		30,5			4,0	
Desvio Padrão	23,6	62,2	4,2	20,7	81,5	4,7
Coef. de Variação	0,53	0,42	0,29	0,60	0,80	0,55
Mês	Março			Setembro		
Média	33,9	113,5	12,5	40,3	134,3	10,9
Máxima	117,3	305,9		105,5	298,3	
Mínima		21,6			14,7	
Desvio Padrão	20,6	67,9	4,6	21,1	76,9	4,4
Coef. de Variação	0,61	0,60	0,37	0,52	0,57	0,41
Mês	Abril			Outubro		
Média	33,2	94,2	10,6	46,9	168,7	13,2
Máxima	98,0	240,8		90,6	328,1	
Mínima		0,0			65,6	
Desvio Padrão	22,6	58,8	3,5	20,2	63,8	3,9
Coef. de Variação	0,68	0,62	0,34	0,43	0,38	0,29
Mês	Maio			Novembro		
Média	45,2	116,4	9,9	33,6	119,8	11,8
Máxima	220,2	509,9		62,2	273,7	
Mínima		3,9			34,8	
Desvio Padrão	39,8	109,3	5,2	12,4	55,1	3,9
Coef. de Variação	0,88	0,94	0,52	0,37	0,46	0,33
Mês	Junho			Dezembro		
Média	41,7	113,6	10,2	46,0	168,5	13,0
Máxima	101,0	288,2		122,0	429,1	
Mínima		15,1			36,6	
Desvio Padrão	23,5	70,8	5,0	21,7	82,0	4,3
Coef. de Variação	0,56	0,62	0,50	0,47	0,49	0,33

<b>CampoAlegre</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2649057	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	45,8	194,3	16,5	39,4	120,3	8,8
Máxima	86,4	369,5		95,9	457,2	
Mínima		27,8			3,6	
Desvio Padrão	17,3	82,3	4,8	22,5	84,3	3,9
Coef. de Variação	0,38	0,42	0,29	0,57	0,70	0,45
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	44,3	172,9	14,7	32,4	92,4	7,3
Máxima	97,0	314,7		78,0	295,6	
Mínima		58,5			2,8	
Desvio Padrão	22,6	73,8	4,4	19,4	70,6	3,7
Coef. de Variação	0,51	0,43	0,30	0,60	0,76	0,51
Mês	Março			Setembro		
Média	32,5	121,5	13,2	39,6	135,5	10,9
Máxima	61,2	261,0		89,4	343,4	
Mínima		21,1			18,6	
Desvio Padrão	14,1	61,9	4,9	20,8	80,1	4,0
Coef. de Variação	0,43	0,51	0,37	0,52	0,59	0,36
Mês	Abril			Outubro		
Média	35,0	98,7	9,9	40,3	147,9	12,6
Máxima	78,7	255,5		76,8	319,4	
Mínima		7,5			47,7	
Desvio Padrão	19,4	59,9	4,2	15,4	59,5	3,8
Coef. de Variação	0,55	0,61	0,42	0,38	0,40	0,30
Mês	Maio			Novembro		
Média	36,0	109,7	9,5	34,8	124,7	11,8
Máxima	136,2	519,8		74,0	270,0	
Mínima		5,4			25,2	
Desvio Padrão	29,1	106,2	3,7	16,5	60,3	3,8
Coef. de Variação	0,81	0,97	0,39	0,47	0,48	0,32
Mês	Junho			Dezembro		
Média	41,6	107,4	8,3	43,6	163,3	13,6
Máxima	100,0	259,8		96,0	368,1	
Mínima		27,6			25,2	
Desvio Padrão	24,6	65,1	3,2	21,6	76,7	3,8
Coef. de Variação	0,59	0,61	0,38	0,49	0,47	0,28

<b>Barra do Prata</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2649058	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	41,8	156,0	10,9	41,2	136,4	7,6
Máxima	97,8	325,5		106,4	645,8	
Mínima		33,0			3,2	
Desvio Padrão	20,1	76,4	4,0	21,3	114,1	3,6
Coef. de Variação	0,48	0,49	0,37	0,52	0,84	0,48
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	40,0	143,9	10,6	32,5	92,7	5,5
Máxima	95,5	277,3		91,8	345,1	
Mínima		13,3			0,0	
Desvio Padrão	16,4	56,6	4,2	19,4	82,2	3,5
Coef. de Variação	0,41	0,39	0,40	0,60	0,89	0,64
Mês	Março			Setembro		
Média	33,8	108,8	7,9	42,3	134,5	8,2
Máxima	92,2	260,4		102,3	289,9	
Mínima		4,2			8,4	
Desvio Padrão	20,3	67,6	4,1	23,2	76,7	3,8
Coef. de Variação	0,60	0,62	0,51	0,55	0,57	0,46
Mês	Abril			Outubro		
Média	32,5	91,9	6,2	43,0	155,2	9,9
Máxima	92,0	240,3		98,0	353,8	
Mínima		0,0			34,7	
Desvio Padrão	21,3	61,9	2,8	20,9	74,0	3,9
Coef. de Variação	0,66	0,67	0,45	0,49	0,48	0,39
Mês	Maio			Novembro		
Média	41,5	109,8	6,7	32,0	113,2	8,7
Máxima	102,4	293,5		60,4	298,5	
Mínima		0,0			11,0	
Desvio Padrão	29,6	89,2	3,5	13,2	63,7	3,6
Coef. de Variação	0,71	0,81	0,53	0,41	0,56	0,42
Mês	Junho			Dezembro		
Média	40,8	105,2	6,6	47,9	151,1	9,7
Máxima	109,2	293,8		132,4	328,0	
Mínima		19,0			9,2	
Desvio Padrão	23,3	67,2	3,1	29,6	87,6	4,5
Coef. de Variação	0,57	0,64	0,46	0,62	0,58	0,47

