

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,**  
**MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**ANÁLISE REGIONAL DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL**  
**DE PRECIPITAÇÕES SUB DIÁRIAS PARA O**  
**ESTADO DE MINAS GERAIS**

**Manoela Gomes de Braga Ferreira**

**Belo Horizonte**  
**2015**

**ANÁLISE REGIONAL DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL  
DE PRECIPITAÇÕES SUB DIÁRIAS PARA O  
ESTADO DE MINAS GERAIS**

**Manoela Gomes de Braga Ferreira**

Manoela Gomes de Braga Ferreira

**ANÁLISE REGIONAL DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL  
DE PRECIPITAÇÕES SUB DIÁRIAS PARA O  
ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Linha de pesquisa: Modelagem de processos hidrológicos

Orientador: Wilson dos Santos Fernandes

Belo Horizonte  
Escola de Engenharia da UFMG

2015

F383a	<p>Ferreira, Manoela Gomes de Braga.  Análise regional da distribuição temporal de precipitações sub diárias para o estado de Minas Gerais [manuscrito] / Manoela Gomes de Braga Ferreira. - 2015.  vii, 86 f.: il.</p> <p>Orientador: Wilson dos Santos Fernandes.</p> <p>Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.</p> <p>Anexos: f. 55-86.</p> <p>Bibliografia: f.51-54.</p> <p>1. Engenharia sanitária- Teses. 2. Recursos hídricos - Desenvolvimento - Teses. 3. Precipitação (Meteorologia) - Teses. I. Fernandes, Wilson dos Santos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 628(043)</p>
-------	---

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família pelo apoio incondicional em todas as etapas desse mestrado.

A Deus, sem O qual nada disso seria possível.

Ao André, pelo companheirismo de todas as horas.

Aos meus amigos, por tornarem essa trajetória mais leve e tranquila e pelas ajudas técnicas e motivacionais.

Ao meu orientador, professor Wilson, pelo apoio e pelas incontáveis horas dedicadas à concretização dessa dissertação.

## RESUMO

Nos projetos de estruturas hidráulicas, no planejamento de ocupação de planícies de inundação, bem como na proposição de medidas para atenuação dos prejuízos causados pelas cheias, necessita-se do conhecimento das vazões de projeto para o correto dimensionamento, planejamento e proposição das mesmas. Se tratando de pequenas bacias hidrográficas, a oferta de dados fluviométricos é bastante escassa, o que torna difícil a estimação das vazões de pico através da análise de frequência tradicional. Entretanto, em geral, se dispõe de dados pluviométricos, com séries históricas mais consistentes e extensas do que as fluviométricas. Dessa maneira, é bastante comum a utilização de métodos indiretos para estimação das vazões de pico, através de modelos hidrológicos de transformação chuva-vazão, utilizando-se hietogramas de projeto. Faz-se necessário conhecer a distribuição temporal de vazões para melhor dimensionamento de algumas estruturas. Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo estabelecer uma distribuição temporal de precipitações intensas de curta duração, para o estado de Minas Gerais.

O método utilizado compõe-se basicamente de duas etapas principais. Na primeira delas, é proposto um critério para determinação de eventos extremos de precipitação. Na segunda etapa, foram ajustadas curvas de distribuição logística a cada um dos eventos selecionados para o estudo, com o objetivo de se identificar parâmetros que proporcionem uma relação regional de precipitação para todo o estado de Minas Gerais. Nos resultados pôde ser observada a distribuição temporal de precipitações de curta duração criada para o estado, bem como são feitas comparações da curva encontrada com outras curvas de distribuição temporal usualmente utilizadas em Minas Gerais. Não foi possível identificar uma relação regional para todo o estado.

## ABSTRACT

Considering hydraulic structure projects, flood plains occupancy planning and measure proposals for mitigating the damage caused by floods, it is necessary to acknowledge the design flow in order to make a correct dimension, plan and proposal of them. In regards of small watersheds, there is a shortage of runoff data, making it difficult to estimate peak flows through the traditional frequency analysis. However, in general, the historical series of rainfall data is more extended and consistent than runoff data. Therefore it is quite common to use indirect methods to estimate peak flows through hydrological models of rainfall-runoff transformation, by using project hyetographs. Knowing the temporal flow distribution is necessary to better design hydraulic structures. In this context, this paper aims to establish a rainfall temporal distribution to the Brazilian state of Minas Gerais.

The methodology presented in this study consists basically in two main steps. The first step of greater relevance shows a proposal of a method for determination of extreme precipitation events. The second main step demonstrates the adjustment of logistic distribution curves of each selected event, in order to identify parameters that provide a regional relationship of rainfall for the entire state of Minas Gerais. At the results, it is possible to observe a temporal distribution created for the whole state, as well as comparisons amongst other frequently used methods for temporal distribution. It was not possible to identify one regional relationship for the entire state in matter.

# SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	V
LISTA DE TABELAS .....	VI
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS .....	VII
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
3.1 DIFERENTES TIPOS DE HIETOGRAMAS .....	4
3.1.1 <i>Introdução</i> .....	4
3.2 DETERMINAÇÃO DE EVENTOS EXTREMOS .....	6
3.2.1 <i>Separação intereventos</i> .....	7
3.2.2 <i>Determinação do início e fim de um evento</i> .....	8
3.2.3 <i>Determinação de volume mínimo ou intensidade mínima de precipitação</i> .....	9
3.2.4 <i>Determinação de duração mínima do evento</i> .....	9
3.3 DIFERENTES TIPOS DE FORMAÇÃO DE EVENTOS EXTREMOS .....	10
3.4 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA CHUVA .....	12
3.5 MODELOS DE DISCRETIZAÇÃO TEMPORAL DE PRECIPITAÇÕES .....	13
3.5.1 <i>Modelo normal</i> .....	13
3.5.2 <i>Modelo de crescimento logístico</i> .....	14
3.6 MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DE VARIÁVEIS CLIMÁTICAS.....	14
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>17</b>
4.1 DADOS PLUVIOGRÁFICOS E SUAS CARACTERÍSTICAS .....	17
4.2 DETERMINAÇÃO DOS EVENTOS A SEREM ESTUDADOS .....	18
4.3 AJUSTE DE MODELOS MATEMÁTICOS .....	22
4.4 SEPARAÇÃO DOS EVENTOS EM FAIXAS DE INTENSIDADE .....	25
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS POSTOS PLUVIOGRÁFICOS .....	26
5.2 SELEÇÃO E ANÁLISE DOS EVENTOS .....	29
5.3 CONSTRUÇÃO DE CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL PARA O ESTADO DE MINAS GERAIS .....	34
5.4 COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS ENCONTRADOS.....	36
5.5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS PARÂMETROS .....	41
5.6 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS PARÂMETROS ENCONTRADOS.....	44
<b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>48</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>
<b><u>APÊNDICES</u>.....</b>	<b>55</b>
<b><u>APÊNDICE I</u> .....</b>	<b>56</b>
<b><u>APÊNDICE II</u>.....</b>	<b>77</b>
<b><u>APÊNDICE III</u> .....</b>	<b>82</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1:</b> Relação dos percentuais acumulados de precipitação com o percentual acumulado do tempo para o 1º quartil.....	5
<b>Figura 3.2:</b> Estações com registros de chuvas maiores ou iguais a 100 mm e 150 mm em 24h .....	12
<b>Figura 4.1:</b> Série original contendo todos os eventos de um posto pluviográfico.....	19
<b>Figura 4.2:</b> Série após seleção de eventos com intensidade superior a 0,085 mm/min .....	19
<b>Figura 4.3:</b> Separação de eventos independentes adotando o período mínimo de 6 horas consecutivas sem precipitação.....	19
<b>Figura 4.4:</b> Determinação de início e fim dos eventos de acordo com intensidades mínimas médias.....	20
<b>Figura 4.5:</b> Definição de duração mínima de 10 minutos para seleção dos eventos .....	20
<b>Figura 4.6:</b> Definição de volume total mínimo igual a 5 mm para seleção dos eventos .....	21
<b>Figura 4.7:</b> Seleção de subeventos nos eventos longos encontrados no estudo .....	21
<b>Figura 4.8:</b> Fluxograma de processo de separação de eventos .....	22
<b>Figura 4.9:</b> Determinação de <i>outliers</i> para seleção final dos eventos .....	25
<b>Figura 5.1:</b> Localização dos postos pluviográficos .....	27
<b>Figura 5.2:</b> Exemplo de hietograma de evento aceito .....	29
<b>Figura 5.3:</b> Exemplo de evento aceito ajustado ao modelo logístico .....	29
<b>Figura 5.4:</b> Exemplo de hietograma de evento rejeitado.....	30
<b>Figura 5.5:</b> Exemplo de evento rejeitado, não ajustado a nenhum dos modelos .....	30
<b>Figura 5.6:</b> Distribuição temporal da precipitação para as classes III, IV, V e VI.....	35
<b>Figura 5.7:</b> Comparação dos valores de precipitação acumulada em função do tempo de cada classe com os resultados de Huff para o 1º quartil .....	36
<b>Figura 5.8:</b> Comparação dos valores de precipitação acumulada em função do tempo de cada classe com os resultados de Huff para o 2º quartil .....	37
<b>Figura 5.9:</b> Comparação dos valores de precipitação acumulada em função do tempo de cada classe com os resultados de Huff para o 3º quartil .....	37
<b>Figura 5.10:</b> Comparação dos valores de precipitação acumulada em função do tempo de cada classe com os resultados de Huff para o 4º quartil.....	38
<b>Figura 5.11:</b> Comparação da distribuição temporal elaborada para o estudo em questão com o estudo realizado por Pinheiro e Naghettini (1998).....	40
<b>Figura 5.12:</b> Variação do parâmetro $\alpha$ mediano em todos os postos estudados .....	42
<b>Figura 5.13:</b> Variação do parâmetro $\beta$ mediano em todos os postos estudados.....	43
<b>Figura 5.14:</b> Variação da precipitação adimensional em relação ao parâmetro $\alpha$ .....	44
<b>Figura 5.15:</b> Variação da precipitação adimensional em relação ao parâmetro $\beta$ .....	44
<b>Figura 5.16:</b> Valores de $\alpha$ medianos para cada posto pluviográfico para todos os eventos....	45
<b>Figura 5.17:</b> Valores de $\beta$ medianos para cada posto pluviográfico para todos os eventos ....	46
<b>Figura 5.18:</b> Valores de $\alpha$ medianos médios interpolados através do método da krigeagem .	47
<b>Figura 5.19:</b> Valores de $\beta$ medianos médios interpolados através do método da krigeagem .	47

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 4.1-</b> Classes de intensidades de eventos.....	26
Tabela 5.1: Características dos postos pluviográficos selecionados .....	27
<b>Tabela 5.2-</b> Parâmetros médios para todos os eventos estudados .....	32
<b>Tabela 5.3-</b> Parâmetros médios para eventos da Classe III .....	32
<b>Tabela 5.4-</b> Parâmetros médios para eventos da Classe IV .....	32
<b>Tabela 5.5-</b> Parâmetros médios para eventos da Classe V .....	33
<b>Tabela 5.6-</b> Parâmetros médios para eventos da Classe VI.....	33
<b>Tabela 5.7-</b> Valores médios* de $\alpha$ e $\beta$ e A para cada classe .....	34
<b>Tabela 5.8-</b> Valores de precipitação adimensional em função do tempo para cada classe .....	34
<b>Tabela 5.9-</b> Parâmetros médios para todos os eventos das classes IV, V e VI.....	35
<b>Tabela 5.10-</b> Valores de $\alpha$ e $\beta$ medianos médios e A para todos os eventos .....	39
<b>Tabela 5.11-</b> Comparação dos valores de precipitação adimensional em função do tempo para todos os eventos obtidos nesse estudo com os valores encontrados por Pinheiro e Naghettini (1998) .....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AIQ	Amplitude Inter-Quartis
ANA	Agência Nacional de Água
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
dmin	Duração mínima
EUA	Estados Unidos da América
GNU	General Public License
HIDRO	Sistema de Informações Hidrológicas
IDF	Intensidade- Duração – Frequência
IMMF	Intensidade mínima média final
IMMI	Intensidade mínima média inicial
MIT	Tempo mínimo entre eventos
pmin	Volume total mínimo
pnrain	Porcentagem do tempo total sem chuva
QGIS	QuantumGis
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
SIG	Sistema de Informações Geográficas
T	Período de retorno em anos
ZCAS	Zonas de Convergência do Atlântico Sul

# 1 INTRODUÇÃO

Nos projetos de estruturas hidráulicas, no planejamento de ocupação de planícies de inundação bem como na proposição de medidas para atenuação dos prejuízos causados pelas cheias necessita-se do conhecimento das vazões de projeto para o correto dimensionamento, planejamento e proposição das mesmas. A partir de estimativas mais realistas e consistentes das vazões de uma certa região, pode-se evitar o subdimensionamento das obras hidráulicas, bem como o superdimensionamento, evitando custos desnecessários.

Se tratando de pequenas bacias hidrográficas, a oferta de dados fluviométricos geralmente é bastante escassa, o que torna difícil a estimação das vazões de pico através da análise de frequência tradicional.

Entretanto, em geral, se dispõe de dados pluviométricos, com séries históricas mais consistentes e extensas do que as fluviométricas. Dessa maneira, é bastante comum a utilização de métodos indiretos para estimação das vazões de pico, através de modelos hidrológicos de transformação chuva-vazão. Esses modelos, em sua maioria, representam a parcela do ciclo hidrológico entre a precipitação e o escoamento superficial.

A entrada de dados de precipitação nos modelos de transformação chuva-vazão se dá através de hietogramas de projeto. Segundo Pinheiro (1997), os hietogramas de projeto são formas gráficas de representação das intensidades de precipitação ao longo de sua duração.

Entre os vários métodos de transformação chuva-vazão existentes, pode-se destacar o Método Racional e o Método do Hidrograma Unitário. O Método Racional é aplicado essencialmente para o cálculo de uma vazão de pico e a na sua forma clássica não resulta em um hidrograma. Não há qualquer referência quanto a sua distribuição temporal. Segundo Pinheiro (2011), esse método tem como limitação a aplicabilidade para pequenas bacias hidrográficas, com área de drenagem até 1,0 km<sup>2</sup>. Entretanto, existem adaptações para aplicações em bacias com áreas de até 10 km<sup>2</sup>.

O Método do Hidrograma Unitário resulta, além da vazão de pico, em uma distribuição temporal das vazões. Este fato é uma das principais vantagens do Método do Hidrograma Unitário em detrimento do Método Racional. De acordo com Pinheiro (2011), como existe a

possibilidade de adaptação do Método Racional para bacias de até 10 km , recomenda-se a aplicação do Método do Hidrograma Unitário para as bacias maiores, sempre que o interesse estiver focado na vazão de pico. Quando for necessária a determinação do hidrograma de cheias para dimensionamento de bacias de retenção , por exemplo, o método deve ser aplicado para quaisquer bacias, com  $A > 1,0$  km .

Em certos projetos de drenagem e obras hidráulicas é necessário saber mais que o valor do pico de vazão. Em estudos feitos para determinação de manchas de inundação na ruptura de um reservatório, no dimensionamento de bacias de retenção, na operação de vertedores em uma cheia, por exemplo, é necessário saber a evolução temporal de vazões., não somente seu máximo.

Além disso, no contexto global e regional das alterações ambientais existe uma necessidade para análise sistemática da ocorrência dos eventos de chuva sub-diários, incluindo sua distribuição temporal que pode ser utilizada de forma eficaz na detecção e compreensão das alterações ambientais ( HAYLOCK E NICHOLLS, 2000).

Nesse contexto, associado à escassez de dados fluviométricos, sobretudo aqueles sub-diários, reside a importância de se estabelecer um hietograma de projeto para o estado de Minas Gerais.

O corpo da presente dissertação encontra-se dividido em 5 capítulos, além deste de introdução. No Capítulo 2, são mencionados os objetivos geral e específicos. No capítulo 3 é apresentada a revisão bibliográfica, contendo os seguintes tópicos: (1) diferentes tipos de hietogramas; (2) determinação de eventos extremos; (3) diferentes tipos de formação de eventos extremos; (4) distribuição espacial da chuva; (5) modelos empíricos de distribuição temporal das precipitações; e (6) métodos de caracterização espacial de variáveis climáticas . No Capítulo 4 são descritas as etapas metodológicas realizadas ao longo do trabalho, como a determinação dos eventos a serem estudados, bem como o ajuste de modelos aos eventos selecionados. No capítulo 5 são apresentados os resultados encontrados após a aplicação da metodologia e são discutidas as validades dos mesmos. No Capítulo 6 encontram-se as conclusões do trabalho e as recomendações para trabalhos futuros.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 *Objetivo geral***

O objetivo geral desta pesquisa é estabelecer um padrão de distribuição temporal de eventos extremos de precipitação no estado de Minas Gerais.

### **2.2 *Objetivos específicos***

- Construção de curvas de distribuição temporal de precipitações intensas de curta duração para postos pluviográficos no estado de Minas Gerais;
- Comparação das curvas de distribuição temporal de precipitação encontradas com distribuições usualmente utilizadas no estado de Minas Gerais.
- Encontrar uma distribuição temporal, adimensional, regional de precipitação para a região em análise;

## 3 REVISÃO DA LITERATURA

### 3.1 Diferentes tipos de hietogramas

#### 3.1.1 Introdução

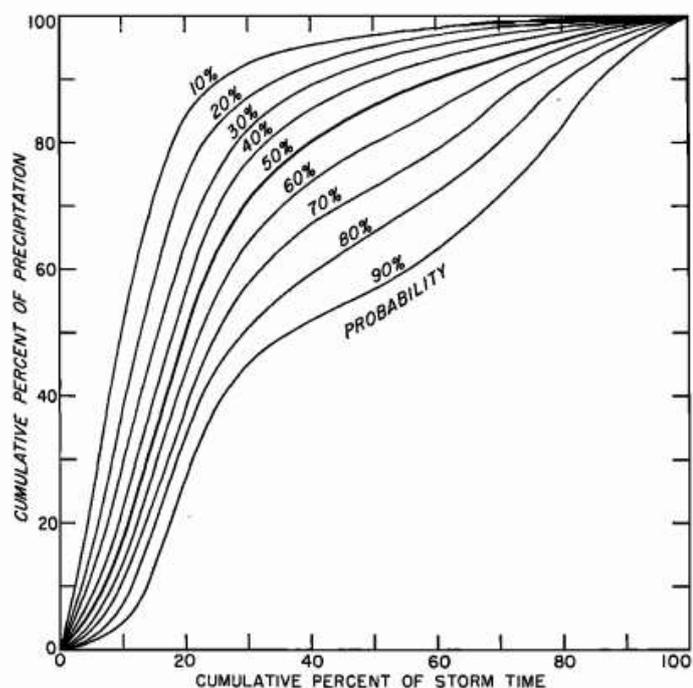
A escolha do hietograma tem forte influência na forma e no valor do pico dos hidrogramas. Existem vários métodos para determinação dos hietogramas de projeto citados na literatura, como o método de Huff (HUFF, 1967), o método dos blocos alternados, o método de Chicago, o método do hidrograma triangular proposto por Yen e Chow (1980) e o método de Pilgrim e Cordery (PILGRIM e CORDERY, 1975). Na sequência é dada uma descrição introdutória sobre alguns desses métodos.

##### 3.1.1.1 Método de Huff

Uma das formulações mais utilizadas para discretização temporal de chuvas foi a proposta por Huff (1967). Huff, estudou 11 anos de dados de 49 pluviógrafos em uma área de aproximadamente 1000 quilômetros quadrados localizados no estado de Illinois, região central dos Estados Unidos.

Através dessas informações, Huff (1967) observou que a maior parte dos picos de chuva ocorria em uma pequena parte da duração total da precipitação, independentemente da duração da tempestade e da área média de precipitação. Dessa maneira, ele classificou as tempestades em 4 grupos, dependendo se o pico de chuva ocorreu no primeiro, segundo, terceiro ou quarto quartil do período total de chuva. Após essa classificação foram criadas curvas que relacionam os percentuais acumulados de precipitação com o percentual acumulado do tempo, como pode ser visto na **Figura 3.1** abaixo.

A validade deste trabalho, entretanto, depende da homogeneidade climática das regiões envolvidas, visto que, as curvas apresentadas não foram submetidas a relações matemáticas exatas, mas sim aproximadas a parâmetros hidrometeorológicos, como a utilização de mapas climáticos para determinação do tipo de precipitação e mapas isoietais. Assim, em regiões de climas e fisiografias similares, essa relação pode ser usada para estimar as distribuições temporais em áreas urbanas de 25 a 1000 quilômetros quadrados e em pequenas bacias rurais.



**Figura 3.1:** Relação dos percentuais acumulados de precipitação com o percentual acumulado do tempo para o 1º quartil

Fonte: HUFF, 1967.

### 3.1.1.2 Método dos Blocos Alternados

Esse método consiste em, determinar as intensidades médias de precipitação para as diversas durações até a duração total. Essas intensidades são transformadas em alturas de chuvas e são calculados os incrementos dos totais acumulados de precipitação. Os incrementos entre um valor acumulado e outro são rearranjados de forma que o maior valor se localize no centro da duração total de chuva e os demais em ordem decrescente, um a direita e o outro a esquerda do bloco central.

Um dos problemas desse método, segundo Bedient e Huber (2002), é a utilização de intensidades médias no período especificado, não representando a série histórica real de precipitação, o que poderia gerar resultados que subestimam ou superestimam as precipitações em uma determinada região.

### 3.1.1.3 Método de Chicago

O método de Chicago foi proposto por Keifer e Chu (1957) citado em Pinheiro (1997). Esse método utiliza as curvas IDF (intensidade-duração-frequência) do local e distribui temporalmente a precipitação com base em um hietograma cujo pico é localizado segundo um parâmetro  $\gamma$ . O parâmetro  $\gamma$  representa o fator de posicionamento do pico que caracteriza a

distribuição temporal da precipitação. Considerando as diferentes possibilidades de distribuição temporal, a incerteza da precipitação é introduzida através da distribuição estatística do parâmetro  $\gamma$ .

O hietograma padrão representa uma chuva intensa de certa duração, como parte de uma chuva de longa duração. Os fatores mais importantes que caracterizam a distribuição temporal nesse método são:

- Volume de precipitação que cai durante o período de chuva intensa;
- Precipitação antecedente;
- Localização do pico de intensidade máxima- o método considera que independente da duração da chuva, existe um pico que divide o hidrograma em dois setores: intensidades crescentes e decrescentes.

O problema desse método é o mesmo do método dos blocos alternados, citado por Bedient e Huber (2002). Como são utilizados dados médios de intensidade e não a série histórica real de precipitação, pode-se gerar valores de precipitação subestimados ou superestimados.

### **3.2 Determinação de eventos extremos**

Um dos componentes mais importantes no processo de geração de hietogramas é a separação dos eventos extremos de chuva observada. Os problemas em separar eventos de uma precipitação contínua são: definir o tamanho dos períodos sem chuva que tornam dois eventos independentes e estabelecer critérios para se determinar o que é um evento extremo e o que não é.

No presente item é feita uma revisão bibliográfica contemplando alguns critérios utilizados na seleção e determinação de eventos de chuva. Tais critérios podem ser adotados em conjunto, ou individualmente. O resultado dependerá da amostra a ser estudada.

- Separação inteventos;
- Determinação do início e fim de um evento;
- Determinação de uma altura mínima de chuva para o evento;
- Determinação de duração mínima para o evento.

### 3.2.1 Separação inteventos

Na maioria dos estudos que apresentam dados de eventos de chuva e demonstram como esses eventos foram identificados, é fixado um período sem precipitação, responsável por determinar a independência de um evento de outro. Eventos separados anteriormente ou posteriormente por esse período sem precipitação são considerados eventos independentes.

De acordo com Dukerley (2008), em grande parte dos trabalhos realizados para determinação de eventos de precipitação, o valor do período de separação inteventos varia de 3 min a 24h. Os valores de 6 a 8 horas são amplamente adotados.

No estudo de Huff (1967) os eventos extremos foram determinados como sendo aqueles separados anteriormente ou posteriormente por um período de 6 horas ou mais sem precipitação.

Azli e Rao (2010) realizaram um estudo de distribuição temporal de chuvas para a Península da Malásia. Para a determinação da independência dos eventos utilizados no estudo, Azli e Rao (2010) citam apenas que eventos separados por um longo período seco foram considerados como independentes, não estabelecendo uma duração específica sem chuvas.

No estudo realizado por Molin *et al.* (1996) para a cidade de Pelotas, foi utilizado o mesmo critério de independência proposto por Huff (1967) para individualização da chuva, ou seja, o período mínimo sem precipitações utilizado na separação dos eventos foi de 6 horas.

Powell *et al.* (2007) apresentaram em seu estudo uma metodologia para desenvolver padrões adimensionais de precipitação para o estado da Carolina do Sul, EUA. A separação de eventos representou o maior problema na obtenção do padrão adimensional da precipitação. O período de tempo adotado nesse estudo para a separação inteventos foi de 4 horas.

Bracken *et al.* (2008), utilizaram o período de separação inteventos igual a 12 horas, com o objetivo de reduzir o impacto da umidade antecedente do solo em casos de escoamento superficial. O problema em se adotar intervalos de tempo tão altos entre eventos é a limitação que pode ocorrer no número de eventos a serem avaliados. Se se dispõem de um grande número de postos com séries muito longas, o uso de um tempo de separação grande pode ser recomendado de forma a garantir a independência. No entanto, na maioria dos casos, como o

do presente estudo, as séries são curtas e o uso de um tempo de separação longo reduz significativamente o número de dados a serem avaliados. Com isso, reduz-se a precisão dos resultados. Assim, a escolha do tempo de separação deve ser uma solução de compromisso entre a independência dos eventos (difícil de ser verificada na prática) e a precisão requerida dos resultados.

### **3.2.2 Determinação do início e fim de um evento**

A determinação do início e fim do evento foi utilizada por Powell *et al.* (2007) seguindo os critérios propostos por Kerr *et al.* (1974). Dukerley (2008), também utiliza o critério proposto por Kerr *et al.* (1974).

No estudo de Kerr *et al.* (1974), é especificada uma intensidade mínima para reconhecer o início da precipitação e também uma intensidade mínima que marca o fim da precipitação. A identificação do início do evento ocorre uma hora antes do momento em que a taxa de precipitação excede o valor de 1,3 mm/h. O fim do evento é identificado a partir do momento em que a taxa de precipitação fica abaixo do valor de 0,51 mm/h.

Powell *et al.* (2007), no entanto, não consideram que o início do evento ocorre uma hora antes do momento em que a taxa de precipitação excede o valor de 1,3 mm/h. O início do evento ocorre quando a taxa de precipitação excede o valor de 0,51 mm/h e o fim do evento quando essa taxa fica abaixo de 0,51 mm/h.

Esse critério busca evitar eventos muito longos, com intensidade pequena. Uma vez que o objetivo do estudo é identificar o padrão de eventos extremos, esse critério tem como principal função eliminar eventos, ou parte de um evento que poderia constituir um “ruído” na amostra. Um “ruído” de chuva representa pequenos blocos de precipitação entre dois eventos maiores. Um exemplo de um “ruído” de chuva pode ser verificado, quando, entre dois eventos de chuva com 6 horas de duração, por exemplo, ocorre um evento de precipitação com duração de 1 minuto. Ao invés de se considerarem 2 eventos distintos de 6 horas de duração, pode ser considerado um evento apenas com duração de 12h.

### 3.2.3 Determinação de volume mínimo ou intensidade mínima de precipitação

Vários estudos fazem referência a especificação de uma altura mínima de precipitação ou de uma intensidade mínima para que o evento possa ser considerado na análise. Esse critério também é adotado para evitar eventos muito longos, com intensidade pequena.

No estudo de Huff (1967), foram analisados apenas eventos em que a média total de precipitação excedeu meia polegada e/ou que apresentaram valores totais de precipitação acima de uma polegada.

Azli e Rao (2010) selecionaram para o estudo realizado apenas os eventos com precipitação mínima total em uma hora igual ou superior a 1 mm. Valores de precipitação total em uma hora abaixo de 1 mm foram considerados como nulos.

Para determinar os eventos a serem estudados, Molin *et al.* (1996) utilizaram uma metodologia adotada por Pfafstetter (1957), em que são selecionadas todas as chuvas que em qualquer período de tempo igual ou superior a 30 minutos, o total precipitado é pelo menos igual a precipitação mínima determinada pela equação 3.1.

$$P_{\min} = 8,9914 * D^{0,2466} \quad (3.1)$$

em que D é a duração total da precipitação em minutos.

Eventos em que o volume total de precipitação foi menor do que 5 mm foram eliminados no estudo realizado por Zigler *et al.*, (2006). Esse critério também foi citado em Dukerley (2008).

Fornis *et al.* (2005) especificaram uma intensidade mínima equivalente a 2,8 mm/h para seleção dos eventos em um estudo sobre erosão dos solos numa região das Filipinas.

### 3.2.4 Determinação de duração mínima do evento

Um outro critério adotado em estudos para seleção de eventos de chuvas intensas é a especificação de uma duração mínima para o evento. Esse critério depende essencialmente de dois fatores: (i) da resolução temporal dos dados observados e (ii) dos objetivos do estudo. A duração mínima pode ser tão pequena quanto a resolução temporal dos dados. Ou seja, dados diários permitem definir a duração mínima dos eventos em um dia ou mais. Quanto aos objetivos, sabe-se que bacias de menor área de drenagem, como as bacias urbanas por exemplo,

são especialmente vulneráveis à precipitações de curta duração. Enquanto o contrário ocorre com bacias rurais, de maior área de drenagem.

Em geral, estudos onde se especificam durações mínimas pequenas tendem a ser mais abrangentes, possibilitando sua aplicação a uma ampla classe de bacias. Por outro lado, adotar uma duração mínima muito pequena pode diminuir a precisão dos resultados. Com efeito, se a resolução temporal dos dados é de uma hora, por exemplo, uma precipitação de três horas teria apenas três pulsos de chuva, impactando fortemente o ajuste de modelos matemáticos.

Fornis *et al.* (2005) especificaram em seu estudo uma duração mínima equivalente a 30 min para seleção dos eventos. Foram selecionados apenas eventos com duração superior a 4 horas no estudo realizado por Tyrrel e Hasfurther (1983). Esses autores não detalham os critérios técnico-científicos para tais escolhas. Assim, a escolha da duração mínima será feita por tentativa e erro, avaliando a qualidade dos modelos ajustados e buscando adotar a menor duração possível de forma a ampliar as possibilidades de aplicação dos resultados.

### **3.3 Diferentes tipos de formação de eventos extremos**

Neste trabalho, busca-se identificar as características da evolução temporal de eventos extremos de precipitação no Estado de Minas Gerais. Assim, faz-se necessário avaliar, primeiro, sob quais condições hidroclimatológicas tais eventos ocorrem na região e entorno. A seguir é dada uma pequena introdução sobre os principais fenômenos intervenientes à variável objeto de estudo.

Segundo Rossette (2011), as características do que é chamado evento extremo podem variar de acordo com o lugar. Em linhas gerais, um evento extremo seria um evento pouco frequente dentro de sua distribuição de referência estatística em um lugar específico.

Vários estudiosos tentaram identificar os eventos de precipitação extremos e seus processos de formação. Em um estudo sobre a gênese e distribuição espacial de eventos extremos de chuva em Belo Horizonte, Jardim (2012) concluiu como expressiva a participação dos sistemas frontais, linhas de instabilidade, chuvas convectivas e a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a consequente entrada de umidade para o interior do continente, vinda

do oceano Atlântico. Além disso, em Minas Gerais, o relevo é um fator de instabilidade do ar e as chuvas orográficas constituem um reforço à formação dos eventos extremos.

São caracterizadas como chuvas convectivas aquelas de grande intensidade e pequena duração, restritas a pequenas áreas. De acordo com Tucci (2013), são formadas pelo aquecimento de ar úmido próximo ao solo, que criam camadas de ar que se mantêm em equilíbrio instável. Ao ter seu equilíbrio perturbado, essas camadas de ar ascendem localmente e atingem o nível de condensação com formação de nuvens, e, muitas vezes, precipitações.

Os sistemas frontais foram caracterizados por Tucci (2013), como chuvas de grande duração que atingem grandes áreas com intensidade média. São formadas em regiões de convergência na atmosfera, em que o ar mais quente e úmido é impulsionado para cima adiabaticamente, resultando no seu resfriamento e condensação do vapor de água.

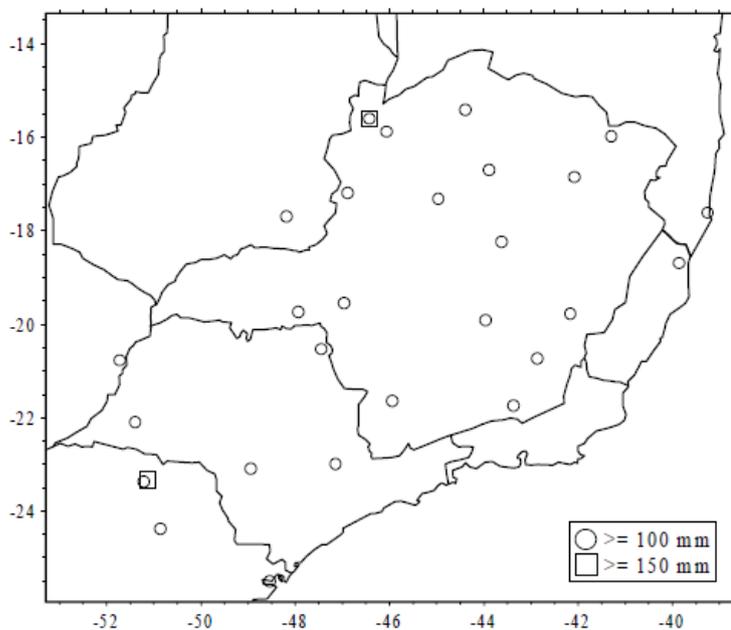
A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é um fenômeno típico da estação de verão na América do Sul. Segundo Liebmann *et al.* (2001), a ZCAS está associada a uma zona de convergência de umidade e é visível em mapas de precipitação como uma banda de nebulosidade que emana da Bacia Amazônica ao Atlântico Sul, causando precipitações intensas. Esse fenômeno raramente persiste por mais de 10 dias.

