

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

SANDRA ANDREOLA FRANCO DA ROCHA

**ANÁLISE DIÁRIA DAS CHUVAS INTENSAS NA BACIA DO RIO
MOURÃO PR**

CAMPO MOURÃO

2018

SANDRA ANDREOLA FRANCO DA ROCHA

**ANÁLISE DIÁRIA DAS CHUVAS INTENSAS NA BACIA DO RIO
MOURÃO - PR**

Trabalho de conclusão de curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II do curso superior de Engenharia Ambiental, da coordenação de Engenharia Ambiental (COEAM), do câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr^a. Maria Cleide Baldo.

Co-orientador: Prof. Dr. Eudes José Arantes.

CAMPO MOURÃO-PR

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB
Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

ANÁLISE DIÁRIA DAS CHUVAS INTENSAS NA BACIA DO RIO MOURÃO PR

por

SANDRA ANDREOLA FRANCO DA ROCHA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 21 de novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr^a MARIA CLEIDE BALDO

Prof. Dr. EUDES JOSÉ ARANTES

Prof. Me. THIAGO MORAES DE CASTRO

Dedico este trabalho a minha família, minha base nessa jornada. À meu filho que me ensinou o que é o verdadeiro amor, e o poder que ele tem de transformar gerações.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus autor e responsável por tudo isso, tenho certeza que se não fosse suas mãos me guiando e me sustentando durante toda minha vida acadêmica, não teria chegado até aqui. Houve momentos em que pensei em desistir, mas sua voz me dizia que eu iria conseguir, que a vitória era certa, bastasse que eu apenas confiasse e acreditasse nele, e enfim esse dia chegou.

Claro que durante toda essa jornada tive pessoas especiais que estiveram comigo, alguns ainda tenho por perto, outros, os caminhos nos distanciaram, mas todos carregou uma parte comigo que levarei para sempre. A minha mãe, nossa nem sei o que dizer dessa mulher, meu sustento, minha base, minha amiga, e alguém em quem eu sempre pude contar, mesmo quando eu não mais acreditava em mim, ela não deixou de acreditar. Te amo mãe, e louvo a Deus todos os dias pelo dom da sua vida, por me deixar ser sua filha, que possamos juntas almejar mais momentos de conquistas e felicidades.

A meu esposo, homem maravilhoso, meu companheiro, amigo, parceiro, que me compreendeu muitas vezes por não estar presente, me incentivou a lutar pelos meus sonhos, a sempre buscar algo melhor. Ao meu filho, que és a razão do meu viver, meu sapequinha que eu amo demais, que tem um coração enorme, e que ao final do dia me presenteava com seu sorriso lindo e seus beijos e abraços deliciosos.

A minha sogra, que sempre cuidou do meu tesouro com muito carinho para que eu pudesse estudar todos os dias, e é uma segunda mãe para meu filho. Aos amigos do peito, aqueles que são minha segunda família, minha amiga, comadre e irmã Clarice, que Deus me apresentou e até hoje somos mais que amigas. Quantas vezes ouviu minhas murmurações, reclamações, me aconselhou, orientou, nem sei o que dizer amiga você é uma amiga sensacional, parceira, te adoro.

Aos amigos da faculdade, Juliana, Bruna, Ana, Lucas, Beatriz, meus amigos do peito, foram meu socorro em muitas provas, trabalhos, mas também dividimos o lanche, demos altas risadas, nos desesperamos, enfim guardarei vocês sempre comigo. A minha amiga Joice, te adoro amiga, sempre dividimos confidências, choramos de raiva às vezes, nos desesperamos, mas no final as coisas se ajeitam. Espero que nossa amizade seja para sempre, e saiba que para o que precisar pode contar comigo. A minha amiga Anne, que foi parceira nestes cinco anos, me ajudou inúmeras vezes, viajamos juntas, reclamamos juntas, sorrimos juntas, enfim foi uma

amiga e tanto, você é dez, e devo boa parte de tudo isso a você. Ao meu amigo Tadeu, um irmão, passamos por tantos altos e baixos, mas estamos ai firmes e fortes, e logo será você a pegar seu diploma; obrigada por tantos conselhos, por sua amizade, por nossas conversas fiada, pela parceria no café, (sempre lembrarei disso kkk), por fim tudo, levarei sua amizade sempre comigo.

Não poderia aqui deixar de agradecer a um homem muito importante em minha história, meu pai. Deus me presenteou com você ainda quando pequena, e foi você que me ensinou tudo o que sou hoje, me corrigiu quando preciso, chamou minha atenção quando necessário, enfim foi um verdadeiro pai. Sempre lembrarei das noites que você cansado foi comigo para o estágio, demos altas risadas, passamos alguns apuros, mas foi a melhor época que vivi, e sempre recordarei destes dias, pra mim foi os melhores, amo você.

Finalmente, a alguém que é responsável pela minha evolução como acadêmica, e que levarei para sempre comigo, minha orientadora. Convivemos por quase cinco anos juntas, foi meu socorro muitas vezes, ouviu minhas reclamações, choramos, rimos, mas em todos os momentos sempre me incentivou a continuar. Sem palavras para agradecer a você, por toda a amizade, parceria, enfim você foi minha mestre, e espero que nossos caminhos possam se cruzar novamente, você é excepcional, te adoro professora e tenho um carinho enorme por ti. A meu orientador, que por tantas vezes me escutou, teve uma santa paciência para explicar as coisas, me socorreu, e compartilhou comigo um pouquinho de suas experiências e aprendizados, obrigada professor por ser um excelente mestre.

"Tudo posso naquele que me fortalece"
(Filipenses 4:13)

RESUMO

Um dos eventos meteorológicos que mais se destacam na caracterização do clima é a precipitação. O estudo de precipitações em especial a chuva intensa é de grande importância para as mais diversas obras da engenharia, como drenagem urbana, dimensionamento de canais, controle de cheias, manejo conservacionista do solo, mapeamento de áreas suscetíveis a inundações, dentre outros. Este trabalho tem por objetivo analisar as curvas de intensidade-duração-frequência da precipitação na bacia do rio Mourão, localizado no centro-oeste do Paraná. Foram analisados os dados diários de 10 postos pluviométricos, entre o período de 1980 a 2016, obtidos junto ao Instituto das Águas do Paraná no Sistema de Informações Hidrológicas. Os dados foram organizados em planilhas, onde posteriormente selecionou os máximos diários para cada ano estudado. A partir destes dados, aplicou-se o método de desagregação onde se utilizou o coeficiente de desagregação de chuvas (adaptado por Riguetto (1998), transformando as chuvas de um dia em chuvas de duração de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 540, 600, 720 e 1440 minutos e ajustou-se os valores de forma a obter a precipitação máxima para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75 e 100 anos. A partir dos dados obtidos, comparou-os com os dados gerados pelo Software Pluvio 2.1. As curvas de intensidade, duração e frequência (IDF) foram representadas graficamente e posteriormente espacializadas. Comparando os dois modelos aplicados, as maiores intensidades de precipitações foram registradas para as curtas durações, entre 5 à 60 minutos, e para durações superiores à 60 minutos foram registrados os menores valores. Engenheiro Beltrão, Luiziana e Rio Mourão apresentaram os maiores máximos de precipitação intensa. Os menores valores de intensidade de precipitação foram obtidos para os postos de Quinta do Sol e Luiziana. As chuvas intensas com os maiores volumes precipitados ocorreram a montante da bacia. É importante destacar que tanto o fator estático, relevo, quanto a dinâmica climática são responsáveis por este padrão de distribuição. O modelo que mais se adequou a este estudo, foi o método de desagregação que apresentou resultados próximos aos reais.

Palavras-chave: precipitação intensa, curvas intensidade-duração-frequência, método de desagregação, Software Pluvio 2.1.

ABSTRACT

One of the most important weather events in climate characterization is precipitation. The study of rainfall, especially heavy rainfall, is of great importance for the most diverse engineering works, such as urban drainage, channel sizing, flood control, soil conservation management, mapping of areas susceptible to flooding, among others. This work aims to analyze the intensity-duration-frequency curves of the Mourão river basin, located in the center-west of Paraná. The daily data of 10 pluviometric stations between 1980 and 2016 were obtained from the Instituto das Águas do Paraná in the Hydrological Information System. The data were organized in spreadsheets, where he subsequently selected the daily maxima for each year studied. From these data, the method of disaggregation was applied where the coefficient of disaggregation of rainfall was used (adapted by Riguetto (1998), transforming rainfall of one day into rainfall of 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 540, 600, 720 and 1440 minutes and the values were adjusted to obtain the maximum precipitation for the return periods of 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75 and 100 years. From the data obtained, compared them with the data generated by the Software Rain 2.1. The intensity, duration and frequency (IDF) curves were plotted and later spatialized. Comparing the two models applied, the highest rainfall intensities were recorded for the short durations, from 5 to 60 minutes, and for durations longer than 60 minutes, the lowest values were recorded. Engineer Beltrão, Luiziana and Rio Mourão presented the highest highs of intense precipitation. The lowest values of precipitation intensity were obtained for the stations of Quinta do Sol and Luiziana. Heavy rains with the highest precipitated volumes occurred upstream of the basin. It is important to emphasize that both the static factor and the climatic dynamics are responsible for this distribution pattern. The model that best fit this study was the method of disaggregation that presented results close to the real ones.

Keywords: intense precipitation, intensity-duration-frequency curves, disaggregation method, Rainwater Software 2.1.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| Figura 1: Localização da área de estudo Bacia do Rio Mourão - PR..... | 11 |
| Figura 2: Hipsometria da bacia do rio Mourão - PR, e localização dos postos pluviométricos..... | 13 |
| Figura 3: Obtenção dos dados pelo Software Pluvio 2.1, para o posto pluviométrico de Campo Mourão - PR..... | 15 |
| Figura 4: Precipitação Máxima para o período de retorno de 5 anos..... | 32 |
| Figura 5: Precipitação Máxima para o período de retorno de 10 anos..... | 33 |
| Figura 6: Precipitação Máxima para o período de retorno de 25 anos..... | 34 |
| Figura 7: Precipitação Máxima para o período de retorno de 10 anos..... | 35 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 e 2: Intensidade, duração e frequência de precipitação para o posto pluviométrico de Campo Mourão, utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de 5 à 1440 minutos..... | 19 |
| Gráfico 3 a 10: Intensidade, duração e frequência de precipitação para os postos pluviométricos de Engenheiro Beltrão, Saltinho, Silviolândia e Rio Mourão utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de 5 à 1440 minutos..... | 20 |
| Gráfico 11 a 18: Intensidade, duração e frequência de precipitação para os postos pluviométricos de Quinta do Sol, Peabiru, Mamborê e Luiziana utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de 5 à 1440 minutos..... | 21 |
| Gráfico 19 e 20: Intensidade, duração e frequência de precipitação para o posto pluviométrico de Guarani, utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de 5 à 1440 minutos..... | 22 |
| Gráfico 21 a 26: Intensidade, duração e frequência de precipitação para os postos pluviométricos de Campo Mourão, Engenheiro Beltrão e Saltinho utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de inferiores à 60 minutos..... | 23 |
| Gráfico 27 a 34: Intensidade, duração e frequência de precipitação para os postos pluviométricos de Silviolândia, Rio Mourão, Quinta do Sol e Peabiru, utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de inferiores à 60 minutos..... | 24 |
| Gráfico 35 a 40: Intensidade, duração e frequência de precipitação para os postos pluviométricos de Mamborê, Luiziana e Guarani, utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de | |

| | | |
|---|---|----|
| inferiores | à | 60 |
| minutos..... | | 25 |
| Gráfico 41: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 5 minutos..... | | 27 |
| Gráfico 42: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 10 minutos..... | | 28 |
| Gráfico 43: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 15 minutos..... | | 29 |
| Gráfico 44: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 20 minutos..... | | 30 |
| Gráfico 45: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 25 minutos..... | | 31 |
| Gráfico 46: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 30 minutos..... | | 31 |
| Gráfico 47: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 60 minutos..... | | 31 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----------|
| Tabela 1: Postos pluviométricos da bacia do rio Mourão e do entorno utilizados nesse estudo..... | 13 |
| Tabela 2: Coeficiente de desagregação de dados pluviométricos..... | 14 |
| Tabela 3: Intensidade, duração e frequência de precipitação, obtida pelo Método de Desagregação para o posto pluviométrico de Campo Mourão - PR..... | 18 |
| Tabela 4: Intensidade, duração e frequência de precipitação, obtida pelo Software Pluvio 2.1 para o posto pluviométrico de Campo Mourão - PR..... | 19 |
| Tabela 5: Identificação dos postos pluviométricos..... | 26 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 3 |
| 2 OBJETIVOS..... | 6 |
| 2.1 Objetivo Geral..... | 6 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 6 |
| 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 7 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 11 |
| 4.1 Descrição da área de estudo..... | 11 |
| 4.2 Metodologias Aplicadas | 14 |
| 4.3 Disposição dos dados | 16 |
| 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 18 |
| 5.1 Análise dos dados pluviométricos - Comparação entre o Método de Desagregação e o Software Pluvio 2.1..... | 18 |
| 5.2 Análise dos dados pluviométricos - Intensidade Pluviométrica para durações inferiores à 60 minutos..... | 26 |
| 5.3 Espacialização dos dados..... | 33 |
| 6 CONCLUSÃO | 37 |
| REFERÊNCIAS..... | 38 |

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento dos eventos climáticos extremos vem despertando interesse na sociedade seja por este possuir caráter altamente dinâmico e apresentar rompimento na variabilidade natural ou apenas por estabelecer previsão de futuras mudanças do sistema climático. O estudo e o conhecimento atual do clima e sua variabilidade é um passo prévio e fundamental para a compreensão das mudanças climáticas por ação direta ou indireta do homem. Dificilmente pode-se falar sobre mudanças climáticas sem o conhecimento do clima atual (PINHEIRO; VIDE, 2017).