<b>Primeiro Salto do Cubatão</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2649060	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	71,4	338,3	23,8	43,3	157,2	16,4
Máxima	158,0	754,3		153,0	463,7	
Mínima		78,8			22,4	
Desvio Padrão	36,1	156,4	3,8	30,9	102,9	6,3
Coef. de Variação	0,51	0,46	0,16	0,71	0,65	0,39
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	60,9	273,6	20,5	36,1	121,3	15,3
Máxima	168,6	568,5		89,0	396,8	
Mínima		61,9			8,7	
Desvio Padrão	37,6	131,0	4,2	21,1	96,2	6,2
Coef. de Variação	0,62	0,48	0,21	0,59	0,79	0,41
Mês	Março			Setembro		
Média	52,5	231,5	21,5	52,4	212,8	20,2
Máxima	118,5	637,3		97,7	409,1	
Mínima		74,2			59,0	
Desvio Padrão	29,2	114,5	4,2	25,0	92,3	4,0
Coef. de Variação	0,56	0,49	0,20	0,48	0,43	0,20
Mês	Abril			Outubro		
Média	38,0	148,1	18,0	47,3	228,0	21,8
Máxima	84,3	285,9		125,3	462,8	
Mínima		24,6			97,5	
Desvio Padrão	21,7	69,6	4,8	25,5	84,0	4,5
Coef. de Variação	0,57	0,47	0,27	0,54	0,37	0,21
Mês	Maio			Novembro		
Média	44,6	153,6	15,9	50,4	217,9	19,7
Máxima	119,6	526,8		135,3	706,6	
Mínima		16,4			68,6	
Desvio Padrão	31,0	123,5	6,6	24,7	119,5	4,7
Coef. de Variação	0,69	0,80	0,41	0,49	0,55	0,24
Mês	Junho			Dezembro		
Média	44,6	134,9	14,8	51,8	223,6	21,3
Máxima	108,0	295,0		149,4	369,9	
Mínima		25,1			69,8	
Desvio Padrão	28,4	77,3	6,0	27,6	76,3	3,5
Coef. de Variação	0,64	0,57	0,41	0,53	0,34	0,16

<b>Salto Canoinhas</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxim a mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2650000	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	43,7	163,3	11,4	40,4	121,2	6,9
Máxima	137,6	337,5		105,2	517,7	
Mínima		41,3			2,5	
Desvio Padrão	25,1	77,3	4,5	22,0	82,4	3,2
Coef. de Variação	0,57	0,47	0,39	0,54	0,68	0,46
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	42,6	155,6	10,5	34,4	112,7	6,5
Máxima	117,3	312,2		94,8	459,4	
Mínima		2,3			0,0	
Desvio Padrão	20,9	73,7	4,8	21,9	92,4	3,3
Coef. de Variação	0,49	0,47	0,45	0,64	0,82	0,50
Mês	Março			Setembro		
Média	40,1	127,4	8,8	47,7	158,1	8,8
Máxima	96,2	392,3		97,2	368,3	
Mínima		15,1			16,5	
Desvio Padrão	21,9	71,5	3,5	21,9	85,6	3,3
Coef. de Variação	0,55	0,56	0,40	0,46	0,54	0,38
Mês	Abril			Outubro		
Média	35,5	104,2	6,6	49,1	184,6	10,1
Máxima	100,2	308,2		100,4	649,1	
Mínima		0,0			62,4	
Desvio Padrão	24,1	77,9	3,4	21,1	107,8	3,5
Coef. de Variação	0,68	0,75	0,51	0,43	0,58	0,35
Mês	Maio			Novembro		
Média	42,6	125,0	6,2	38,3	128,2	8,4
Máxima	144,0	462,6		78,5	291,6	
Mínima		1,0			23,5	
Desvio Padrão	30,9	113,9	3,8	17,5	69,1	3,4
Coef. de Variação	0,72	0,91	0,61	0,46	0,54	0,40
Mês	Junho			Dezembro		
Média	45,8	130,0	7,1	40,0	152,4	10,0
Máxima	116,3	299,2		92,1	395,3	
Mínima		25,4			17,7	
Desvio Padrão	25,2	72,7	2,5	22,5	86,6	3,6
Coef. de Variação	0,55	0,56	0,35	0,56	0,57	0,36