As linhas de instabilidade são zonas de instabilidade na qual uma série de tempestades estão dispostas de forma alinhada e desempenham importante papel no regime de chuvas no sudeste do Brasil. São formadas por várias células convectivas de curta duração.

Cavalcanti (2012) estudou alguns eventos de precipitação extrema no sudeste do Brasil e concluiu que a região é mais afetada por precipitações extremas nos meses de verão, influenciados pela ZCAS. Episódios de precipitações extremas na região estão relacionados à sistemas sinóticos, como os sistemas frontais e a ZCAS. De 1960 a 2005, 53% dos eventos na região ocorreram através da presença de sistemas frontais e 47% estavam associados à ocorrência da ZCAS.

Espírito Santo e Saryamurty (2002) realizaram algumas estatísticas sobre eventos extremos na região sudeste do Brasil e arredores no período de 1997 a 2001. Foram utilizadas no estudo

95 estações meteorológicas na região Sudeste do Brasil e adotaram-se os limiares de 100 mm e 150 mm em 24 horas para selecionar os casos de precipitação intensa. Eles concluíram que a ocorrência da grande maioria dos eventos extremos estava associada à ocorrência das ZCAS. Na **Figura 3.2** tem-se as estações que obtiveram registros de chuvas maiores que 100 mm e 150 mm em 24 horas.



**Figura 3.2:** Estações com registros de chuvas maiores ou iguais a 100 mm e 150 mm em 24h  
Fonte: Espírito Santo et al., 2002.

### **3.4 Distribuição espacial da chuva**

O conhecimento da distribuição espacial das chuvas em uma região é de fundamental importância para estimação de vazões em áreas não monitoradas. Através da distribuição espacial, o valor pontual da precipitação pode ser corrigido em função da área considerada.

Assunção *et al.* (2006) estudaram a distribuição espacial dos dados de chuva da Bacia do Rio Araguari. Foram utilizados 30 anos de dados de 27 estações pluviométricas localizadas na bacia e entorno. Observou-se que em 95% da área da bacia ocorrem precipitações anuais médias que variam de 1400 a 1600 mm. Concluiu-se que as precipitações com maiores médias se situam nas partes mais altas da bacia, próximas às nascentes, enquanto as precipitações com menores médias se encontram nas partes mais baixas da bacia, próximas ao leito do rio e sua foz, o que confirma uma influência da altitude nas distribuições pluviométricas.

Marcuzzo *et al.* (2011) realizaram uma análise da variação espacial da precipitação no estado do Mato Grosso. Foram utilizados dados de 75 estações pluviométricas distribuídas por todo o estado, com 30 anos de dados. Observou-se que a média pluviométrica anual distribuiu-se de forma desigual pelo território mato-grossense. A distribuição foi diferente nos três principais biomas da região: Amazônico, Cerrado e Pantanal. Verificou-se que as maiores médias pluviométricas encontram-se no bioma Amazônico localizado no extremo norte e noroeste, e os menores índices estão localizados no extremo sudoeste e sul, região correspondente ao bioma Pantanal.

### **3.5 Modelos de discretização temporal de precipitações**

A escolha de um modelo matemático para estimar valores de precipitações com base em dados observados é de extrema importância no estudo em questão. Esses modelos permitem uma extrapolação dos dados, bem como uma análise estatística dos mesmos.

Os eventos de chuva, quando grafados contra o tempo, tendem a apresentar uma forma que se assemelha a alguns modelos de crescimento, como o modelo logístico e o modelo normal.

Diante dessa importância, faz-se nesse item, uma revisão bibliográfica de alguns modelos matemáticos existentes e utilizados na literatura.

#### **3.5.1 Modelo normal**

Segundo Naghettini e Pinto (2007), o modelo normal é utilizado para descrever o comportamento de uma variável aleatória que flutua de forma simétrica em torno de um valor central. Algumas das propriedades matemáticas do modelo normal o tornam apropriado à modelação de variáveis que resultam da soma de um grande número de outras variáveis independentes, que é o caso dos eventos de chuva.

Para falar especificamente de qualquer distribuição normal, duas variáveis devem ser especificadas: média e o desvio padrão. A média indica o valor central da variável em estudo enquanto o desvio padrão indica a dispersão da mesma em torno da média. A equação dessa distribuição pode ser observada a seguir:

$$y = \Phi^{-1} \left( \frac{t-\mu}{\sigma} \right) \dots\dots\dots(3.2)$$

em que  $\Phi$  é a inversa da normal,  $\mu$  é a média,  $\sigma$  é o desvio padrão.

### 3.5.2 Modelo de crescimento logístico

O modelo de crescimento logístico é muito utilizado para se estimar o crescimento de populações. Ele apresenta uma forma parecida com o modelo normal, em que se observa um crescimento exponencial em um primeiro momento, para, em seguida, observar-se uma desaceleração, chegando a um limite de crescimento.

O modelo de crescimento logístico, é também conhecido como modelo de crescimento logístico de Verhulst, pois foi proposto pelo cientista belga Pierre Francois Verhulst em 1846. Verhulst modificou o modelo de crescimento exponencial a fim de limitar o crescimento máximo de uma população (TSOULARIS E WALLACE, 2002).

O modelo de crescimento logístico pode ser usado em uma série de situações. No ramo da biologia, ele é bastante utilizado para verificar o crescimento das populações. Fischer e Fry (1971) exploraram com sucesso o modelo logístico para descrever a entrada de novos produtos e tecnologias no mercado. Herman e Montrol (1972) mostraram que um processo evolutivo como a Revolução Industrial também pode ser modelado através da dinâmica logística. Com a evolução da Revolução Industrial, a fração da força de trabalho na agricultura diminuiu, enquanto a fração da força de trabalho na indústria aumentou (TSOULARIS E WALLACE, 2002).

A formulação proposta por Verhulst para o modelo de crescimento logístico, pode ser observada em Bradley (2007) e na equação 3.3 abaixo:

$$y = \frac{1}{1 + \alpha e^{\beta t}} \dots\dots\dots (3.3)$$

$t$  é a duração adimensional e  $\alpha$  e  $\beta$  são parâmetros estimados a partir dos dados observados.

### 3.6 Métodos de caracterização espacial de variáveis climáticas

Para a caracterização espacial de variáveis climáticas que foram obtidas no estudo, fez-se o uso de técnicas de geoprocessamento. Dentre as técnicas existentes de geoprocessamento, destaca-se o Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Segundo Johnston (1998) *apud* Becker (2002), um sistema de informações geográficas é composto por um conjunto de ferramentas computacionais (equipamentos e programas), que permite não só o armazenamento, processamento e gerenciamento de dados espaciais, mas também diversas formas de consulta, análise, visualização e produção de resultados tabulares, gráficos e digitais.

De acordo com Pinheiro *et al.* (2009), os Sistemas de Informações Geográficas constituem o ambiente de inteligência que dá suporte, de forma lógica e estruturante, à gestão e ao processo decisório das diferentes esferas de aplicação, permitindo, inclusive, a construção de indicadores, baseados em análises geográficas, além de coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados.

O SIG permite a localização e visualização dos objetos na superfície terrestre através das coordenadas geográficas e a ligação desses objetos com os atributos que o caracterizam. Na esfera dessa dissertação, trata-se de importante ferramenta para verificação da distribuição espacial dos parâmetros de distribuição temporal encontrados.

Aliado às técnicas de geoprocessamento, estão os *softwares* estatísticos que possibilitam a análise descritiva e as correlações entre as variáveis que se deseja estudar.

Segundo Druck *et al.* (2004), a geoestatística é um ramo da estatística que fornece um conjunto de ferramentas para entender a aparente aleatoriedade dos dados, mas com possível estruturação espacial, estabelecendo desse modo, uma função de correlação espacial e possibilitando a interpretação da distribuição estatística desses dados. Esse método tem por objetivo a caracterização da dispersão espacial e espaço-temporal das grandezas que definem a quantidade e qualidade de fenômenos espaciais em que os atributos manifestam uma certa estrutura de espaço e/ou tempo.

Na hidrologia, a geoestatística pode ser aplicada para traçados de isoietas de chuvas, otimização de redes de monitoramento pluviométrico, interpolação de parâmetros de equações de chuvas intensas, dentre outros.

O conceito de geoestatística surgiu a partir de estudos realizados por Krige (1951), *apud* Camargo (1998). Ao trabalhar dados de concentração de ouro, Krige concluiu que somente a informação dada pela variância seria insuficiente para explicar o fenômeno estudado. Para explicar corretamente o fenômeno, seria necessário levar em consideração a distância entre as observações. Dessa maneira, a geoestatística leva em conta a localização geográfica das amostras de determinada variável, e a dependência espacial entre as mesmas.

De acordo com Pinheiro (2009), a geoestatística envolve três etapas: (1) análise, (2) inferência e (3) simulação. A análise tem como objetivo descrever a variabilidade espacial do fenômeno em estudo, a partir da modelagem do semivariograma. A inferência visa estimar valores de uma variável distribuída no espaço em locais não amostrados. Essa técnica recebe o nome genérico de krigagem. A simulação se presta à construção de um conjunto de realizações equiprováveis ou igualmente representativas do fenômeno em estudo, englobando a construção de cenários e de mapas de incertezas.

O termo krigagem é derivado do nome de Daniel G. Krige que foi o pioneiro a introduzir o uso de médias móveis para evitar a superestimação sistemática de reservas de mineração. (DELFINER E DELHOMME, 1975 *apud* CAMARGO, 1998).

A principal diferença entre a krigagem e outros métodos de interpolação é a maneira como os pesos são distribuídos a diferentes amostras. No caso de interpolação linear simples, por exemplo, os pesos são todos iguais a  $1/N$  ( $N$  = número de amostras). Na interpolação baseada no inverso do quadrado das distâncias, os pesos são definidos como o inverso do quadrado da distância que separa o valor interpolado dos valores observados. Na krigagem, o procedimento é semelhante ao de interpolação por média móvel ponderada, mas os pesos são determinados a partir de uma análise espacial. A krigagem fornece, em média, estimativas não tendenciosas e com variância mínima (CAMARGO, 1998).

Entre os principais *softwares* utilizados para realização da krigagem pode-se citar: ArcGis, da empresa ESRI, o GrassGis, software livre e gratuito e o Surfer da empresa GoldenSoftware.

## 4 METODOLOGIA

A metodologia que foi adotada no trabalho está apresentada a seguir e se encontra detalhada em 4 subitens. O item 4.1 mostra como foram obtidos os dados a serem estudados, bem como a seleção preliminar dos postos a serem estudados e como foi feito o levantamento das principais informações em relação a estes postos. No item 4.2 é descrita a metodologia adotada para selecionar os eventos a serem estudados. O item 4.3 apresenta a etapa de ajuste de modelos matemáticos aos eventos selecionados. O item 4.4 mostra como foi feita a separação dos eventos em distintas faixas de intensidades.

### 4.1 *Dados pluviográficos e suas características*

A seleção da área de estudo esteve condicionada à existência de estações que contassem com registros de dados de monitoramento pluviográfico.

A CPRM (SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL) forneceu dados pluviográficos de 118 postos localizados em todo o estado de Minas Gerais e seu entorno. As séries pluviográficas, com discretização temporal em minutos, têm, em média, 5 anos de dados.

Foi feita uma análise eliminando-se do estudo aquelas estações que não possuíam dados, e aquelas que continham uma pequena série de informações, com períodos menores que 4 anos. Após essa análise, foram selecionados 111 postos com dados suficientes para serem estudados.

Para cada um desses 111 postos selecionados foram levantadas informações como latitude e longitude, altitude em que estão localizados e precipitação média anual. Essas informações foram acessadas pelo banco de dados digital da ANA – Agência Nacional de Águas, disponível no sítio <http://hidroweb.ana.gov.br>. Para verificação da precipitação média anual em cada posto pluviográfico foi utilizado o *software* gratuito denominado Hidro (Sistema de Informações Hidrológicas) também disponível na rede do hidroweb.

As posições dos postos pluviográficos foram plotadas em mapas digitais, de maneira que fosse possível avaliar a distribuição espacial dos mesmos e a cobertura fornecida pela distribuição das estações.

O *software* utilizado para a plotagem dos pontos de interesse foi o QuantumGis (QGIS), por ter interface simples e de fácil manuseio. O QuantumGis é um software gratuito, licenciado pela GNU (GENERAL PUBLIC LICENSE), baseado em um SIG.

#### **4.2 Determinação dos eventos a serem estudados**

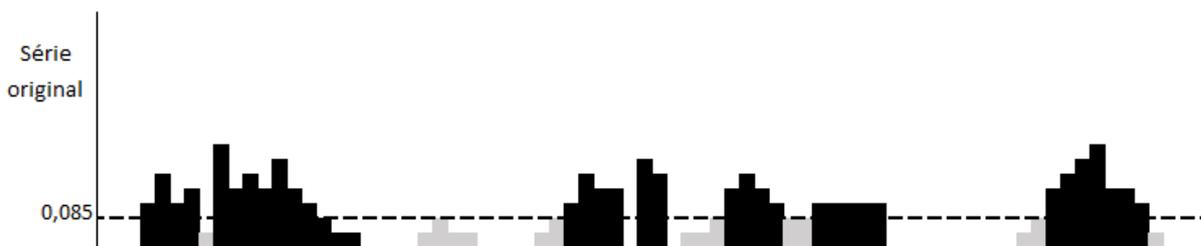
Após a seleção dos postos a serem estudados e listagem das principais características dos mesmos, iniciou-se a etapa de seleção dos eventos a serem utilizados no estudo.

No item 3.2 foi realizada a revisão de diversos estudos relativos à determinação de eventos extremos, o que permitiu uma análise crítica das metodologias propostas e ao final escolheu-se a mais adequada para o estudo em questão.

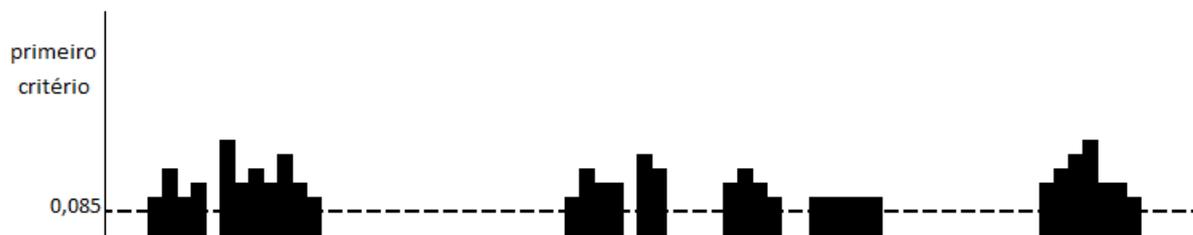
Em um primeiro momento a separação dos eventos foi feita adotando-se uma mistura dos critérios propostos por Huff (1967) e Azli e Rao (2010). Os resultados encontrados, entretanto, não foram satisfatórios, pois a quantidade de eventos encontrados não foi suficiente para a realização de uma análise profunda e concreta dos mesmos.

Optou-se então por adotar uma mistura dos critérios propostos por Huff (1967), Kerr et al. (1974), Powell *et al.* (2007) e Zigler *et al.* (2006). Nessa segunda análise foram obtidos resultados consideráveis, e selecionou-se cerca de 22.000 eventos extremos. A descrição da metodologia adotada pode ser apreciada nos parágrafos que se seguem.

O filtro inicial utilizado para a separação dos eventos está relacionado à precisão do equipamento de medição e tem por objetivo eliminar traços ou ruídos presentes nas séries que possivelmente não correspondem a uma chuva real e podem interferir no processo de separação de eventos. Embora esse número esteja relacionado à precisão do equipamento, nesse estudo ele foi determinado com base em valores de referência mencionados na literatura consultada, devido ao elevado número de postos e a indisponibilidade de informações precisas sobre cada um dos equipamentos. Assim, foram considerados para o estudo apenas aqueles eventos em que a intensidade de chuva foi igual ou superior a 0,0085 mm/min, de acordo com os estudos realizados por Kerr et al. (1974) e Powell *et al.* (2007). Os eventos que apresentaram intensidades menores, foram descartados da análise como pode-se observar nas **Figura 4.1** e **Figura 4.2** abaixo:

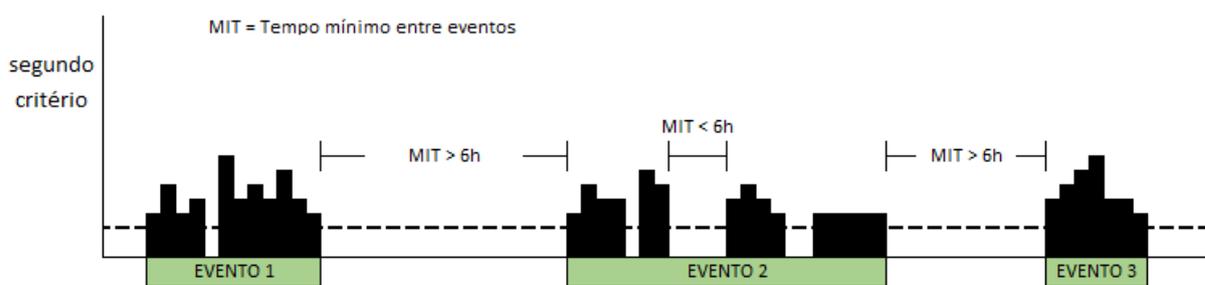


**Figura 4.1:** Série original contendo todos os eventos de um posto pluviográfico



**Figura 4.2:** Série após seleção de eventos com intensidade superior a 0,085 mm/min

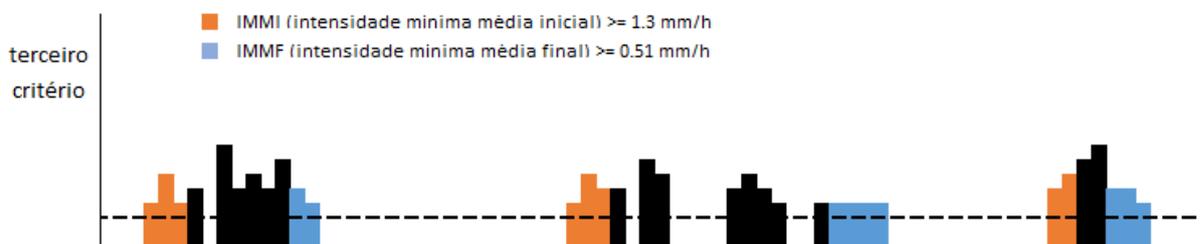
Após a adoção do filtro inicial, iniciou-se a separação dos eventos a serem estudados. A primeira etapa dessa separação consistiu na individualização dos eventos de chuva. Foi considerado o mesmo critério de independência adotado por Huff (1967), em que eventos de chuvas independentes são aqueles separados por um período mínimo (MIT) de 6 horas consecutivas sem precipitação. A **Figura 4.3** abaixo mostra um exemplo da individualização de eventos realizada na série.



**Figura 4.3:** Separação de eventos independentes adotando o período mínimo de 6 horas consecutivas sem precipitação

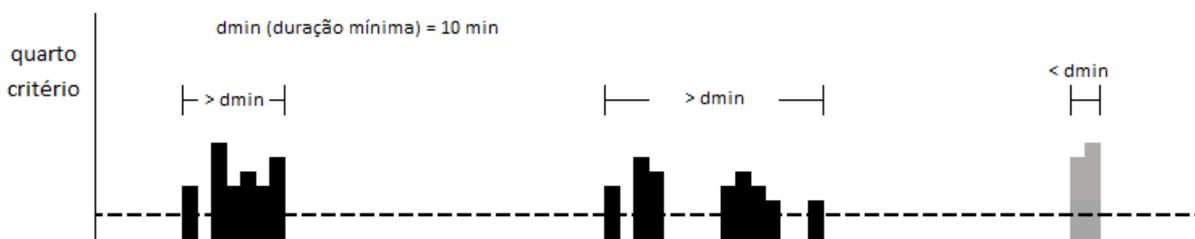
A terceira etapa realizada para a separação dos eventos foi a determinação do início e fim dos mesmos. Para definição de quando um evento realmente se inicia e quando realmente termina foram adotados os critérios sugeridos por Kerr *et al.* (1974) e Powell *et al.* (2007) citados no item 3.2.2 dessa dissertação.

A identificação do início do evento ocorre no momento em que a taxa de precipitação excede o valor de 1,3 mm/h. O fim do evento é identificado a partir do momento em que a taxa de precipitação fica abaixo do valor de 0,51 mm/h, como pode ser observado na **Figura 4.4** a seguir:



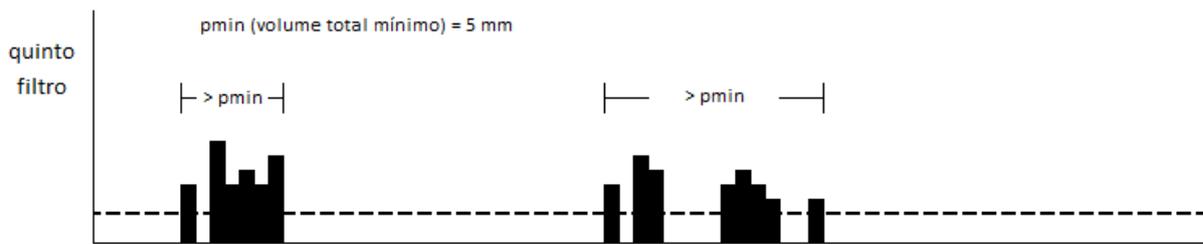
**Figura 4.4:** Determinação de início e fim dos eventos de acordo com intensidades mínimas médias

Como a resolução temporal dos dados é de um minuto e considerando que estudos onde se especificam durações mínimas pequenas tendem a ser mais abrangentes, possibilitando sua aplicação a uma ampla classe de bacias, o quarto filtro adotado na separação dos eventos, correspondeu à especificação de duração mínima equivalente a 10 min para seleção dos eventos. Eventos com durações menores que 10 minutos foram eliminados da análise, como pode ser visto na **Figura 4.5**.



**Figura 4.5:** Definição de duração mínima de 10 minutos para seleção dos eventos

A quinta etapa realizada foi a determinação de volume total mínimo para seleção dos eventos. O critério adotado foi o mesmo proposto por Zigler *et al.*, 2006. Eventos que apresentaram volumes totais de precipitação menores que 5 mm foram eliminados do estudo, como pode ser observado na **Figura 4.6**. O objetivo da adoção desse filtro é a tentativa de eliminar eventos muito longos, com volumes muito pequenos de precipitação. Esses eventos poderiam gerar “ruídos” na amostra, conforme explicitado no item 3.2.3 dessa dissertação.



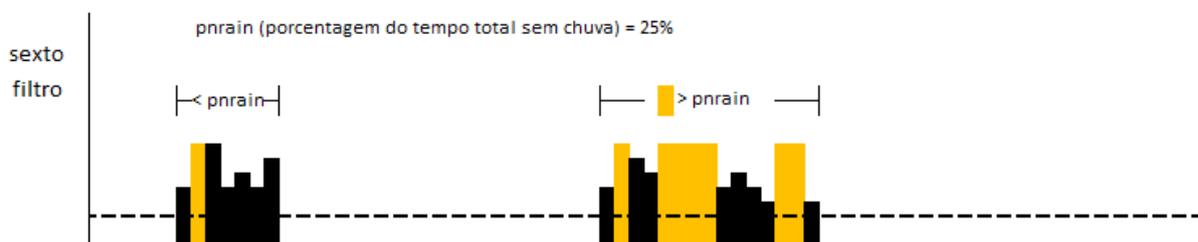
**Figura 4.6:** Definição de volume total mínimo igual a 5 mm para seleção dos eventos

Powell *et al.* (2007) afirmam que se um evento muito longo, com 10 horas de duração, por exemplo, for composto por vários eventos com duração de 2 horas, estes devem ser analisados separadamente.

Dessa maneira, Powell *et al.* (2007) propõem uma metodologia para determinação desses subeventos: caso sejam observados períodos sem chuva equivalentes a 30% ou mais da duração total do evento, devem ser criados subeventos.

Procedeu-se então a adoção de um critério para a seleção de subeventos em eventos longos no presente estudo. O critério adotado foi obtido por métodos de tentativa e erro de forma a selecionar eventos mais homogêneos. Foram selecionados subeventos nas situações em que a porcentagem do tempo total sem chuva, foi igual ou maior que 25% da duração total do evento, como pode ser observado na **Figura 4.7**.

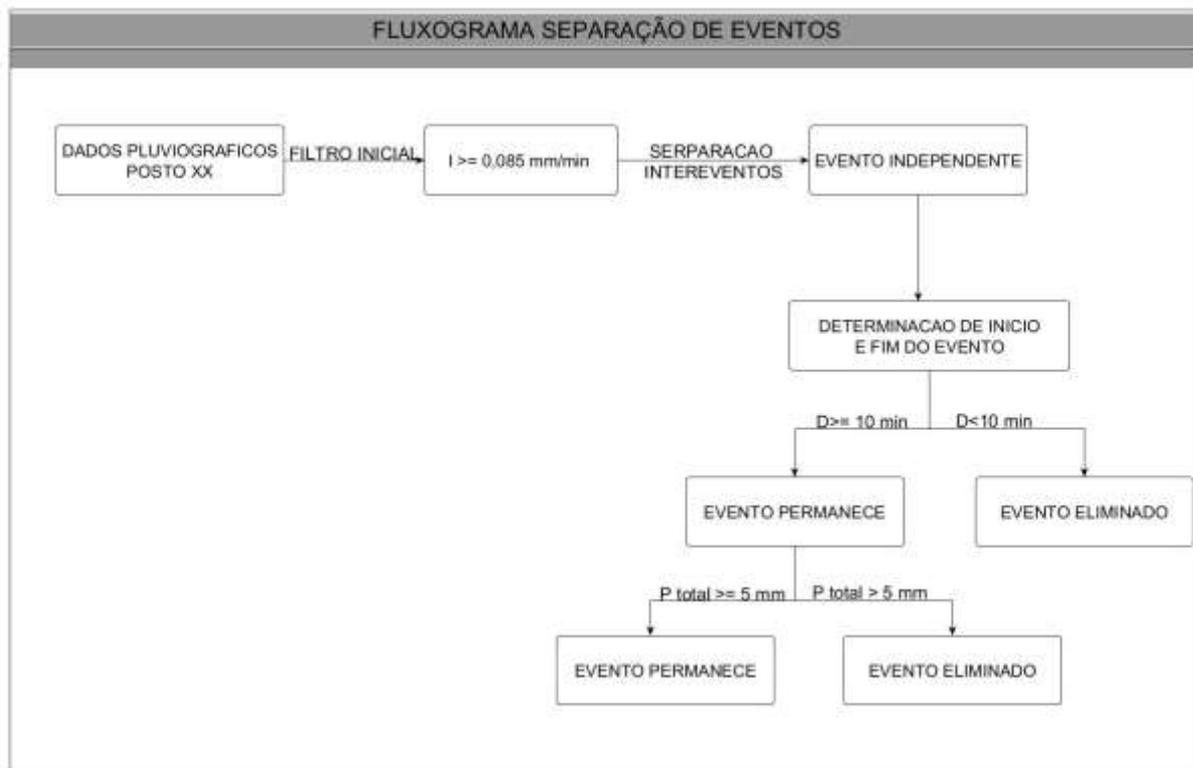
No entanto, os resultados mostraram que não houve um acréscimo significativo no número de eventos e, além disso, os subeventos encontrados não se ajustaram bem aos modelos adotados. Assim, esse critério foi descartado nas análises que se seguem.



**Figura 4.7:** Seleção de subeventos nos eventos longos encontrados no estudo

Na Figura 4.8 abaixo, pode ser observado um fluxograma com as etapas realizadas para separação dos eventos.

No total foram selecionados cerca de 22.000 eventos para todos os postos pluviográficos estudados.



**Figura 4.8:** Fluxograma de processo de separação de eventos

### 4.3 Ajuste de modelos matemáticos

Como o objetivo da dissertação é determinar um padrão temporal de chuvas, foi feita uma adimensionalização dos eventos selecionados de forma a se comparar eventos de diferentes durações e volumes. Os eventos foram adimensionalizados em função da duração total e da precipitação total.

A cada hietograma adimensionalizado foi ajustado um modelo matemático de modo a facilitar a aplicação dos resultados e permitir uma avaliação mais criteriosa do padrão de chuva. A utilização de ajuste de modelos matemáticos aos hietogramas observados permite uma comparação estatística de chuvas de diferentes regiões.

Uma avaliação visual dos eventos selecionados mostrou um comportamento similar em todos os postos, qual seja: os volumes adimensionais acumulados, em geral, têm formato de “S” quando grafados contra o tempo. Tal comportamento se assemelha ao crescimento logístico, que também possui um formato tipo “S”.

Por outro lado, o modelo normal também apresenta tal comportamento, com uma vantagem adicional de ser amplamente estudado na literatura especializada. Embora não se possa evocar o teorema do limite central, nesse caso, para justificar tal adoção, já que não há independência dentro do evento de chuva, trata-se de um modelo padrão, sob o qual pode se derivar outros modelos.

Baseado nisso foram ajustadas essas duas curvas aos eventos: normal (eq. 4.1) e logística (eq. 4.2).

$$p_{ad} = \Phi^{-1} \left( \frac{t-\mu}{\sigma} \right) \quad (4.1)$$

$$p_{ad} = \frac{1}{1+\alpha e^{\beta t}} \quad (4.2)$$

Onde,  $\Phi^{-1}$  é a inversa da distribuição normal padrão acumulada,  $p_{ad}$  é a precipitação adimensional,  $t$  é a duração adimensional e  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\alpha$  e  $\beta$  são parâmetros estimados a partir dos dados observados.

As propriedades necessárias para a presente aplicação são:

i) Para  $t = 0 \rightarrow p_{ad} = 0$

ii) Para  $t = 1 \rightarrow p_{ad} = 1$

iii)  $p_{ad} \geq 0 \forall t$

iv)  $\frac{\partial p_{ad}}{\partial t} \geq 0$

As propriedades iii e iv são satisfeitas para ambos os modelos escolhidos. A propriedade ii é satisfeita, assintoticamente, para o modelo normal mas não para o modelo logístico. Já a propriedade i não é, necessariamente satisfeita para nenhum dos modelos.

Para corrigir o modelo normal de forma a atender a propriedade i é necessário truncar o mesmo em zero, tornando o modelo complexo e mais difícil de ser aplicado. Por outro lado, uma aplicação do modelo, sem correção, mostrou um ajuste mais pobre em relação ao modelo

logístico. Assim, o modelo normal, a despeito de suas características estatísticas não foi utilizado nas etapas seguintes do estudo.

Ao contrário do modelo normal, o modelo logístico é de fácil correção. A equação 4.3 mostra o modelo corrigido, obtido após algumas manipulações algébricas tendo como paradigma as propriedades i e ii.

$$p_{ad} = A \left[ \frac{1}{1+\alpha e^{\beta t}} - \frac{1}{1+\alpha} \right] \quad (4.3)$$

onde,

$$A = \left[ \frac{1}{1+\alpha e^{\beta}} - \frac{1}{1+\alpha} \right]^{-1}$$

Vale salientar que  $\alpha$  e  $\beta$  são obtidos, primeiramente, por meio de regressão linear simples do modelo 4.2. A correção mostrada em 4.3 é realizada após a estimação dos parâmetros.

O ajuste do modelo logístico aos eventos observados foi bom na maioria dos casos, com  $R^2$  mínimo de 0,65. Dado o elevado número de eventos e a impossibilidade de avaliar caso a caso cada ajuste, foram selecionados, somente aqueles em que o coeficiente de determinação superou 0,85.

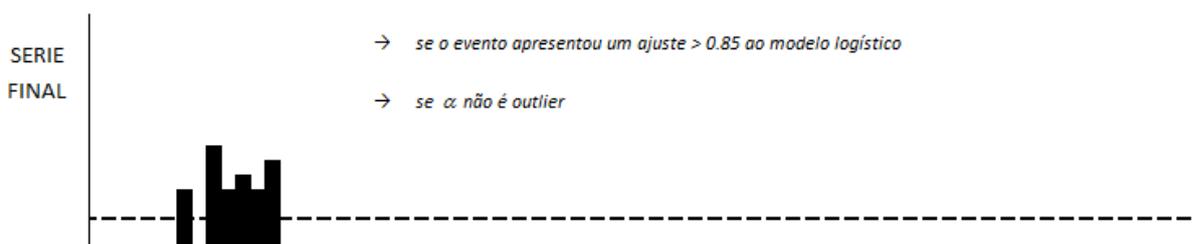
Ao analisar os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  da distribuição logística encontrados para cada evento, observou-se valores muito altos de  $\alpha$  para eventos que possuíam poucos dados de chuva (eventos longos com vários períodos sem chuva). Um evento, por exemplo, com duração total de 10 horas, que possui um pulso de chuva as 0h e outro pulso de chuva as 1h, possui um intervalo de 60 “não pulsos” de chuvas entre os dois períodos. Isso acarretou valores de  $\alpha$  muito elevados, considerados como *outliers* da amostra.