Quando se realiza estudo climático de uma região, uma das variáveis meteorológicas mais importantes é a precipitação, devido às consequências que o excesso de precipitação pode ocasionar, principalmente em eventos de chuvas intensas (SILVA et al., 2003). Righetto (1998) afirma que chuvas intensas são aquelas que provocam cheias nos sistemas de drenagem, por exemplo, são chuvas que geram escoamentos pluviais nas galerias e canais, tais que as vazões de pico atingem valores próximos à capacidade do sistema de drenagem, resultando em inundações.

Santos; Griebeler e Oliveira (2009), também afirmam que precipitações pluviométricas de maior intensidade e com grande frequência elevam o risco de ocorrência da erosão, sendo estas características mais significativas quando associadas às condições de relevo movimentado, características físico hídricas do solo adversas, uso e manejo do solo inadequados.

Ainda segundo Santos; Griebeler e Oliveira (2009); Paula, (2015); Dill, (2002); o uso de fertilizantes, a aplicação de agrotóxicos, o desmatamento das cabeceiras e de divisores de água, pastagens em locais inadequados, alterações do solo como manejo inadequado e perda de nutrientes, favorecem a selagem do mesmo, dificultando a infiltração de água e ensejando o escoamento superficial, ocasionado problemas de assoreamento e poluição na rede hidrográfica, diminuindo a seção de vazão dos leitos dos rios e aumentando os riscos de cheias, o que compromete a perenidade dos cursos de água.

A erosão hídrica dos solos e a consequente produção de sedimentos têm sido preocupação constante em todas as situações relativas à gestão do uso do solo e da água. Em regiões em que predominam os processos de meteorização química e os solos são escassos e pobres, sob condições climáticas de temperaturas e

precipitações pluviométricas de alta variabilidade, esta preocupação se torna mais relevante.

O estudo de dados diários de precipitação pluviométrica se mostra como uma importante ferramenta capaz de contribuir para o dimensionamento de estruturas hidráulicas, em projetos de vertedouros de barragens, no dimensionamento de canais, na definição de obras de desvio de cursos d'água, na determinação das dimensões de galerias de águas pluviais, no cálculo de bueiros permitindo-se conhecer a frequência das chuvas intensas e assim dimensioná-los, além de ser fundamental em projetos de irrigação e abastecimento de água (VILELLA; MATTOS, 1975; PEREIRA; DUARTE; SARMENTO, 2017).

Back et al. (2011) afirmam que a aplicação e análise de chuvas intensas está associada ao dimensionamento de obras hidráulicas para controle de cheias, drenagem urbana e do solo, bem como modelagem e controle da erosão em áreas com agricultura intensificada, manejo conservacionista do solo e mapeamento de áreas com maior potencial para ocorrência de erosão do solo e inundações. Nessas situações, torna-se necessário estimar a chuva intensa associada a uma determinada frequência de ocorrência, requerendo o conhecimento da relação entre sua intensidade, duração e frequência.

Segundo Mello (2001 apud Carvalho, 1998), as particularidades de cada projeto irão definir os valores dessas variáveis, período de retorno de chuva. Para obras destinadas ao controle da erosão, como os terraços, o período de retorno empregado é de 10 anos; para obras de drenagem do solo, esse período é de, no máximo, 25 anos e, para barragens de terra, entre 50 e 100 anos.

No cálculo para estruturas de contenção em microbacias hidrográficas, o período empregado é equivalente ao tempo de concentração da bacia (FROEHLICH, 1993; RIGUETTO, 1998). Desta forma, garante-se que toda a bacia venha a contribuir com o fluxo na seção de controle. Ainda, segundo os autores, normalmente em projetos agrícolas, fixa-se o tempo de duração em torno de 60 minuto, admitindo-se, eventualmente, 120 minutos, conforme a necessidade de segurança (MELLO, 2001, apud CARVALHO, 1998¹).

O período de retorno de um evento climático como a precipitação, juntamente com outras variáveis como a intensidade e duração permitem calcular o índice de

¹MELLO, C.r. et al. Análise de Modelos Matemáticos Aplicados ao Estudo de Chuvas Intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p.693-698, jul. 2001. Semestral.

segurança de uma bacia hidrográfica para que a mesma suporte níveis de cheias em épocas de extrema precipitação. Quando a capacidade do solo de reter a água precipitada é excedida, a água que escoar pela superfície tende a movimentar-se em sentido à um córrego ou rio carregando consigo partículas de sedimentos, e quando há ausência de cobertura vegetal, e a declividade do terreno é acentuada esse nível de escoamento intensifica-se, elevando a vazão do rio. Desta forma, o cálculo da curva intensidade-duração-frequência permite estimar o nível pluviométrico registrado num determinado horário, e assim através de modelos matemáticos estimar o período de retorno daquele evento em uma determinada região.

Castro et al.(2011) apontam que as relações entre intensidade, duração e frequência das precipitações intensas, devem ser deduzidas a partir das observações de chuvas ocorridas durante um período de tempo suficientemente longo, para que seja possível considerar as frequências como probabilidades.

A escolha desta bacia justifica-se por ser de grande importância para a população dos municípios de Campo Mourão e Peabiru, pois cerca de 80% da água que abastece o município de Campo Mourão provém do rio Mourão, e ainda constata-se que a área drenada pela bacia destina-se para uso agrícola e para uso urbano (VILLWOCK; CRISPIM; ROCHA, 2013).

Diante deste contexto, este estudo tem por objetivo realizar numa escala diária uma análise das chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Mourão - PR, como forma de conhecer a influência do regime pluviométrico e seus impactos econômicos, sociais e ambientais tanto na área da bacia quanto no seu entorno.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Realizar análise na escala diária, das chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Mourão Paraná.

2.2 Objetivos Específicos

- Coletar e analisar os dados diários de precipitação máxima;
- Aplicar modelos de distribuição para determinar o período de retorno para chuvas intensas;
- Aplicar as equações de intensidade, duração e frequência para os postos pluviométricos da bacia;
- Espacializar por meio de mapas, gráficos e tabelas os coeficientes das equações de intensidade-duração-frequência (IDF).

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A precipitação pluviométrica apresenta-se como uma variável que sofreu forte influência ao longo dos anos, registros históricos podem determinar como o clima de uma região apresenta-se em um dado período de anos e estimar a importância deste para atividades de uma região. A economia brasileira é fortemente dependente da agricultura, dos recursos hídricos, da indústria, pesca atividades estas totalmente dependentes da água (FREIRE, 2014; SILVA, 2009).

Estudos sobre intensidade, duração e frequência ou período de retorno de precipitação, constitui-se numa variável importante na determinação de obras hidráulicas, dimensionamento de estações de tratamento de água, drenagem urbana e para controle da erosão no solo. Compreender a dimensão da necessidade de estudos sobre chuvas intensas vai além das variáveis apresentadas; seu dimensionamento de forma errônea pode trazer consequências catastróficas para o meio econômico, social e ambiental.

Conforme estudo realizado por Souza et al. (2012), chuvas intensas e/ou duradouras podem causar inundações, escorregamentos e alagamentos temporários com incidentes de pequena proporção, promover um colapso de serviços de infraestrutura ou, até mesmo, causar perdas de vidas humanas, devido a acidentes ou propagação de doenças de veiculação hídrica. Além dos danos à saúde humana, existem os danos à saúde psicológica da população, devido ao “stress” causado pelas situações enfrentadas nos momentos das enchentes.

Segundo Santos; Griebeler e Oliveira (2010), precipitações pluviométricas de maior intensidade e com grande frequência elevam o risco de ocorrência de erosão. Essas características são mais significativas quando associadas às condições de relevo movimentado, características físicas-hídricas, uso e manejo do solo inadequados. Cruciani; Machado e Sentelhas (2002) ainda afirmam que, no meio rural o conhecimento das características das chuvas intensas é de grande importância uma vez que sua intensidade é fator expressivo nos processos erosivos.

Para Back (2006), o conhecimento da equação de chuvas intensas possibilita a aplicação de modelos matemáticos para estimativa de parâmetros como o tempo de concentração e a distribuição temporal da precipitação, porém a dificuldade que se apresenta na obtenção das equações de chuvas intensas está na baixa densidade de pluviógrafos bem como no tamanho das séries desses dados. Damé

et al. (2008), salientam que a falta de dados pluviográficos impõe a necessidade de desenvolver metodologias para estimar as curvas de intensidade-duração-frequência, e explorar ao máximo as informações relativas a precipitação.

Segundo Cruciani; Machado e Sentelhas (2002), um dos grandes inconvenientes em modelos que envolvem a ocorrência de chuvas, é a sua incapacidade de reconhecê-las na sua forma real; assim todo modelo matemático que ignora ou não distingue a variabilidade da distribuição temporal de chuva, com diferentes durações, apresenta restrições; além disso, para que a previsão hidrológica seja consistente, é desejável conhecer "a priori", o modelo de distribuição de chuva representativo da região climática estudada e de maior probabilidade de ocorrência para o período considerado.

A análise estatística também é uma ferramenta útil para a modelagem de chuvas (PEDRON; KLOSOWSKI, 2008; SILVA; CLARKE, 2004; ARBOIT; MANCUSO; FIOREZE, 2017). Moruzzi e Oliveira (2009), realizaram um estudo sobre intensidade, duração e frequência de chuvas em Rio Claro-SP, aplicando os métodos de Foster e Gumbel e a distribuição Log Normal, e para ajuste de dados a regressão não linear pelo método de Marquardt; onde os mesmos se apresentaram eficientes para o objetivo proposto.

Cruciane et al. (2002) aplicaram modelos de distribuição temporal de chuvas intensas em Piracicaba-SP com duração de 60 e 120 minutos, os eventos pluviométricos foram subdivididos em intervalos, onde selecionou-se os casos mais frequentes de distribuição temporal. A distribuição de probabilidade utilizada foi a Log Normal com 2 (dois) parâmetros, e o ajuste das distribuições teóricas pelo teste Qui-Quadrado (0,05). As chuvas intensas de 60 e 120 minutos apresentaram distribuição temporal do tipo exponencial negativa com 85.7% e 50.7% dos casos respectivamente.

Castro et al. (2011) analisaram os resultados obtidos através da equação de chuvas intensas (IDF) para os dados do município de Cuiabá (MT), onde observaram que o ajuste da equação aos dados pluviométricos da região foi considerado satisfatório.

Barreto et al. (2013) utilizaram a distribuição de Gumbel, e testes de aderência: Qui-Quadrado, Kolmogorov-Sminorv e Anderson-Darling no município de Mossoró-RN, onde estimaram os valores extremos para períodos de retorno de 5, 10, 20, 30, 50, 100, e 500 anos; a análise mostrou que a distribuição de Gumbel

representou bem os dados, e que o mesmo foi significativo para todos os testes de aderência.

Oliveira et al. (2008), estudaram as chuvas intensas em algumas localidades no estado de Goiás, e a metodologia empregada foi a distribuição de Gumbel-Chow e o teste de Kolmogorov-Sminov; os testes se mostraram adequados, com valores de erro médio menores que 14,4%, o que permite sua utilização em localidades onde não há disponibilidade de registros pluviográficos.

Monteiro (2011) realizou um mapeamento das áreas de perigo de inundação no Braço do Baú em Ilhota - SC, utilizando como parâmetro o Método de Gumbel e o Método de Desagregação da DAEE/CETESB para analisar a distribuição de extremos e estimar as máximas precipitações diárias prováveis para cada ano. A partir destes dados foi possível observar que o coeficiente de correlação entre a curva i-d-f e a equação de chuvas intensas foi de 0,999, e a variação da Área Máxima Inundável de 14% e do Volume Máximo Inundável de 100% para períodos de retorno de 5 a 100 anos.

Cruz e Franco (2015) realizaram um estudo comparativo de chuvas intensas em nove cidades dos Estados do Paraná, São Paulo e Santa Catarina. Para determinação de índices de intensidade-duração-frequência utilizou-se o programa Microsoft Excell e dados pluviométricos obtidos do Software Pluvio 2.1. Os gráficos IDF gerados para os períodos de retorno de 5, 10, 50 e 100 anos apontaram que a Cidade de Cascavel - PR, apresentou os maiores índices de precipitação, e que para as outras localidades o regime pluviométrico sofre consideráveis alterações devido à diferenças de altitudes de relevo.

Almeida e Reis (2013) estudaram as chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Itapemirim - ES para os períodos de retorno de 2, 20, 50 e 100 anos e durações de 5, 30, 240, 720 e 1440 minutos, aplicando métodos como Chow-Gumbel e Bell e o programa computacional Pluvio. A análise estatística indicou equivalência entre os métodos de Chow-Gumbel e Bell para quaisquer durações e período de retorno. O programa Pluvio apresentou equivalência aos métodos de Bell e Chow-Gumbel apenas para determinadas durações e períodos de retorno.