<b>Iracema</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2650022	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
Mês	Janeiro			Julho		
Média	41,5	179,2	14,5	46,8	149,3	9,0
Máxima	92,2	326,0		103,6	697,2	
Mínima		24,3			4,7	
Desvio Padrão	20,0	80,1	3,9	25,6	123,4	3,9
Coef. de Variação	0,48	0,45	0,27	0,55	0,83	0,44
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	45,6	172,6	14,0	38,0	114,4	7,2
Máxima	78,8	325,8		112,0	398,2	
Mínima		61,2			6,2	
Desvio Padrão	19,2	70,6	3,9	24,5	97,5	3,8
Coef. de Variação	0,42	0,41	0,28	0,64	0,85	0,53
Mês	Março			Setembro		
Média	37,9	126,1	10,5	47,5	166,5	10,7
Máxima	73,8	275,4		103,6	340,5	
Mínima		45,5			27,6	
Desvio Padrão	16,7	64,3	3,7	20,8	88,9	3,5
Coef. de Variação	0,44	0,51	0,35	0,44	0,53	0,33
Mês	Abril			Outubro		
Média	35,6	110,4	8,7	45,5	184,7	12,3
Máxima	91,2	311,8		99,4	366,2	
Mínima		31,6			63,8	
Desvio Padrão	20,3	67,8	3,3	19,2	81,9	3,4
Coef. de Variação	0,57	0,61	0,38	0,42	0,44	0,28
Mês	Maio			Novembro		
Média	49,0	129,8	8,4	38,6	123,6	10,1
Máxima	151,0	492,2		78,4	242,7	
Mínima		2,3			35,3	
Desvio Padrão	36,5	113,2	4,2	16,7	53,3	3,3
Coef. de Variação	0,75	0,87	0,49	0,43	0,43	0,33
Mês	Junho			Dezembro		
Média	46,2	128,4	8,3	48,9	169,9	12,4
Máxima	106,2	302,6		118,6	373,2	
Mínima		13,1			34,4	
Desvio Padrão	25,3	71,6	3,2	28,4	91,2	4,0
Coef. de Variação	0,55	0,56	0,39	0,58	0,54	0,32

<b>Rio Negro</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>	<b>Máxima mensal</b>	<b>Total mensal</b>	<b>Dias de chuva por mês</b>
Código: 2649021 e 2649006	mm/dia	mm/mês	dias/mês	mm/dia	mm/mês	dias/mês
	Mês	Janeiro			Julho	
Média	41,4	167,8	14,8	32,0	93,5	10,7
Máxima	115,7	398,4		85,5	476,0	
Mínima		28,6			5,8	
Desvio Padrão	20,1	79,3	4,3	19,8	75,8	5,2
Coef. de Variação	0,48	0,47	0,29	0,62	0,81	0,48
Mês	Fevereiro			Agosto		
Média	41,7	152,7	14,3	30,5	92,5	9,8
Máxima	172,2	400,5		77,0	364,6	
Mínima		28,6			5,6	
Desvio Padrão	23,8	72,2	3,6	18,0	67,9	4,4
Coef. de Variação	0,57	0,47	0,25	0,59	0,73	0,45
Mês	Março			Setembro		
Média	36,2	120,8	12,7	38,3	126,1	11,1
Máxima	85,8	330,0		129,5	415,2	
Mínima		7,2			12,6	
Desvio Padrão	19,0	69,1	3,8	20,2	75,5	4,1
Coef. de Variação	0,52	0,57	0,30	0,53	0,60	0,37
Mês	Abril			Outubro		
Média	31,7	84,2	10,3	40,0	142,4	12,2
Máxima	112,4	280,0		101,4	319,1	
Mínima		2,4			24,2	
Desvio Padrão	22,2	58,2	4,1	19,3	67,8	3,6
Coef. de Variação	0,70	0,69	0,40	0,48	0,48	0,30
Mês	Maio			Novembro		
Média	38,5	100,5	11,3	36,7	108,8	10,2
Máxima	148,1	529,9		136,5	292,7	
Mínima		1,2			11,6	
Desvio Padrão	29,4	89,3	5,9	21,3	62,5	3,6
Coef. de Variação	0,76	0,89	0,52	0,58	0,57	0,35
Mês	Junho			Dezembro		
Média	35,6	103,5	11,9	39,1	140,1	11,8
Máxima	109,3	312,5		95,2	389,0	
Mínima		0,7			25,4	
Desvio Padrão	21,9	63,9	5,4	16,7	73,6	3,7
Coef. de Variação	0,62	0,62	0,45	0,43	0,53	0,31