Realizou-se uma etapa adicional para eliminação desses *outliers* dos resultados. O método adotado para retirada desses valores foi o método denominado amplitude inter-quartis, citado em Naghettini e Pinto (2007).

Segundo Naghettini e Pinto (2007), a amplitude inter-quartis representada por AIQ é dada pela diferença entre  $Q_1$  (primeiro quartil) e  $Q_3$  (terceiro quartil) e tem sido usada como parte de um critério para a identificação de pontos atípicos eventualmente presentes em uma amostra.

De acordo com esse critério, é considerado um ponto atípico da amostra todo elemento da amostra superior a  $Q_3 + 1,5AIQ$  e, analogamente, é considerado um ponto atípico da amostra todo elemento menor que  $Q_1 - 1,5AIQ$ .

Assim, ordenou-se os valores de  $\alpha$  encontrados para todos os eventos de maneira crescente e definiu-se os quartis e os valores a serem eliminados da amostra. Após essa etapa, obteve-se um total de 21967 eventos, que constituem a amostra final usada na definição do hietograma adimensional regional para a região estudada, como pode ser observado na **Figura 4.9** abaixo:



**Figura 4.9:** Determinação de *outliers* para seleção final dos eventos

#### **4.4 Separação dos eventos em faixas de intensidade**

Após selecionados os eventos a serem estudados, fez-se uma separação dos mesmos em diferentes faixas de intensidade, pois é sabido que diferentes intensidades de precipitação apresentam comportamentos distintos.

Segundo Tokai e Short (1996), a precipitação pode ser dividida normalmente em dois tipos: precipitações convectivas e precipitações estratiformes. Essas características variam baseadas na intensidade de precipitação, por exemplo, precipitações com classificação estratiforme predominam em intensidades fracas e precipitações com formas convectivas predominam em intensidades mais fortes.

Tokai e Short (1996) utilizaram o modelo probabilístico gama para modelar os dados da distribuição dos tamanhos das gotas de chuva obtidos de um disdômetro. Baseado nessa modelagem o autor propôs 6 faixas distintas de intensidade de precipitação, sendo as mesmas utilizadas aqui. Faixas diferentes são propostas em outros estudos (Hodson, 1986; Smith *et al.*, 2009; Tenório *et al.*, 2012, entre outros). No entanto, salienta-se que o objetivo aqui não é definir a melhor divisão de classes de precipitação para a região em análise. Por outro lado, verificou-se que os resultados não são fortemente afetados pela divisão das precipitações.

As classes utilizadas podem ser observadas na **Tabela 4.1** abaixo:

**Tabela 4.1-** Classes de intensidades de eventos

<b>Categoria</b>	<b>Intensidade - i (mm/h)</b>	<b>Classe</b>
Muito fraca	$i < 1$	Classe I
Fraca	$1 \leq i < 2$	Classe II
Moderada	$2 \leq i < 5$	Classe III
Forte	$5 \leq i < 10$	Classe IV
Muito Forte	$10 \leq i < 20$	Classe V
Extrema	$i \geq 20$	Classe VI

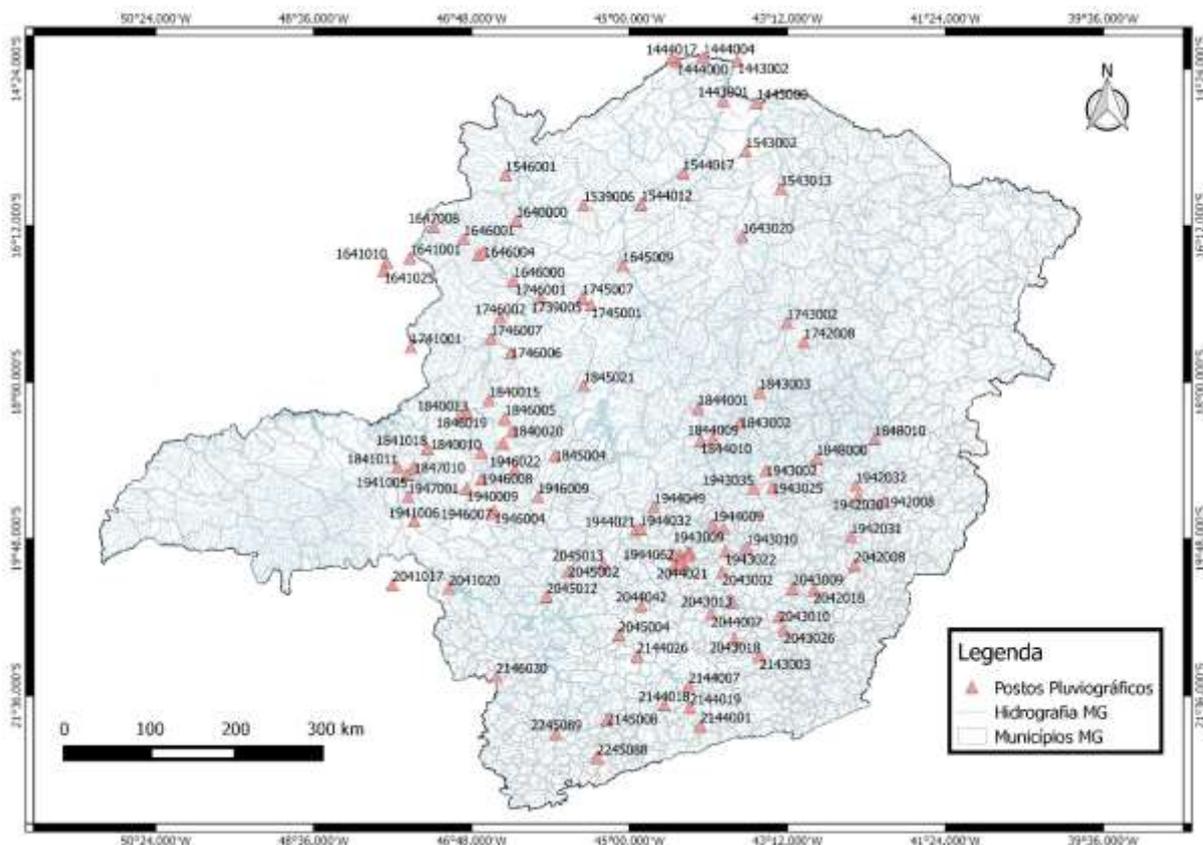
## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Esse capítulo encontra-se subdividido em 6 itens e tem o objetivo de apresentar a aplicação da metodologia citada no capítulo 4, bem como os resultados encontrados e as discussões a seu respeito.

### **5.1 Localização e caracterização dos postos pluviográficos**

Na **Figura 5.1** pode ser visualizada a localização dos postos pluviográficos selecionados para o estudo no estado de Minas Gerais e seu entorno. Observa-se que os postos não estão distribuídos homogeneamente pelo estado e há regiões em que não se obteve nenhuma informação pluviográfica, como a região do Triângulo Mineiro e a região nordeste do estado de Minas Gerais.

Na **Tabela 5.1** são apresentadas as principais características de cada posto pluviográfico como: latitude e longitude, altitude e precipitação média anual. Esses dados foram levantados com o objetivo inicial de se encontrar uma possível relação entre as características físicas e hidroclimatológicas de cada posto e os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  do modelo logístico encontrados.



**Figura 5.1:** Localização dos postos pluviográficos

**Tabela 5.1:** Características dos postos pluviográficos selecionados

COD	Panual	Altitude	UTM X	UTM Y	COD	Panual	Altitude	UTM X	UTM Y
1443000	791,4	425	655905	8364791	1942030	1302,9	220	773612	7862099
1443001	824	452	614929	8368309	1942031	1224,6	250	764362	7811224
1443002	802,1	440	632871	8418245	1942032	1389	240	771018	7876291
1444000	954,1	475	558206	8417516	1943002	1564,1	675	663752	7896597
1444004	909,8	440	590910	8422703	1943009	1286	676	613113	7822764
1444017	999,4	500	551596	8422539	1943010	1416,8	840	639484	7798963
1539006	1241,1	80	443699	8235320	1943022	1734	950	613803	7794229
1543002	802,6	450	642201	8303504	1943025	1601,7	560	670914	7874301
1543013	781,3	498	684284	8255133	1943035	1480	1090	648424	7874343
1544012	1049,2	448	514121	8236646	1944004	1406,1	721	572548	7793279
1544017	891,4	445	565365	8275456	1944009	1300,5	698	599257	7828687
1546001	1275,9	563	348307	8273048	1944021	1358,4	585	507395	7822137
1640000	812	160	362036	8215294	1944027	1490,2	716	569642	7793291
1641001	711,2	241	232892	8166526	1944032	1424,7	696	512694	7823425
1641010	742,8	260	204730	8160650	1944048	1468,8	868,6	560268	7789330
1641025	715,3	360	201224	8150541	1944049	1298,4	703	529423	7851746
1643020	959,4	573	637272	8194983	1944062	1483,1	820	553123	7790336

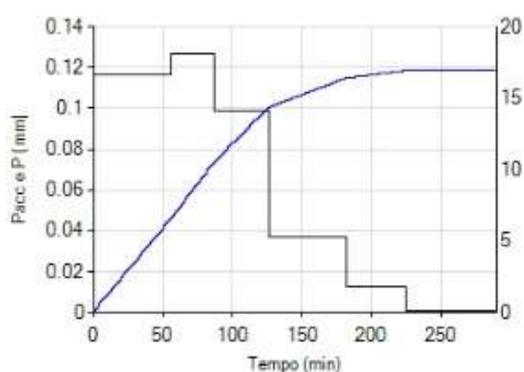
<b>COD</b>	<b>Panual</b>	<b>Altitude</b>	<b>UTM X</b>	<b>UTM Y</b>	<b>COD</b>	<b>Panual</b>	<b>Altitude</b>	<b>UTM X</b>	<b>UTM Y</b>
1645009	1058,6	455	491380	8158387	1946004	1459,2	855	338161	7845880
1646000	1178,8	540	359121	8138805	1946007	1367,2	870	335141	7841240
1646001	1314,8	610	298141	8191252	1946008	1612,4	1220	322402	7885830
1646003	1316,1	546	316325	8171677	1946009	1534,7	1100	390276	7863949
1646004	1281,6	582	322527	8174711	1946022	1426,9	1067	362525	7898286
1647008	1379,1	640	261339	8206654	1947001	1647,6	950	234564	7862282
1739005	1390,7	80	442031	8115380	2041017	1509,5	920	217630	7750476
1741001	1053,6	329	235443	8052874	2041020	1341,5	1075	284864	7746588
1742008	1024,8	552	711014	8060395	2042008	1227,8	305	767683	7774989
1743002	1061,4	630	690477	8084950	2042018	1318,7	350	718881	7744541
1745001	1201,3	520	453429	8108094	2043002	1577,8	1350	610471	7768333
1745007	1193	473	442469	8117378	2043009	1386,1	423	693737	7747304
1746001	1172	501	392121	8116748	2043010	1368,1	620	677119	7711162
1746002	1306,4	490	343314	8091600	2043013	1404,3	871	621987	7730314
1746006	1220,9	555	356275	8046508	2043018	1406,4	1057	624672	7682266
1746007	1334,9	554	332074	8064735	2043026	1305,9	632	682920	7693723
1840010	1199,5	300	321847	7919371	2044007	1382,5	885	596816	7715072
1840013	1305,6	300	305532	7968348	2044021	1552,7	905,2	562606	7776718
1840015	1105,7	400	330446	7986324	2044024	1539,7	786,1	569967	7787541
1840019	1057	80	347953	7931684	2044041	1540,3	894,7	553867	7777116
1840020	1114,4	100	358943	7946803	2044042	1460,4	749	513810	7726257
1841011	962	135	221993	7899694	2044052	1530,7	806	561933	7783422
1841018	965,9	200	256653	7923805	2044054	1445	817,4	559884	7778818
1843002	1292,9	1200	632719	7957838	2045002	1275,5	606	426829	7768561
1843003	1304	803	656562	7996640	2045004	1398,1	776	487001	7688353
1844001	1039	510	582141	7976441	2045012	1486,1	806	401436	7737107
1844009	1124,5	633	600407	7938301	2045013	1448,5	950	468983	7779139
1844010	1103,4	560	585274	7935332	2143003	1571,5	780	653675	7660619
1845004	1543	1035	410304	7916500	2144001	1387,4	576	583241	7572788
1845021	1145	760	444580	8005488	2144007	1489,3	885	569806	7623217
1846005	1532,4	927	349781	7963580	2144018	1558,7	966	540951	7599633
1846019	1479,6	898	297673	7967406	2144019	1462,2	897	571126	7596369
1847010	1336	946	241257	7899357	2144026	1420,8	761	508970	7661794
1848000	1450,7	730	724453	7911953	2145008	1458,7	875	473311	7581070
1848010	1508,4	963	794436	7935474	2146030	1510,9	1040	342533	7634965
1940009	1177,5	135	305167	7873754	2245088	1667,6	1200	461578	7532281
1941005	940	100	233454	7890417	2245089	1564	900	413800	7563147
1941006	1029,7	172	242160	7831503	2345071	1230,9	573	407903	7415347
1942008	1177,3	355	804115	7855275	-	-	-	-	-

## 5.2 Seleção e análise dos eventos

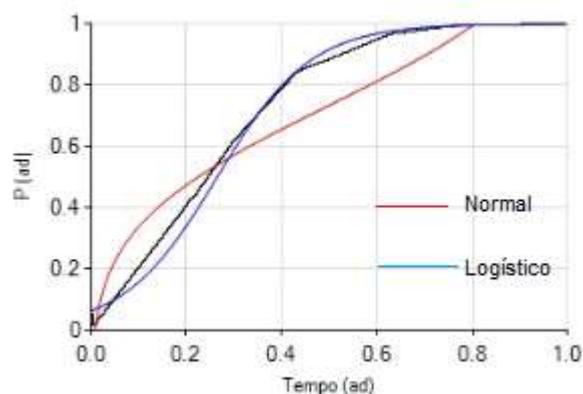
Foram aplicados todos os critérios descritos nos itens 4.2 a 4.3 da metodologia aos dados dos pluviógrafos para seleção dos eventos a serem estudados. Um exemplo dos hietogramas adimensionais gerados para cada evento, bem como o ajuste de modelos logísticos e normais feito para cada um deles podem ser observados nas **Figuras 5.2 a 5.5** abaixo.

Na **Figura 5.2** observa-se os dados de precipitação de um evento qualquer da amostra, plotados em função do tempo e a evolução da precipitação acumulada em função do tempo. Na **Figura 5.3**, pode ser visualizada distribuição temporal desse mesmo evento ajustada a um modelo de distribuição logístico.

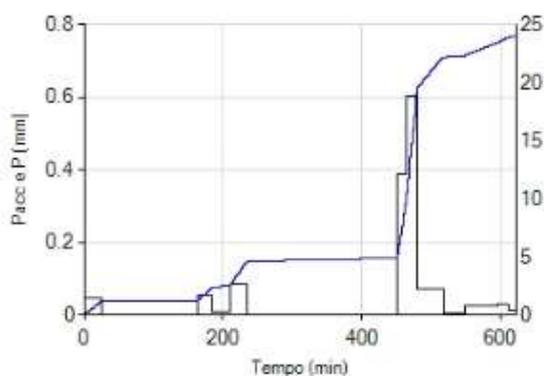
Na **Figura 5.4** tem-se um exemplo de um hietograma de um evento que foi rejeitado para o estudo. Observa-se na **Figura 5.5** que esse evento, ao ter os dados de precipitação acumulada grafados contra o tempo não se ajustou ao modelo logístico nem ao modelo normal.



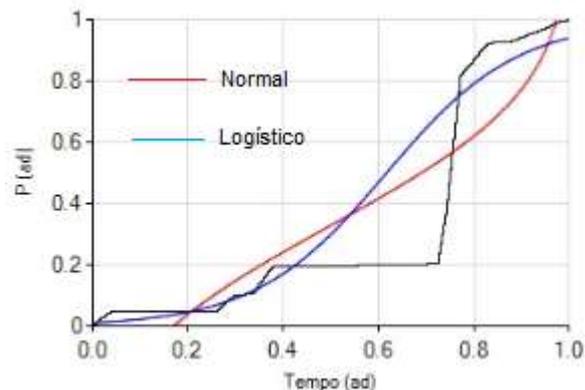
**Figura 5.2:** Exemplo de hietograma de evento aceito



**Figura 5.3:** Exemplo de evento aceito ajustado ao modelo logístico



**Figura 5.4:** Exemplo de hietograma de evento rejeitado



**Figura 5.5:** Exemplo de evento rejeitado, não ajustado a nenhum dos modelos

Após o ajuste de cada evento ao modelo logístico, como descrito no item 4.3 da metodologia, foram determinados os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  para cada um dos eventos de cada um dos postos pluviográficos estudados.

Foi determinada a quantidade de eventos por posto pluviográfico, bem como os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  mínimos, máximos, médios e medianos. As durações médias, máximas, mínimas e medianas dos eventos para cada posto também foram verificadas.

Observou-se que os valores medianos para os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  apresentaram resultados mais coerentes e consistentes para o estudo, por apresentarem resultados mais robustos com relação à presença de *outliers*. Um resumo dos resultados encontrados para as análises feitas para todos os postos podem ser verificados na **Tabela 5.2** abaixo. Os dados de cada posto pluviográfico podem ser consultados na **Tabela P 1.1** presente no Apêndice I dessa dissertação.

Pode-se observar que os valores medianos de  $\alpha$  variaram de 9,87 a 20,33, com um valor médio equivalente a 14,26. Os valores medianos de  $\beta$  tiveram uma variação menor, com o mínimo equivalente a -7,58 e o máximo valor encontrado igual a -6,26, com um valor médio igual a -6,89. A definição desses valores médios é importante para o estabelecimento de uma relação regional para o estado de Minas Gerais.

Verifica-se ainda que, o posto que obteve o maior número de eventos através desse critério de separação adotado, teve um total de 467 eventos, enquanto há posto com apenas 22 eventos

estudados. Para o detalhamento do número de eventos encontrados por postos, deve-se consultar o Apêndice I dessa dissertação.

Baseado nisso, e no critério de separação dos eventos em diferentes faixas de intensidades médias citado no item 4.4 da metodologia, foi realizada a separação dos eventos nas 6 classes de intensidade propostas, conforme **Tabela 4.1**.

Para cada uma das classes de eventos, foi determinada a quantidade de eventos por posto pluviográfico, os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  mínimos, máximos, médios e medianos e as durações médias, máximas, mínimas e medianas. Os resultados resumidos podem ser observados na **Tabela 5.3** a **Tabela 5.6** abaixo e os resultados detalhados para cada posto pluviográfico são encontrados nas **Tabelas P1.2 a P1.5** do APÊNDICE I dessa dissertação.

Observa-se nesses resultados que não foram encontrados nos dados estudados eventos nas classes I e II, caracterizados como de intensidades médias muito fracas e fracas, respectivamente. Os valores de  $\alpha$  medianos das classes III a VI de intensidades médias variaram de 5,05 (Classe V) a 37,81 (Classe III). Os valores de  $\beta$  medianos das classes III a VI de intensidades médias variaram de -8,48 (Classe VI) a -5,44 (Classe VI).

Em relação a quantidade de eventos em cada classe, observa-se que para as classes III, IV e V, os postos que tiveram maior número de eventos possuem valores próximos em torno de 100 eventos. Para a classe VI, o posto que obteve maior número de eventos teve um total de 69 eventos. Um maior detalhamento da quantidade de eventos que foram estudados para cada posto pluviográfico pode ser consultado no APÊNDICE I dessa dissertação. Vale ressaltar que esse critério de separação de eventos adotado priorizou a seleção de chuvas moderadas a muito forte.

O método de separação de eventos, tal como especificado aqui, gerou somente eventos de curta duração. De fato, ao avaliar a duração dos eventos selecionados não foram identificadas durações superiores a duas horas. Por um lado, os resultados têm a vantagem de priorizar bacias pequenas, com curto tempo de concentração, as quais são a maioria nos projetos de drenagem urbana. Por outro lado, tem-se que os resultados são bastante restritos, não possibilitando tecer conclusões a cerca de bacias maiores. Assim, há a necessidade de avaliar e modificar os critérios de separação de modo a abranger uma gama maior de eventos de chuvas extremas.

**Tabela 5.2-** Parâmetros médios para todos os eventos estudados

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<b>MEDIANA</b>	MAX	MIN	MED	<b>MEDIANA</b>	MAX	MIN	MED	MEDIANA	MAX
<b>MIN</b>	22	0,32	14,36	<b>9,87</b>	50,58	-13,19	-7,45	<b>-7,58</b>	-5,03	11,00	70,37	113,50	116,00
<b>MED</b>	193	1,30	19,94	<b>14,26</b>	96,19	-10,86	-6,97	<b>-6,89</b>	-3,98	13,70	80,97	86,05	117,51
<b>MAX</b>	467	2,60	40,22	<b>20,33</b>	310,89	-8,57	-6,26	<b>-6,26</b>	-2,15	24,00	90,45	63,00	119,00

**Tabela 5.3-** Parâmetros médios para eventos da Classe III

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<b>MEDIANA</b>	MAX	MIN	MED	<b>MEDIANA</b>	MAX	MIN	MED	MEDIANA	MAX
<b>MIN</b>	7	0,68	13,07	<b>11,24</b>	32,55	-11,67	-7,76	<b>-7,44</b>	-5,41	61,00	99,56	112,00	115,00
<b>MED</b>	55	2,58	22,10	<b>17,03</b>	69,17	-9,03	-6,51	<b>-6,44</b>	-4,39	69,59	108,12	113,77	116,59
<b>MAX</b>	133	18,83	69,37	<b>37,81</b>	173,79	-7,70	-6,04	<b>-6,06</b>	-2,15	94,00	111,53	115,00	118,00

**Tabela 5.4-** Parâmetros médios para eventos da Classe IV

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<b>MEDIANA</b>	MAX	MIN	MED	<b>MEDIANA</b>	MAX	MIN	MED	MEDIANA	MAX
<b>MIN</b>	5	0,33	10,12	<b>7,68</b>	15,78	-12,66	-7,48	<b>-7,34</b>	-5,77	31,00	79,86	72,50	116,00
<b>MED</b>	63	1,66	18,67	<b>12,85</b>	71,42	-9,70	-6,80	<b>-6,73</b>	-4,47	36,86	91,75	102,85	116,97
<b>MAX</b>	146	5,25	37,33	<b>27,41</b>	150,07	-6,91	-5,93	<b>-5,85</b>	-3,55	61,00	99,89	114,00	119,00

**Tabela 5.5-** Parâmetros médios para eventos da Classe V

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<b>MEDIANA</b>	MAX	MIN	MED	<b>MEDIANA</b>	MAX	MIN	MED	MEDIANA	MAX
<b>MIN</b>	6	0,69	8,94	<b>5,05</b>	27,92	-13,19	-8,72	<b>-8,45</b>	-6,78	16,00	48,91	35,00	114,00
<b>MED</b>	49	1,94	18,11	<b>12,57</b>	68,30	-10,28	-7,22	<b>-7,17</b>	-4,59	20,09	71,29	68,43	116,77
<b>MAX</b>	123	6,62	49,14	<b>20,87</b>	310,89	-8,50	-6,62	<b>-6,36</b>	-3,14	36,00	94,10	113,00	118,00

**Tabela 5.6-** Parâmetros médios para eventos da Classe VI

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<b>MEDIANA</b>	MAX	MIN	MED	<b>MEDIANA</b>	MAX	MIN	MED	MEDIANA	MAX
<b>MIN</b>	4	0,32	10,05	<b>7,00</b>	22,32	-12,66	-8,85	<b>-8,98</b>	-6,14	11,00	30,10	20,00	68,00
<b>MED</b>	26	3,64	20,97	<b>15,89</b>	60,32	-10,49	-7,34	<b>-7,29</b>	-4,58	13,83	52,78	42,71	115,58
<b>MAX</b>	69	13,43	67,89	<b>35,71</b>	173,15	-7,93	-5,97	<b>-5,44</b>	-2,63	26,00	87,56	98,00	119,00

### 5.3 Construção de curvas de distribuição temporal para o estado de Minas Gerais

Para a construção de curvas de distribuição temporal para o estado de Minas Gerais foram calculadas as taxas de precipitação adimensional em função do tempo. Nessa etapa, utilizou-se os dados de  $\alpha$  e  $\beta$  medianos médios para cada classe de intensidade média definida no item 5.2. As formulações utilizadas nessa etapa do trabalho foram as citadas no item 4.3 dessa dissertação.

Os valores medianos de  $\alpha$  e  $\beta$ , bem como os valores de A encontrados para cada classe de intensidade média citada no item 5.2 podem ser observados na **Tabela 5.7** abaixo:

**Tabela 5.7-** Valores médios\* de  $\alpha$  e  $\beta$  e A para cada classe

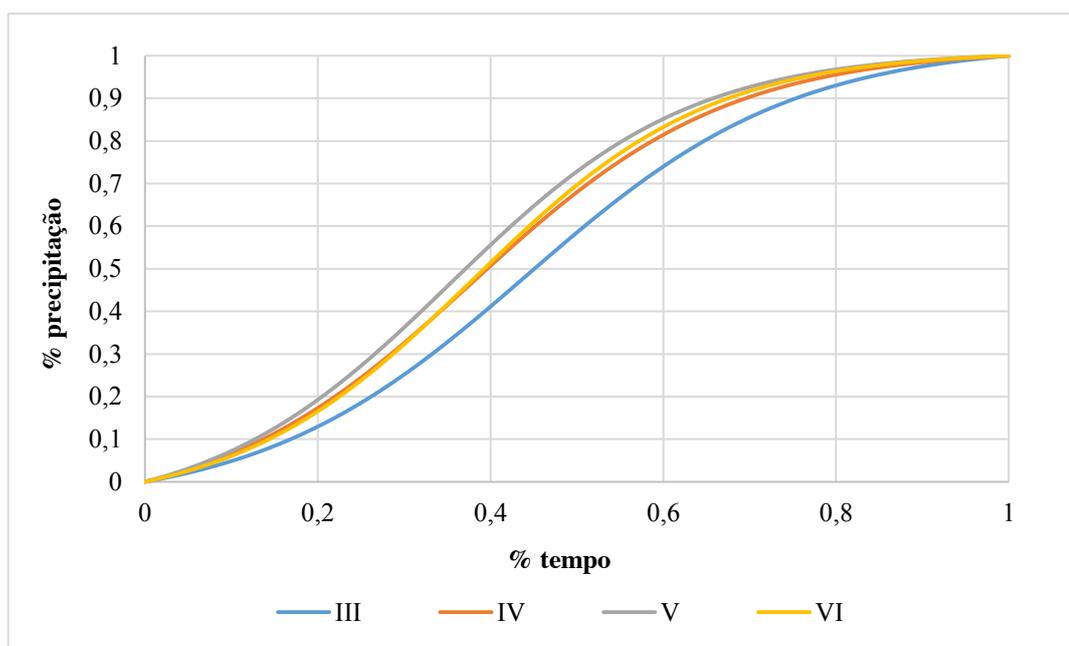
Classe	$\alpha$	$\beta$	A
Classe III	17,03	-6,44	1,08
Classe IV	12,85	-6,73	1,10
Classe V	12,57	-7,17	1,09
Classe VI	15,89	-7,29	1,08

\* média dos valores medianos

Após o cálculo de A foram calculados os valores de precipitação acumulada em função do tempo para cada classe. Esses valores podem ser observados na **Tabela 5.8** Após o cálculo da precipitação adimensional em função do tempo, os resultados foram plotados em um gráfico, como pode ser observado na **Figura 5.6**.

**Tabela 5.8-** Valores de precipitação adimensional em função do tempo para cada classe

% tempo	% precipitação			
	III	IV	V	VI
0	0	0	0	0
0,1	0,05	0,07	0,07	0,06
0,2	0,13	0,17	0,19	0,17
0,3	0,25	0,33	0,36	0,32
0,4	0,41	0,51	0,56	0,51
0,5	0,59	0,68	0,73	0,69
0,6	0,74	0,81	0,85	0,83
0,7	0,86	0,90	0,93	0,92
0,8	0,93	0,96	0,97	0,96
0,9	0,97	0,98	0,99	0,99
1	1	1	1	1



**Figura 5.6:** Distribuição temporal da precipitação para as classes III, IV, V e VI

Pode-se observar que apesar de visualmente não serem observadas grandes diferenças nas distribuições temporais para as diferentes classes de intensidades de chuva produzidas nesse estudo, ao se analisar a **Tabela 5.8** percebe-se que os percentuais de precipitação em relação ao tempo têm uma variação significativa em relação às classes. A classe III que possui intensidades denominadas como moderadas possui caracterização distinta das classes IV, V e VI que possuem intensidades fortes a extrema. Da mesma forma, as três classes IV, V e VI com intensidades fortes têm caracterização semelhante. Isso pode indicar que chuvas moderadas (e talvez as fracas que não temos dados) são caracterizadas por fatores diferentes daquelas fortes a extremas. Como o mais preocupante são justamente essas classes (IV, V e VI) pode-se estabelecer um único modelo para essas classes.

O modelo a ser adotado para todo o estado será o que utiliza os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  médios medianos considerando os eventos das classes IV, V e VI com valores de  $\alpha$  (13,38) e  $\beta$  (-7,06) mostrados na **Tabela 5.9** a seguir:

**Tabela 5.9-** Parâmetros médios para todos os eventos das classes IV, V e VI

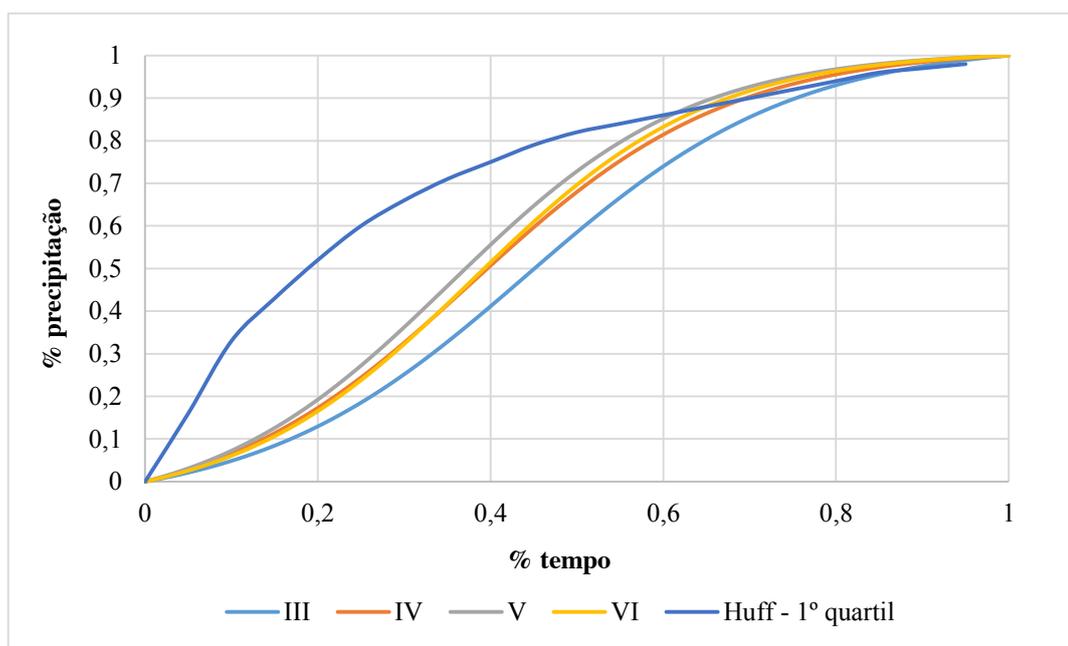
COD	ALPHA				BETA			
	MIN	MED	<b>MEDIANA</b>	MAX	MIN	MED	<b>MEDIANA</b>	MAX
<b>MIN</b>	0,32	13,20	<b>10,26</b>	46,96	-13,19	-7,77	<b>-7,84</b>	-5,21
<b>MED</b>	1,33	19,30	<b>13,38</b>	92,23	-10,87	-7,13	<b>-7,06</b>	-4,10
<b>MAX</b>	2,60	47,08	<b>20,09</b>	310,89	-9,32	-6,66	<b>-6,30</b>	-2,63

#### 5.4 Comparação dos resultados encontrados

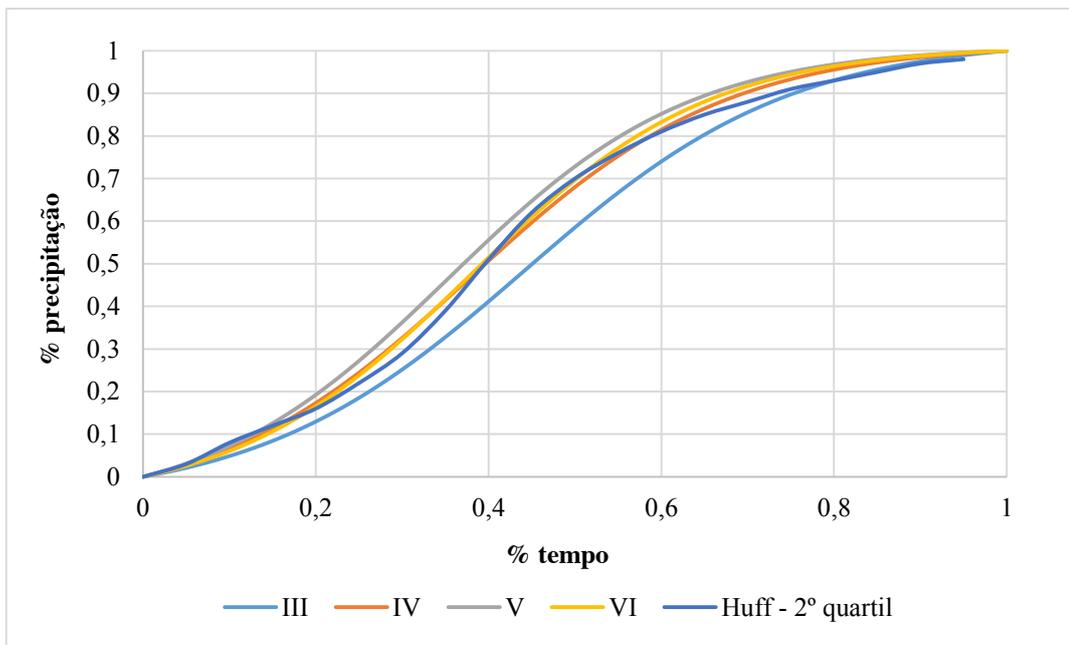
Nesse item buscou-se estabelecer uma comparação entre os dados encontrados no estudo em questão, com outros estudos já consolidados anteriormente.