O estudo do regime pluviométrico de uma região garante o dimensionamento adequado de uma bacia hidrográfica, permitindo que em épocas de chuvas intensas seu armazenamento suporte a elevação do nível de água. A aplicação de metodologias como método de Gumbel, testes de aderência, coeficiente de

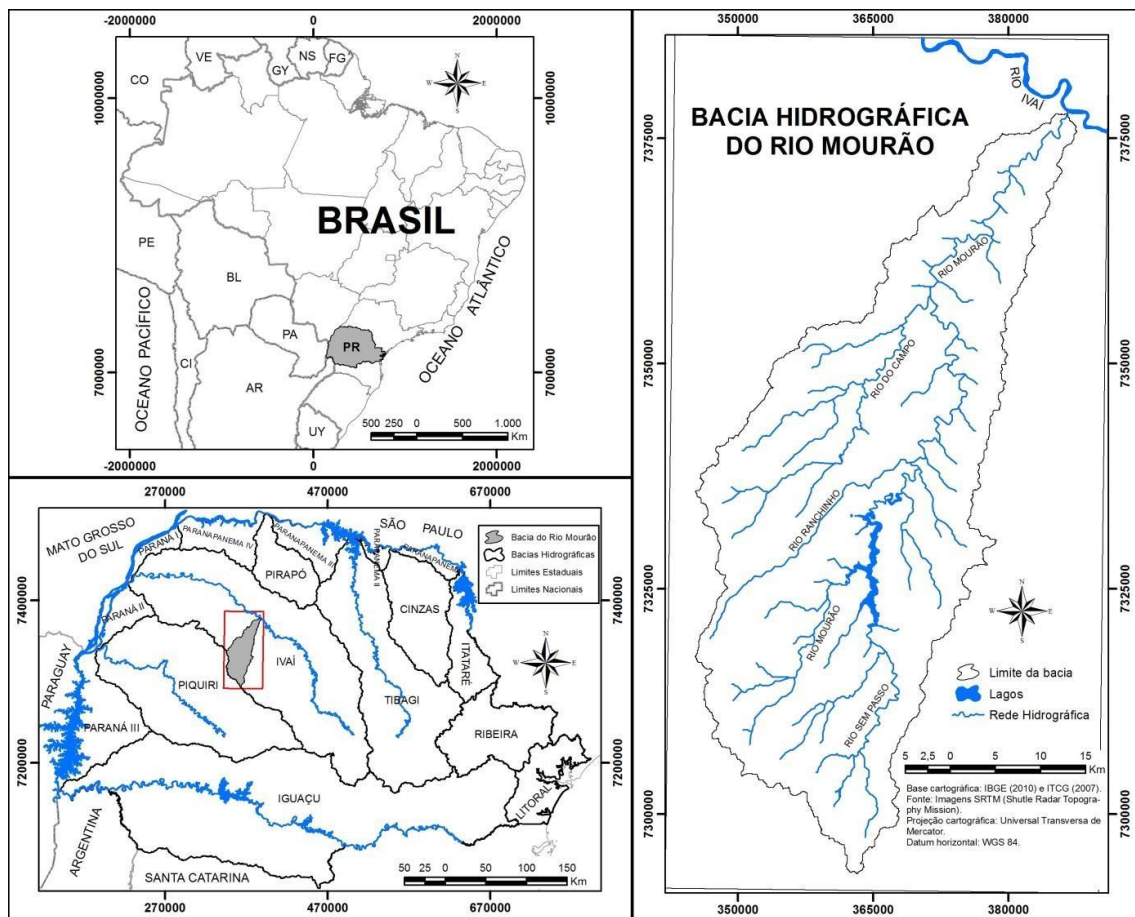
desagregação de chuvas entre outros, permite compreender fatores como intensidade, duração e frequência de chuvas intensas e analisar o período de retorno numa bacia hidrográfica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Mourão está localizada na porção centro ocidental do estado do Paraná, entre as coordenadas $52^{\circ}05'18''\text{O}$ $23^{\circ}41'46''\text{S}$ e $52^{\circ}32'35''\text{O}$ $24^{\circ}24'14''\text{S}$ (Figura 1), totalizando uma área $1.647,3 \text{ Km}^2$ (BALDO; ROCHA; SILVEIRA, 2016).

Figura 1 – Localização da área de estudo bacia do rio Mourão PR.



Fonte: FREIRE, 2014.

Na área da bacia, estão inseridos parcialmente seis municípios paranaenses, entre eles: Campo Mourão, Engenheiro Beltrão, Mamborê, Luiziana, Peabiru e Quinta do Sol.

Dentre estes municípios Campo Mourão se destaca com uma população estimada de 94.153 habitantes, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). A economia dos municípios paranaenses é basicamente a

agricultura, se destacando a produção de milho e soja, (Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Sustentável, 2017).

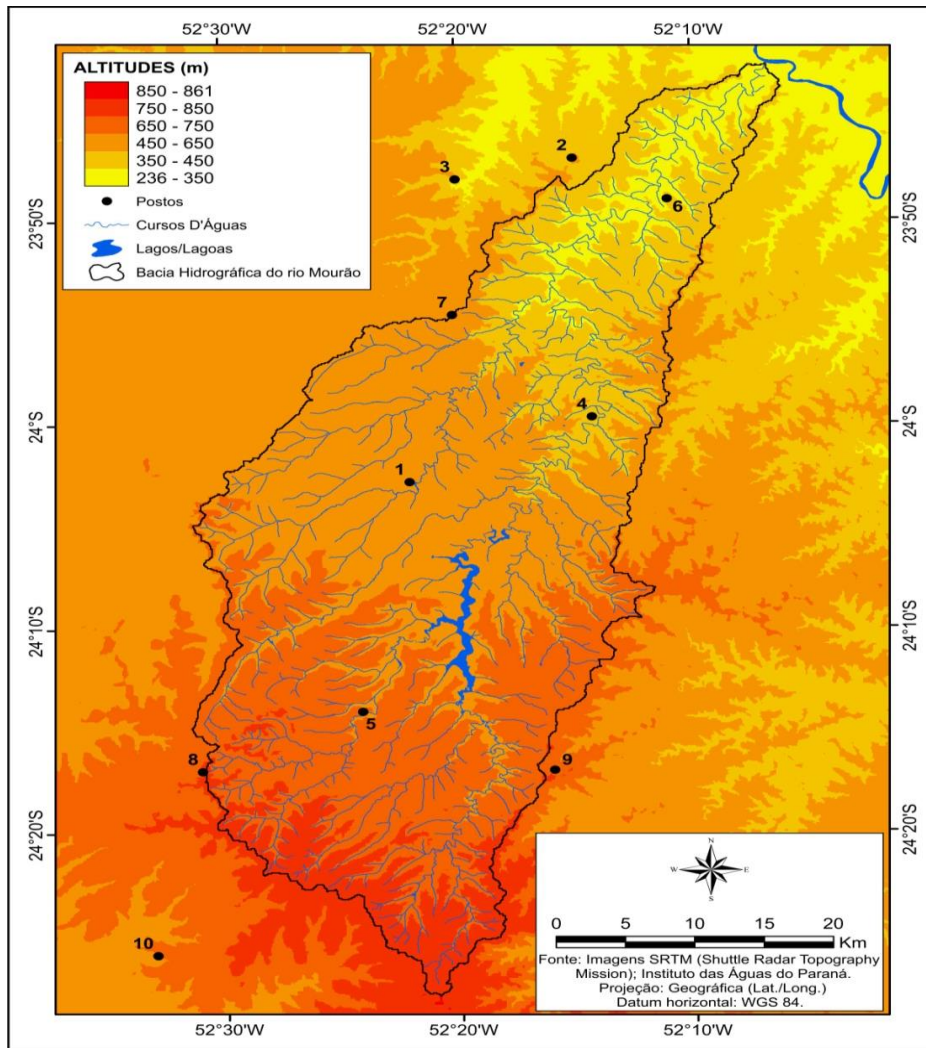
O rio Mourão é de ordem cinco, apresenta padrão de drenagem dendrítico e seu canal apresenta-se retilíneo e meandrante. As nascentes estão localizadas principalmente ao sul e sudoeste da bacia, nos municípios de Luiziana e Mamborê, respectivamente. Em direção à foz (sentido nordeste) a partir do trecho inferior, a bacia corta o município de Peabiru e, na sequência, faz limite natural entre os municípios de Engenheiro Beltrão e Quinta do Sol, desaguando no rio Ivaí (MEZZOMO, 2013).

O clima segundo a classificação climática de Koppen é Cfa - Subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão sem estação seca definida. As temperaturas são superiores a 22°C no verão, e com mais de 30 mm de chuva no mês seco (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2017). Segundo Silva (1999), a umidade relativa do ar é 75%; o índice hídrico varia entre os níveis 20 e 60%; e há uma ausência de deficiência hídrica.

Um dos fatores que merece destaque é o relevo, com ênfase em sua altitude, que interfere intensamente na distribuição das chuvas em uma determinada região. A relação existente entre a temperatura e a altitude é de suma importância para as regiões tropicais e subtropicais, na qual uma oscilação altitudinal pode evidenciar-se em transformações no clima, na vegetação natural, no solo, no processo de adaptação dos seres vivos e para diversos sistemas de uso da terra. (FRITZSONS; MANTOVANI; AGUIAR, 2008).

As formas de relevo que caracterizam a bacia do rio Mourão segundo Mezzomo (2013) são suave ondulado e ondulado, com topos alongados e aplainados. As vertentes se classificam principalmente nas formas retilíneas, com formato côncavo no sopé. Os vales se apresentam em forma de 'V' aberto e em calha. Para uma melhor análise, a figura 2 apresenta a hipsometria da bacia do rio Mourão e a localização dos postos pluviométricos utilizados neste estudo, e a tabela 1 apresenta a latitude, longitude e período de estudo de cada posto pluviométrico.

Figura 2: Hipsometria da bacia do rio Mourão – PR, e localização dos postos pluviométricos.



Fonte: FREIRE, 2014.

Tabela 1: Postos pluviométricos da bacia do rio Mourão e do entorno utilizados nesse estudo.

| ORDEM | POSTO | CÓDIGO | LATITUDE (S) | LONGITUDE (W) | PERÍODO |
|-------|---------------|---------|--------------|---------------|-----------|
| 1 | Campo Mourão | 2452007 | 24° 04' 72" | 52° 36' 75" | 1980-2016 |
| 2 | Eng. Beltrão | 2352034 | 23° 78' 30" | 52° 25' 00" | 1980-2016 |
| 3 | Saltinho | 2352033 | 23° 80' 00" | 52° 33' 38" | 1980-2016 |
| 4 | Silviolândia | 2352030 | 23° 99' 44" | 52° 19' 61" | 1980-2016 |
| 5 | Rio Mourão | 2452045 | 24° 23' 47" | 52° 40' 25" | 1980-2016 |
| 6 | Quinta do Sol | 2352002 | 23° 81' 66" | 52° 18' 33" | 1980-2016 |
| 7 | Peabiru | 2352029 | 23° 91' 08" | 52° 33' 61" | 1980-2016 |
| 8 | Mamborê | 2452014 | 24° 28' 30" | 52° 51' 66" | 1980-2016 |
| 9 | Luiziana | 2452046 | 24° 28' 30" | 52° 26' 67" | 1980-2016 |
| 10 | Guarani | 2452035 | 24° 43' 30" | 52° 55' 00" | 1980-2016 |

Fonte: Instituto das Águas do Paraná, Sistema de Informações Hidrológicas, 2017.

4.2 Metodologias aplicadas

Os dados de precipitação pluviométrica diária foram obtidos a partir de 10 postos junto ao Instituto das Águas do Paraná - Sistema de Informações Hidrológicas; compreendendo um período entre 1980 e 2016.

A lacuna de dados é uma das características que mais influenciam no estudo de precipitação, para uma análise mais consistente os dados foram coletados da bacia e do seu entorno, compreendendo um período de 36 anos.

Para a formulação das curvas de Intensidade-duração-frequência, inicialmente foi selecionado, para cada posto pluviométrico as precipitações máximas de cada ano da série histórica com duração de 5, 10, 15, 20, 25, 30 minutos e 1, 6, 8, 10, 12, 24 horas; determinadas pelo método de desagregação de chuvas adaptado por Righetto (1998) e apresentados na Tabela 2, onde permitirá obter as curvas de intensidade-duração referentes aos períodos de retorno que se deseja estudar:

Tabela 2: Coeficiente de desagregação de dados pluviométricos.

| Duração | Coeficientes | Duração | Coeficientes |
|----------------|---------------------|----------------|---------------------|
| 24h / 1 dia | 1,14 | 12h / 24h | 0,85 |
| 10h / 24h | 0,82 | 8h / 24h | 0,78 |
| 6h / 24h | 0,72 | 1h / 24h | 0,42 |
| 30 min/1h | 0,74 | 25min/30min | 0,91 |
| 20min/30min | 0,81 | 15min/30min | 0,70 |
| 10min/30min | 0,54 | 5min/30min | 0,34 |

Fonte: adaptado de Righetto, 1998.