O primeiro estudo utilizado para comparação dos resultados, foi o realizado por Huff (1967), previamente citado nessa dissertação nos item 3.1. Huff (1967) desenvolveu uma metodologia para obtenção da distribuição temporal de precipitações baseada na análise de 261 tempestades com duração de 3 a 48 horas, observadas em 49 pluviógrafos localizados no Estado de Illinois-EUA. No estudo de Huff as tempestades são agrupadas de acordo com a ocorrência de suas intensidades máximas, sejam elas no 1º, 2º, 3º ou 4º quartil da distribuição temporal da altura de chuva total. Esse estudo é comumente utilizado no estado de Minas Gerais, apesar de ter sido desenvolvido para a região de Illinois nos Estados Unidos.

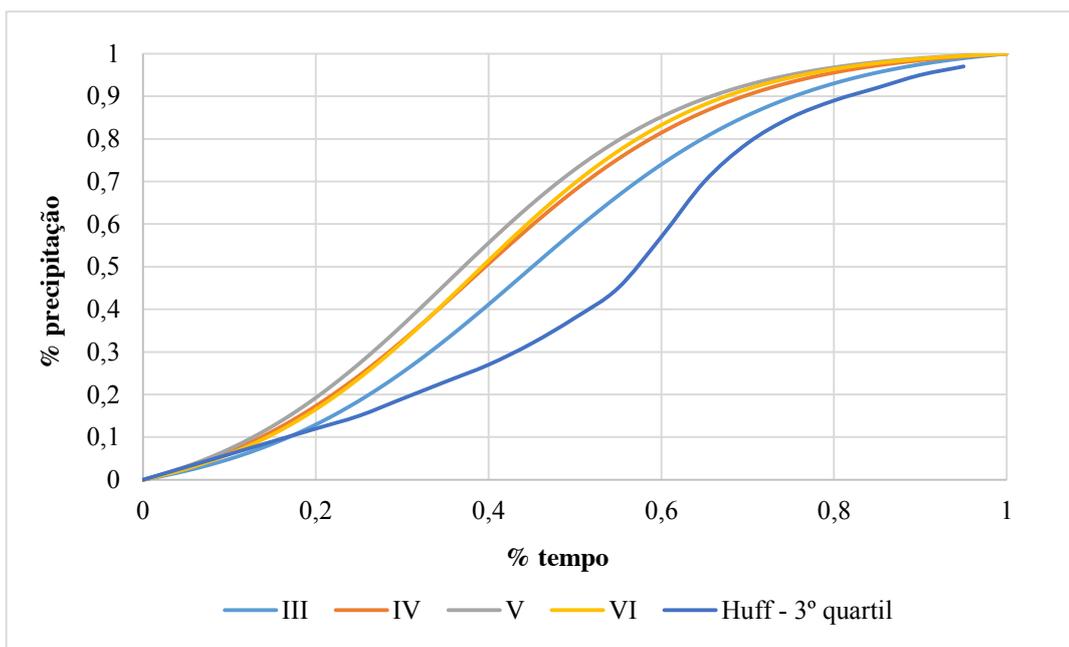
Para realização dessa comparação, foram utilizadas as curvas de distribuição temporal encontradas para cada classe, conforme explicitado no item 5.3. Essas curvas foram plotadas em gráficos juntamente com os resultados encontrados por Huff para o primeiro, segundo, terceiro e quarto quartis, para a probabilidade de 50% e podem ser observadas abaixo:



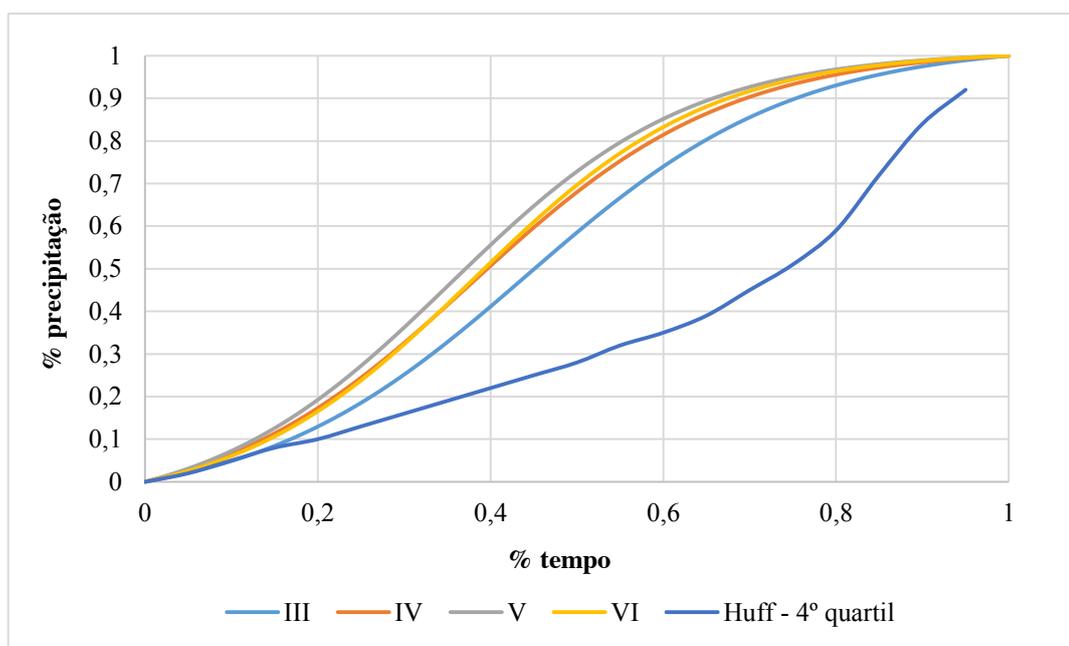
**Figura 5.7:** Comparação dos valores de precipitação acumulada em função do tempo de cada classe com os resultados de Huff para o 1º quartil



**Figura 5.8:** Comparação dos valores de precipitação acumulada em função do tempo de cada classe com os resultados de Huff para o 2º quartil



**Figura 5.9:** Comparação dos valores de precipitação acumulada em função do tempo de cada classe com os resultados de Huff para o 3º quartil



**Figura 5.10:** Comparação dos valores de precipitação acumulada em função do tempo de cada classe com os resultados de Huff para o 4º quartil

Ao observar as **Figura 5.7** a **Figura 5.10**, verifica-se que a curva de Huff para o segundo quartil ficou bem próxima às curvas de precipitação acumulada em função do tempo feitas para esse estudo, utilizando dados pluviográficos distribuídos por todo o estado de Minas Gerais. Dessa maneira, apesar do estudo feito por Huff ter sido desenvolvido para uma região no estado de Illinois nos Estados Unidos, com características hidroclimatológicas distintas das regiões tropicais como as encontradas no estado de Minas Gerais, o resultado de seu estudo para o segundo quartil pode ser aplicado para o estado de Minas Gerais.

Em contrapartida, os resultados de Huff para os 1º, 3º e 4º quartis não se assemelharam às distribuições encontradas no estudo elaborado nessa dissertação. Sugere-se um maior cuidado na utilização dos estudos de Huff para esses quartis em regiões do estado de Minas Gerais.

O segundo estudo utilizado para comparação dos resultados encontrados foi o estudo realizado por Pinheiro e Naghettini (1998). Nesse estudo, a partir de 168 anos de informações de 11 postos pluviográficos, localizados na RMBH (Região Metropolitana de Belo Horizonte), foram construídas curvas de distribuição temporal (expressas em percentagens da duração e da precipitação total, para probabilidades de excedência de 10, 20, 30,..., 90%) para cada grupo de classe com as seguintes durações:

- Classe I – duração da precipitação inferior a 1 hora ( $d < 1h$ );
- Classe II – duração da precipitação entre 1 e 2 horas ( $1 < d \leq 2$ );
- Classe III – duração da precipitação entre 2 e 4 horas ( $2 < d \leq 4$ );
- Classe IV – duração da precipitação superior a 4 horas ( $d > 4h$ ).

Para comparação dos resultados obtidos nesse estudo com os resultados encontrados por Pinheiro e Naghettini (1998) foram calculados os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  medianos médios de todos os eventos. Não foi realizada nessa comparação a divisão dos eventos em diferentes classes de intensidades. Os valores de  $\alpha$ ,  $\beta$  e A encontrados podem ser observados na **Tabela 5.10** abaixo:

**Tabela 5.10-** Valores de  $\alpha$  e  $\beta$  medianos médios e A para todos os eventos

$\alpha$	$\beta$	A
14,26	-6,89	1,087

Após o cálculo dos parâmetros citados acima foram calculados os valores de precipitação acumulada em função do tempo. Esses valores podem ser observados na **Tabela 5.11** abaixo.

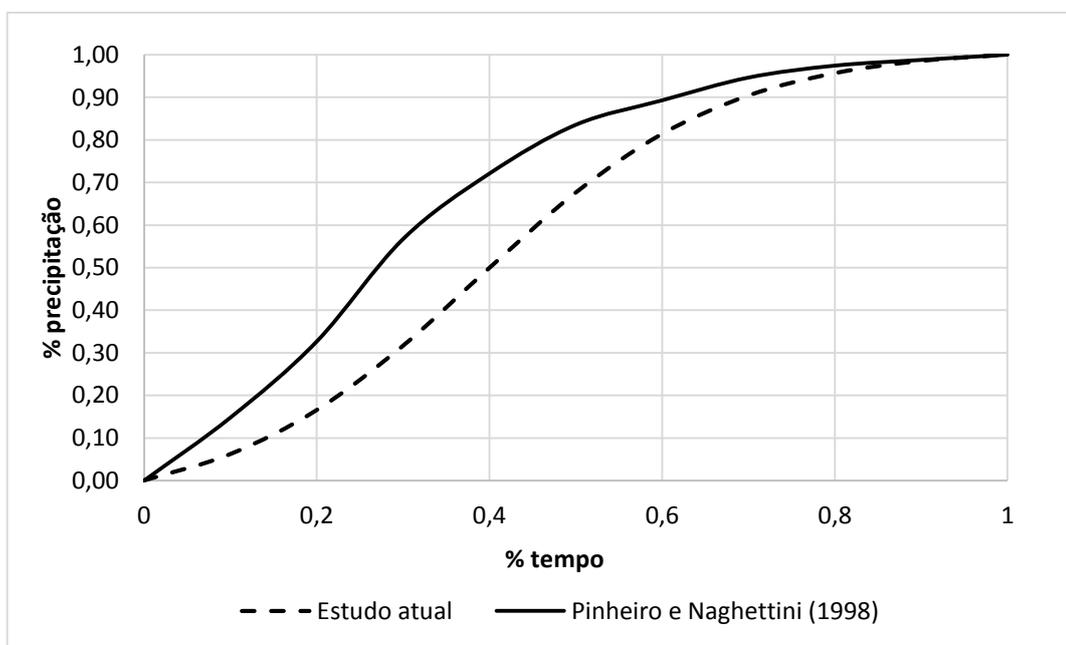
Os valores de precipitação acumulada em função do tempo encontrados para todos os parâmetros foram plotados juntamente com os resultados obtidos por Pinheiro e Naghettini (1998) para a classe II, ou seja, eventos com durações entre uma e duas horas. Foi escolhida a classe II para comparação, pois conforme identificado na **Tabela 5.2**, a duração média de todos os eventos foi equivalente a 80,99 minutos, ou seja, aproximadamente 1 hora e 20 minutos.

Os resultados encontrados podem ser visualizados na **Figura 5.11** e na **Tabela 5.11** abaixo. Pode-se concluir que as chuvas da RMBH acontecem de maneira mais rápida do que a chuva para todo o estado. Isso reflete, de certa forma, a maneira como cada estudo selecionou a amostra de eventos analisados. Pinheiro e Naghettini (1998), por ter um número significativamente menor de postos, puderam avaliar cada evento individualmente, centrando-se naqueles que marcadamente exibiam um comportamento de chuva extrema. Tais eventos se caracterizam pela grande intensidade de chuva no início do evento, com os picos ocorrendo antes da metade da duração. Aqui, por outro lado, optou-se pela abrangência dos resultados, selecionando-se eventos que caracterizassem o comportamento médio do posto analisado. Como resultado, tem-se curvas mais suaves, com forte tendência à simetria em torno do pico.

Salienta-se que o objetivo deste estudo não é obter hietogramas adimensionais que exibam características idênticas àqueles hietogramas obtidos especificamente para uma determinada bacia. Ao contrário, busca-se avaliar o comportamento de eventos de precipitação em escala regional, neste caso o Estado de Minas Gerais, de forma a dar subsídios técnicos e teóricos na definição de hietogramas em locais não monitorados. Dispondo-se de estudos específicos para um determinado local, como na RMBH, este deve ser adotado em detrimento ao resultados aqui obtidos.

**Tabela 5.11-** Comparação dos valores de precipitação adimensional em função do tempo para todos os eventos obtidos nesse estudo com os valores encontrados por Pinheiro e Naghettini (1998)

% tempo	% precipitação	
	Estudo atual	Estudo Pinheiro e Naghettini (1998)
0,0	0,00	0,00
0,1	0,06	0,15
0,2	0,17	0,33
0,3	0,32	0,57
0,4	0,50	0,72
0,5	0,68	0,84
0,6	0,81	0,89
0,7	0,90	0,95
0,8	0,96	0,97
0,9	0,99	0,99
1,0	1,00	1,00



**Figura 5.11:** Comparação da distribuição temporal elaborada para o estudo em questão com o estudo realizado por Pinheiro e Naghettini (1998).

## **5.5 Análise de sensibilidade dos parâmetros**

Neste item é detalhado um método para a análise de sensibilidade dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  na equação de precipitação acumulada.

O conceito base da análise de sensibilidade baseia no princípio “E se”, ou seja, analisam qual a variação da resposta do sistema se forem geradas perturbações nos parâmetros de entrada.

Para se realizar uma análise “E se” existem algumas formas, segundo Silva e Gishi (2013). Se o objetivo é determinar a influência dos parâmetros, como no estudo em questão, em que se deseja avaliar os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  há a análise de sensibilidade;

De acordo com Silva e Gishi (2013), há pelo menos três formas de se realizar a análise de sensibilidade:

- (a) análise por triagem;
- (b) análise local; e
- (c) análise global.

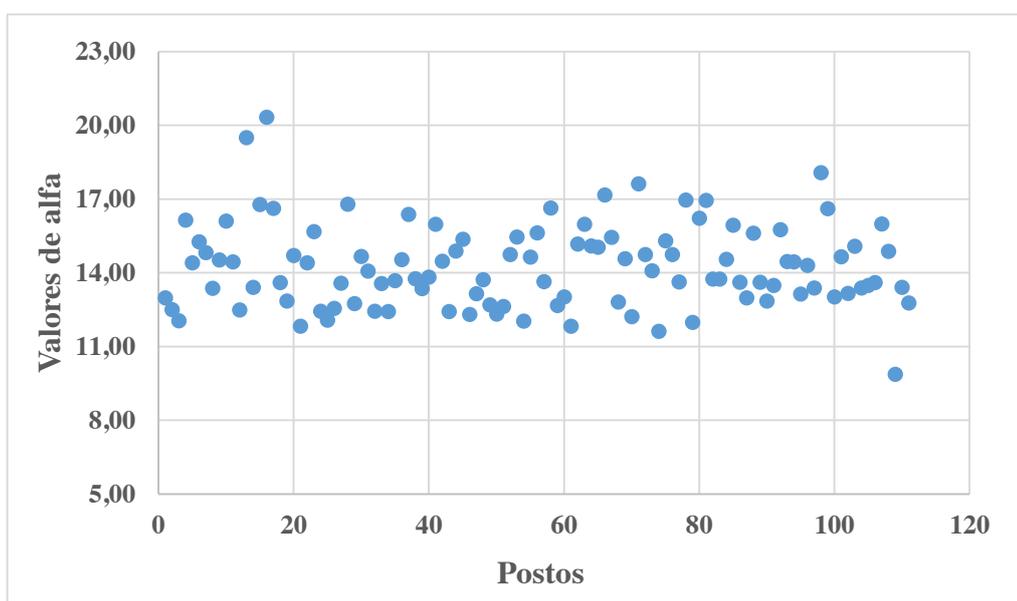
“Na análise por triagem, os parâmetros de entrada são variados individualmente em dois níveis extremos, enquanto os demais parâmetros são mantidos no nível médio. Dessa forma, é obtida uma influência de primeira ordem, que pode ser útil para análises preliminares, mas é incompleta” (SILVA e GISHI, 2013).

“A análise local trata apenas de um parâmetro específico variado em diversos níveis, cujos demais parâmetros são mantidos constantes. Assim, obtém-se a tendência do parâmetro analisado em cada nível, podendo-se também variar os demais parâmetros, mas separadamente” (SILVA e GISHI, 2013).

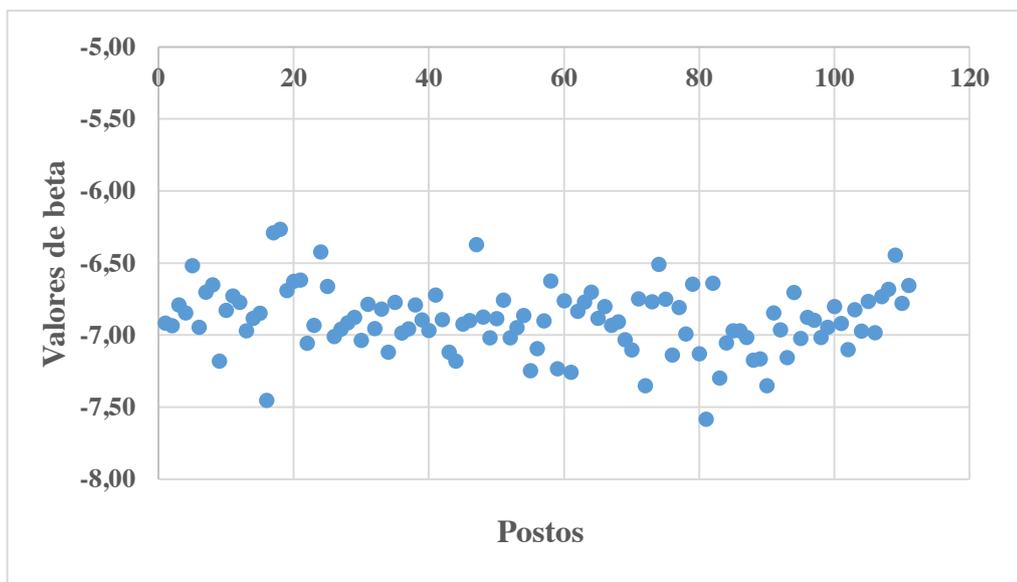
“A análise global é a mais completa e complexa, pois se refere à variação de todos os parâmetros simultaneamente. Por meio dessa análise são obtidos índices globais de sensibilidade” (SILVA e GISHI, 2013).

O estudo tem como foco os parâmetros de entrada da equação 4.2 para a determinação da precipitação adimensional, onde foram definidos como variáveis independentes:  $\alpha$  e  $\beta$ . Foi utilizado o programa SimLab versão 2.2 para a realização das simulações.

Ao observar os valores medianos de  $\alpha$  e  $\beta$  encontrados para todos os postos, verificou-se que os mesmos variam uniformemente, como pode ser observado nas **Figura 5.12** e **Figura 5.13** abaixo. Dessa maneira utilizou-se na simulação uma distribuição uniforme dos parâmetros. Como não foram verificadas diferenças significativas entre as classes de intensidades encontradas, optou-se por utilizar os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  medianos médios para todos os eventos estudados.



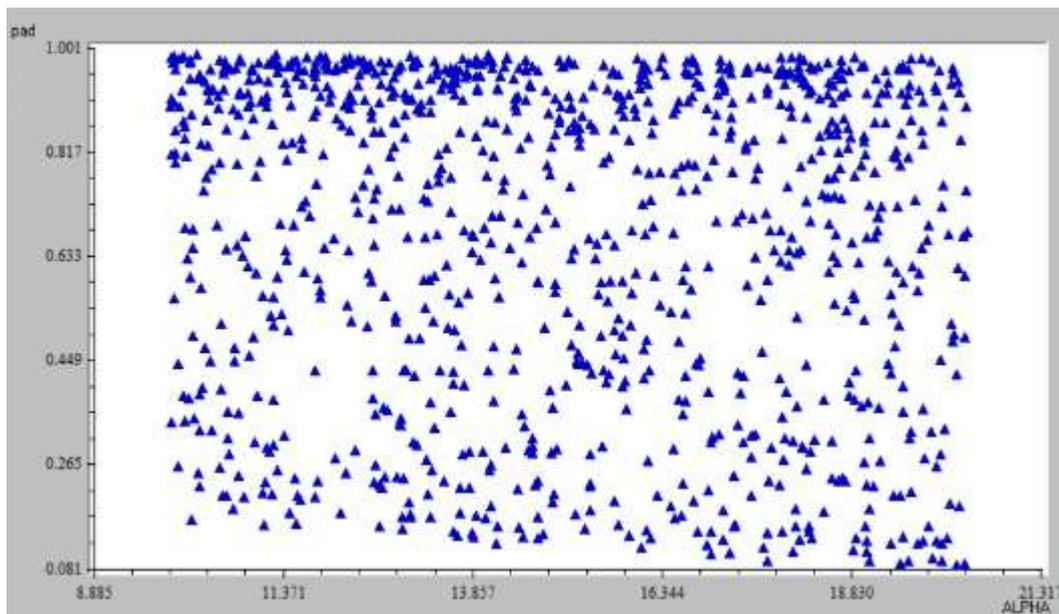
**Figura 5.12:** Variação do parâmetro  $\alpha$  mediano em todos os postos estudados



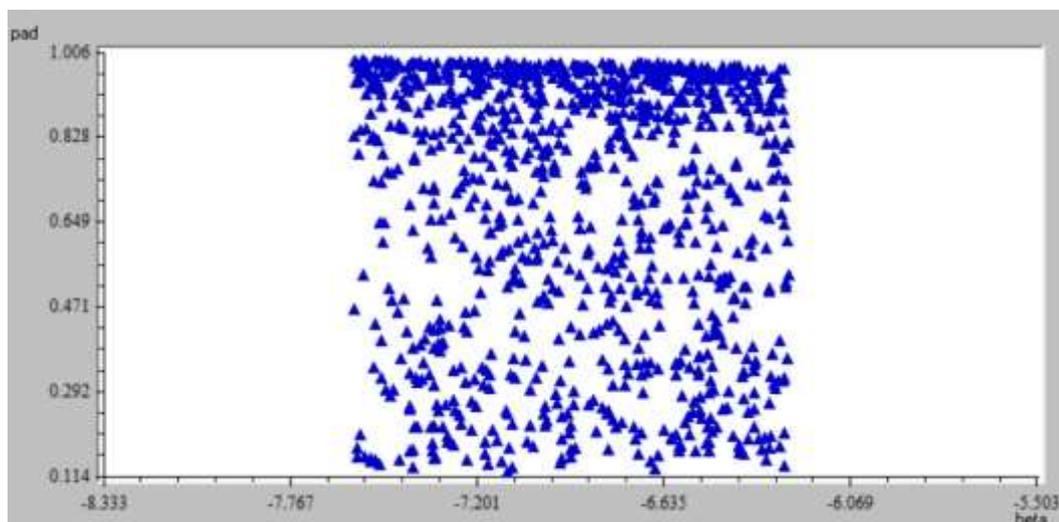
**Figura 5.13:** Variação do parâmetro  $\beta$  mediano em todos os postos estudados

Para este trabalho foi utilizada a amostragem aleatória pelo método Random, o qual gera vetores aleatórios para cada uma das variáveis independentes, considerando a probabilidade de ocorrência em cada distribuição. Trata-se de um experimento de Monte Carlo. Nesse tipo de experimento, quanto maior a amostra maior a precisão. Por outro lado, se o número é muito grande pode-se ter problemas computacionais relacionados ao armazenamento e tempo de processamento. Assim, esse número é em geral escolhido por tentativa e erro até se encontrar uma precisão requerida. Nesse estudo foi adotado um vetor aleatório de tamanho 1.000.000.

Ao observar as **Figura 5.14** e **Figura 5.15** abaixo pode-se perceber a sensibilidade do cálculo da precipitação adimensional com relação às variáveis independentes da equação:  $\alpha$  e  $\beta$ . As variáveis  $\alpha$  e  $\beta$  não afetam significativamente o valor da precipitação adimensional ao variarem entre o mínimo e máximo valor encontrado.



**Figura 5.14:** Variação da precipitação adimensional em relação ao parâmetro  $\alpha$



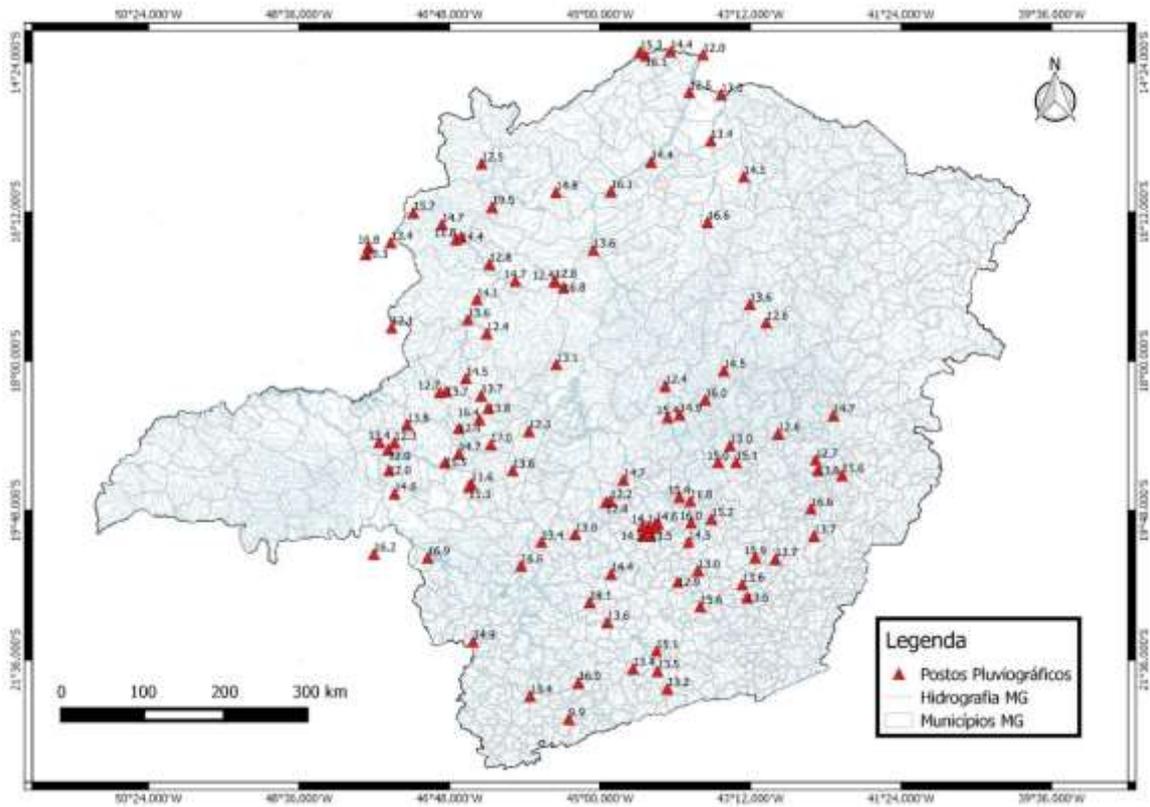
**Figura 5.15:** Variação da precipitação adimensional em relação ao parâmetro  $\beta$

## 5.6 Distribuição espacial dos parâmetros encontrados

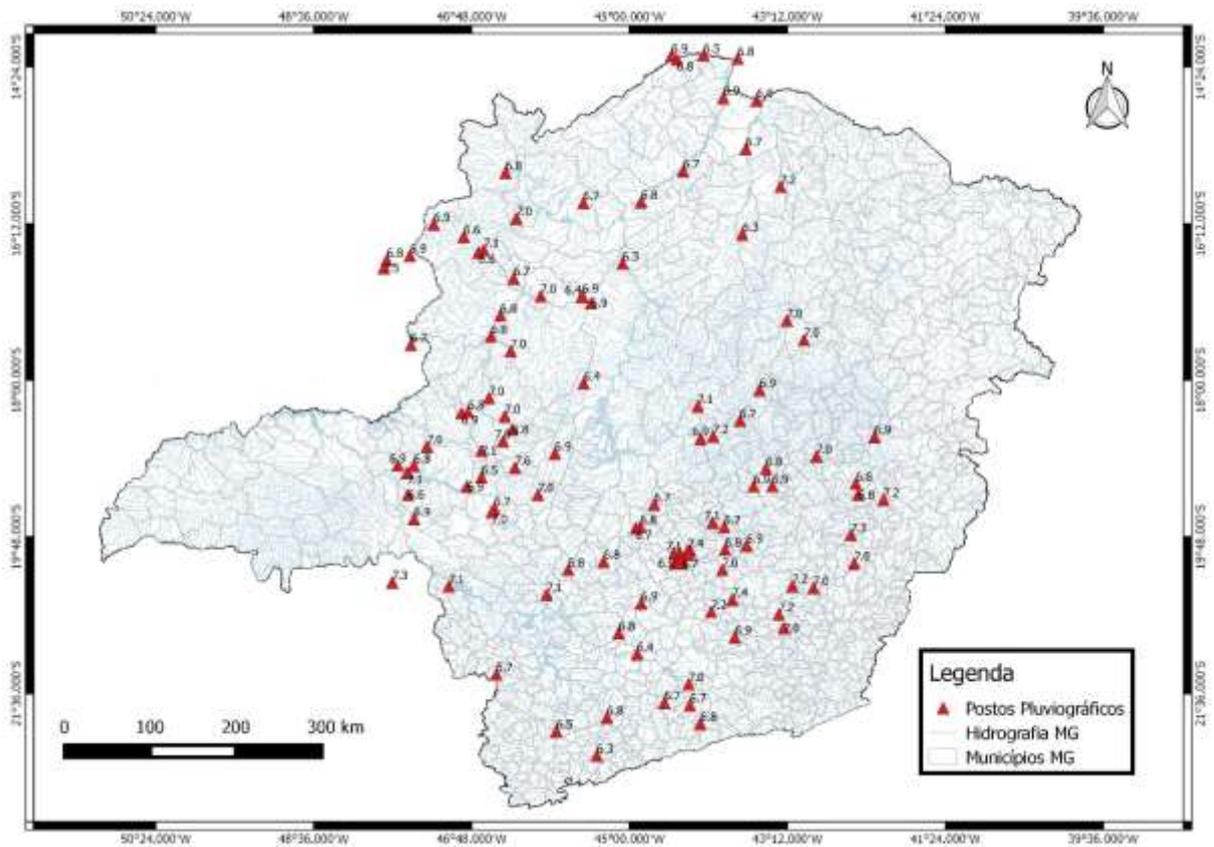
Os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  medianos de cada classe de intensidade encontrados foram plotados de acordo com a posição geográfica do respectivo posto pluviográfico. O objetivo da plotagem dos pontos era encontrar uma possível relação regional entre os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  característicos.

Em um primeiro momento utilizou-se o *software* QuantumGis (QGIS), e os pontos foram plotados a fim de se realizar uma identificação visual da possível relação regional. Visualmente, não foi observada nenhuma relação. Os gráficos de  $\alpha$  e  $\beta$  medianos médios para todos os

eventos podem ser observados nas **Figura 5.16** e **Figura 5.17** abaixo. Os gráficos plotados para as outras classes se encontram no APÊNDICE II.