Posteriormente foi aplicada a técnica de regressão múltipla, também chamada de relação intensidade-duração-frequência de chuvas intensas, onde é representada pela Equação 1:

$$i = \frac{a \cdot TR^m}{(b+d_c)^n} \quad \text{Equação 1}$$

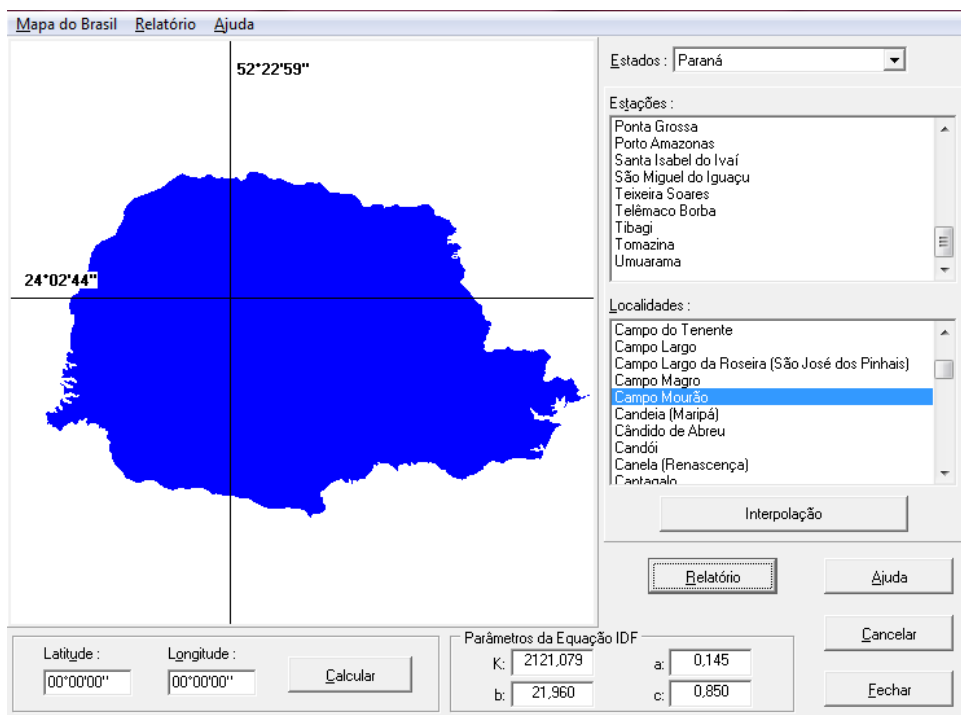
Onde: i é a intensidade máxima de precipitação, mm/h; TR é o período de retorno (anos); d_c a duração da chuva (minutos) e a , b , m e n são constantes de interpolação para cada idf.

A variação da intensidade com a frequência está relacionada à probabilidade de ocorrência ou superação do evento chuva, obtida, portanto, através de uma função de distribuição de probabilidade que permite a extrapolação para um número maior em anos em relação ao número de anos de observação (ARANTES et al., 2009).

Considerando que todos os métodos possuem falhas, e que o método de desagregação poderia não ser preciso, buscou-se aplicar a precipitação máxima diária a um método alternativo para uma análise de comparação. Desta forma, utilizou-se de dados obtidos pelo Software Pluvio 2.1 do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa - MG.

O programa Pluvio 2.1 é uma base de dados que aponta parâmetros da equação IDF como variáveis K, a, b e c (constantes de interpolação para cada idf) para qualquer localidade no Brasil. A busca se dá através de coordenadas geográficas (UTM X E Y) ou apenas selecionando a estação que se deseja obter os dados, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3: Obtenção dos dados pelo Software Pluvio 2.1, para o posto pluviométrico de Campo Mourão - PR.



Fonte: Software Pluvio 2.1.

A partir destas informações, compararam-se as curvas IDF obtidas pelo método de desagregação com o Software Pluvio 2.1, para os postos pluviométricos estudados.

Posteriormente, selecionaram-se alguns dados da tabela IDF para períodos de retorno de 5, 10, 25 e 100 anos, e a partir deles elaborou-se gráficos para os diferentes tempos de retorno e durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 60 minutos.

4.3 Disposição dos dados

Após a obtenção dos dados, os mesmos foram reorganizados em novas planilhas a fim de se observar a série histórica de cada posto e suas possíveis lacunas de informações. Foram considerados os dez postos em questão, e o período de 1980 à 2016 por ser o maior banco de dados pluviométricos com a menor quantidade de dados faltantes.

Em análise das informações, apenas os postos pluviométricos de Guarani, Luiziana, Mamborê e Peabiru estavam com o histórico de dados completos. Para os demais postos, pelo menos em algum ano qualquer havia uma lacuna de dados de um mês ou até mesmo de quatro meses de registros pluviométricos. Considerando a variável deste estudo que é a precipitação máxima em um dia do ano para trinta e seis anos de dados, decidiu-se por não realizar o preenchimento das falhas utilizando alguma metodologia, mas utilizar os dados reais obtidos.

Com os dados organizados, criou-se uma nova planilha com os máximos de precipitação diária de cada ano, para cada posto pluviométrico. E a partir desses dados calculou-se a frequência, o período de retorno, e as variáveis y , y_n , σ_n e p (probabilidade de ocorrência do evento chuva).

A base desses dados permitiu calcular juntamente com o coeficiente de desagregação de chuvas, a intensidade de precipitação para as durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 540, 600, 720 e 1440 mm/hora, e para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75 e 100 anos (Tabela 3 e 4 – item resultados e discussão).

O mesmo foi realizado com as variáveis (k , a , b e c) obtidas pelo Software Pluvio 2.1, que permitiu gerar a intensidade de precipitação para as durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 540, 600, 720 e 1440 mm/hora, e para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75 e 100 anos (Tabela 4 - resultados e discussão).

Com os dados tabelados, gerou-se gráficos para os dois modelos propostos, a fim de comparar os resultados obtidos.

5 RESULTADO E DISCUSSÃO

5.1 Análise dos dados pluviométricos - comparação entre o método de desagregação e o Software Pluvio 2.1

Analisar a precipitação é sempre um desafio, porque este elemento climático é um dos que mais varia no tempo e no espaço. Além dos fatores estáticos como latitude, longitude, continentalidade, maritimidade e relevo, é necessário entender as influências dos fatores dinâmicos como, as massas de ar, sistemas convectivos, os sistemas frontais que atuam com diferentes intensidades ao longo do ano. A variabilidade mensal, sazonal, anual e a interanual irá influenciar na precipitação.

O estudo dessas variáveis juntamente com a intensidade, duração e frequência de precipitação quando realizadas em um dado local permitem auxiliar nas mais diversas obras da engenharia e contribuir para solucionar problemas do aspecto ambiental.

Desta forma, com os dados obtidos, calculou-se através do coeficiente de desagregação a intensidade de precipitação para as diferentes durações e períodos de retorno para os dois modelos estudados, conforme pode ser observado nas Tabelas 3 e 4, que mostram a IDF para o posto pluviométrico de Campo Mourão – PR.

Tabela 3 -Intensidade, duração e frequência de precipitação, obtida pelo método de desagregação para o posto pluviométrico de Campo Mourão - PR.

| IDF PELO MÉTODO DE DESAGREGAÇÃO | | | | | | | | | |
|--|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Dur.\Tr | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 5 | 127,37 | 161,99 | 184,91 | 197,84 | 206,89 | 213,87 | 235,35 | 247,84 | 256,68 |
| 10 | 101,14 | 128,64 | 146,84 | 157,11 | 164,30 | 169,83 | 186,90 | 196,81 | 203,83 |
| 15 | 87,41 | 111,17 | 126,90 | 135,77 | 141,98 | 146,77 | 161,51 | 170,08 | 176,15 |
| 20 | 75,86 | 96,48 | 110,13 | 117,83 | 123,22 | 127,38 | 140,17 | 147,61 | 152,87 |
| 25 | 68,18 | 86,71 | 98,98 | 105,90 | 110,75 | 114,48 | 125,98 | 132,67 | 137,40 |
| 30 | 62,43 | 79,40 | 90,64 | 96,98 | 101,42 | 104,84 | 115,37 | 121,49 | 125,82 |
| 60 | 42,19 | 53,65 | 61,24 | 65,53 | 68,53 | 70,84 | 77,95 | 82,09 | 85,01 |
| 360 | 12,05 | 15,33 | 17,50 | 18,72 | 19,58 | 20,24 | 22,27 | 23,45 | 24,29 |
| 540 | 9,79 | 12,45 | 14,22 | 15,21 | 15,91 | 16,44 | 18,10 | 19,06 | 19,74 |
| 600 | 8,24 | 10,47 | 11,96 | 12,79 | 13,38 | 13,83 | 15,22 | 16,03 | 16,60 |
| 720 | 7,11 | 9,05 | 10,33 | 11,05 | 11,56 | 11,95 | 13,15 | 13,84 | 14,34 |
| 1440 | 4,19 | 5,32 | 6,08 | 6,50 | 6,80 | 7,03 | 7,73 | 8,14 | 8,43 |

Fonte: Autoria própria.

Tabela 4 -Intensidade, duração e frequência de precipitação, obtida pelo Software Pluvio 2.1 para o posto pluviométrico de Campo Mourão - PR.

| IDF SISTEMA PLUVIO 2.1 | | | | | | | | | |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Dur/Tr | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 50 | 75 | 100 |
| 5 | 142,59 | 162,85 | 180,07 | 190,98 | 199,11 | 205,66 | 227,40 | 241,17 | 251,45 |
| 10 | 123,39 | 140,93 | 155,83 | 165,26 | 172,30 | 177,97 | 196,78 | 208,70 | 217,59 |
| 15 | 109,05 | 124,55 | 137,72 | 146,06 | 152,28 | 157,28 | 173,91 | 184,45 | 192,30 |
| 20 | 97,90 | 111,81 | 123,64 | 131,12 | 136,71 | 141,20 | 156,13 | 165,59 | 172,64 |
| 25 | 88,97 | 101,61 | 112,35 | 119,16 | 124,23 | 128,32 | 141,89 | 150,48 | 156,89 |
| 30 | 81,64 | 93,24 | 103,10 | 109,34 | 114,00 | 117,74 | 130,19 | 138,08 | 143,96 |
| 60 | 55,42 | 63,29 | 69,98 | 74,22 | 77,38 | 79,93 | 88,38 | 93,73 | 97,72 |
| 360 | 14,98 | 17,11 | 18,92 | 20,06 | 20,92 | 21,60 | 23,89 | 25,34 | 26,41 |
| 540 | 10,79 | 12,32 | 13,62 | 14,45 | 15,06 | 15,56 | 17,21 | 18,25 | 19,02 |
| 600 | 9,90 | 11,30 | 12,50 | 13,26 | 13,82 | 14,27 | 15,78 | 16,74 | 17,45 |
| 720 | 8,52 | 9,73 | 10,76 | 11,41 | 11,90 | 12,29 | 13,59 | 14,41 | 15,02 |
| 1440 | 4,79 | 5,47 | 6,04 | 6,41 | 6,68 | 6,90 | 7,63 | 8,10 | 8,44 |

Fonte: Autoria própria.

A partir desses dados, gerou-se a IDF de precipitação como pode ser observado através dos gráficos 1 a 20, onde correlacionou-se os dados de precipitação máxima diária pelo método de desagregação e pelo Software Pluvio 2.1 para durações de 5 minutos a 1440 minutos. Nota-se que em durações inferiores há 100 minutos a concentração pluviométrica é maior, independentemente do período de retorno estudado, e que ao longo que as durações vão aumentando, o índice pluviométrico tende a cair.

Varela (2007) e Silva et al. (2011) observaram que a medida que as durações aumentavam a intensidade de precipitação diminuía, e que quanto maior o tempo de retorno maior a intensidade da chuva correspondente.

Gráfico 1 e 2: -Intensidade, duração e frequência de precipitação para o posto pluviométrico de Campo Mourão, utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de 5 à 1440 minutos.

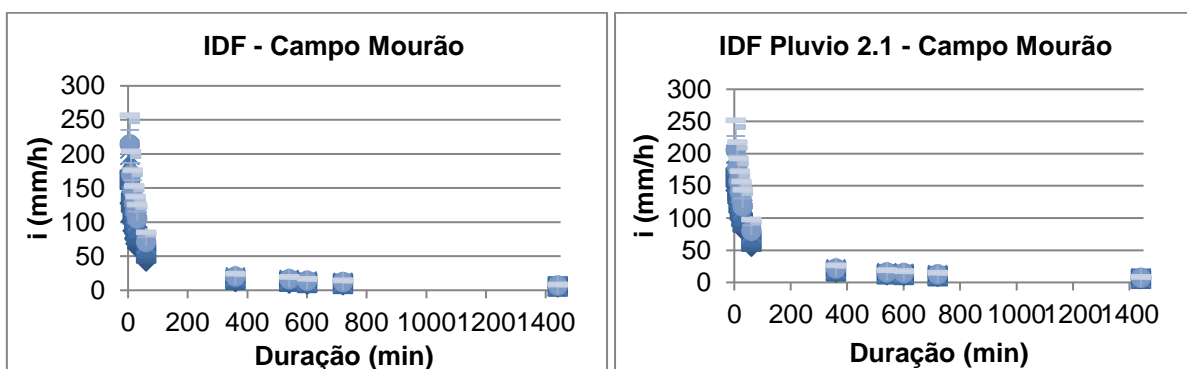


Gráfico 3 a 10: Intensidade, duração e frequência de precipitação para os postos pluviométricos de Engenheiro Beltrão, Saltinho, Silviolândia e Rio Mourão utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de 5 à 1440 minutos.