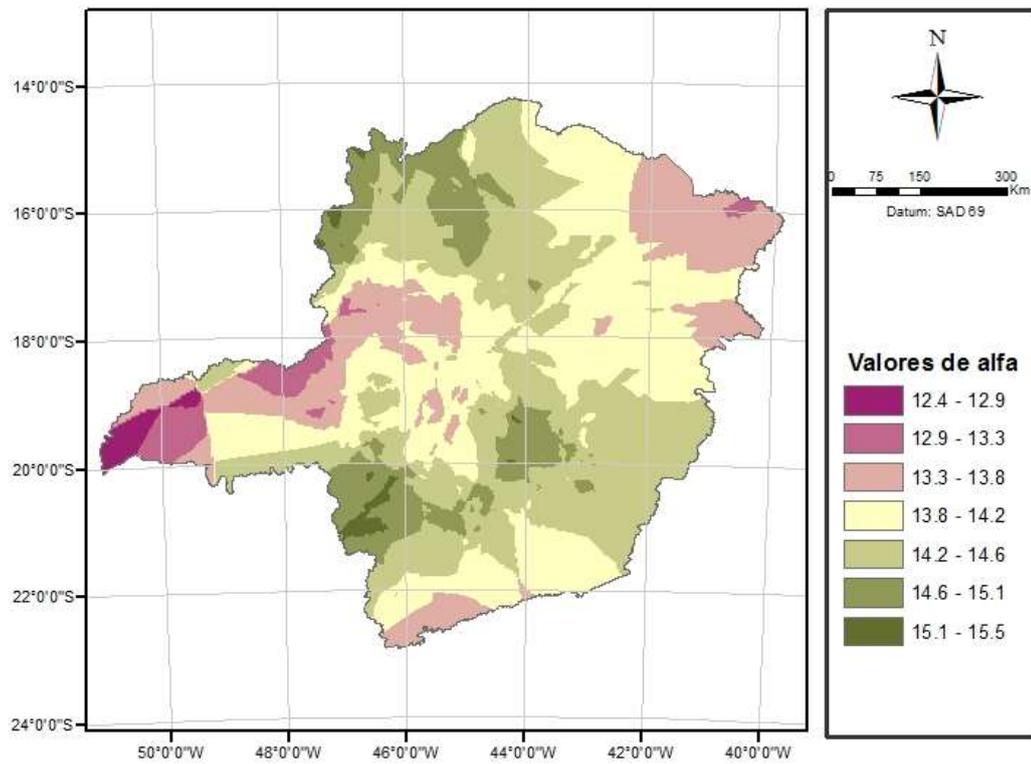


**Figura 5.16:** Valores de  $\alpha$  medianos para cada posto pluviográfico para todos os eventos

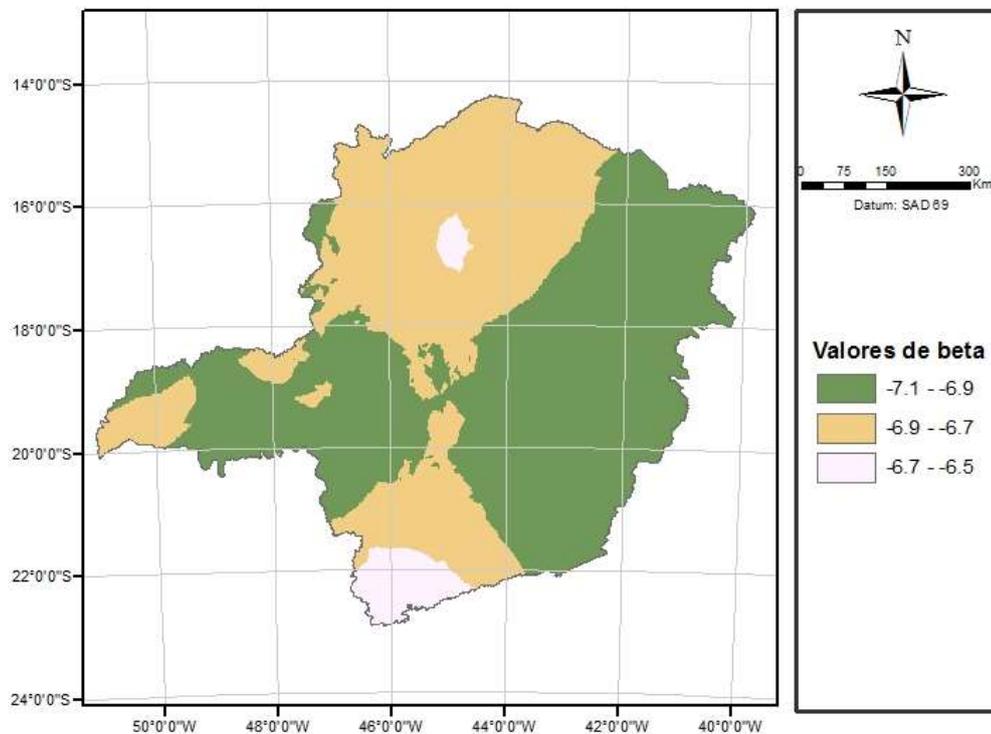


**Figura 5.17:** Valores de  $\beta$  medianos para cada posto pluviográfico para todos os eventos

Como pode-se observar não é possível encontrar resultados visuais satisfatórios através dessas plotagens. Dessa maneira, em vista de buscar resultados visuais mais satisfatórios, foi utilizado o método geoestatístico da Krigagem com os valores de  $\alpha$  e  $\beta$ . Para realização desse procedimento foi utilizado o *software* ARCGIS. Os resultados gerados para os parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  medianos médios para todos os eventos podem ser observados nas **Figura 5.18** e **Figura 5.19** abaixo. O resultado da krigagem efetuada para as outras classes pode ser visualizado no APÊNDICE III.



**Figura 5.18:** Valores de  $\alpha$  medianos médios interpolados através do método da krigagem



**Figura 5.19:** Valores de  $\beta$  medianos médios interpolados através do método da krigagem

Mais uma vez não foi possível identificar um comportamento regional. De fato, ambas as variáveis exibem valores próximos para todas as regiões avaliadas, como foi verificado na análise de sensibilidade feita no item 5.5 dessa dissertação. Os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  não possuem uma variabilidade tal que se possa determinar diferentes comportamentos para diferentes localidades no estado. Apesar da **Figura 5.19** apresentar as três classes de  $\beta$  bem distribuídas por todo o estado, esses valores variam muito pouco entre si, não acarretando uma diferença significativa nos cálculos da precipitação adimensional.

Buscou-se ainda nesse estudo encontrar uma relação de  $\alpha$  e  $\beta$  medianos encontrados para cada posto pluviográfico, com características tais como a precipitação total anual, altitude e temperatura média desses postos. Não foi encontrada, porém, nenhuma relação evidente.

Essa análise indica que a distribuição temporal das precipitações pode não ser afetada pelas características fisiográficas e meteorológicas da região estudada. Embora não tenha sido explorada aqui, a razão pode vir do fato da região estar inserida no mesmo complexo climatológico tropical, com invernos secos e verões úmidos (SIMIELLI E BIASI, 1995).

Por outro lado, o fato de tanto  $\alpha$  quanto  $\beta$  se mostrarem relativamente uniformes na região pode justificar a adoção de um único modelo de distribuição temporal da precipitação para todo o estado.

## **6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar o padrão de distribuição temporal de precipitações intensas para o estado de Minas Gerais, utilizando dados de pluviógrafos distribuídos por quase todo o estado. Os estudos se dividiram em duas etapas principais, sendo a primeira delas referente à seleção dos eventos extremos a serem estudados e a segunda etapa referente ao ajuste de curvas de distribuição logística a cada um dos eventos selecionados a fim de se identificar parâmetros de distribuição regional para o estado.

Após a seleção dos eventos e o ajuste de curvas de distribuição logística a cada um deles, foram determinados parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  para cada um dos eventos estudados. Foram determinados os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  mínimos, máximos, médios e medianos e as durações médias, máximas, mínimas e medianas para os eventos de todos os postos pluviográficos. Ao final, optou-se por

utilizar no estudo os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  medianos por apresentarem resultados mais robustos com relação à presença de *outliers*.

Após a determinação dos valores de  $\alpha$  e  $\beta$  medianos para cada posto pluviográfico, foi possível se obter a distribuição temporal de precipitações para o estado. O modelo a ser adotado para todo o estado será o que utiliza os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  médios medianos considerando os eventos das classes IV, V e VI.

O trabalho tinha ainda como objetivo comparar a distribuição temporal encontrada com outras distribuições usualmente utilizadas no estado de Minas Gerais. Os estudos escolhidos para realização da comparação foram:

- Estudo realizado por Huff (1967) para uma região no estado de Illinois (EUA).
- Estudo realizado por Pinheiro e Naghettini (1998) para a RMBH.

Ao comparar o resultado da distribuição temporal encontrada nesse estudo com os resultados encontrados por Huff (1967), verificou-se grande semelhança com os resultados encontrados por Huff para o segundo quartil. Dessa maneira, apesar do estudo feito por Huff ter sido desenvolvido para uma região no estado de Illinois nos Estados Unidos, com características hidroclimatológicas distintas das regiões tropicais como as encontradas no estado de Minas Gerais, o resultado de seu estudo para o segundo quartil pode ser aplicado para o estado de Minas Gerais.

Em contrapartida, os resultados de Huff para os 1º, 3º e 4º quartis não se assemelharam às distribuições encontradas no estudo elaborado nessa dissertação. Sugere-se um maior cuidado na utilização dos estudos de Huff para esses quartis em regiões do estado de Minas Gerais.

Com relação ao estudo realizado por Pinheiro e Naghettini (1998), os resultados encontrados não foram muito semelhantes. Pinheiro e Naghettini (1998) analisaram um número significativamente menor de postos, e, dessa maneira, pôde avaliar cada evento individualmente, e selecionar aqueles que marcadamente exibiram um comportamento de chuva extrema. Nesse estudo, entretanto, optou-se pela abrangência dos resultados, selecionando-se eventos que caracterizassem o comportamento médio do posto analisado.

O objetivo dessa dissertação foi apenas avaliar o comportamento de eventos de precipitação em escala regional, neste caso o Estado de Minas Gerais, de forma a dar subsídios técnicos e teóricos na definição de hietogramas em locais não monitorados. Dessa maneira, ao se dispor de estudos específicos para uma bacia em determinado local, recomenda-se a utilização do mesmo em detrimento do estudo aqui elaborado.

É importante ressaltar que os resultados encontrados nesse trabalho se referem a chuvas intensas de pequenas durações, com durações máximas em torno de duas horas. Dessa maneira, ao se aplicar os valores de  $\alpha$  e  $\beta$  encontrados, deve-se ter o cuidado com a duração das precipitações que serão estudadas.

Além disso, o estudo tinha ainda como objetivo encontrar uma distribuição regional de precipitação para o estado através dos parâmetros  $\alpha$  e  $\beta$  encontrados. Não foi possível estabelecer uma relação entre a variabilidade (baixa por sinal), de  $\alpha$  e  $\beta$  encontrados para os diferentes pontos do estado, com as características regionais do estado. Dessa maneira, pelo fato de tanto  $\alpha$  quanto  $\beta$  se mostrarem relativamente uniformes na região, adota-se nesse estudo um único modelo de distribuição temporal da precipitação para todo o estado.

Como recomendações e sugestões para um trabalho futuro, sugere-se a adoção de outros modelos, diversos do logístico, no ajuste das curvas de precipitação adimensionais, com o intuito de verificar se existem outras distribuições que se aplicariam aos eventos estudados.

Sugere-se também a adoção de critérios de separação de eventos diferentes dos aqui utilizados, com vistas a se obter precipitações com durações diversas das encontradas nesse trabalho.

## REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, W. L.; BRITO, J. L. S.; SOARES, D. Z. Distribuição Espacial das Chuvas na Bacia do Araguari (MG). *VII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*, Rondonópolis, MS, 2006.

AZLI, M.; RAO, R.A. Development of Huff curves for Peninsular Malaysia. *Journal of Hydrology*, Denver, v. 83, n. 4, p. 77-84, 2010.

BECKER, F.G. Aplicações de Sistemas de Informação Geográfica em Ecologia e Manejo de Bacias Hidrográficas. *O uso do conceito de Bacias Hidrográficas- Teorias e Aplicações*, Universidade Estadual de Santa Cruz, p.91-110, 2002.

BEDIENT, P.B.; HUBER, W.C. *Hydrology and Floodplain Analysis*. 3 ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs, 2002.

BEMFICA, C. D.; GOLDENFUM, A. J.; SILVEIRA, L.L.A. Análise da aplicabilidade de padrões de chuvas de projeto a Porto Alegre. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 5, n. 4, p.5-16, 2000.

BONTA, J.V.; SHAHALAM, A. Cumulative Storm Rainfall Distributions: comparison of Huff curves. *Journal of Hydrology*, v. 3, n. 4, p.65-74, 2003.

BRACKEN, L.J.; COX, N.J.; SHANNON, J. The relationship between rainfall inputs and flood generation in south-east Spain. *Hydrological Processes*, v. 22, p.683-696, 2008.

BRADLEY, D. M. Verhulst's logistic curve. 2007. Disponível em <<http://www.math.umaine.edu>> Acesso em 02 de outubro de 2015.

CAMARGO, E. C. G. Geoestatística: Fundamentos e aplicações. In: CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S. *Geoprocessamento para projetos ambientais*. 1998. 36 p. Curso disponível em <[http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis\\_ambiente/5geoest.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/5geoest.pdf)>. Acesso em :24 de setembro de 2015.

CAVALCANTI, I. F. A. Large scale and synoptic features associated with extreme precipitation over South America: A review and case study for the first decade of the 21st century. *Atmospheric Research*, v. 118, p.27-40, 2012.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A. V. M.; CAMARGO, E. C. G.; FELGUEIRAS, C. A.; CRUZ, O. G.; CORREA, V. *Análise Espacial de Dados Geográficos*. Brasília: EMBRAPA, 2004. 209 p

DUNKERLEY, D. Identifying individual rain events from pluviograph records: a review with analysis of data from an Australian dryland site. *Hydrological Processes*, v. 22, p.5024-5036, 2008.

ESPIRITO SANTO, C. M.; SATYAMURTY, P. Eventos extremos de precipitação na região sudeste do Brasil e redondezas no período de 1997-2001. *XII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Foz do Iguaçu, PR, 2002.

- FISHER, T. C.; FRY, R.H.; A simple substitution model of technological change. *Technological Forecasting and Social Change* , v. 1, p.75-88, 1971.
- FORNIS, R. L.; VERMEULEN, H. R.; NIEUWENHUIS, J. D. Kinetic Energy – rainfall intensity relationship for Central Cebu, Philippines for soil erosion studies. *Journal of Hydrology*, v. 300, p.20-32, 2005.
- FORTUNATO, O. M.; BEZERRA, M.; RIBEIRO, L.; CIDREIRA, M.; NETO, G. G.; CAMPOS, J. M.; SILVA, D. R.; BAO, R. Distribuição Espacial da Chuva na Bacia do Rio Grande. *XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Bento Goncalves, RS, 2013.
- GLASBEY, C.A.; COOPER, G.; McGECHAN, M.B. Disaggregation of daily rainfall by conditional simulation from a point process model. *Journal of Hydrology*, UK, v.165, p. 1-9, 1995.
- HAYLOCK, M.; NICHOLLS, N. Trends in extreme rainfall indices for an updated high quality data set for Australia, 1910-1988. *International Journal of Climatology*, v. 20, p.1533-1541, 2000.
- HERMAN, R.; MONTROLL, E. W. A manner of characterizing the development of countries. *Proceedings of the National Academy of Sciences* , v. 69, p.3019-3023, 1972.
- HODSON, M. C. Raindrop Size Distribution. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*.v.25, n.7, 1986.
- HUFF, F.A.; Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms. *Water Resources Research*, v. 3, n. 4, p.1007-1019, 1967.
- HUFF, F.A.; Time Distributions of Heavy Rainstorms in Illinois. *Illinois State Water Survey*, Circular 173, Estados Unidos, 1990.
- JARDIM, C. H. Medias e desvios na análise geográfico-climatológica: o episódio de chuva concentrada do dia 23 de novembro de 2010 e o veranico de janeiro/fevereiro de 2011 em Belo Horizonte -MG . *Revista Geográficas*, v. 8, p.35-49, 2012.
- JOHNSTON, C. A. Geographic Informations Systems in Ecology. Oxford: Black Well Science Ltda. 239 p. 1998.
- KEIFER, C. J.; CHU, H. H. Synthetic Storm Pattern for Drainage Design . *Journal of the Hydraulics Division*, v. 83, p.1332-1/1332-25, 1957.
- KERR, R. L.; RACHFORD, T. M.; REICH, B. M.; LEE, B. H.; PLUMMER, K. H. Time distribution of storm rainfall in Pennsylvania. *Institute for Research on Land and Water Resources*, Pennsylvania State University, Pa. 1974.
- KLEIJNEN, J. P. Sensitivity Analysis and Related Analysis: a review of some statistical techniques. *Statistic and Computing Simulation* , v. 57, n.1/4, p.111-142, 1997.

LIEBMANN, B.; JONES, C.; DE CARVALHO, L. M.V. Interannual variability of daily extreme precipitation events in the state of São Paulo. *Journal of Climate*, v. 14, p.208-219, 2001.

LIMA, Shirley Marques. *Avaliação de duas parametrizações de difusão turbulenta em um evento de linha de estabilidade utilizando o modelo atmosférico RAMS*. 2004. 134f. Dissertação (Mestre) – Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LIN, F. G.; WU, C. M.; CHEN, R.G.; LIU, J.S. Construction of design hyetographs for locations without observed data. *Hydrological Processes*, v. 24, p.481-491, 2010.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R.; ROCHA, H. M. Distribuição Espaço-Temporal e Sazonalidade das Chuvas no Estado do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 16, n. 4, p.157-167, 2011.

MOLIN, L.; DEVILLA, I.; GOULART, J.; MAESTRINI, A. Distribuição Temporal de Chuvas Intensas em Pelotas, RS. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 1, n. 2, p.43-51, 1996.

NAGHETTINI, M.; PINTO, A. J. E. *Hidrologia Estatística*. 1 ed. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

PFASSTETTER, O. Chuvas intensas no Brasil. Ministério de Viação e Obras Públicas, DNOS.1957

PILGRIM, D. H.; CORDERY, I. Rainfall temporal patterns for design floods. *Journal of the Hydraulics Division*, n.101 ,p.81-95, 1975.

PINHEIRO, C. M. *Diretrizes para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamentos hidráulicos em obras de mineração*. 1 ed. Porto Alegre. ABRH 2011. 308 p.

PINHEIRO, G. M. M. Estudo de chuvas intensas na região metropolitana de Belo Horizonte - RMBH. Belo Horizonte, MG, 1997. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais.216p.

PINHEIRO, G. M. M.; NAGHETTINI, M. Análise regional de frequência e distribuição temporal das tempestades na região metropolitana de Belo Horizonte. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 3, n. 4, p.73-88, 1998.

PINHEIRO, M.; WERNECK, B.; OLIVEIRA, A.; MOTÉ, F.; MARÇAL, M.; SILVA, J.; FERREIRA, M. Geoprocessamento aplicado à gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Macaé- RJ. *XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, RN, 2009.

PINHEIRO, V.B; *Calibração de um modelo chuva-vazão em bacias sem monitoramento fluviométrico a partir de curvas de permanência sintéticas*. Belo Horizonte, MG, 2009. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais.

POWELL, D. N.; KHAN, A. A.; AZIZ, N. M.; RAIFORD, J. P. Dimensionless Rainfall Patterns for South Carolina. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 12, p.130-133, 2007.

ROSSETE, Alessandra Carrijo. *Previsão a curtíssimo prazo de eventos meteorológicos extremos para a área de influência do aeroporto internacional Tom Jobim utilizando técnicas de redes neurais artificiais*. 2011.102f. Dissertação (Mestre) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVA, A. S.; GHISI, E. Análise de sensibilidade global dos parâmetros termofísicos de uma edificação residencial de acordo com o método de simulação do RTQ-R. *Ambiente Construído*. Porto Alegre, v.13, n.4, p.135-148, 2013.

SIMIELLI, M. E.; BIASI, M. *Atlas Geográfico Escolar*. 24 ed. São Paulo. Ática 1995. 32 p.

SMITH, J. A.; HUI, E.; STEINER, M.; BAECK, M.L.; KRAJEWSKY, W.F.; NTELEKOS, A. A. Variability of rainfall rate and raindrops size distributions in heavy rain. *Water Resources Research*. V. 45, n .4, 2009.

TENÓRIO, R. S.; MORAES, M. C. S.; SAUVAGEOT, H. Raindrop size distribution radar parameters in coastal tropical rain systems of Northeastern Brazil. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*.v.5, n.11, 2012.

TOKAY, A.; SHORT, D. A. Evidence from Tropical Raindrop Spectra of the Origin of Rain from Stratiform versus Convective Clouds. *Journal of Applied Meteorology*, v. 35, p.355-371, 1996.

TSOULARIS, A.; WALLACE, J. Analysis of logistic growth models. *Mathematical Biosciences*, v. 179, p.21-55, 2002.

TUCCI, E. M. C. *Hidrologia Ciência e Aplicação*. 4 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, ABRH 2013. 943 p.

TYRREL, P. T.; HASFURTHER, V. R. Design rainfall distribution for the State of Wyoming. *Wyoming Water Research Center*, University of Wyoming. Laraine, Wyoming 1983.

VALVERDE, L.E.A.; SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F.; LEITE, G.H.; BRANDÃO, S.V. Análise regional de chuvas intensas para a Bacia do rio Doce. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.8, n.4, p. 157-168, 2003.

WENZEL JUNIOR, H. G. Rainfall for urban stormwater design. In: KIBLER, DF. *Urban stormwater hydrology*, cap.2, p.35-67, 1982.

YEN, B. C.; CHOW, V.T. Design hyetographs for small drainage structures. *Journal of the Hydraulics Division*, vol.6, n.6 ,p.1055-1076, 1980.

ZIEGLER, A. D.; JUNJIRO, N. N.; SIDLE, R. C.; NOGUCHI, S.; NIK, A. R. Impacts of logging disturbance on hillslope saturated hydraulic conductivity in a tropical forest in Peninsular Malaysia. *Science Direct*, v. 67, p.89-104, 2006.

## **APÊNDICES**

## **APÊNDICE I**

**Tabela P 1.1- Parâmetros médios para eventos da Classe V**

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	<i>MIN</i>	<i>MED</i>	<i>MEDIANA</i>	<i>MAX</i>	MIN	MED	MEDIANA	MAX
<b>MIN</b>	22	0,32	14,36	<b>9,87</b>	50,58	-13,19	-7,45	<b>6,22</b>	-5,03	11,00	70,37	113,50	116,00
<b>MED</b>	193	1,30	19,96	<b>14,32</b>	95,85	-10,87	-6,97	<b>6,87</b>	-3,98	13,66	80,99	86,10	117,51
<b>MAX</b>	467	2,60	40,22	<b>20,85</b>	310,89	-8,57	-6,26	<b>7,58</b>	-2,15	24,00	90,45	63,00	119,00
1443000	97	1,24	17,11	12,98	61,98	-10,75	-7,02	6,92	-3,78	15	83	86	117
1443001	99	1,95	19,91	12,50	112,32	-11,41	-7,36	6,93	-4,67	15	82	83	117
1443002	114	1,08	16,33	12,04	68,83	-11,20	-7,05	6,79	-4,56	12	85	89	117
1444000	135	1,19	17,89	16,13	71,81	-10,90	-7,09	6,85	-4,36	16	82	86	118
1444004	71	1,04	16,29	14,40	74,67	-9,98	-6,76	6,52	-3,37	12	72	80	116
1444017	86	0,86	23,13	15,26	87,36	-10,42	-7,16	6,95	-4,66	24	85	87	116
1539006	147	0,96	19,94	14,82	78,17	-11,08	-6,95	6,70	-3,42	13	81	80	118
1543002	90	1,48	17,56	13,37	80,15	-10,16	-6,89	6,65	-4,49	11	80	96	118
1543013	110	1,28	19,73	14,52	123,54	-10,09	-7,03	7,18	-4,44	16	77	78	117
1544012	124	1,16	21,65	16,11	73,41	-11,38	-6,92	6,83	-4,08	16	83	114	118
1544017	111	2,24	18,73	14,44	73,19	-10,92	-6,84	6,73	-4,34	12	77	96	118
1546001	165	0,89	15,72	12,48	72,60	-10,06	-6,83	6,77	-4,30	12	82	90	117
1640000	119	2,20	32,35	19,49	141,58	-12,21	-7,13	6,97	-4,40	12	76	69	117
1641001	105	1,90	22,31	13,40	100,90	-10,66	-7,02	6,88	-4,22	19	88	93	117
1641010	171	1,85	20,98	16,78	87,36	-10,42	-7,01	6,85	-3,83	19	80	75	118
1641025	22	0,76	32,01	20,33	173,79	-10,99	-7,38	7,45	-4,15	16	76	67	117
1643020	101	1,82	27,43	16,62	218,70	-12,39	-6,98	6,29	-4,12	12	70	68	117
1645009	116	1,13	19,41	13,60	127,40	-9,53	-6,75	6,26	-4,11	12	79	77	117
1646000	147	1,97	17,27	12,84	50,58	-11,04	-6,91	6,69	-4,65	19	82	80	117
1646001	127	0,87	23,80	14,71	167,83	-10,45	-6,94	6,63	-3,65	12	78	89	118
1646003	176	1,27	15,82	11,83	79,30	-11,58	-6,93	6,62	-3,81	12	85	98	118
1646004	161	0,86	19,62	14,40	84,78	-11,20	-7,17	7,06	-4,14	12	84	84	119
1647008	186	1,23	22,21	15,68	144,95	-10,91	-6,91	6,93	-3,73	16	85	87	119
1739005	194	1,27	15,90	12,43	71,81	-10,67	-6,63	6,42	-4,54	13	76	64	118
1741001	149	1,29	19,02	12,07	82,02	-10,88	-6,92	6,66	-4,32	12	79	79	119
1742008	164	0,99	19,58	12,56	123,36	-10,08	-6,87	7,01	-4,17	14	79	87	117
1743002	168	0,84	17,39	13,58	72,32	-10,80	-6,94	6,96	-3,62	11	83	85	118
1745001	174	2,20	24,49	16,79	165,03	-11,41	-7,04	6,91	-4,24	13	88	113	117
1745007	172	1,61	16,20	12,75	89,38	-10,27	-6,81	6,88	-3,42	13	85	89	117
1746001	202	0,71	21,19	14,67	88,63	-11,22	-6,98	7,04	-3,60	12	85	96	117

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	<i>MIN</i>	<i>MED</i>	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	MEDIANA	MAX
1746002	189	1,54	17,71	14,07	62,71	-10,45	-7,01	6,79	-3,55	11	82	88	119
1746006	208	1,89	16,86	12,43	84,55	-10,84	-7,02	6,95	-4,11	13	83	93	117
1746007	201	1,54	17,46	13,56	73,76	-10,08	-6,99	6,82	-3,84	13	81	88	117
1840010	174	1,37	16,99	12,42	72,95	-11,24	-7,12	7,12	-4,00	13	80	82	116
1840013	167	1,71	20,10	13,68	89,59	-10,78	-6,92	6,77	-4,39	15	85	104	118
1840015	176	1,59	18,59	14,53	60,27	-10,20	-6,99	6,99	-4,70	15	81	83	117
1840019	169	2,54	21,65	16,37	112,89	-10,38	-7,15	6,96	-4,50	11	86	94	118
1840020	164	1,25	17,47	13,76	74,66	-10,52	-6,82	6,79	-3,82	12	81	75	117
1841011	143	1,21	20,24	13,35	104,62	-10,33	-7,04	6,90	-4,53	16	81	88	117
1841018	153	1,44	21,55	13,82	104,73	-11,29	-6,98	6,97	-4,22	18	81	83	118
1843002	158	1,77	16,81	15,97	77,78	-11,12	-7,00	6,72	-4,16	11	85	95	118
1843003	198	0,63	22,27	14,47	138,03	-10,99	-6,90	6,89	-3,56	18	81	100	117
1844001	174	1,37	16,99	12,42	72,95	-11,24	-7,12	7,12	-4,00	13	80	82	116
1844009	130	0,84	18,79	14,89	80,18	-10,73	-7,02	7,18	-3,76	19	84	86	117
1844010	139	1,12	21,93	15,37	150,07	-11,25	-6,92	6,92	-4,58	14	77	86	118
1845004	206	1,09	17,25	12,30	73,84	-11,66	-6,94	6,90	-4,04	15	82	86	118
1845021	202	1,32	14,61	13,15	68,40	-10,21	-6,62	6,37	-3,60	11	74	63	117
1846005	200	0,87	17,33	13,72	73,01	-10,05	-6,96	7,02	-4,21	12	80	73	117
1846019	381	1,23	17,09	12,69	109,12	-10,72	-6,78	6,89	-3,14	12	77	79	118
1847010	349	1,61	16,51	12,32	67,05	-10,79	-6,78	6,76	-4,02	11	77	79	118
1848000	393	0,79	16,91	12,63	68,32	-10,51	-6,85	7,02	-3,83	12	79	80	117
1848010	250	1,34	22,30	14,74	103,13	-10,71	-7,03	6,95	-3,87	11	78	79	118
1940009	199	1,55	19,71	15,46	86,27	-10,25	-6,96	6,86	-4,51	13	77	67	117
1941005	146	2,28	15,89	12,04	76,33	-9,32	-6,86	7,10	-4,63	12	82	77	117
1941006	175	1,05	21,12	14,64	86,87	-10,72	-6,79	6,90	-4,48	12	82	87	118
1942008	166	1,46	25,99	15,62	109,44	-11,90	-7,25	7,23	-3,93	13	87	101	118
1942030	181	0,69	20,00	13,64	101,54	-10,84	-6,83	6,76	-3,26	12	84	83	118
1942031	205	1,32	24,12	16,63	104,06	-12,66	-7,45	7,26	-3,91	15	88	92	117
1942032	194	1,05	23,39	12,66	310,89	-11,34	-6,89	6,83	-4,11	15	86	106	118
1943002	212	1,53	20,48	13,01	103,77	-11,51	-6,88	6,77	-3,50	13	79	85	117
1943009	203	0,74	15,35	11,82	56,97	-9,51	-6,80	6,72	-3,40	14	85	96	118
1943010	219	0,97	23,03	15,16	117,63	-11,28	-7,10	6,88	-4,22	12	88	104	118
1943022	254	1,04	22,92	15,97	117,22	-11,57	-6,82	6,80	-3,98	11	75	69	118
1943025	214	0,88	20,21	15,09	96,13	-10,09	-6,94	6,93	-3,72	15	83	90	118

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	<i>MIN</i>	<i>MED</i>	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	MEDIANA	MAX
1943035	267	1,21	19,00	15,04	88,24	-9,96	-6,89	6,91	-3,45	15	84	94	117
1944004	132	0,66	25,30	17,17	119,03	-10,98	-7,25	7,03	-3,66	20	81	78	117
1944009	239	1,19	21,54	15,44	90,36	-11,46	-7,31	7,10	-3,88	11	84	88	118
1944021	175	1,68	14,36	12,81	68,92	-9,70	-6,80	6,75	-4,25	15	83	85	117
1944027	234	0,84	20,12	14,58	85,79	-11,64	-7,23	7,35	-3,74	12	79	90	117
1944032	156	1,07	14,58	12,21	63,03	-9,70	-6,81	6,77	-3,20	22	83	87	117
1944048	55	1,00	29,49	17,62	192,40	-9,94	-6,84	6,53	-4,42	19	86	90	117
1944049	174	2,07	20,17	14,74	99,56	-10,61	-6,79	6,75	-2,15	12	79	89	118
1944062	325	0,87	19,77	14,08	87,39	-12,66	-7,11	7,14	-3,39	11	79	90	118
1946004	159	1,31	14,82	11,61	58,04	-10,07	-6,96	6,71	-4,69	15	81	82	117
1946007	467	0,87	18,78	15,30	78,07	-11,01	-6,94	6,99	-3,82	12	78	79	118
1946008	343	1,36	19,15	14,74	72,44	-10,98	-6,80	6,51	-2,64	12	77	78	117
1946009	188	2,26	20,73	13,63	82,80	-10,70	-7,03	7,04	-4,33	14	80	87	118
1946022	80	1,69	40,22	16,95	210,31	-11,56	-7,45	7,58	-5,03	16	80	97	118
1947001	404	0,33	16,34	11,98	68,88	-10,73	-6,77	6,62	-4,02	12	77	86	118
2041017	240	0,93	25,96	16,22	137,60	-11,26	-7,21	7,30	-3,70	15	84	91	118
2041020	216	1,61	22,62	16,94	97,56	-13,19	-7,30	7,05	-4,27	11	85	94	117
2042008	196	1,23	19,56	13,74	105,53	-12,10	-7,18	6,97	-4,55	17	90	99	118
2042018	196	1,23	19,56	13,74	105,53	-12,10	-7,18	6,97	-4,55	17	90	99	118
2043002	270	1,63	19,94	14,55	74,81	-11,67	-7,08	7,02	-4,36	11	86	98	117
2043009	253	1,80	21,92	15,93	111,82	-10,99	-7,05	7,17	-4,29	19	83	86	118
2043010	268	1,92	19,71	13,62	82,65	-10,49	-7,12	7,16	-4,26	13	83	97	118
2043013	272	0,32	18,48	12,98	86,72	-11,42	-7,19	7,35	-4,39	12	80	77	117
2043018	90	1,58	19,08	15,60	83,84	-10,62	-7,03	6,87	-4,54	19	78	68	116
2043026	261	1,18	19,65	13,61	126,05	-12,34	-7,04	6,96	-4,00	13	81	86	118
2044007	208	0,99	17,78	12,85	81,75	-10,61	-7,08	7,16	-3,70	13	83	96	117
2044021	320	0,68	20,44	13,49	118,29	-11,12	-6,89	6,71	-3,68	12	79	88	117
2044024	214	1,43	22,46	15,75	90,74	-10,72	-7,14	7,02	-3,56	11	81	96	118
2044041	288	0,81	21,49	14,46	102,91	-11,30	-6,98	6,88	-2,63	11	80	89	118
2044042	222	0,87	18,32	14,44	77,86	-10,16	-6,88	6,90	-3,76	16	80	86	118
2044052	267	1,26	20,13	13,14	98,86	-10,46	-7,07	7,02	-4,35	14	82	95	117
2044054	280	1,63	19,30	14,29	86,64	-11,02	-6,95	6,95	-3,71	12	83	95	117
2045002	218	0,82	15,58	13,38	64,25	-10,12	-6,90	6,80	-3,53	15	82	88	117
2045004	166	0,97	22,58	18,06	97,19	-10,83	-6,99	6,82	-3,87	12	82	96	118