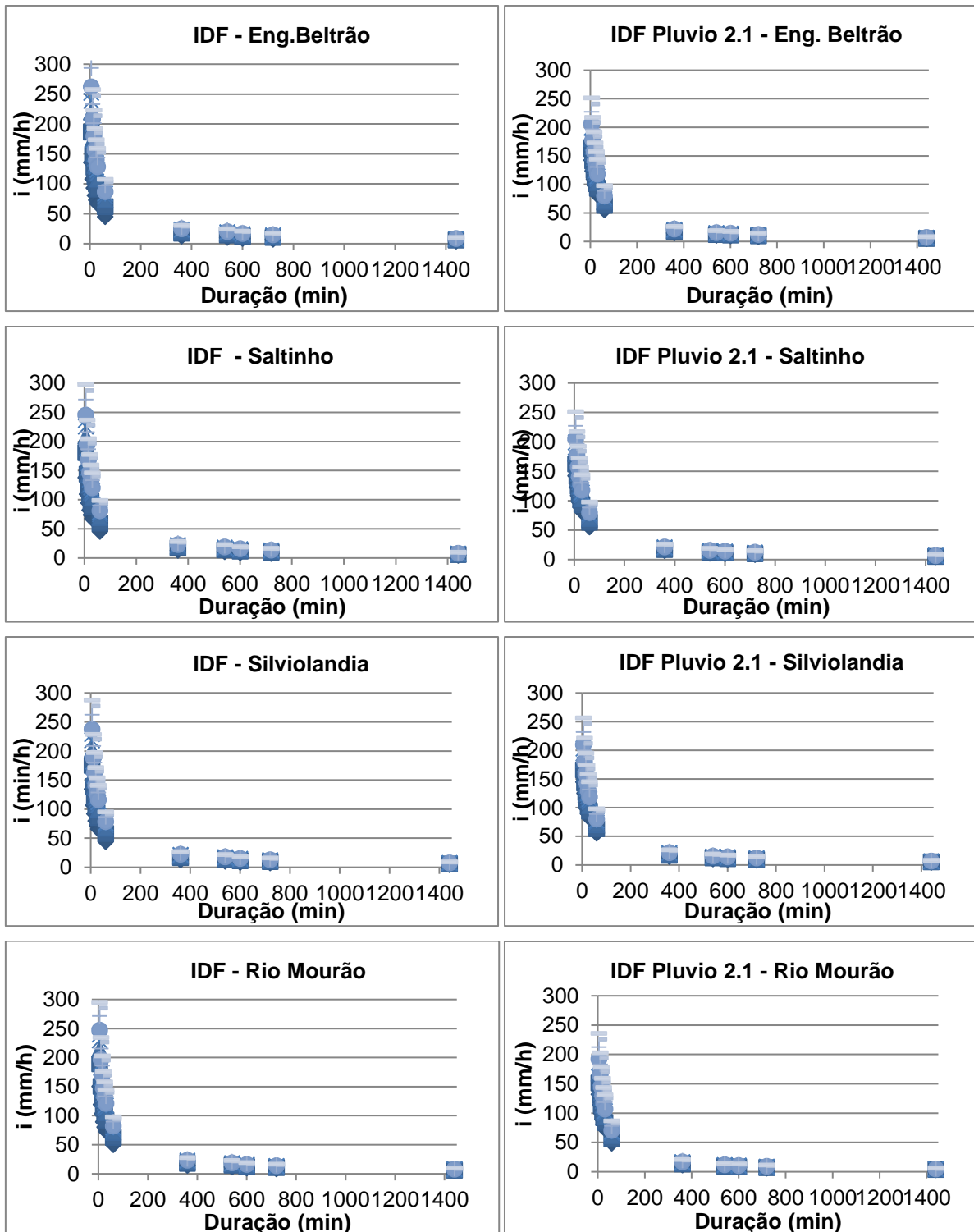


Gráfico 11 a 18: Intensidade, duração e frequência de precipitação para os postos pluviométricos de Quinta do Sol, Peabiru, Mamborê e Luiziana utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de 5 à 1440 minutos.

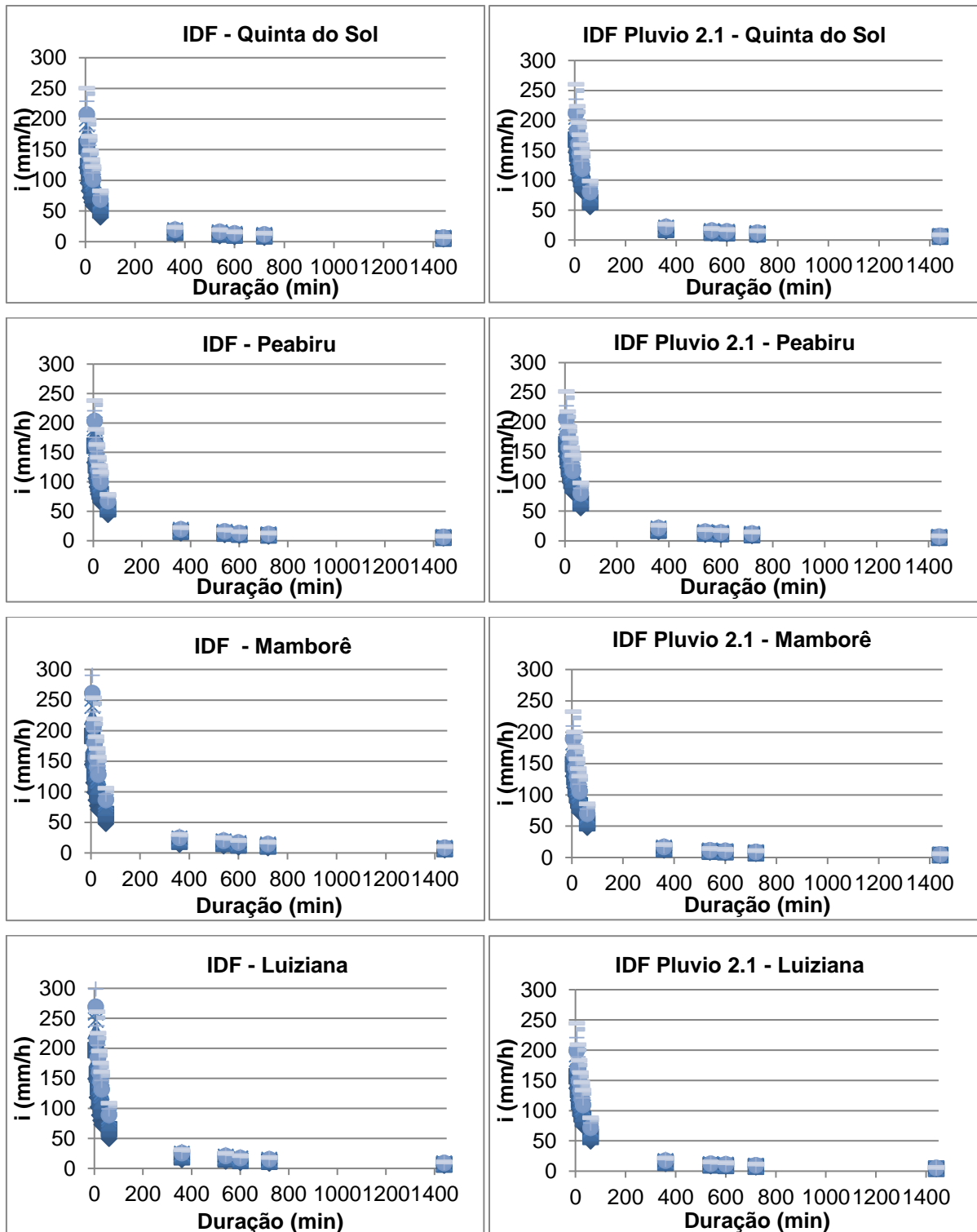
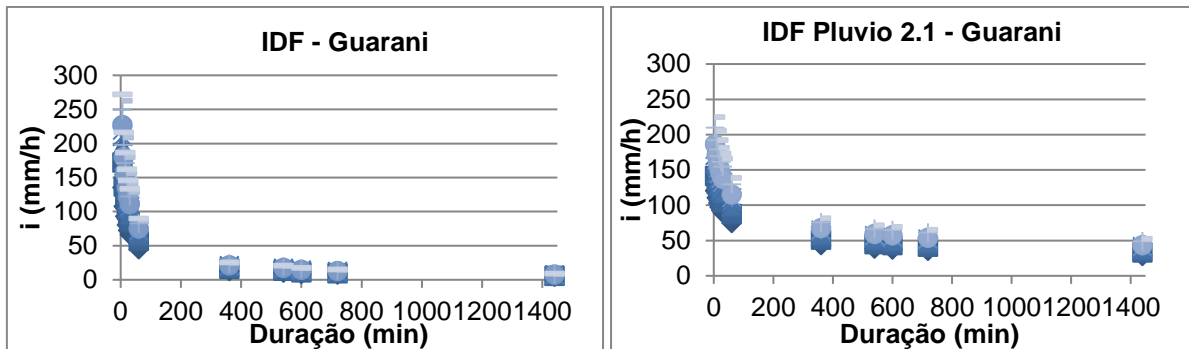


Gráfico 19 e 20: Intensidade, duração e frequência de precipitação para o posto pluviométrico de Guarani, utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de 5 à 1440 minutos.



Observando os gráficos (1 a 20), verifica-se que praticamente todos os postos pluviométricos apresentaram para durações superiores à 60 minutos, intensidade pluviométrica inferior à 50 mm/h, independente do método estudado. Exceção apenas para posto de Guarani (Gráfico 20) que pelo método de Pluvio 2.1, os níveis de intensidade ficaram entre 38 e 81 mm/h. Considerando a altitude do posto de Guarani (650 m) e observando o posto de Rio Mourão (668 m) suas variações pluviométricas deveriam ser mínimas, injustificando-se para tanto a superestimativa para o posto de Guarani através do Software Pluvio 2.1.

Durante a tabulação dos dados, foi possível notar que os postos pluviométricos de Saltinho e Engenheiro Beltrão (Gráfico 3 a 10), ambos localizados fora da área da bacia com altitudes próximas, apresentaram valor máximo de precipitação intensa 198,3 mm (Saltinho) e 195,5 mm (Engenheiro Beltrão) para o mesmo ano de 2007.

Todavia, foi possível observar que mesmo esses dois postos pluviométricos estarem localizados lado a lado, os dias de chuva coletados foram diferentes para todos os anos estudados. Neste ano de 2007, por exemplo, para o posto de Saltinho obteve-se 70 dias de chuva, enquanto que para o posto de Engenheiro Beltrão obteve-se 77 dias de chuva coletados. Segundo Brasília - DF (2018), considera-se precipitação pluviométrica chuvas superiores à 0,1 mm, um dos fatores que justificaria a ocorrência ou não de chuvas em localidades tão próximas.

De uma forma geral, os dados de intensidade de precipitação seguiram um padrão para todos os postos, onde menores durações obtiveram chuvas mais intensas, e em durações mais longas, obteve-se menor precipitação.

Os gráficos (21 a 40) foram gerados com o objetivo de demonstrar como as precipitações pluviométricas se comportaram para durações inferiores a 60 minutos, período em que ocorreu a maior concentração de chuvas intensas. Observou-se também que entre 60 minutos e 200 minutos não houve precipitação pluviométrica registrada em nenhum posto estudado.

Gráfico 21 a 26: Intensidade, duração e frequência de precipitação para os postos pluviométricos de Campo Mourão, Engenheiro Beltrão e Saltinho utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de inferiores à 60 minutos.

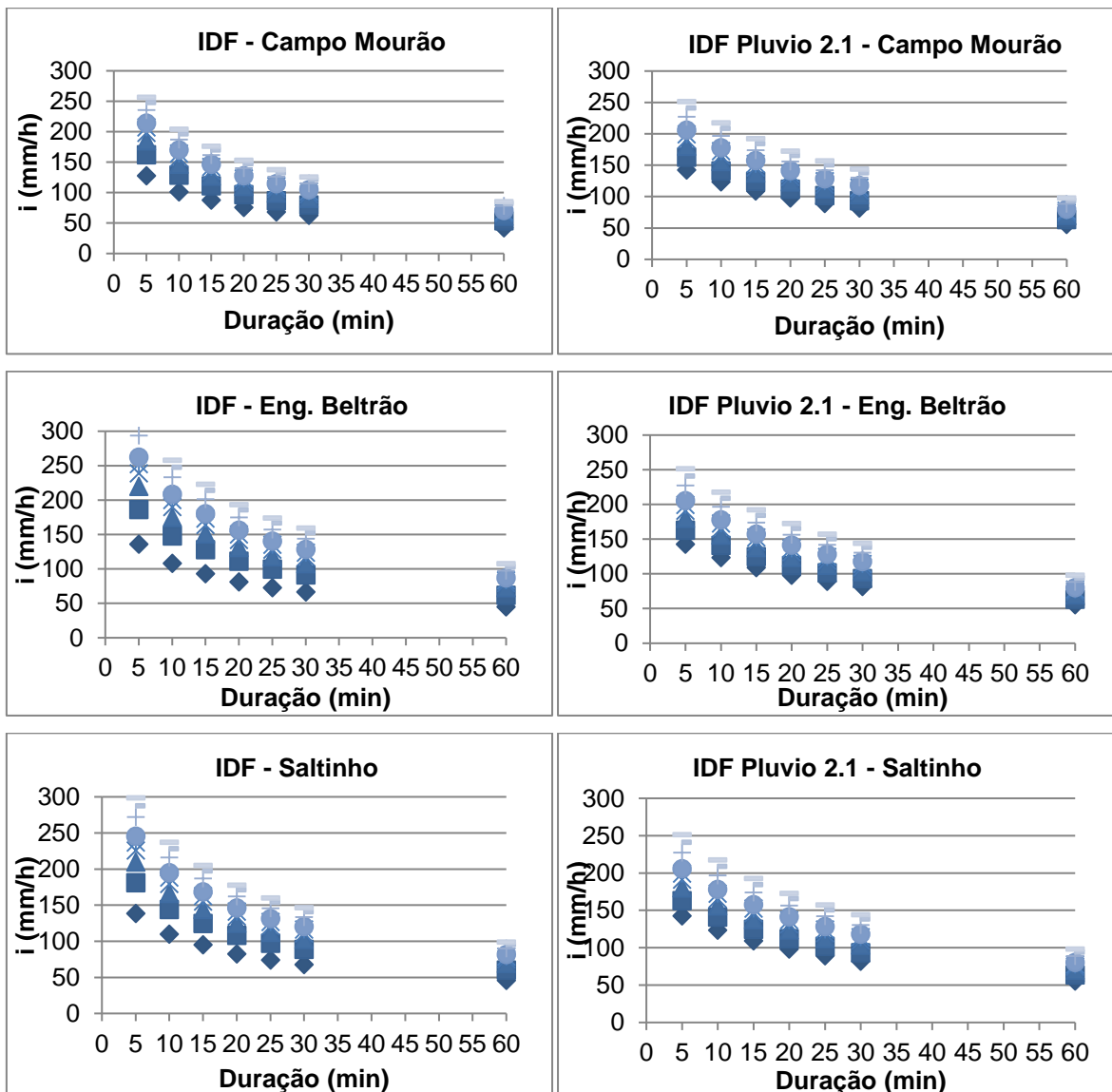


Gráfico 27 a 34: Intensidade, duração e frequência de precipitação para os postos pluviométricos de Silviolândia, Rio Mourão, Quinta do Sol e Peabiru utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de inferiores à 60 minutos.

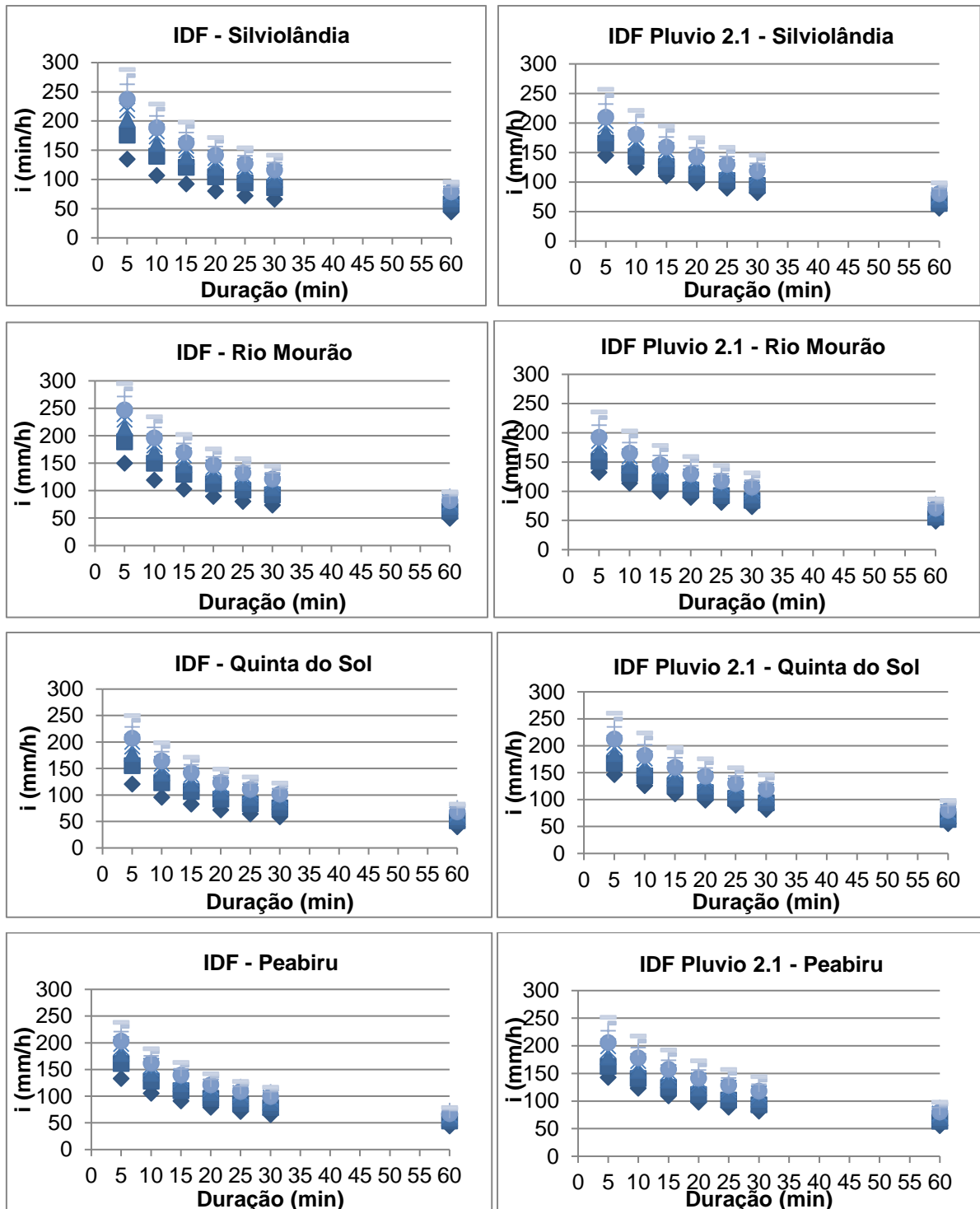
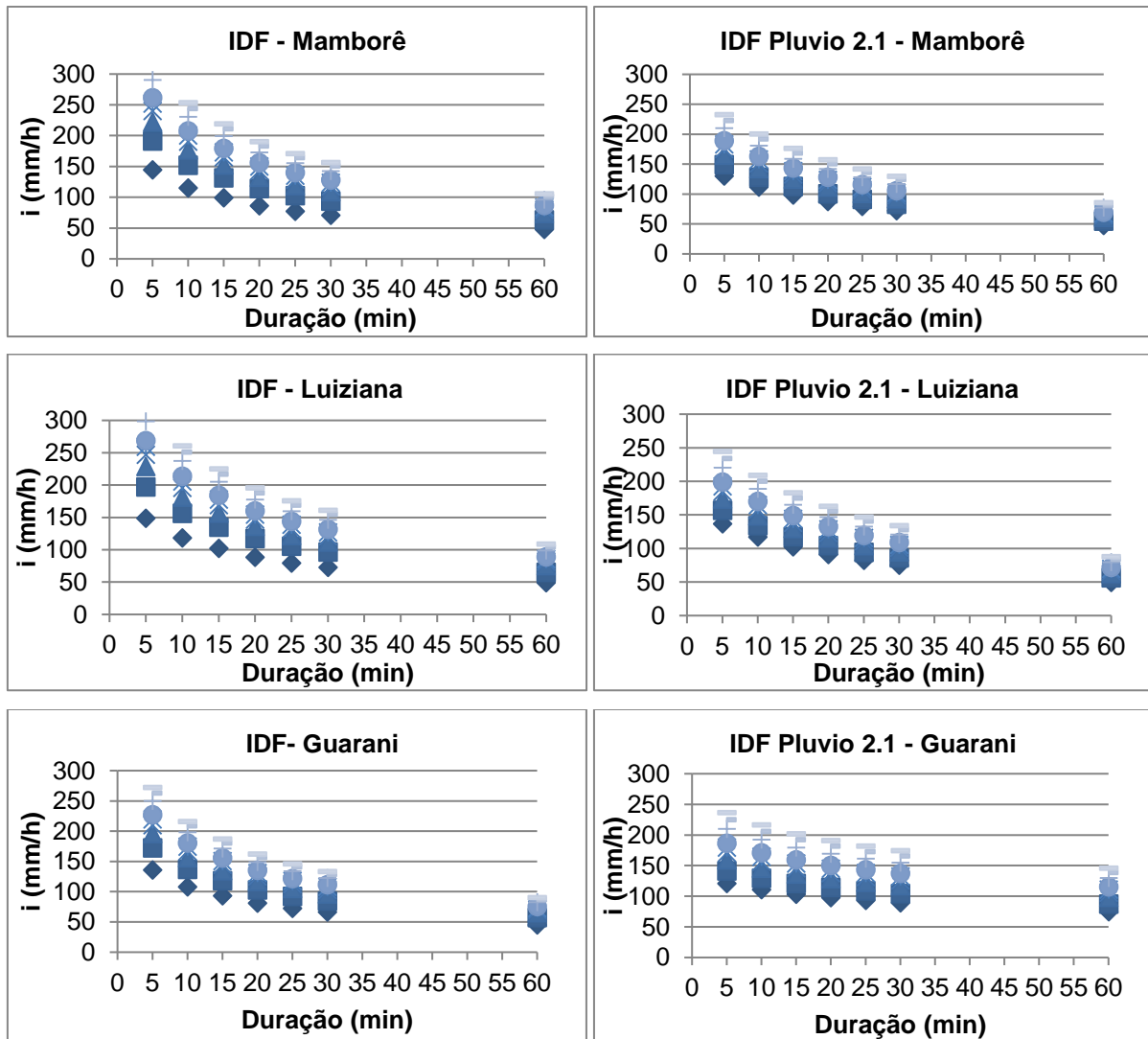


Gráfico 35 a 40: Intensidade, duração e frequência de precipitação para os postos pluviométricos de Mamborê, Luiziana e Guarani, utilizando método de desagregação (esquerda) e Software Pluvio 2.1 (direita), para durações de inferiores à 60 minutos.



Observando cada posto pluviométrico pelo método de desagregação e pelo Software Pluvio 2.1, nota-se que as chuvas mais intensas se concentram em durações de 5 minutos. Para os postos pluviométricos localizados em áreas com maiores altitudes, como Engenheiro Beltrão, Mamborê, Luiziana e Guarani, é interessante observar que o Software Pluvio 2.1 registrou a mesma ou próxima intensidade pluviométrica para todos os postos pluviométricos estudados, desconsiderando a altitude como fator preponderante na intensidade de precipitação. Todavia o método de desagregação, apresentou variações na intensidade pluviométrica registrada para os diferentes postos, e estas variações seguem um padrão de crescimento ou decrescimento conforme a altitude do posto analisado.

Pereira (2013) avaliou a influência do relevo na precipitação das regiões hidrográficas do Litoral Norte de Alagoas, e os resultados apontaram uma relação direta entre as chuvas com a altitude e a distância do litoral, e elevado teor de precipitação junto ao litoral e nas cabeceiras, e valores menores na região central.

Souza e Galvani (2017), analisaram a influência do relevo como potencializador do efeito orográfico das chuvas na bacia do rio Jacaré Guaçu, localizado no interior de São Paulo, onde o relevo demonstrou exercer influência para a variabilidade de precipitação pluvial na bacia hidrográfica.

Maciel et al. (2012) afirmam que as variáveis sofrem a influência de vários fatores, tais como a posição atmosférica e a geografia da região ou país, a configuração do território, as altitudes e as linhas mestras do relevo a latitude a altitude, a proximidade do mar, a vegetação e o efeito da continentalidade. As atividades antrópicas também têm condicionado alterações nas variáveis, principalmente temperatura e precipitação.

5.2 Análise dos dados pluviométricos Intensidade Pluviométrica para durações inferiores à 60 minutos.

Conforme os gráficos anteriores foram gerados, observou-se que o maior período de chuvas se concentravam em durações inferiores à 60 minutos. Desta forma, optou-se por representar graficamente e posteriormente espacializar, a intensidade pluviométrica para durações de 5, 10, 15, 20, 25, 30 e 60 minutos. Os postos pluviométricos foram numerados de 1 a 10 conforme Tabela 5.