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	<i>MIN</i>	<i>MED</i>	<i>MEDIANA</i>	<i>MAX</i>	MIN	MED	MEDIANA	MAX
2045012	244	2,60	19,80	16,61	71,14	-10,42	-7,10	7,10	-4,49	14	79	79	117
2045013	213	0,90	15,99	13,01	58,71	-10,01	-6,89	6,82	-4,06	13	83	97	118
2143003	232	0,96	18,40	14,65	72,37	-12,23	-7,04	6,97	-4,03	16	86	89	117
2144001	221	2,14	21,23	13,16	97,22	-11,16	-6,91	6,77	-4,21	14	74	72	117
2144007	217	1,80	20,04	15,08	87,17	-10,49	-6,93	6,98	-4,19	13	83	98	118
2144018	255	0,93	16,69	13,37	97,80	-10,14	-6,74	6,73	-3,68	12	76	82	117
2144019	273	0,85	18,15	13,48	84,50	-10,25	-6,82	6,66	-3,75	11	75	75	118
2144026	106	1,55	18,10	13,60	81,35	-11,22	-6,52	6,35	-2,90	15	74	79	118
2145008	213	0,80	20,38	15,99	86,90	-11,62	-6,97	6,78	-4,36	11	79	85	118
2146030	224	1,38	20,00	14,87	84,30	-10,68	-6,79	6,66	-3,75	12	73	73	118
2245088	230	0,90	16,80	9,87	86,51	-11,49	-6,56	6,34	-3,32	11	71	66	119
2245089	189	1,38	18,71	13,40	70,72	-10,69	-6,71	6,46	-3,58	11	73	74	118
2345071	34	2,39	19,18	12,77	65,36	-8,57	-6,26	6,22	-4,31	11	80	89	118

**Tabela P 1.2- Parâmetros médios para eventos da Classe III**

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX
<b>MIN</b>	7	0,68	13,07	<b>11,24</b>	32,55	-11,67	-7,76	<b>-7,44</b>	-5,41	61,00	99,56	112,00	115,00
<b>MED</b>	55	2,58	22,10	<b>17,22</b>	69,48	-9,02	-6,51	<b>-6,44</b>	-4,40	69,70	108,14	113,77	116,59
<b>MAX</b>	133	18,83	69,37	<b>37,81</b>	173,79	-7,70	-6,04	<b>-6,06</b>	-2,15	94,00	111,63	115,00	118,00
1443000	21	2,74	20,59	14,81	51,34	-8,62	-6,51	-6,80	-4,15	79	104	113	116
1443001	27	2,42	18,85	12,38	59,90	-8,90	-6,57	-6,58	-4,67	62	100	113	116
1443002	31	2,75	13,07	13,55	40,77	-9,49	-6,24	-6,30	-4,73	84	108	114	116
1444000	36	3,17	23,55	19,95	71,81	-10,08	-6,66	-6,56	-5,03	78	109	114	116
1444004	19	1,04	14,94	14,12	35,02	-7,95	-6,48	-6,47	-4,49	73	102	114	116
1444017	28	3,66	20,39	18,22	43,76	-8,14	-6,65	-6,47	-5,15	68	111	114	116
1539006	45	2,18	21,46	17,04	78,17	-8,70	-6,51	-6,64	-4,20	62	106	113	118
1543002	18	4,01	17,84	13,31	60,11	-8,58	-6,60	-6,31	-4,53	66	106	112	115
1543013	30	1,75	15,01	13,90	38,61	-7,95	-6,29	-6,14	-4,44	69	109	113	115
1544012	32	3,38	25,19	20,78	73,41	-8,10	-6,47	-6,42	-4,86	63	108	114	118
1544017	31	3,47	23,05	19,21	65,58	-9,36	-6,84	-6,64	-5,06	65	105	114	118
1546001	44	1,70	17,66	15,37	51,08	-8,98	-6,49	-6,37	-4,66	65	108	114	116
1640000	39	3,35	33,58	22,93	107,03	-9,22	-6,80	-6,80	-4,40	63	107	113	116
1641001	29	4,36	18,95	15,35	53,73	-8,72	-6,38	-6,12	-4,65	71	108	114	116
1641010	59	1,95	27,88	19,81	87,36	-9,72	-6,77	-6,68	-4,12	70	106	113	117
1641025	7	18,83	69,37	37,81	173,79	-10,94	-7,76	-7,44	-5,41	69	108	115	115
1643020	30	1,82	18,97	18,12	52,43	-8,45	-6,37	-6,22	-4,12	63	104	113	116
1645009	39	1,71	16,55	13,86	46,53	-8,84	-6,37	-6,19	-4,40	81	110	114	117
1646000	41	3,58	17,32	14,42	50,58	-8,84	-6,60	-6,45	-4,70	63	106	113	116
1646001	33	2,11	31,05	16,06	130,37	-9,10	-6,57	-6,56	-3,65	69	106	114	116
1646003	43	2,48	15,73	13,38	58,28	-8,99	-6,43	-6,32	-3,81	80	109	113	117
1646004	49	2,32	25,23	18,93	77,70	-9,94	-6,71	-6,46	-4,92	64	107	113	117
1647008	48	3,44	23,36	17,47	70,14	-8,39	-6,27	-6,17	-3,73	67	109	115	117
1739005	61	2,45	17,47	15,13	52,14	-8,45	-6,33	-6,22	-4,78	72	108	113	117
1741001	40	3,18	26,49	21,60	78,04	-10,17	-6,72	-6,71	-4,47	79	112	114	116
1742008	39	2,26	17,00	11,24	59,85	-8,41	-6,26	-6,15	-4,17	64	107	114	116
1743002	54	1,70	19,50	14,09	65,35	-10,11	-6,36	-6,30	-3,62	86	111	114	116
1745001	49	2,20	20,45	17,97	51,41	-8,77	-6,20	-6,17	-4,66	78	111	115	116
1745007	45	1,95	14,29	12,40	43,85	-8,97	-6,38	-6,16	-4,65	67	108	114	116
1746001	57	3,46	20,06	12,66	71,11	-9,53	-6,45	-6,42	-4,94	76	110	114	116

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX
1746002	53	3,24	20,93	17,49	61,34	-9,62	-6,50	-6,32	-4,78	67	108	114	117
1746006	57	1,89	21,46	15,64	74,48	-9,11	-6,49	-6,47	-4,11	72	110	114	117
1746007	50	2,77	19,21	16,52	60,02	-8,99	-6,82	-6,74	-5,06	80	111	113	116
1840010	44	2,35	17,39	12,75	61,90	-9,07	-6,45	-6,27	-5,03	66	108	113	116
1840013	45	3,87	23,12	18,09	79,76	-9,10	-6,52	-6,26	-4,39	68	108	114	116
1840015	54	1,59	20,38	14,79	60,27	-8,64	-6,55	-6,43	-4,96	73	109	114	117
1840019	57	2,76	32,06	20,15	112,89	-9,52	-6,82	-6,63	-4,50	71	109	114	117
1840020	38	5,09	22,30	17,01	74,66	-9,72	-6,65	-6,81	-3,82	63	109	114	116
1841011	43	1,21	29,73	17,91	104,62	-10,33	-7,03	-6,86	-4,57	70	106	113	115
1841018	44	2,65	33,23	26,32	104,73	-9,43	-6,82	-6,84	-5,11	79	109	114	117
1843002	47	1,98	17,22	16,94	47,61	-7,87	-6,26	-6,33	-4,36	66	107	114	118
1843003	60	0,95	19,56	18,11	48,01	-8,91	-6,58	-6,47	-3,56	61	108	114	117
1844001	44	2,35	17,39	12,75	61,90	-9,07	-6,45	-6,27	-5,03	66	108	113	116
1844009	48	2,60	24,12	18,75	80,18	-9,94	-6,51	-6,37	-4,43	77	109	114	116
1844010	40	2,07	20,97	18,22	52,30	-11,25	-6,50	-6,48	-4,65	68	108	114	117
1845004	62	1,89	24,25	19,48	73,84	-8,80	-6,65	-6,69	-4,04	68	104	113	117
1845021	50	3,59	17,13	13,81	68,40	-7,97	-6,25	-6,13	-4,64	69	109	114	117
1846005	42	1,14	16,06	14,77	52,72	-8,00	-6,31	-6,32	-4,39	73	107	114	116
1846019	95	1,37	16,59	15,08	49,13	-8,32	-6,29	-6,23	-4,20	62	107	114	116
1847010	75	2,01	17,07	13,32	52,81	-9,34	-6,39	-6,43	-4,14	68	107	114	117
1848000	102	2,44	18,75	13,12	68,32	-9,25	-6,33	-6,28	-4,29	65	109	114	117
1848010	67	1,34	26,69	16,64	98,44	-9,19	-6,43	-6,45	-4,39	74	107	114	118
1940009	57	2,96	22,07	18,01	63,22	-9,86	-6,43	-6,22	-4,51	63	106	113	117
1941005	40	2,59	21,40	14,93	76,33	-8,36	-6,18	-6,06	-4,68	69	108	114	117
1941006	45	5,01	21,56	16,07	71,32	-7,70	-6,28	-6,24	-4,91	72	109	114	116
1942008	56	2,79	29,17	16,73	109,44	-9,37	-6,68	-6,59	-4,49	75	108	114	118
1942030	55	2,59	18,54	15,32	61,03	-8,37	-6,33	-6,24	-3,91	68	111	114	117
1942031	65	1,41	29,82	22,75	92,51	-9,58	-6,69	-6,61	-4,14	67	109	114	116
1942032	62	2,36	14,53	13,59	40,12	-7,98	-6,22	-6,25	-4,11	71	109	114	117
1943002	68	2,37	27,17	20,05	79,44	-9,86	-6,69	-6,56	-4,80	72	110	114	117
1943009	55	2,45	19,95	16,38	56,97	-8,39	-6,54	-6,50	-3,88	65	107	114	117
1943010	67	1,97	22,07	17,65	72,32	-10,22	-6,59	-6,44	-4,22	77	111	114	116
1943022	52	1,96	18,27	16,11	47,94	-9,16	-6,32	-6,31	-4,42	76	110	114	116
1943025	67	1,57	22,53	18,61	82,46	-9,46	-6,46	-6,40	-3,72	68	108	114	116

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX
1943035	73	2,67	25,21	17,15	88,24	-9,21	-6,70	-6,59	-4,95	72	109	114	117
1944004	46	1,02	33,20	18,28	119,03	-9,08	-6,48	-6,27	-4,16	79	111	114	117
1944009	62	1,44	24,60	15,77	83,17	-9,60	-6,67	-6,46	-3,90	70	109	114	117
1944021	52	2,08	17,81	15,46	52,46	-8,42	-6,49	-6,33	-4,32	66	110	114	117
1944027	81	1,65	20,26	15,93	66,80	-10,25	-6,45	-6,30	-3,74	68	108	114	117
1944032	43	1,50	14,54	12,30	43,11	-8,04	-6,18	-6,28	-3,20	75	111	114	117
1944048	18	2,34	37,35	21,66	128,00	-8,20	-6,52	-6,46	-4,42	74	108	114	116
1944049	53	2,64	18,88	14,41	68,96	-8,11	-6,04	-6,17	-2,15	70	108	113	118
1944062	103	2,43	20,82	17,46	66,22	-9,57	-6,61	-6,50	-3,89	61	108	113	117
1946004	48	3,03	16,26	12,66	58,04	-7,77	-6,35	-6,40	-4,85	69	106	114	116
1946007	133	0,91	20,55	16,28	72,86	-8,63	-6,27	-6,15	-4,26	68	108	114	117
1946008	83	2,69	20,11	15,64	64,20	-8,29	-6,29	-6,23	-3,78	65	109	114	116
1946009	60	2,92	20,54	14,18	61,33	-9,53	-6,51	-6,61	-4,33	68	106	113	116
1946022	26	1,69	19,63	17,48	58,71	-8,37	-6,50	-6,30	-5,23	74	107	114	116
1947001	92	2,55	20,54	17,34	61,23	-8,72	-6,55	-6,56	-4,59	67	107	114	117
2041017	81	3,50	28,44	21,51	91,32	-9,21	-6,88	-6,95	-5,12	69	110	114	117
2041020	70	2,94	27,00	18,10	86,93	-8,35	-6,52	-6,45	-4,27	68	108	114	117
2042008	60	2,16	18,55	15,43	62,79	-8,31	-6,49	-6,60	-4,57	64	110	114	117
2042018	60	2,16	18,55	15,43	62,79	-8,31	-6,49	-6,60	-4,57	64	110	114	117
2043002	85	1,87	24,37	19,04	71,63	-11,67	-6,70	-6,50	-4,36	69	109	114	116
2043009	71	4,98	21,69	17,93	60,30	-8,92	-6,44	-6,30	-4,85	69	107	114	117
2043010	92	2,53	16,28	15,05	45,40	-9,51	-6,46	-6,39	-4,48	70	111	114	116
2043013	87	1,81	18,41	15,13	52,70	-8,70	-6,44	-6,42	-4,68	62	108	114	117
2043018	25	2,78	27,46	21,73	83,84	-8,56	-6,66	-6,73	-4,95	72	109	114	116
2043026	81	2,13	18,85	16,13	65,92	-8,96	-6,36	-6,28	-4,25	66	106	114	117
2044007	57	0,99	19,21	14,19	71,66	-9,53	-6,49	-6,35	-3,70	63	109	114	117
2044021	86	0,68	26,34	23,12	81,37	-9,42	-6,67	-6,67	-3,78	70	109	114	117
2044024	66	1,52	21,71	17,62	69,24	-8,92	-6,43	-6,32	-4,82	63	106	114	116
2044041	81	2,57	24,24	19,64	78,14	-10,26	-6,72	-6,66	-4,73	65	110	114	117
2044042	59	0,87	20,91	18,50	60,96	-8,45	-6,47	-6,51	-3,76	63	109	114	118
2044052	79	1,59	27,32	17,97	94,90	-9,26	-6,62	-6,62	-4,90	80	111	114	117
2044054	91	1,67	23,70	17,10	83,16	-8,45	-6,59	-6,67	-3,71	69	109	114	116
2045002	58	3,51	19,05	16,16	64,25	-10,12	-6,61	-6,44	-4,79	63	107	114	117
2045004	44	2,41	24,43	19,98	97,19	-8,93	-6,36	-6,11	-4,43	68	107	114	116

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX
2045012	73	2,94	19,88	16,79	62,46	-10,25	-6,59	-6,46	-4,70	63	107	114	116
2045013	70	2,74	20,28	17,12	56,97	-8,97	-6,53	-6,39	-4,22	73	109	114	118
2143003	69	3,33	18,35	17,05	46,21	-9,19	-6,44	-6,56	-4,65	68	105	113	117
2144001	66	2,18	26,80	20,83	92,06	-8,64	-6,58	-6,56	-4,21	65	105	114	117
2144007	73	2,33	22,00	19,91	58,10	-8,98	-6,58	-6,51	-4,52	70	109	114	117
2144018	69	2,21	15,84	14,48	44,15	-8,56	-6,24	-6,20	-3,68	61	105	114	116
2144019	77	0,85	20,09	13,81	67,29	-8,74	-6,42	-6,44	-4,18	70	107	113	117
2144026	28	2,82	17,06	17,75	36,57	-8,37	-6,11	-6,10	-4,06	72	111	114	117
2145008	73	2,18	21,80	17,65	86,90	-9,22	-6,47	-6,34	-4,45	74	110	114	117
2146030	65	1,38	24,57	17,62	81,97	-9,75	-6,71	-6,48	-4,72	63	108	114	116
2245088	55	3,46	23,04	18,67	64,09	-8,50	-6,32	-6,29	-3,72	75	108	113	116
2245089	66	2,85	22,08	18,32	70,72	-8,85	-6,60	-6,51	-4,08	69	107	114	117
2345071	8	3,08	18,22	19,24	32,55	-8,57	-6,45	-6,31	-4,41	94	111	114	116

**Tabela P 1.3- Parâmetros médios para eventos da Classe IV**

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX
<b>MIN</b>	5	0,33	10,12	<b>7,68</b>	15,78	-12,66	-7,48	<b>-7,34</b>	-5,77	31,00	79,86	72,50	116,00
<b>MED</b>	63	1,66	18,67	<b>12,85</b>	71,42	-9,70	-6,80	<b>-6,73</b>	-4,47	36,86	91,75	102,85	116,97
<b>MAX</b>	146	5,25	37,33	<b>27,41</b>	150,07	-6,91	-5,93	<b>-5,85</b>	-3,55	61,00	99,89	114,00	119,00
1443000	34	1,24	17,87	11,15	61,98	-9,44	-6,80	-6,65	-4,79	37	99	114	117
1443001	32	1,95	10,40	9,38	26,07	-9,11	-6,72	-6,62	-5,21	39	98	106	117
1443002	27	3,70	16,59	9,61	67,68	-8,53	-7,00	-6,93	-5,77	35	96	111	117
1444000	50	1,19	12,85	7,68	52,40	-9,03	-6,47	-6,33	-4,36	39	95	113	116
1444004	23	2,14	12,87	12,76	30,07	-9,13	-6,72	-6,56	-5,09	38	84	92	116
1444017	27	0,86	16,59	10,49	63,37	-8,84	-6,91	-6,97	-4,66	34	88	107	116
1539006	44	0,96	18,75	12,59	60,37	-11,08	-6,78	-6,74	-4,11	37	84	84	117
1543002	22	2,50	12,12	11,56	32,06	-8,19	-6,71	-6,87	-4,98	53	94	111	118
1543013	34	1,28	27,87	13,97	123,54	-10,09	-7,11	-7,12	-4,62	36	91	101	117
1544012	47	1,16	13,91	12,34	38,29	-8,88	-6,56	-6,58	-4,09	34	95	114	118
1544017	37	2,24	13,75	11,25	60,44	-8,92	-6,73	-6,82	-5,07	33	89	98	116
1546001	54	0,89	14,25	10,02	53,42	-9,03	-6,67	-6,47	-4,30	41	93	102	116
1640000	40	2,20	32,28	13,01	141,58	-10,73	-7,03	-6,65	-5,45	31	86	95	117
1641001	35	1,90	16,24	11,15	56,80	-8,39	-6,76	-6,67	-4,82	35	85	87	116
1641010	56	3,46	20,40	14,38	59,15	-9,47	-6,94	-6,88	-3,83	39	86	85	117
1641025	5	0,76	10,12	13,33	15,78	-6,91	-6,03	-5,85	-5,34	61	86	81	117
1643020	27	1,89	16,54	16,51	42,45	-9,02	-6,85	-6,26	-4,56	41	89	91	116
1645009	42	2,07	11,72	10,82	36,92	-8,32	-6,31	-6,30	-4,11	35	80	73	116
1646000	50	1,97	12,23	9,80	42,53	-8,79	-6,54	-6,38	-4,65	41	91	104	117
1646001	44	0,87	13,57	11,79	40,32	-9,38	-6,74	-6,63	-4,25	33	92	113	117
1646003	58	1,27	12,11	9,08	45,67	-9,08	-6,48	-6,49	-4,26	32	95	113	118
1646004	47	1,39	14,15	12,17	52,69	-8,76	-6,63	-6,52	-4,99	43	91	98	116
1647008	64	1,23	18,66	11,64	68,57	-10,91	-6,81	-6,85	-4,23	33	98	108	117
1739005	71	1,45	19,50	12,71	71,81	-10,67	-6,85	-6,62	-4,57	36	86	85	118
1741001	54	1,29	14,47	11,56	49,58	-10,10	-6,85	-6,61	-4,95	41	91	100	117
1742008	60	1,51	24,50	14,70	99,71	-9,78	-7,00	-7,03	-4,78	35	95	113	117
1743002	49	0,84	19,36	15,35	61,07	-9,09	-6,89	-6,79	-4,40	48	95	111	117
1745001	63	2,52	16,85	15,00	54,81	-9,61	-6,56	-6,54	-4,24	41	100	114	117
1745007	53	2,57	22,26	13,26	89,38	-9,02	-6,70	-6,65	-4,75	40	96	113	117
1746001	61	0,71	23,99	15,11	88,63	-10,32	-7,11	-7,01	-4,67	35	96	113	117

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX
1746002	59	1,54	15,09	11,02	51,57	-10,20	-6,84	-6,65	-3,55	39	90	95	119
1746006	74	2,23	20,36	11,45	84,55	-10,12	-6,91	-6,70	-4,16	39	99	113	117
1746007	62	1,66	18,38	11,95	73,76	-9,33	-6,85	-6,90	-3,84	37	93	111	117
1840010	57	1,64	15,68	12,09	72,95	-9,98	-7,12	-7,14	-4,62	33	86	103	116
1840013	48	1,71	13,32	11,45	42,16	-9,03	-6,63	-6,59	-5,03	32	89	97	116
1840015	72	4,76	17,55	16,59	44,08	-9,27	-7,05	-6,97	-5,27	38	92	97	116
1840019	41	3,13	13,19	10,31	52,23	-9,20	-6,65	-6,53	-5,10	37	87	99	117
1840020	53	1,25	15,85	12,92	58,83	-8,93	-6,54	-6,36	-4,33	33	84	79	117
1841011	44	1,72	16,12	9,75	65,43	-8,98	-6,76	-6,79	-4,58	37	89	94	116
1841018	45	2,16	12,77	10,44	38,77	-8,26	-6,50	-6,59	-4,58	31	86	93	117
1843002	44	1,77	20,58	17,26	77,78	-10,07	-6,73	-6,53	-4,56	45	96	105	117
1843003	72	0,63	24,38	14,72	116,40	-10,29	-6,96	-6,82	-4,12	37	97	110	117
1844001	57	1,64	15,68	12,09	72,95	-9,98	-7,12	-7,14	-4,62	33	86	103	116
1844009	44	1,68	17,02	13,83	67,33	-9,37	-6,81	-6,88	-3,76	34	94	113	117
1844010	53	1,12	32,72	15,15	150,07	-10,24	-7,20	-7,34	-4,58	33	94	113	117
1845004	67	1,09	13,63	11,97	51,17	-9,52	-6,61	-6,44	-4,53	35	93	98	117
1845021	66	1,32	13,46	10,01	48,00	-9,72	-6,72	-6,62	-3,99	34	83	77	116
1846005	75	1,11	16,56	12,57	73,01	-10,05	-6,87	-6,87	-4,21	37	89	89	117
1846019	130	1,50	21,23	11,74	109,12	-9,97	-6,72	-6,78	-3,99	35	90	97	118
1847010	118	1,61	16,08	9,93	67,05	-9,14	-6,64	-6,65	-4,02	31	90	106	118
1848000	116	0,91	16,89	12,13	67,87	-10,35	-6,76	-6,82	-3,83	31	88	100	117
1848010	71	1,87	17,64	10,75	58,57	-10,13	-6,82	-7,01	-3,87	37	90	93	116
1940009	62	1,55	22,40	16,10	86,27	-10,25	-7,05	-6,85	-5,02	37	81	77	117
1941005	43	2,28	14,06	10,58	46,96	-8,58	-6,88	-7,05	-4,63	40	84	81	116
1941006	58	1,05	23,21	15,67	85,22	-9,46	-6,70	-6,57	-4,84	37	99	113	118
1942008	41	1,46	37,33	27,41	105,37	-10,35	-7,37	-7,29	-5,53	35	98	113	117
1942030	61	1,92	22,31	12,18	101,54	-10,74	-6,89	-6,69	-4,44	37	92	104	116
1942031	71	1,71	21,36	14,28	83,99	-9,47	-7,00	-6,93	-4,05	40	94	103	117
1942032	71	1,05	18,66	13,67	73,56	-10,27	-6,92	-7,02	-4,52	33	92	98	118
1943002	54	1,53	16,65	10,72	76,39	-9,01	-6,69	-6,61	-4,33	35	91	99	116
1943009	80	1,13	13,06	9,72	44,92	-8,96	-6,54	-6,46	-4,65	36	94	113	116
1943010	69	1,37	18,47	12,42	80,34	-10,53	-6,88	-6,75	-4,52	39	96	113	117
1943022	85	2,85	22,40	16,33	81,42	-10,70	-6,85	-6,78	-4,25	36	86	86	118
1943025	60	0,92	26,65	15,73	96,13	-9,56	-6,89	-6,77	-4,71	33	99	113	118

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX
1943035	100	1,21	19,01	12,93	80,91	-9,70	-6,87	-6,83	-4,39	34	91	100	117
1944004	41	0,66	19,72	13,05	90,33	-9,46	-6,61	-6,47	-3,66	41	88	97	116
1944009	89	1,41	23,05	16,27	90,36	-9,61	-6,99	-6,93	-3,88	34	96	113	118
1944021	57	1,87	16,14	12,02	68,92	-9,48	-6,73	-6,60	-4,89	42	88	101	116
1944027	75	2,13	21,23	13,22	85,79	-9,97	-7,02	-6,89	-3,97	40	95	110	117
1944032	54	1,92	14,88	10,96	63,03	-8,83	-6,81	-6,65	-4,69	35	95	111	116
1944048	23	1,00	17,99	11,59	52,96	-9,59	-6,89	-6,61	-4,90	36	95	113	117
1944049	63	2,07	25,06	16,71	99,56	-10,54	-7,06	-7,10	-4,62	40	90	106	118
1944062	110	1,38	21,74	14,44	85,41	-12,66	-7,01	-6,97	-4,29	32	93	113	117
1946004	55	1,31	16,23	11,32	49,79	-9,55	-6,61	-6,41	-4,69	43	92	97	117
1946007	146	1,82	15,83	10,95	74,68	-9,86	-6,71	-6,59	-4,43	33	90	97	118
1946008	112	1,47	17,70	13,45	72,44	-9,46	-6,89	-6,74	-4,10	36	87	92	116
1946009	59	3,12	22,37	13,07	82,80	-10,70	-6,76	-6,76	-4,38	39	91	92	118
1946022	26	1,93	30,14	16,42	93,15	-10,80	-7,48	-7,33	-5,31	43	92	107	118
1947001	142	0,33	14,01	10,64	56,62	-10,40	-6,66	-6,50	-4,02	33	90	106	117
2041017	83	0,93	29,56	16,19	137,60	-10,86	-7,07	-7,23	-3,70	36	92	102	117
2041020	59	1,87	18,85	16,01	57,13	-9,32	-6,95	-6,90	-5,11	33	97	113	117
2042008	64	1,23	17,69	10,67	70,42	-10,02	-6,74	-6,65	-4,55	34	97	113	117
2042018	64	1,23	17,69	10,67	70,42	-10,02	-6,74	-6,65	-4,55	34	97	113	117
2043002	104	1,63	20,27	15,38	74,81	-11,60	-7,04	-6,98	-4,39	37	96	113	117
2043009	102	1,80	23,39	14,43	103,77	-10,99	-6,97	-7,00	-4,35	36	95	111	117
2043010	69	1,92	21,07	11,46	82,65	-10,31	-7,09	-6,99	-4,26	39	93	113	117
2043013	99	1,45	16,69	12,11	56,19	-9,55	-6,91	-7,07	-4,39	32	89	92	116
2043018	30	1,58	20,71	17,49	66,61	-8,88	-6,56	-6,35	-4,54	33	86	94	116
2043026	95	1,18	15,73	10,89	58,36	-9,33	-6,72	-6,68	-4,21	32	94	113	118
2044007	71	1,07	18,62	11,51	81,75	-9,75	-6,77	-6,73	-4,72	31	93	112	117
2044021	91	1,90	28,09	14,77	118,29	-11,12	-6,99	-6,74	-4,02	32	97	113	117
2044024	80	1,97	22,53	13,88	87,72	-9,46	-6,73	-6,63	-4,32	36	94	113	118
2044041	90	1,38	21,70	13,74	93,97	-10,26	-7,07	-6,91	-4,71	35	94	113	117
2044042	83	1,17	19,24	14,27	77,86	-9,84	-6,82	-6,91	-4,49	33	95	113	117
2044052	91	1,74	21,12	12,68	98,86	-10,40	-6,88	-6,81	-4,74	39	93	110	117
2044054	91	1,64	19,45	14,94	69,92	-9,47	-6,79	-6,72	-4,28	35	95	113	117
2045002	66	0,82	14,59	10,81	58,24	-8,82	-6,64	-6,50	-4,40	36	91	102	116
2045004	40	2,30	20,11	16,36	77,29	-9,57	-6,56	-6,37	-3,87	34	92	107	117

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX
2045012	77	2,60	12,92	10,19	43,93	-10,42	-6,75	-6,73	-4,83	38	87	90	117
2045013	63	0,97	12,74	8,94	43,20	-9,11	-6,63	-6,57	-4,06	38	96	113	118
2143003	74	0,96	15,93	12,15	60,00	-8,87	-6,70	-6,70	-4,48	36	93	105	117
2144001	66	2,14	21,97	10,69	97,22	-11,16	-7,04	-6,95	-4,41	32	88	92	117
2144007	59	1,80	17,24	10,20	87,17	-9,57	-6,71	-6,81	-4,19	37	98	113	117
2144018	86	0,93	20,70	15,69	97,80	-9,96	-6,71	-6,59	-4,07	36	92	103	117
2144019	92	0,95	24,28	14,99	84,50	-10,19	-6,94	-6,88	-4,19	37	90	97	118
2144026	27	2,84	14,13	11,50	36,54	-8,82	-6,64	-6,60	-3,87	32	93	113	117
2145008	73	0,80	15,21	9,00	67,09	-9,68	-6,56	-6,52	-4,36	33	94	113	118
2146030	70	1,82	17,24	11,01	84,30	-10,68	-6,72	-6,67	-3,75	31	86	91	118
2245088	76	1,18	21,59	12,74	86,51	-10,16	-6,77	-6,68	-3,96	42	85	82	119
2245089	55	1,38	16,52	10,85	67,85	-10,05	-6,72	-6,45	-4,34	38	93	112	116
2345071	9	5,25	22,16	13,56	65,36	-6,93	-5,93	-6,13	-4,89	61	100	114	118

**Tabela P 1.4- Parâmetros médios para eventos da Classe V**

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	MEDIANA	MAX
<b>MIN</b>	6	0,69	8,94	<b>5,05</b>	27,92	-13,19	-8,72	<b>-8,45</b>	-6,78	16,00	48,91	35,00	114,00
<b>MED</b>	49	1,94	18,11	<b>12,57</b>	68,30	-10,28	-7,22	<b>-7,17</b>	-4,59	20,09	71,29	68,43	116,77
<b>MAX</b>	123	6,62	49,14	<b>20,87</b>	310,89	-8,50	-6,62	<b>-6,36</b>	-3,14	36,00	94,10	113,00	118,00
1443000	27	1,64	11,90	8,93	39,57	-10,08	-6,93	-7,03	-3,78	20	74	59	116
1443001	25	3,92	13,84	12,61	35,19	-11,27	-7,30	-7,25	-5,38	19	71	59	117
1443002	27	1,08	12,56	10,54	34,77	-9,80	-7,06	-6,66	-5,16	19	69	67	116
1444000	26	1,77	12,26	12,32	27,92	-8,96	-7,16	-7,13	-5,39	21	68	60	116
1444004	19	2,20	22,20	14,68	74,67	-9,98	-7,60	-8,03	-3,37	19	73	68	116
1444017	18	4,02	17,97	12,30	50,44	-10,42	-7,27	-6,93	-5,24	24	71	67	116
1539006	41	2,46	14,93	12,59	51,78	-9,62	-6,97	-6,66	-4,21	20	63	54	116
1543002	25	1,84	18,84	13,43	80,15	-10,16	-6,95	-6,44	-4,49	17	73	82	116
1543013	29	1,70	17,09	17,17	50,26	-10,02	-7,40	-7,40	-5,25	19	64	55	115
1544012	27	3,01	21,03	13,30	64,72	-11,38	-7,27	-7,07	-5,42	22	82	113	117
1544017	31	3,45	14,33	13,53	36,24	-10,92	-7,29	-7,11	-4,34	21	80	93	117
1546001	45	1,87	11,95	11,20	30,22	-9,61	-6,94	-7,08	-5,00	20	74	78	117
1640000	23	3,50	18,40	16,72	43,53	-9,92	-7,02	-7,14	-4,87	17	54	43	116
1641001	32	2,21	22,38	11,46	100,90	-10,38	-7,14	-7,10	-4,22	19	71	57	117
1641010	45	1,85	14,00	10,67	43,96	-9,32	-7,01	-7,00	-3,91	22	72	65	118
1641025	6	3,68	27,11	20,56	57,18	-10,99	-8,72	-8,45	-6,78	16	57	53	115
1643020	23	3,33	39,43	16,36	218,70	-10,61	-7,42	-7,72	-4,27	21	49	44	116
1645009	24	2,25	36,42	16,87	127,40	-9,53	-7,54	-7,41	-5,28	20	78	82	116
1646000	43	2,57	14,48	11,26	48,01	-11,04	-7,34	-7,08	-5,31	25	69	56	117
1646001	30	2,81	30,28	14,36	167,83	-10,45	-7,72	-8,10	-4,67	20	69	65	118
1646003	47	2,59	11,62	10,28	30,67	-9,48	-6,98	-6,75	-5,39	22	77	82	116
1646004	42	0,86	14,14	12,77	36,61	-9,77	-7,42	-7,60	-4,92	22	73	71	117
1647008	46	3,21	14,09	13,88	38,00	-9,87	-7,06	-7,02	-5,10	16	70	67	117
1739005	45	1,27	13,69	12,15	46,91	-9,44	-6,92	-6,76	-4,77	19	58	42	116
1741001	39	1,55	22,33	12,24	82,02	-10,88	-7,39	-7,11	-4,32	26	67	58	117
1742008	46	2,10	23,15	13,88	123,36	-10,08	-7,16	-7,05	-5,10	17	69	61	117
1743002	40	0,91	8,94	6,81	28,82	-9,25	-7,06	-7,12	-5,00	21	69	60	117
1745001	39	2,22	19,98	16,11	59,69	-10,27	-7,45	-7,29	-4,76	28	87	111	116
1745007	54	1,61	14,46	11,76	55,93	-10,27	-7,16	-7,11	-5,32	20	74	64	117
1746001	55	2,32	18,47	14,53	63,07	-10,41	-7,07	-7,07	-4,36	20	75	79	117

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	MEDIANA	MAX
1746002	57	2,01	14,90	14,82	49,10	-9,87	-7,06	-6,93	-4,59	17	78	81	118
1746006	55	2,18	12,59	10,99	39,13	-10,25	-7,37	-7,21	-5,10	19	75	73	116
1746007	62	1,54	17,15	11,93	60,14	-10,05	-7,24	-7,28	-4,56	23	74	66	117
1840010	49	1,37	12,64	10,22	42,30	-11,24	-7,12	-7,10	-4,00	17	70	61	116
1840013	47	2,31	21,94	12,85	89,59	-10,56	-7,30	-7,38	-4,89	17	84	111	118
1840015	26	3,84	19,66	14,27	54,20	-9,39	-7,23	-7,54	-4,74	27	71	68	116
1840019	46	2,88	15,18	14,27	45,44	-9,28	-7,20	-7,28	-5,35	20	70	65	116
1840020	47	2,98	16,23	14,59	42,18	-10,06	-6,84	-6,77	-4,56	17	69	70	117
1841011	40	1,65	13,79	12,77	39,85	-9,91	-7,46	-7,40	-4,53	21	78	82	116
1841018	42	1,44	17,77	12,65	70,78	-10,45	-7,16	-7,10	-5,33	19	76	73	118
1843002	46	1,98	11,96	9,02	36,99	-10,93	-7,07	-6,91	-4,32	22	82	86	117
1843003	43	1,54	29,35	13,85	138,03	-10,99	-7,20	-7,19	-4,49	21	82	90	117
1844001	49	1,37	12,64	10,22	42,30	-11,24	-7,12	-7,10	-4,00	17	70	61	116
1844009	25	0,84	14,71	10,66	69,33	-10,73	-7,34	-7,57	-4,55	22	70	58	116
1844010	29	1,96	18,49	15,58	62,26	-9,56	-7,30	-7,42	-5,22	20	71	59	118
1845004	50	1,63	14,49	12,64	44,76	-11,66	-7,17	-7,11	-4,17	24	75	74	118
1845021	50	2,74	14,42	12,49	58,92	-9,65	-7,14	-7,32	-3,66	19	61	50	117
1846005	52	0,87	16,27	12,66	56,57	-9,76	-7,07	-7,17	-4,30	20	66	57	116
1846019	102	1,23	15,43	11,62	69,57	-10,72	-6,99	-6,99	-3,14	18	70	62	117
1847010	90	1,70	14,86	11,32	52,64	-10,79	-7,01	-6,95	-4,33	19	67	52	118
1848000	106	0,79	15,45	11,72	57,96	-10,18	-7,19	-7,27	-4,11	18	67	60	117
1848010	64	1,70	23,27	14,78	103,13	-10,28	-7,30	-6,89	-5,17	18	69	65	118
1940009	57	2,63	16,57	13,19	58,65	-10,08	-7,18	-6,88	-5,14	21	68	57	117
1941005	39	2,61	13,56	11,81	38,46	-9,11	-7,07	-7,14	-4,84	18	75	72	117
1941006	45	1,93	24,85	13,62	86,87	-10,48	-7,05	-7,23	-4,48	20	70	61	117
1942008	47	2,07	18,10	11,36	68,06	-10,03	-7,27	-7,18	-3,93	18	80	89	117
1942030	44	0,69	13,68	7,80	47,59	-10,84	-7,01	-6,83	-3,48	20	69	61	118
1942031	50	1,32	16,15	11,29	59,63	-10,67	-7,48	-7,59	-3,91	19	76	76	117
1942032	39	1,06	49,14	11,74	310,89	-11,34	-7,53	-7,35	-4,73	24	94	113	117
1943002	62	2,12	22,85	12,49	103,77	-11,51	-7,40	-7,33	-4,45	17	72	71	117
1943009	47	0,74	12,57	10,44	53,18	-9,51	-6,97	-6,94	-3,40	17	76	78	118
1943010	58	0,97	14,78	12,68	54,06	-10,08	-7,09	-7,02	-4,30	24	81	95	118
1943022	80	1,04	19,99	15,83	70,17	-9,97	-7,15	-6,96	-5,07	20	60	52	117
1943025	58	0,88	16,29	11,63	63,29	-9,71	-6,99	-7,10	-4,61	22	72	66	117

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	MEDIANA	MAX
1943035	63	1,34	11,21	7,96	39,15	-9,10	-6,97	-6,99	-3,45	20	78	88	117
1944004	35	1,79	26,19	16,06	112,73	-10,98	-7,49	-7,59	-4,64	20	67	58	117
1944009	65	1,19	17,86	10,14	68,41	-10,40	-7,44	-7,27	-4,87	17	69	62	117
1944021	50	1,68	9,88	8,87	28,28	-9,70	-7,04	-7,15	-4,25	26	75	69	116
1944027	52	0,84	13,25	11,23	44,28	-11,21	-7,53	-7,81	-4,66	16	69	70	117
1944032	43	1,07	14,36	13,33	47,08	-9,70	-6,92	-6,88	-4,29	23	67	62	117
1944048	8	6,62	46,53	20,87	192,40	-9,94	-7,35	-7,17	-4,84	22	71	63	117
1944049	37	2,12	18,30	15,07	68,10	-10,33	-6,91	-6,75	-4,53	21	71	72	116
1944062	80	0,87	18,61	10,54	87,39	-10,68	-7,16	-7,31	-3,39	18	71	68	118
1946004	36	2,80	13,63	10,66	40,75	-9,98	-7,37	-7,01	-5,42	19	71	67	116
1946007	123	1,72	20,41	14,93	78,07	-10,96	-7,29	-7,39	-3,89	17	68	61	117
1946008	88	1,54	19,11	15,07	70,89	-10,98	-7,19	-7,26	-4,43	16	71	64	116
1946009	42	2,26	16,65	12,16	54,50	-9,37	-7,20	-7,31	-5,21	19	77	83	117
1946022	22	4,10	43,21	12,58	210,31	-11,56	-7,86	-7,84	-5,43	36	79	87	116
1947001	112	1,24	13,78	9,92	57,17	-10,28	-7,00	-6,97	-4,44	17	71	65	117
2041017	53	1,12	31,79	16,25	130,01	-11,26	-7,42	-7,37	-4,52	20	79	80	118
2041020	60	2,08	15,50	11,53	55,58	-13,19	-7,40	-7,21	-4,76	20	77	76	116
2042008	49	1,60	12,24	12,05	31,29	-9,87	-7,17	-7,29	-4,97	17	76	78	117
2042018	49	1,60	12,24	12,05	31,29	-9,87	-7,17	-7,29	-4,97	17	76	78	117
2043002	52	2,26	17,13	13,71	70,48	-10,27	-7,27	-7,22	-5,12	28	79	84	117
2043009	54	2,95	21,49	11,50	111,82	-9,39	-7,44	-7,35	-5,12	19	70	61	118
2043010	69	2,30	20,21	12,19	76,73	-10,06	-7,49	-7,58	-4,29	24	79	80	117
2043013	55	0,72	16,25	8,63	61,59	-11,42	-7,60	-7,63	-4,80	23	71	62	117
2043018	21	2,68	12,29	11,47	37,78	-9,89	-7,17	-7,02	-4,80	19	58	42	116
2043026	54	1,68	24,62	13,59	126,05	-9,96	-7,38	-7,25	-4,25	18	67	58	117
2044007	51	2,24	14,78	10,19	62,91	-9,92	-7,45	-7,58	-5,35	22	77	79	116
2044021	104	1,20	14,10	8,45	59,77	-10,82	-6,96	-6,67	-3,86	18	69	62	117
2044024	44	2,81	15,66	13,32	56,69	-10,05	-7,39	-7,41	-4,25	21	73	79	117
2044041	81	1,86	26,32	15,18	102,91	-11,30	-7,23	-7,16	-3,96	16	69	65	117
2044042	50	1,52	14,29	12,20	42,00	-10,16	-6,97	-6,88	-4,79	17	69	60	117
2044052	66	1,42	16,42	11,13	65,42	-10,09	-7,39	-7,22	-4,35	21	78	81	116
2044054	67	1,67	17,67	13,64	86,64	-10,77	-7,25	-7,17	-3,99	16	74	76	116
2045002	65	1,60	14,24	13,32	44,44	-9,84	-7,30	-7,24	-4,88	20	72	74	117
2045004	49	0,97	21,14	14,04	80,55	-10,74	-7,51	-7,28	-5,15	17	78	85	118

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIANA</i>	MAX
2045012	68	3,31	20,61	16,44	68,04	-10,33	-7,62	-7,82	-4,49	20	68	69	117
2045013	55	0,90	15,12	12,35	58,71	-9,58	-7,31	-7,34	-4,70	23	77	80	118
2143003	56	1,30	18,24	15,31	61,80	-10,55	-7,29	-7,25	-4,87	17	75	73	116
2144001	61	2,95	14,63	12,31	45,45	-9,63	-7,13	-7,17	-5,02	17	61	53	117
2144007	55	2,22	18,41	10,26	76,02	-10,49	-7,17	-7,16	-4,86	18	81	83	117
2144018	60	1,63	12,39	9,69	41,68	-10,04	-6,85	-6,87	-4,58	24	67	61	117
2144019	63	0,95	15,17	10,58	65,39	-10,25	-7,04	-7,00	-4,14	23	65	53	117
2144026	30	1,55	22,53	13,16	81,35	-11,22	-6,99	-6,75	-3,97	20	55	45	118
2145008	48	1,64	18,57	14,32	85,28	-10,24	-7,21	-7,04	-4,87	18	70	58	117
2146030	55	1,82	17,43	12,11	56,53	-9,93	-7,01	-6,75	-4,90	19	62	54	117
2245088	51	0,90	12,50	5,05	56,83	-10,48	-6,69	-6,38	-4,08	18	60	50	114
2245089	43	1,86	15,60	11,03	59,86	-10,69	-6,62	-6,36	-3,58	18	52	35	116
2345071	13	2,39	19,93	11,64	48,61	-8,50	-6,67	-6,56	-4,31	18	66	63	115

**Tabela P 1.5- Parâmetros médios para eventos da Classe VI**

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX
<b>MIN</b>	4	0,32	10,05	<b>7,00</b>	22,32	-12,66	-8,85	<b>-8,98</b>	-6,14	11,00	30,10	20,00	68,00
<b>MED</b>	26	3,64	20,97	<b>15,89</b>	60,32	-10,49	-7,34	<b>-7,29</b>	-4,58	13,83	52,78	42,71	115,58
<b>MAX</b>	69	13,43	67,89	<b>35,71</b>	173,15	-7,93	-5,97	<b>-5,44</b>	-2,63	26,00	87,56	98,00	119,00
1443000	15	2,80	18,07	16,32	44,42	-10,75	-7,84	-8,20	-5,25	15	54	44	114
1443001	15	5,90	36,54	25,07	112,32	-11,41	-8,85	-8,98	-6,14	15	61	43	115
1443002	29	2,57	23,09	16,25	68,83	-11,20	-7,88	-8,37	-4,56	12	65	67	116
1444000	23	5,51	22,90	20,26	58,14	-10,90	-8,07	-8,10	-4,55	16	56	41	118
1444004	10	9,83	15,18	15,21	22,32	-9,46	-6,24	-5,74	-3,42	12	30	23	68
1444017	13	3,79	37,57	35,71	87,36	-9,90	-7,82	-7,63	-5,49	26	72	57	116
1539006	17	2,07	24,61	18,81	64,61	-10,75	-7,53	-7,81	-3,42	13	71	75	117
1543002	25	1,48	21,44	14,04	63,06	-10,07	-7,30	-7,11	-5,07	11	48	32	118
1543013	17	3,73	18,95	15,07	44,50	-9,95	-7,30	-7,24	-5,31	16	42	32	115
1544012	18	6,23	26,46	18,92	67,38	-10,25	-7,38	-7,60	-4,08	16	49	45	111
1544017	12	6,98	23,80	15,35	73,19	-9,29	-6,50	-6,37	-4,76	12	34	26	114
1546001	22	5,00	19,00	13,76	72,60	-10,06	-7,20	-7,23	-4,51	12	53	43	116
1640000	17	4,23	45,15	22,26	123,37	-12,21	-7,67	-7,56	-5,07	12	58	43	117
1641001	9	5,28	31,67	25,21	89,95	-10,66	-7,81	-8,08	-5,68	26	88	98	117
1641010	11	4,02	21,64	19,18	40,68	-10,42	-7,32	-6,82	-4,77	19	55	37	118
1641025	4	13,43	21,43	20,09	32,10	-9,01	-7,02	-7,46	-4,15	17	53	41	114
1643020	21	3,56	34,79	16,74	114,19	-12,39	-7,29	-6,32	-4,65	12	40	30	117
1645009	11	1,13	12,96	13,33	24,66	-9,24	-6,76	-6,23	-5,23	12	48	20	117
1646000	13	6,29	25,06	27,49	42,08	-10,60	-7,18	-6,93	-4,96	19	60	48	117
1646001	20	1,24	20,30	15,05	77,39	-9,85	-6,73	-6,62	-4,50	12	43	30	115
1646003	28	6,85	23,81	18,65	79,30	-11,58	-7,82	-7,76	-5,12	12	60	54	118
1646004	23	2,44	24,98	16,04	84,78	-11,20	-7,91	-7,84	-4,14	12	64	56	119
1647008	28	3,90	32,73	18,81	144,95	-10,40	-7,51	-7,61	-3,79	19	63	43	119
1739005	17	4,61	12,93	10,82	31,85	-9,69	-6,44	-6,13	-4,54	13	52	26	117
1741001	16	2,58	12,79	11,90	35,74	-10,15	-6,71	-6,29	-4,91	12	48	34	119
1742008	19	0,99	13,67	10,14	34,40	-10,03	-7,07	-6,99	-4,53	14	46	34	115
1743002	25	4,26	21,75	13,06	72,32	-10,80	-7,43	-7,58	-3,90	11	55	33	118
1745001	23	6,53	40,67	17,48	165,03	-11,41	-7,97	-8,19	-5,29	13	55	34	116
1745007	20	2,43	13,81	13,10	27,83	-9,93	-6,98	-7,21	-3,42	13	61	51	116
1746001	29	2,10	22,25	14,80	70,69	-11,22	-7,29	-7,44	-3,60	12	58	39	117

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX
1746002	20	5,63	19,93	13,32	62,71	-10,45	-7,65	-7,16	-5,07	11	53	48	116
1746006	22	3,40	13,03	13,41	27,25	-10,84	-7,31	-7,33	-5,23	13	49	43	115
1746007	27	1,72	15,10	15,18	25,07	-10,08	-7,06	-6,43	-4,62	13	46	32	116
1840010	24	3,19	22,24	15,36	67,65	-10,62	-7,78	-7,57	-4,19	13	56	46	116
1840013	27	5,39	22,02	14,51	59,72	-10,78	-7,23	-6,95	-4,77	15	60	59	117
1840015	24	1,72	16,75	14,16	39,15	-10,20	-7,15	-7,00	-4,70	15	53	46	117
1840019	25	2,54	26,17	18,48	70,35	-10,38	-7,94	-7,98	-4,65	11	77	88	118
1840020	26	3,19	15,50	10,72	41,80	-10,52	-7,23	-7,27	-5,04	12	63	58	117
1841011	16	4,13	21,31	13,93	69,67	-9,52	-6,93	-6,93	-5,48	16	53	33	117
1841018	22	5,71	22,44	14,98	64,14	-11,29	-7,45	-7,40	-4,22	18	53	43	116
1843002	21	2,56	17,46	15,00	43,73	-11,12	-7,94	-8,18	-4,16	11	54	59	114
1843003	23	1,38	15,78	14,22	40,87	-9,51	-6,89	-6,97	-5,07	18	37	25	103
1844001	24	3,19	22,24	15,36	67,65	-10,62	-7,78	-7,57	-4,19	13	56	46	116
1844009	13	7,23	19,31	15,95	35,69	-9,68	-7,41	-7,48	-4,33	19	64	47	117
1844010	17	2,76	15,55	14,22	40,41	-9,97	-6,69	-6,51	-4,65	14	34	21	115
1845004	27	4,03	16,62	10,67	52,90	-10,53	-7,33	-7,37	-4,90	15	55	42	116
1845021	36	1,65	13,41	13,94	28,34	-10,21	-6,35	-5,93	-3,60	11	42	29	116
1846005	31	2,60	20,41	17,39	58,92	-9,84	-7,61	-8,22	-4,96	12	56	44	116
1846019	54	2,55	15,11	13,64	47,38	-9,90	-7,13	-7,13	-4,32	12	41	26	117
1847010	66	2,79	18,02	15,69	50,55	-10,41	-7,08	-6,87	-4,63	11	43	31	117
1848000	69	1,44	16,55	15,27	43,40	-10,51	-7,13	-7,22	-4,28	12	53	46	117
1848010	48	2,32	21,59	14,70	72,04	-10,71	-7,56	-7,82	-4,80	11	46	32	116
1940009	23	5,14	17,82	14,82	43,60	-10,20	-7,18	-7,06	-4,59	13	54	43	116
1941005	24	4,99	14,54	12,27	30,66	-9,32	-7,31	-7,41	-5,16	12	63	57	117
1941006	27	3,48	14,84	13,18	37,99	-10,72	-7,13	-7,26	-4,51	12	49	35	118
1942008	22	4,29	19,36	14,51	72,88	-11,90	-7,69	-7,31	-5,37	13	60	54	115
1942030	21	1,86	25,48	15,09	99,55	-10,56	-7,11	-6,90	-3,26	12	65	55	118
1942031	19	2,60	29,16	18,98	104,06	-12,66	-8,63	-8,85	-5,42	15	72	80	116
1942032	22	1,54	11,23	9,80	27,06	-9,83	-6,91	-6,65	-4,11	15	51	38	115
1943002	28	1,71	15,26	13,54	41,13	-9,04	-6,75	-6,93	-3,50	13	44	28	116
1943009	21	3,56	15,83	13,21	41,33	-9,23	-7,16	-7,87	-4,47	14	61	56	117
1943010	25	5,68	36,80	30,38	117,63	-11,28	-7,84	-8,09	-5,12	12	64	54	117
1943022	37	4,73	31,03	15,66	117,22	-11,57	-6,98	-6,82	-3,98	11	45	39	118
1943025	29	2,93	15,39	14,44	35,39	-10,09	-7,44	-7,62	-4,76	15	54	38	117

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX
1943035	31	4,20	20,57	17,50	57,56	-9,96	-7,02	-7,17	-4,22	15	58	45	117
1944004	10	5,46	22,08	23,49	40,95	-10,85	-8,41	-8,41	-5,81	23	57	44	115
1944009	23	2,91	20,66	15,10	64,27	-11,46	-8,16	-8,27	-5,41	11	62	56	117
1944021	16	3,20	13,59	13,59	28,95	-9,46	-6,94	-6,90	-4,49	15	59	44	115
1944027	26	5,84	25,73	17,63	78,73	-11,64	-7,93	-8,03	-5,28	12	45	34	114
1944032	16	3,35	14,55	12,12	34,62	-9,52	-7,35	-7,64	-5,20	22	58	47	115
1944048	6	5,10	16,11	14,37	34,41	-8,51	-6,58	-6,41	-5,13	19	68	68	116
1944049	21	2,47	18,44	14,22	61,09	-10,61	-7,15	-6,75	-3,74	12	48	33	116
1944062	32	2,38	17,90	13,72	56,63	-10,44	-7,66	-7,67	-5,28	11	46	36	116
1946004	20	1,43	13,15	11,91	28,89	-10,07	-7,53	-7,72	-5,34	15	56	51	115
1946007	65	0,87	18,34	15,67	54,84	-11,01	-7,47	-7,58	-3,82	12	46	37	116
1946008	60	1,36	19,67	14,41	66,26	-10,22	-6,81	-6,29	-2,64	12	42	32	117
1946009	27	7,16	23,37	19,09	59,69	-10,37	-7,64	-7,80	-5,19	14	46	39	116
1946022	6	4,37	67,89	20,81	173,15	-9,48	-7,99	-8,32	-5,03	16	41	28	115
1947001	58	2,41	17,03	13,32	68,88	-10,73	-6,87	-6,67	-4,24	12	41	27	118
2041017	23	5,17	14,04	11,88	39,25	-10,61	-7,47	-7,78	-5,10	15	54	47	115
2041020	27	1,61	29,13	17,88	97,56	-12,37	-8,33	-8,28	-4,45	11	59	58	116
2042008	23	2,78	29,74	19,62	105,53	-12,10	-8,31	-8,14	-5,55	18	79	84	118
2042018	23	2,78	29,74	19,62	105,53	-12,10	-8,31	-8,14	-5,55	18	79	84	118
2043002	29	1,72	18,00	11,49	63,90	-11,48	-7,32	-7,05	-4,63	11	58	43	117
2043009	26	5,96	21,12	17,42	60,17	-10,14	-7,33	-7,43	-4,29	19	59	51	118
2043010	38	5,35	21,26	17,88	54,57	-10,49	-7,44	-7,34	-5,16	13	49	44	118
2043013	31	0,32	22,57	13,85	86,72	-11,34	-7,83	-7,87	-5,21	12	51	53	117
2043018	14	5,80	15,87	13,72	34,62	-10,62	-7,75	-7,73	-5,42	21	58	39	115
2043026	31	3,21	19,40	13,63	57,29	-12,34	-7,71	-7,61	-4,00	13	59	53	116
2044007	29	5,15	18,53	15,65	48,24	-10,61	-7,63	-7,93	-4,43	13	52	43	115
2044021	39	3,18	13,24	12,20	33,20	-10,47	-6,93	-6,80	-3,68	12	39	30	115
2044024	24	1,43	29,95	24,61	90,74	-10,72	-8,01	-8,58	-3,56	11	49	34	117
2044041	36	0,81	13,71	12,30	42,34	-10,50	-6,91	-6,85	-2,63	11	47	41	118
2044042	30	2,15	18,81	14,61	50,80	-10,07	-7,24	-7,38	-4,76	16	49	41	116
2044052	31	1,26	15,65	13,59	34,38	-10,46	-7,37	-7,32	-4,89	14	47	44	113
2044054	31	1,63	16,38	12,59	66,33	-11,02	-7,15	-7,49	-3,97	12	53	36	116
2045002	29	0,99	14,43	13,43	42,26	-9,27	-7,07	-7,11	-3,53	15	56	35	117
2045004	33	5,10	24,64	19,77	70,80	-10,83	-7,51	-7,30	-4,85	12	51	40	116

COD	# Eventos	ALPHA				BETA				DURAÇÃO			
		MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	<i>MEDIAN</i>	MAX	MIN	MED	MEDIAN	MAX
2045012	26	9,24	25,80	22,53	71,14	-10,23	-7,45	-7,47	-5,19	14	53	43	116
2045013	25	1,28	15,81	13,68	41,23	-10,01	-7,08	-7,08	-4,30	13	52	35	117
2143003	33	2,20	21,08	13,98	72,37	-12,23	-7,75	-7,44	-4,03	16	70	71	117
2144001	28	3,09	21,51	14,01	66,42	-10,74	-6,91	-6,58	-4,77	14	40	29	114
2144007	30	5,13	22,52	20,20	46,38	-10,38	-7,25	-7,37	-4,59	13	42	30	118
2144018	40	1,09	17,82	12,27	61,67	-10,14	-7,15	-6,95	-4,52	12	39	28	116
2144019	41	1,80	13,06	13,16	31,74	-10,17	-6,87	-6,38	-3,75	11	40	28	115
2144026	21	2,03	18,69	14,04	58,21	-10,15	-6,36	-6,08	-2,90	15	39	23	112
2145008	19	5,79	25,96	17,69	80,59	-11,62	-7,63	-7,68	-4,90	11	44	27	116
2146030	34	4,76	20,76	18,12	49,54	-9,82	-6,70	-6,64	-4,03	12	34	28	114
2245088	48	1,28	10,05	7,00	42,20	-11,49	-6,45	-5,84	-3,32	11	33	22	101
2245089	25	5,96	20,65	15,77	46,27	-10,45	-6,88	-6,48	-4,54	11	40	33	118
2345071	4	9,29	16,41	11,98	32,39	-7,93	-5,97	-5,44	-5,07	11	45	26	116

## **APÊNDICE II**

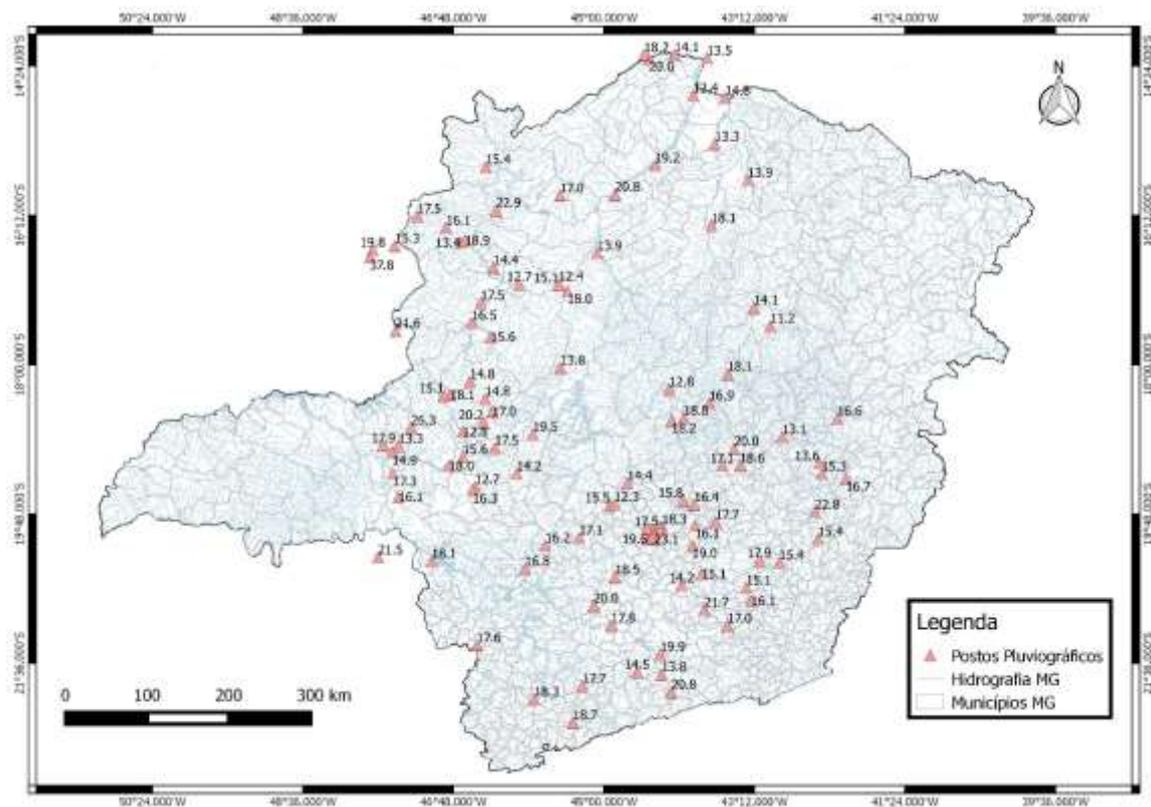


Figura P 2.1: Valores de  $\alpha$  medianos para cada posto pluviográfico para Classe III

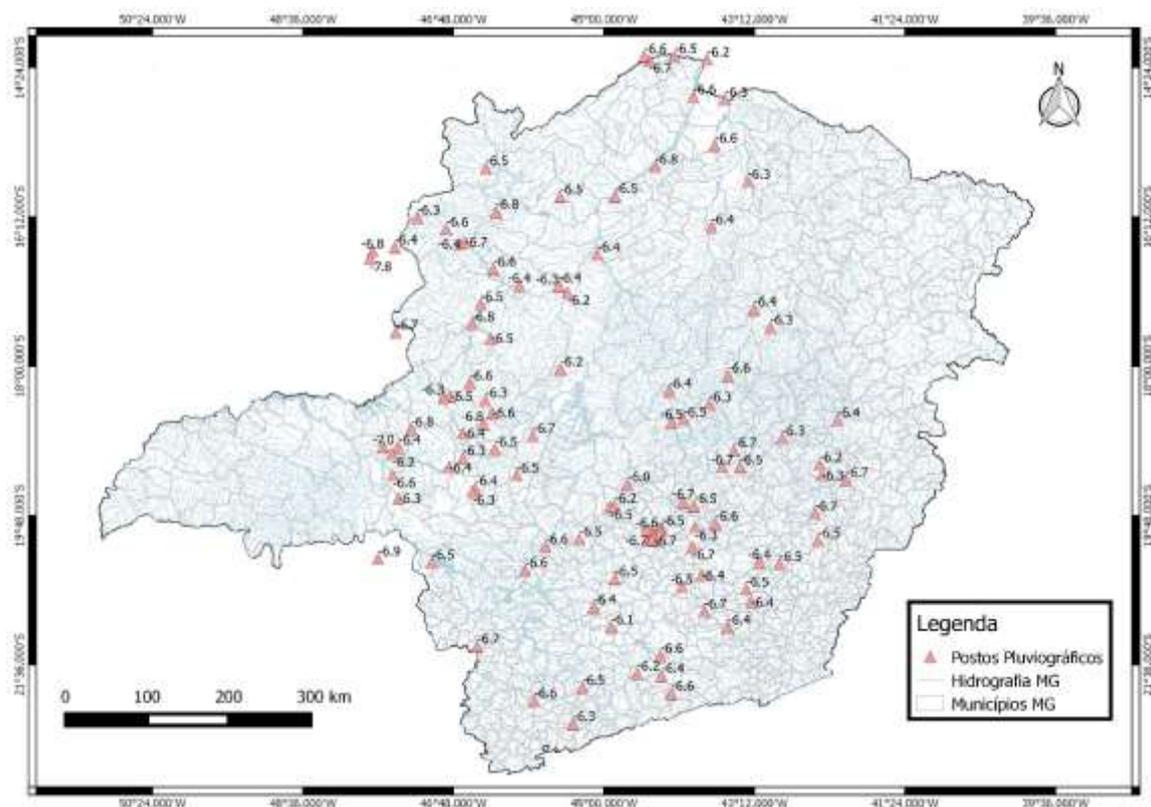


Figura P 2.2: Valores de  $\beta$  medianos para cada posto pluviográfico para Classe III

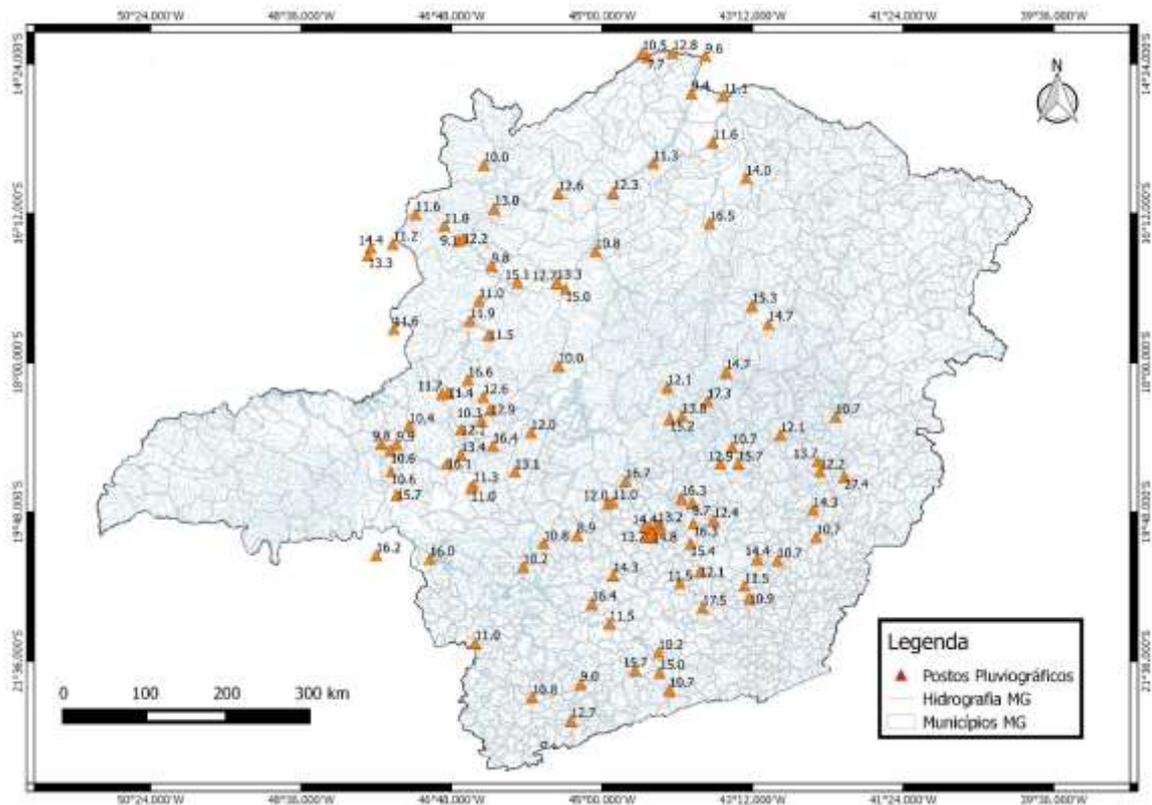


Figura P 2.3: Valores de  $\alpha$  medianos para cada posto pluviográfico para Classe IV