Tabela 5: Identificação dos postos pluviométricos.

| IDENTIFICAÇÃO DO POSTO PLUVIOMÉTRICO | | |
|---|---------------|---------------------|
| ORDEM | POSTO | ALTITUDE (M) |
| 1 | Campo Mourão | 591 |
| 2 | Eng. Beltrão | 520 |
| 3 | Saltinho | 550 |
| 4 | Silviolândia | 425 |
| 5 | Rio Mourão | 668 |
| 6 | Quinta do Sol | 315 |
| 7 | Peabiru | 527 |
| 8 | Mamborê | 702 |
| 9 | Luiziana | 800 |
| 10 | Guarani | 650 |

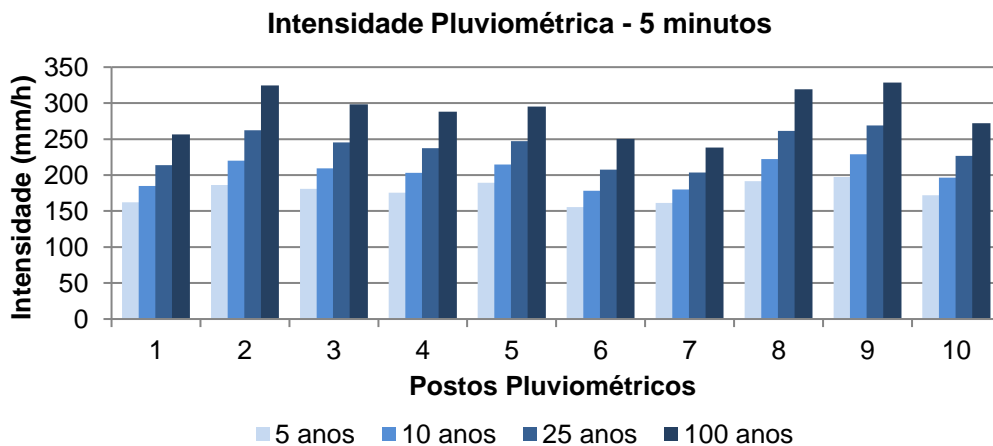
Fonte: Autoria própria.

Analisando o gráfico 41, é possível observar que as maiores intensidades pluviométricas registradas na área da bacia estão nos postos de Mamborê, Luiziana e Rio Mourão localizados ao Sul da bacia. Já nos postos pluviométricos ao norte, encontram-se as menores intensidades pluviométricas.

Freire (2014) analisou a variabilidade espacial e temporal da precipitação pluviométrica na Bacia do Rio Mourão - PR, e observou que os maiores valores para as médias anuais de precipitação foram encontrados ao sul da bacia, apresentando um decréscimo gradativo em direção ao norte, onde foram encontrados os menores valores pluviométricos na região do posto de Quinta do Sol.

Baldo et al. (2016) estudaram a distribuição diária da pluviosidade na bacia do rio Mourão, e concluiu que a maior quantidade de dias com chuva ocorreu no posto de Mamborê, onde dos 34 anos da série histórica, 18 anos apresentou mais de 121 dias de chuva.

Gráfico 41: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 5 minutos.



Um aspecto interessante a ser observado, é que o posto pluviométrico de Campo Mourão inserido dentro da bacia na região central, possui altitude mais elevada que o posto de Engenheiro Beltrão e Saltinho localizados fora da bacia, devendo-se para tanto sua intensidade pluviométrica ser próxima a destes postos. Porém sua intensidade pluviométrica se iguala aos postos de Quinta do Sol e Peabiru localizados ao norte da bacia, com os menores valores para chuvas com duração de 5 minutos.

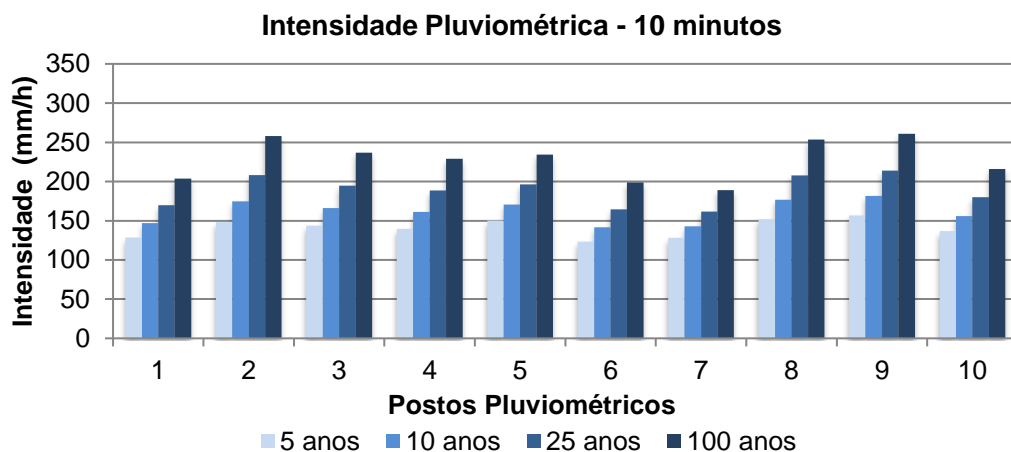
Um dos motivos que podem ocasionar essa inversão de resultados além da altitude já demonstrada são as massas de ar atuando na região norte e central da

bacia. Onde segundo um estudo realizado por Reboita et al. (2010) na região sul do Brasil a maioria da precipitação está associada a sistemas frontais vindos do Pacífico, ciclones e frentes frias vindas da costa oeste da América do Sul ou geradas localmente, além de haver influência indireta da Zona de Convergência do Atlântico Sul.

Borsato e Mendonça (2015) analisaram a participação da massa polar atlântica na dinâmica dos sistemas atmosféricos no centro sul do Brasil, e observaram que a participação da massa polar atlântica decresce a partir de Campo Mourão para o norte e nordeste, e que os sistemas que avançam com intensidade baixa não conseguem alcançar as latitudes baixas, ou se alcançam seu máximo iniciam o escoamento a partir do oeste e noroeste, motivo pelo qual o tempo de atuação diminui a partir do noroeste da região.

Para durações de 10 minutos (Gráfico 42), observa-se que a intensidade pluviométrica esteve entre 130 mm/h para durações de 5 anos à 260 mm/h para durações de 100 anos. Chuvas com durações de 10 minutos são importantes para obras de drenagem profunda e subsuperficial, podendo ser necessário o conhecimento do nível d'água a jusante da obra para descarga do projeto (BRASIL, 2005).

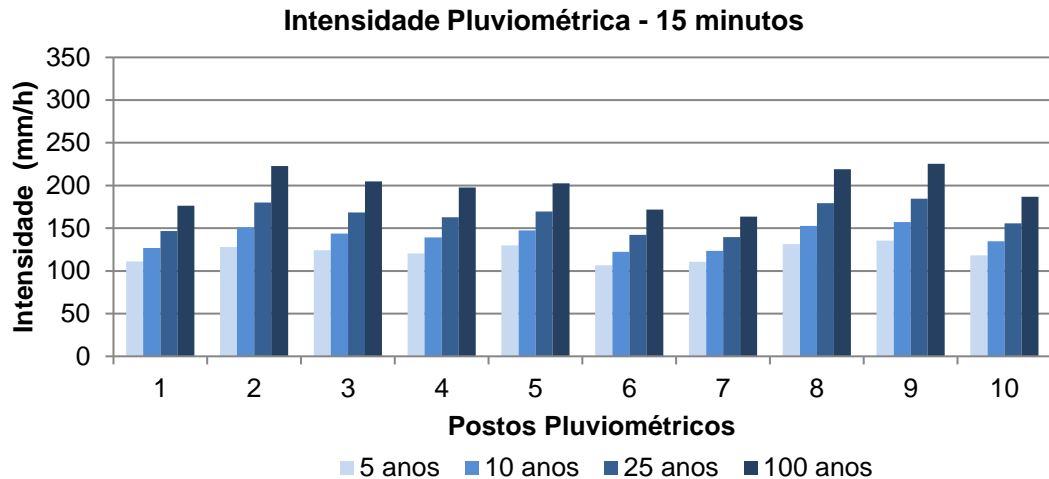
Gráfico 42: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 10 minutos.



Em durações de 15 minutos (Gráfico 43), nota-se que a intensidade pluviométrica teve uma redução significativa, onde os picos maiores de intensidade ocorreram para períodos de retorno de 100 anos, destacando-se o posto de Engenheiro Beltrão. Todavia, as menores intensidades pluviométricas foram

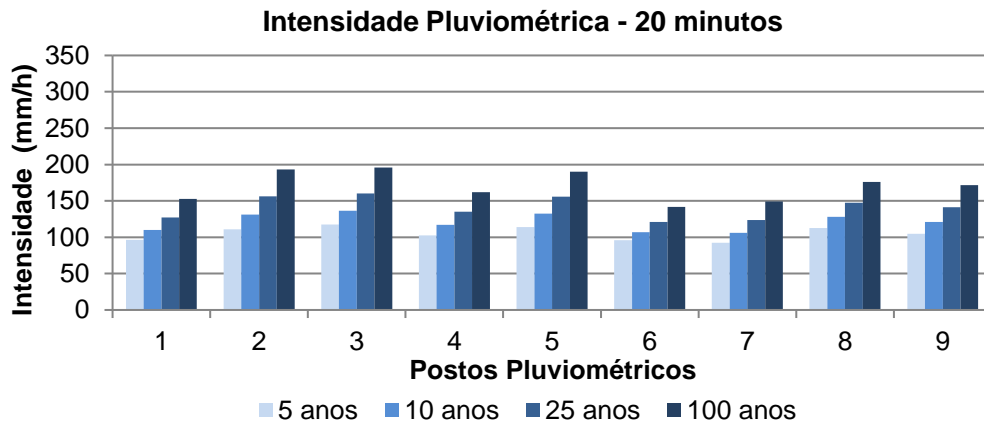
registradas para o posto de Quinta do Sol com precipitação alcançando 106,62 mm/h.

Gráfico 43: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 15 minutos



Verificando os gráficos, é notório que ao longo que as durações aumentam, a intensidade pluviométrica diminui. O gráfico 44 demonstra a intensidade pluviométrica para durações de 20 minutos, onde para períodos de retorno de 100 anos, a máxima intensidade não ultrapassa 200 mm, enquanto que para períodos de retorno de 5 anos por exemplo, a precipitação está entre 92 e 136 mm/h, sendo considerado um valor próximo aos obtidos por Silva et al. (2012) para a cidade de Fortaleza-CE (81,8) e por Penner e Lima (2016) para a cidade de Ribeirão Preto-SP (105,9) mm pelo método de Gumbel e (87,41) mm pela análise estatística.

Gráfico 44: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 20 minutos.



O gráfico 45 expõe a variável de precipitação, onde seu pico mais elevado de intensidade ocorre no posto 2 de Engenheiro Beltrão com 173,78 mm/h. Ressalta-se aqui como que ao longo dos minutos a intensidade pluviométrica decai, e como é importante o estudo de chuvas intensas para as mais diversas obras da engenharia. Em 25 minutos chover o total de 173,78 mm/h para um período de retorno de 100 anos, corresponde a uma média de 1,73 mm/h para cada ano. Enquanto que, se esse mesmo total correspondesse a um período de retorno de 5 anos, a média seria em torno de 34,75 mm/h para cada ano.

O posto aqui elucidado, apresentou para 5 anos, precipitação intensa de 99,76 mm, o que se considerarmos em 25 minutos, a média seria de 19,95 mm para cada ano, é como se chovesse 1,66 mm por mês para durações de 25 minutos, extremamente baixo para ser considerado como uma precipitação intensa.

Oliveira et al. (2009), estudaram a erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo sob diferentes padrões de chuva simulada, e os resultados mostraram próximos aos discutidos, onde a taxa de perda de solo foi inferior a $10 \text{ (g m}^{-2} \text{ h}^{-1}\text{)}$ para durações de precipitação de 25 minutos.

O mesmo pode ser observado por Almeida (2009), que estudou a erosividade da chuva no estado de Mato Grosso, e os resultados demonstraram que os meses com chuvas mais intensas os índices de erosividade eram maiores. Hoyos, Waylen e Jaramillo (2005) relatam que os elevados valores de erosividade observados em regiões tropicais são causados principalmente pela característica de formação das chuvas convectivas, resultando, assim, em valores elevados de total precipitado, intensidade e energia cinética da chuva.

Gráfico 45: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 25 minutos.

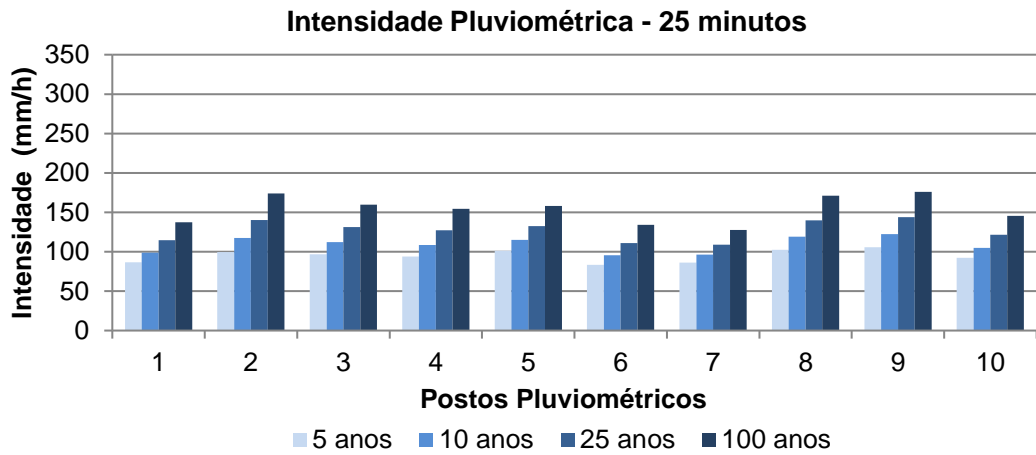


Gráfico 46: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 30 minutos.