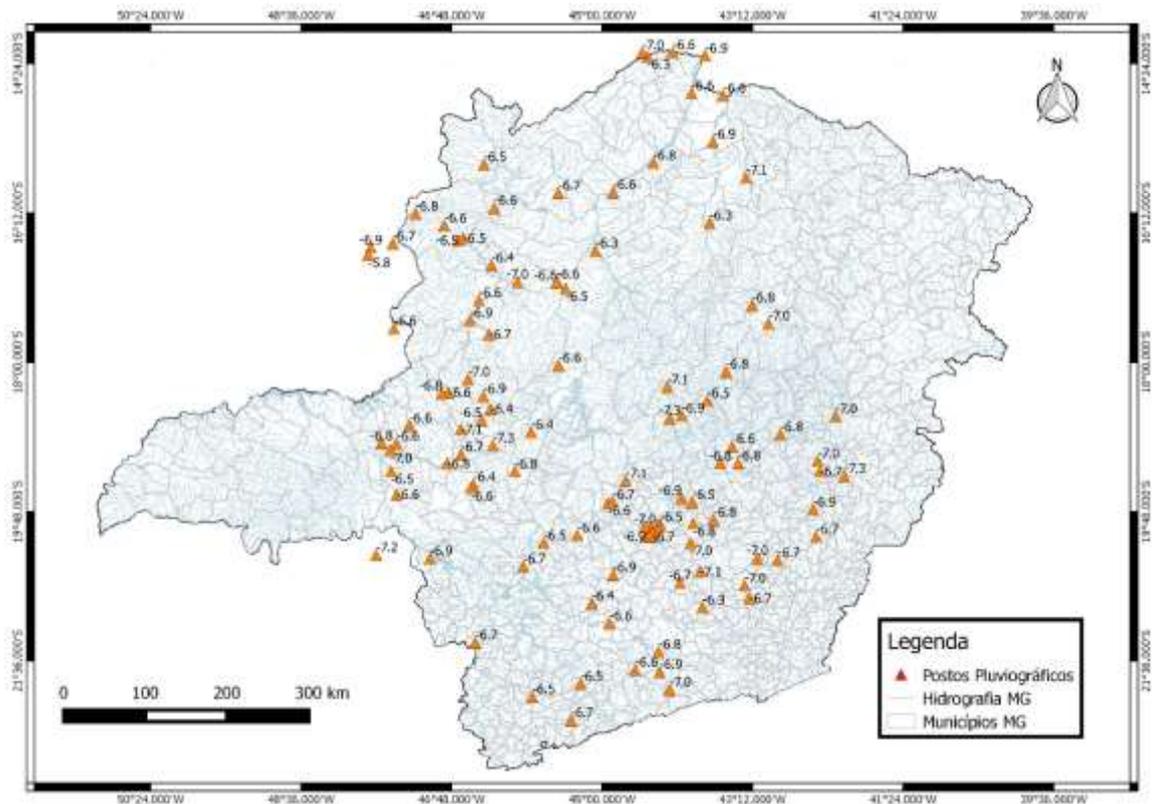
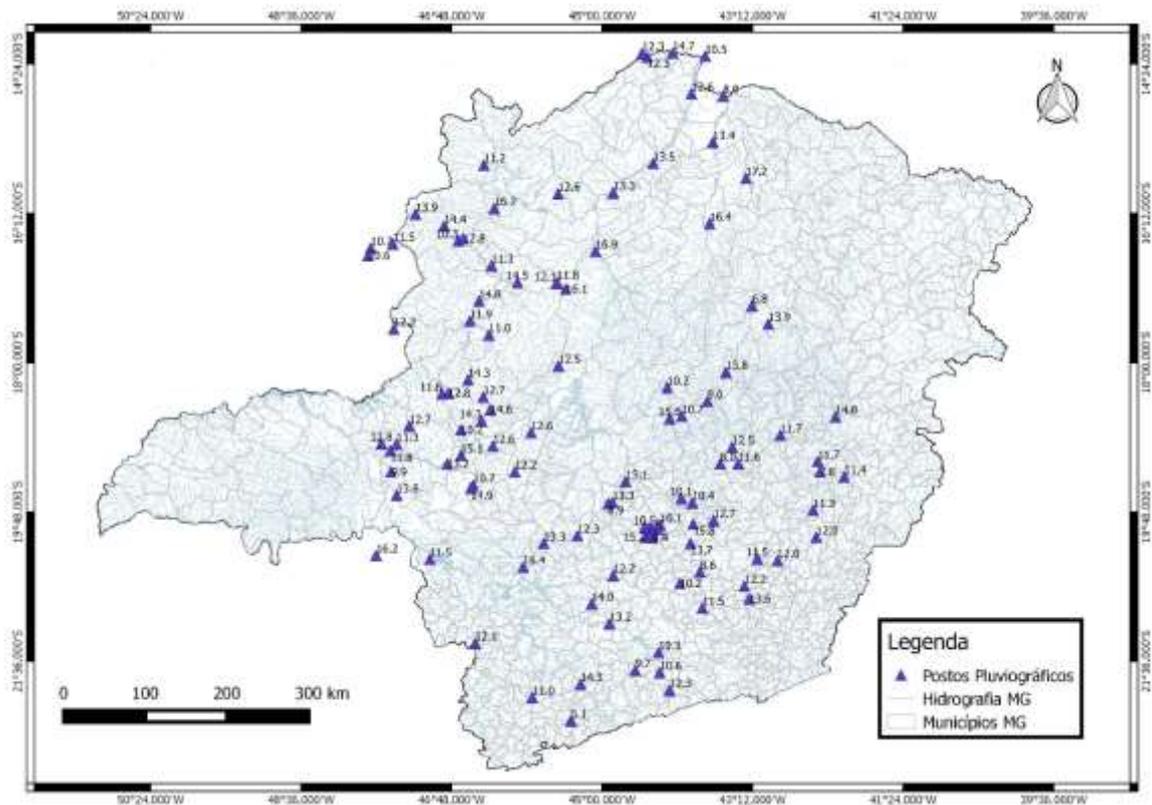
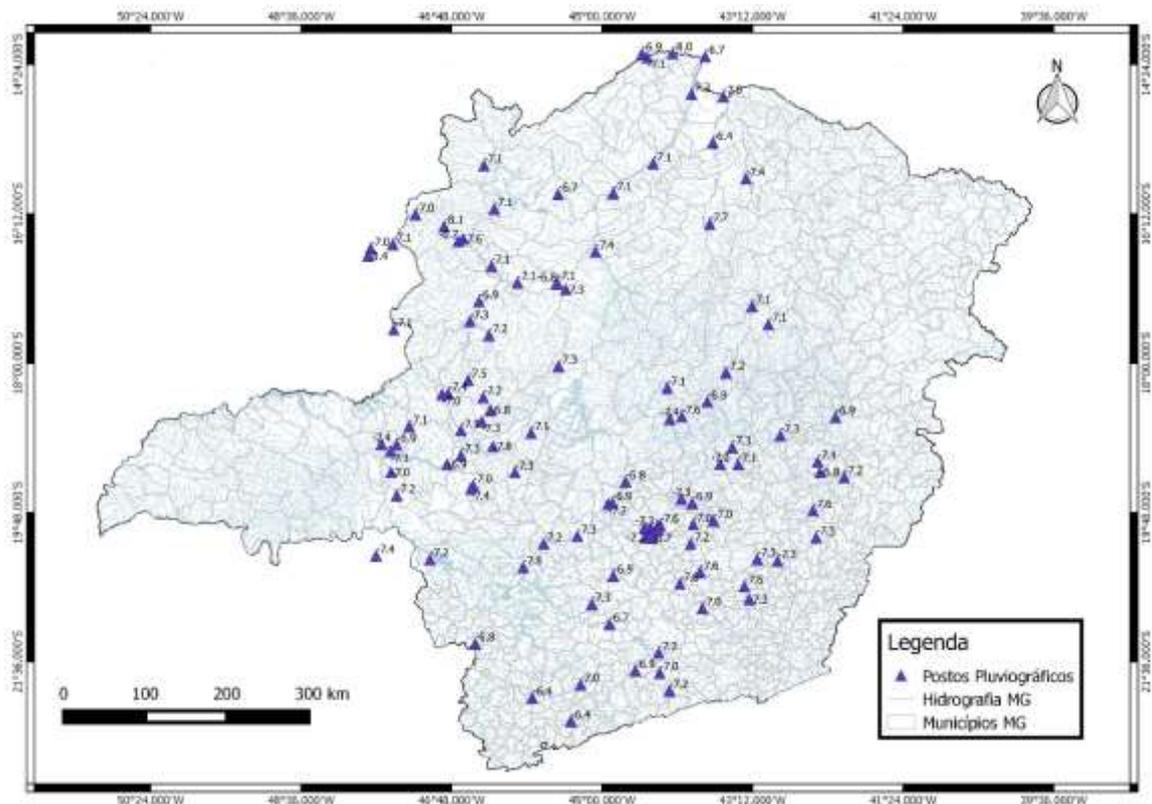


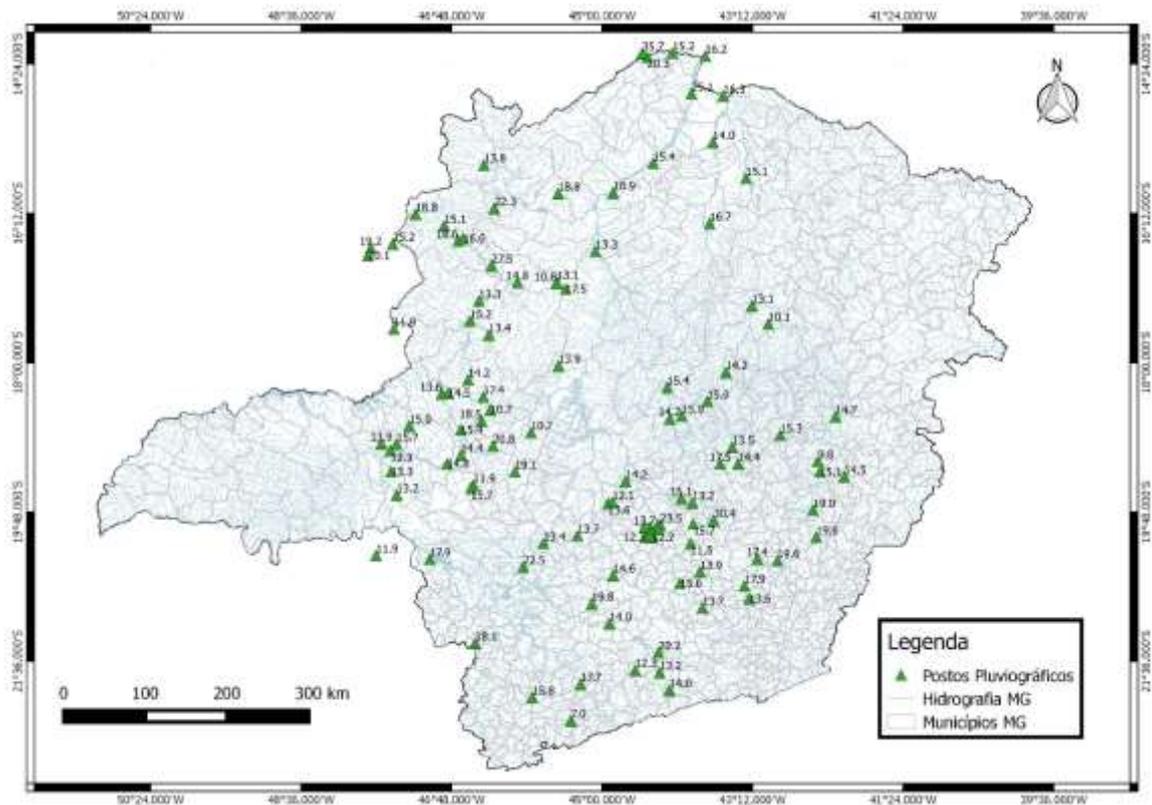
Figura P 2.4: Valores de  $\beta$  medianos para cada posto pluviográfico para Classe IV



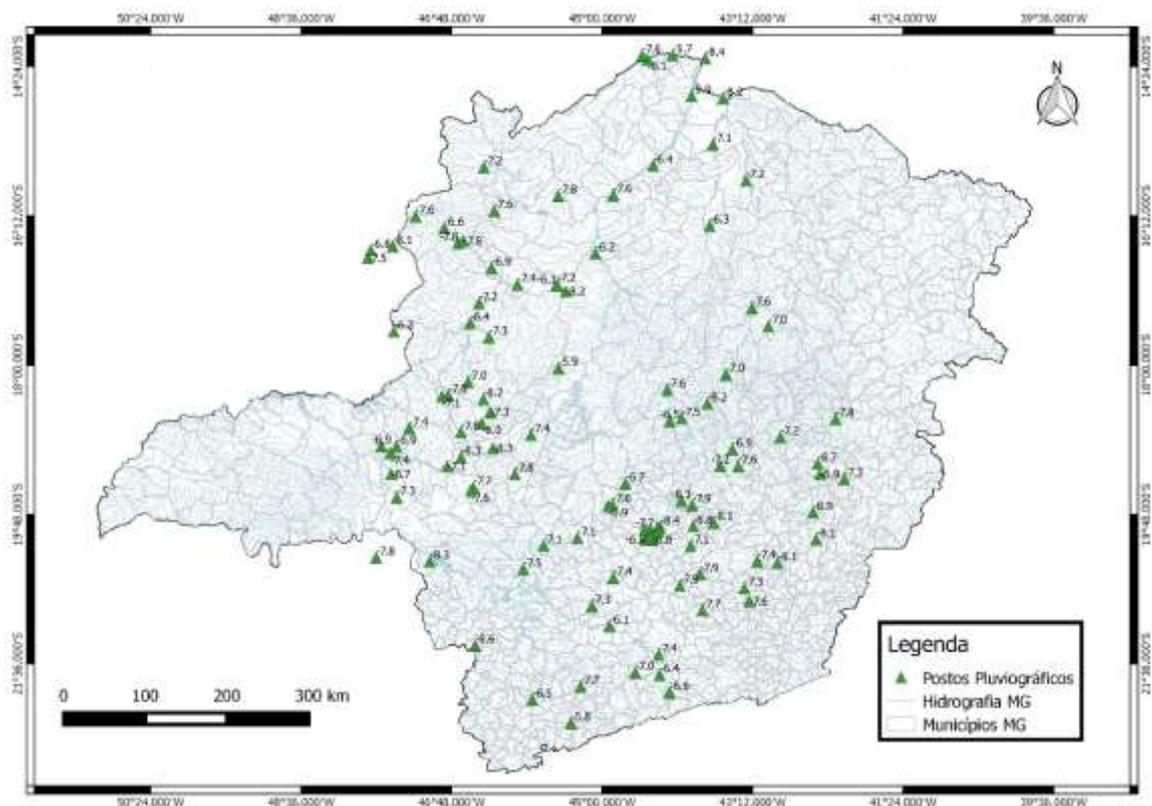
**Figura P 2.5:** Valores de  $\alpha$  medianos para cada posto pluviográfico para Classe V



**Figura P 2.6:** Valores de  $\beta$  medianos para cada posto pluviográfico para Classe V

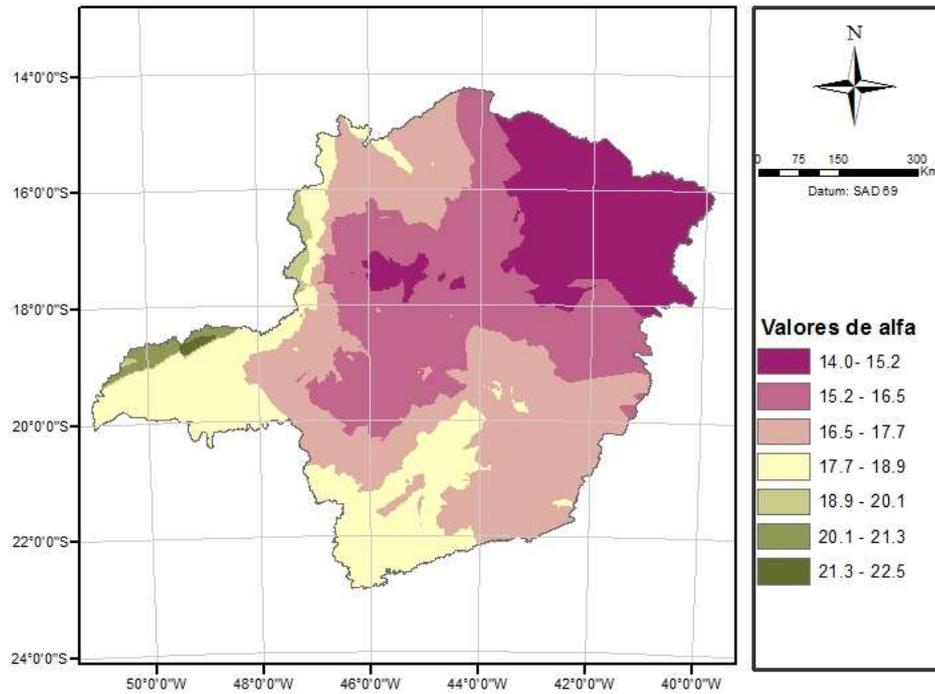


**Figura P 2.7:** Valores de  $\alpha$  medianos para cada posto pluviográfico para Classe VI

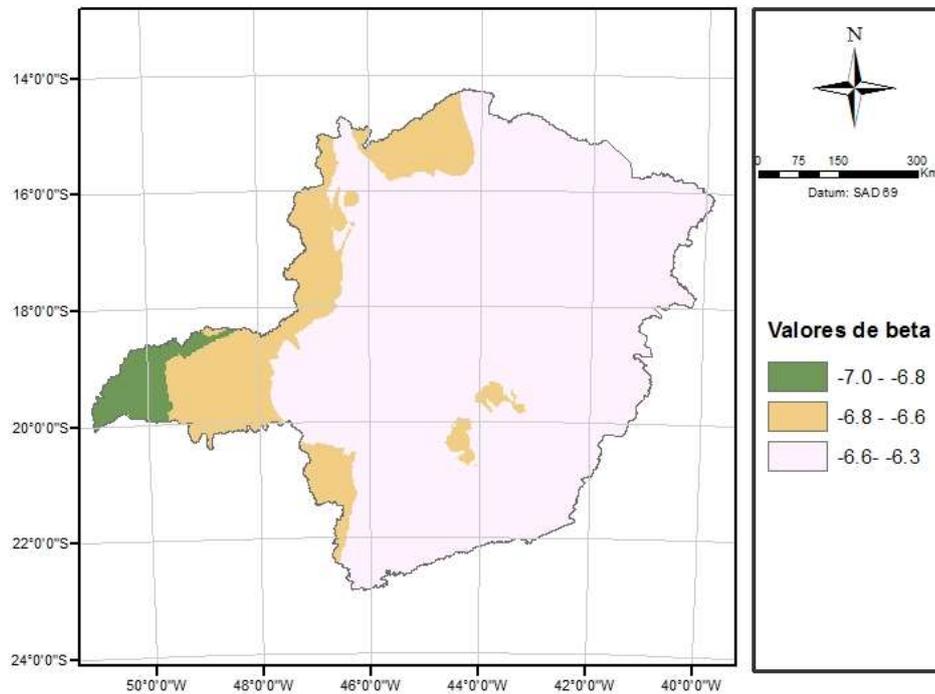


**Figura P 2.8:** Valores de  $\beta$  medianos para cada posto pluviográfico para Classe VI

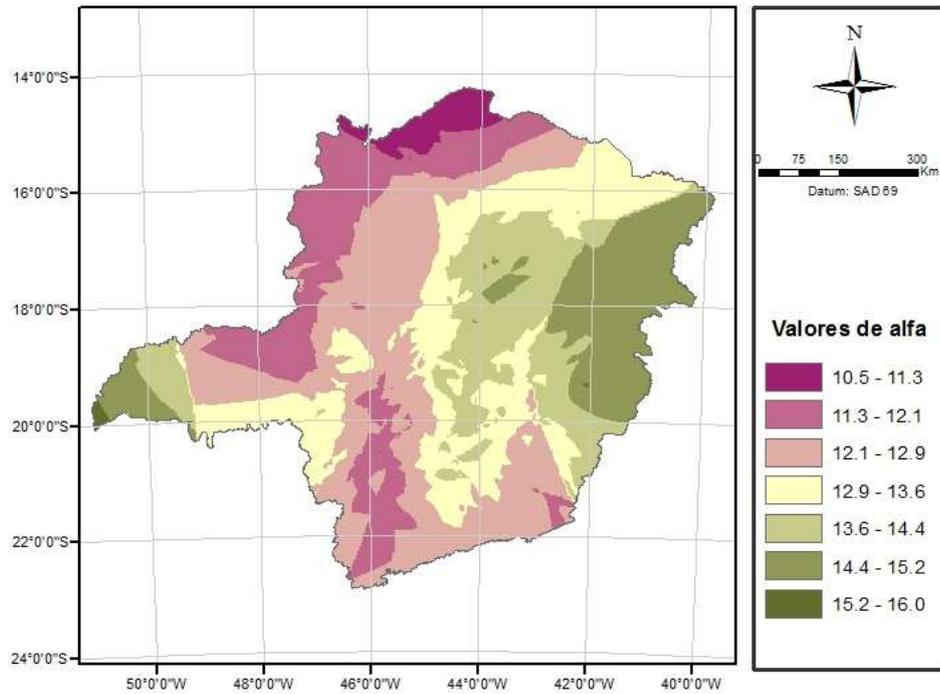
## **APÊNDICE III**



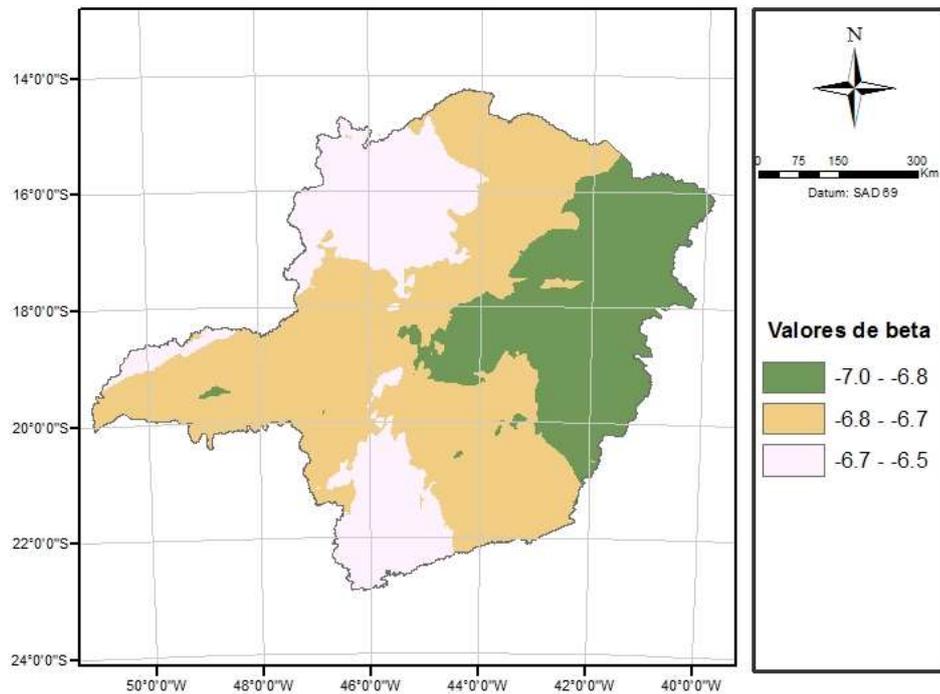
**Figura P 3.1:** Valores de  $\alpha$  medianos para a classe III interpolados através do método da krigagem



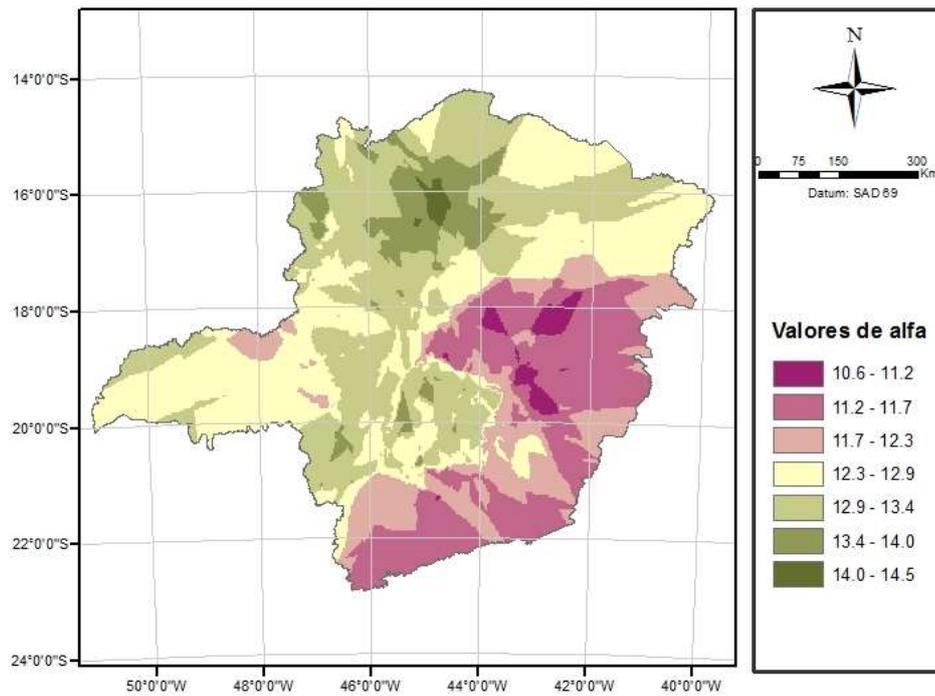
**Figura P 3.2:** Valores de  $\beta$  medianos para a classe III interpolados através do método da krigagem



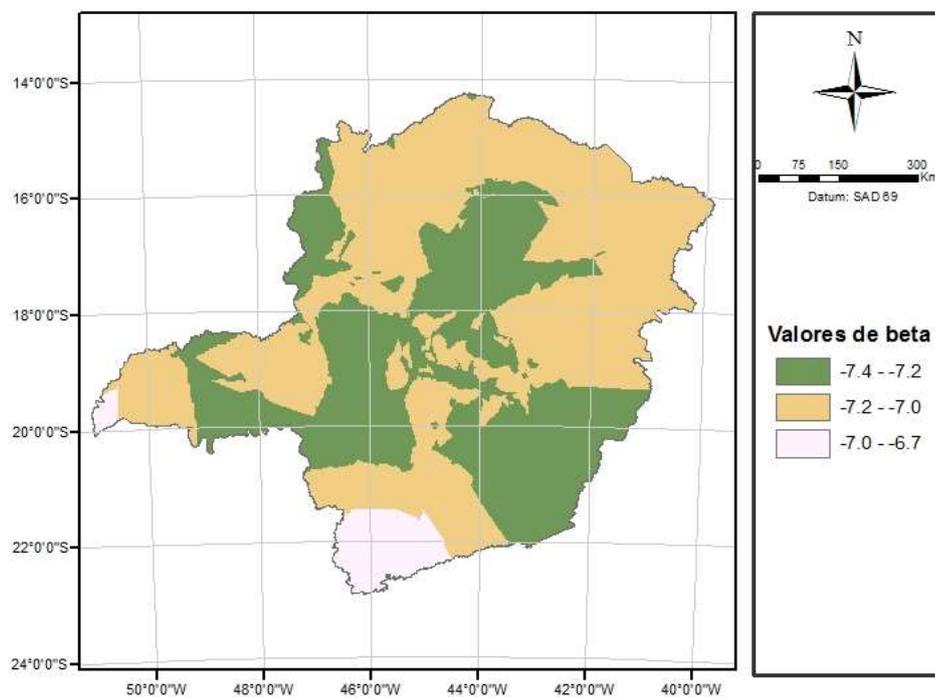
**Figura P 3.3:** Valores de  $\alpha$  medianos para a classe IV interpolados através do método da krigagem



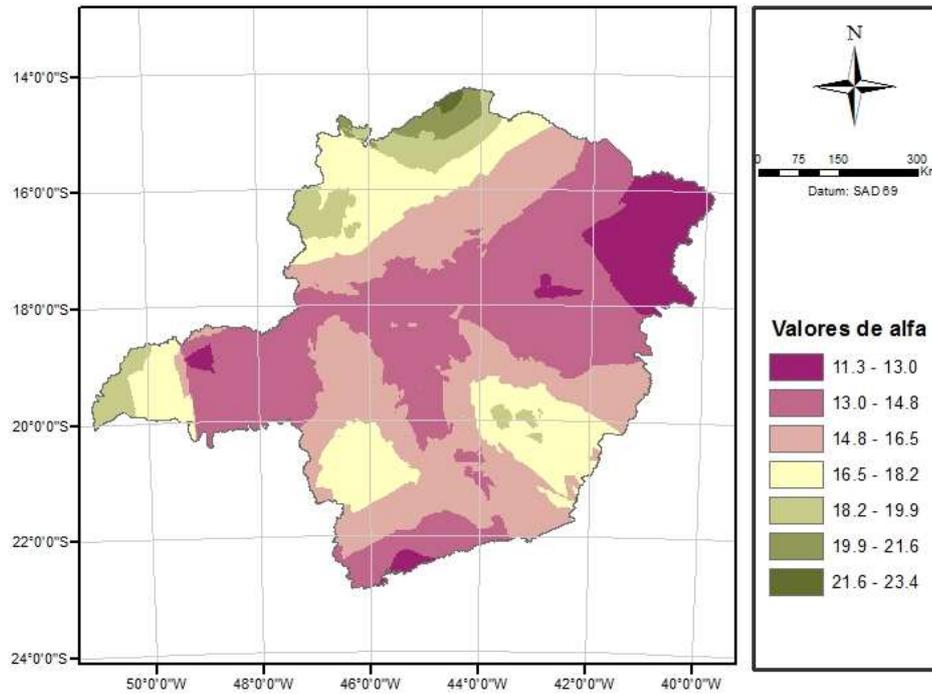
**Figura P 3.4:** Valores de  $\beta$  medianos para a classe IV interpolados através do método da krigagem



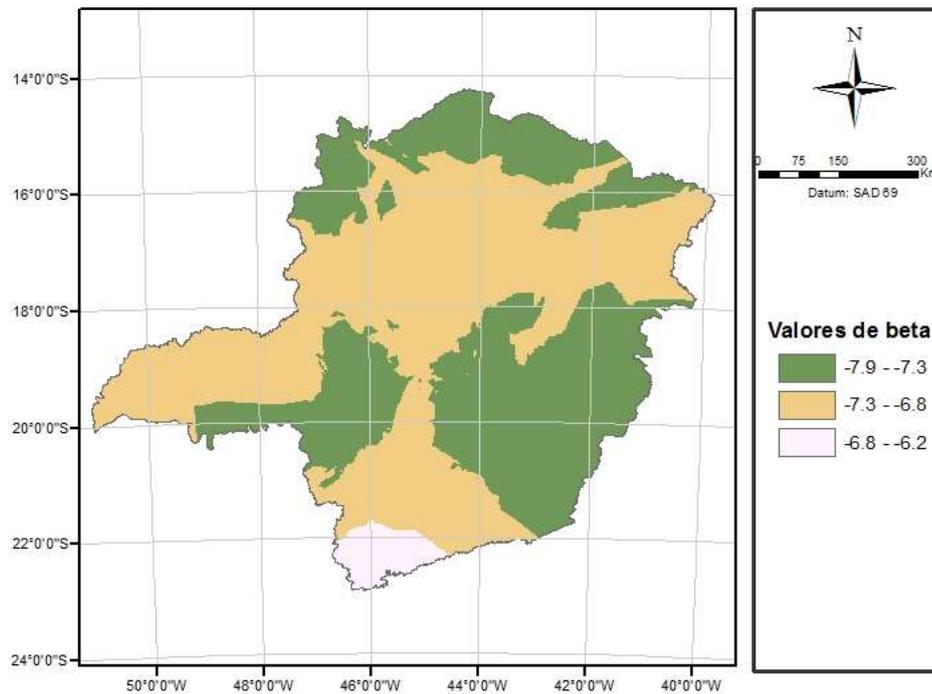
**Figura P 3.5:** Valores de  $\alpha$  medianos para a classe V interpolados através do método da krigagem



**Figura P 3.6:** Valores de  $\beta$  medianos para a classe V interpolados através do método da krigagem



**Figura P 3.7:** Valores de  $\alpha$  medianos para a classe VI interpolados através do método da krigagem



**Figura P 3.8:** Valores de  $\beta$  medianos para a classe VI interpolados através do método da krigagem