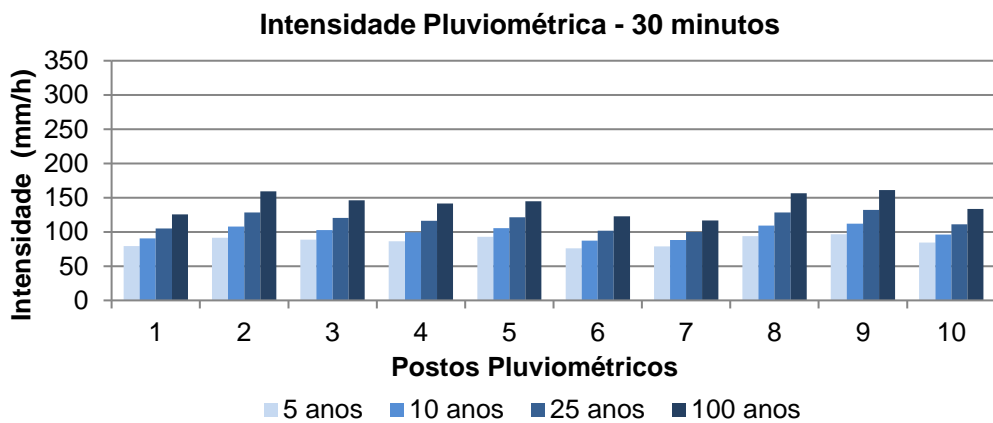
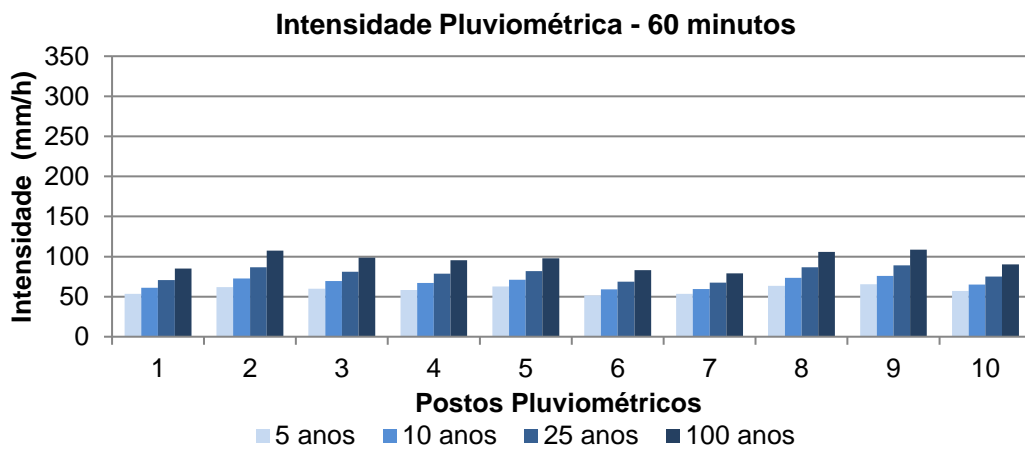


Gráfico 47: Intensidade de precipitação pluviométrica para duração de 60 minutos.



As precipitações registradas para durações de 30 e 60 minutos são as mais usuais estudadas em trabalhos científicos e acadêmicos. O registro de dados de

precipitações intensas para durações de 30 minutos (Gráfico 46) demonstraram que em um período de retorno de 5 anos o máximo precipitado superou 76,16 mm/h destacando-se o posto de Quinta do Sol, e para $T=100$ anos a precipitação máxima excedeu 116,75 mm/h registrado para o posto de Peabiru. Resultados próximos foram obtidos por Barreto et al (2013), que observou que em Mossoró-RN por exemplo a cada $T=5$ anos é esperado que a chuva máxima de 30 minutos seja igualada ou superada a 70,47 mm/h, e que a cada 100 anos a precipitação máxima em 30 minutos seja igualada ou superada em 112,05 mm/h.

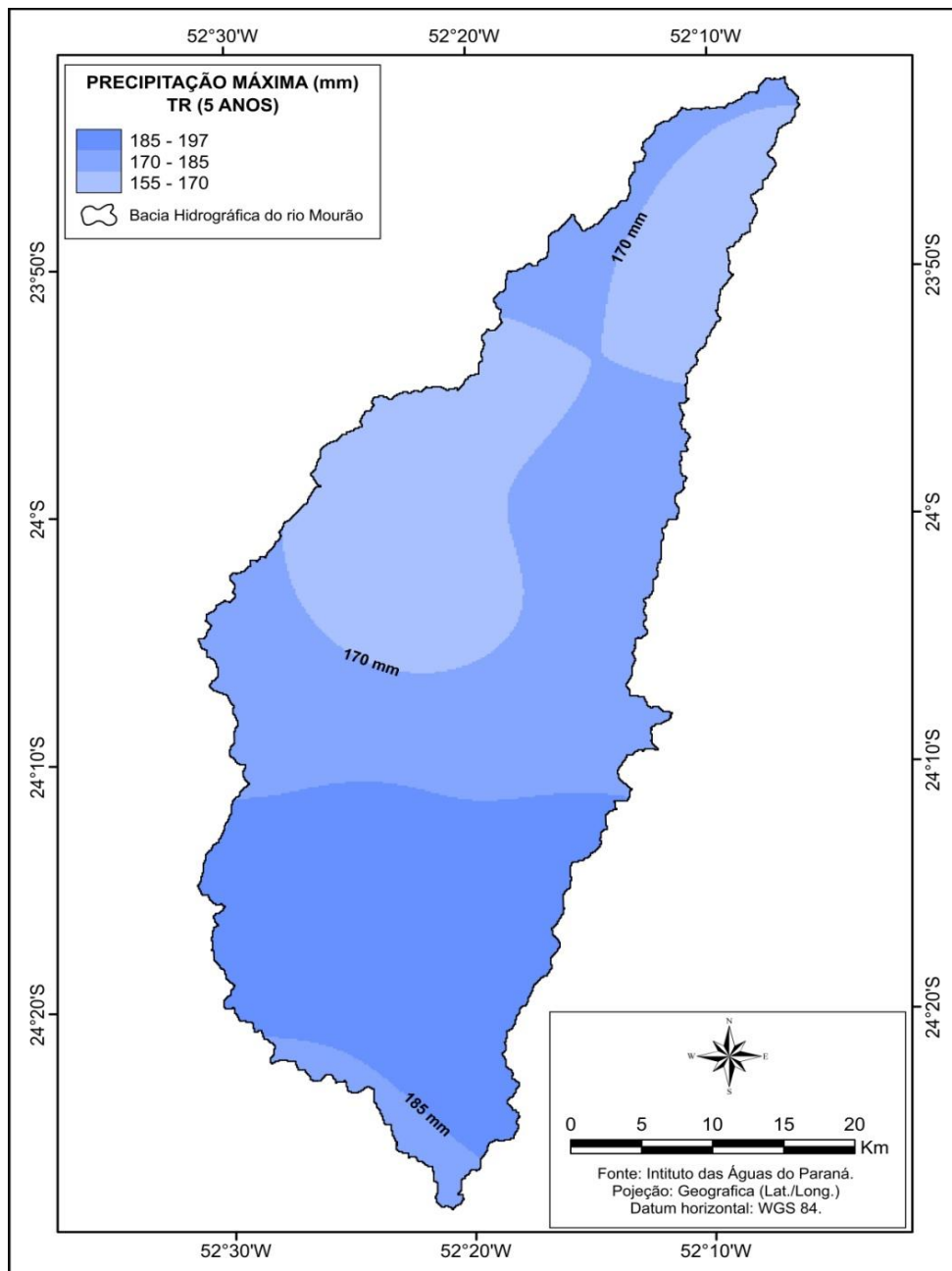
Em durações de 60 minutos observados no gráfico 47, nota-se que as máximas intensidades precipitadas seguiram um padrão para todos os postos, denotando como as chuvas de longas durações seguem bem distribuídas. É evidente como as chuvas se comportam em durações de 60 minutos, onde a menor intensidade observada foi de 51,46 mm é a maior intensidade registrada é inferior a 110 mm, para períodos de retorno de 5 e 100 anos respectivamente.

Resultados semelhantes foram obtidos por Moruzzi e Oliveira (2009), para durações de 60 minutos e períodos de retorno de 5 anos, onde a intensidade pluviométrica variou entre 41,8 mm à 47,5 mm. Sentelhas et al. (1998), concluíram que as chuvas de curta duração são mais intensas e com probabilidade de ocorrência na primeira hora de 65,4 à 75,7%.

5.3 Análise espacial para os períodos de retorno de 5, 10, 25 e 100 anos.

Observando a figura 4 nota-se que as máximas intensas se registraram a montante da bacia, e no centro e a jusante a intensidade pluviométrica foi se reduzindo gradativamente.

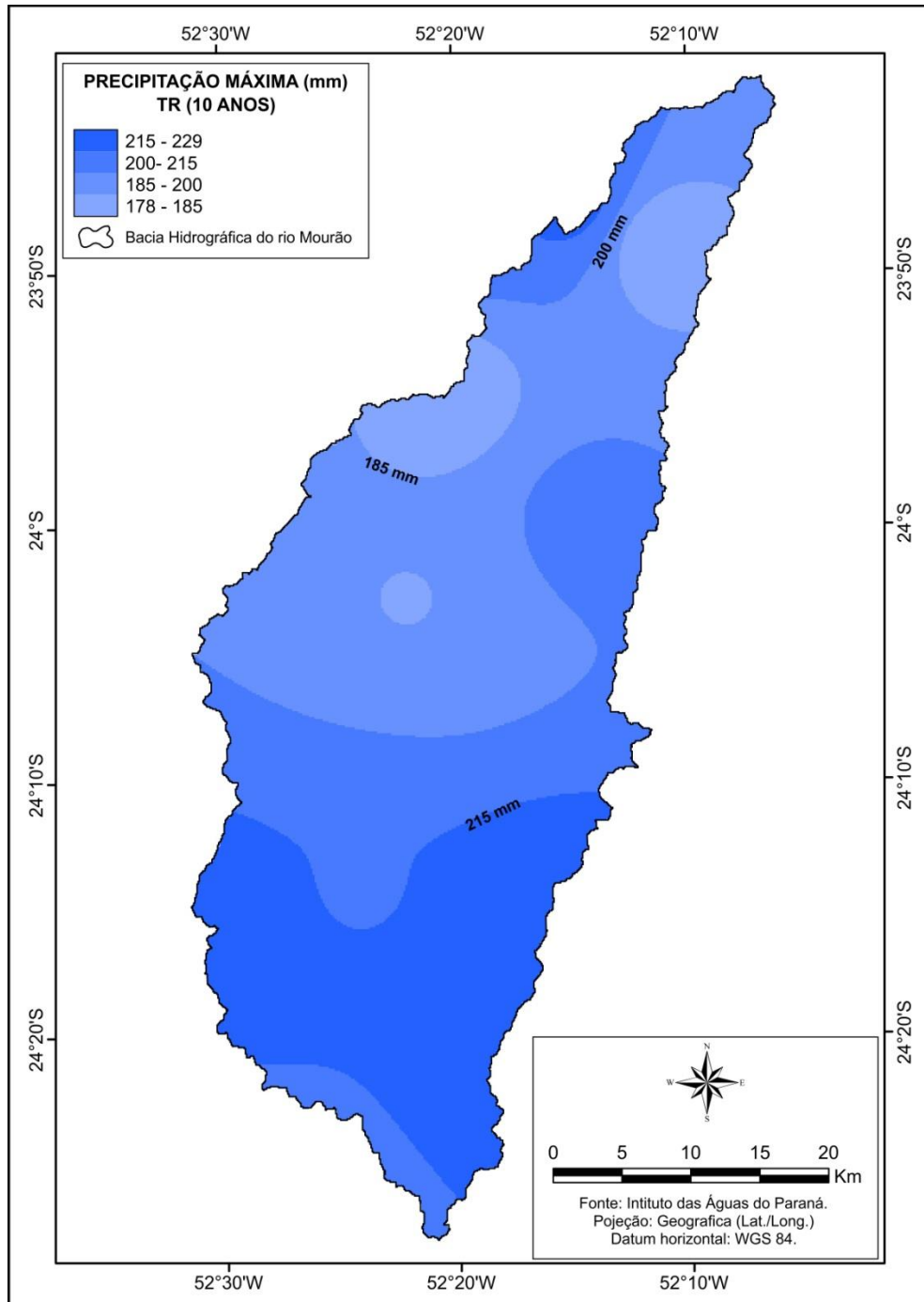
Figura 4: Precipitação Máxima para o período de retorno de 5 anos.



Fonte: Dados obtidos junto ao Instituto das Águas do Paraná, Sistema de Informações Hidrológicas, 2017.

Para o período de retorno de 10 anos (Figura 5), as chuvas mais amenas alcançam uma área maior da bacia, e a máxima intensa se reduz.

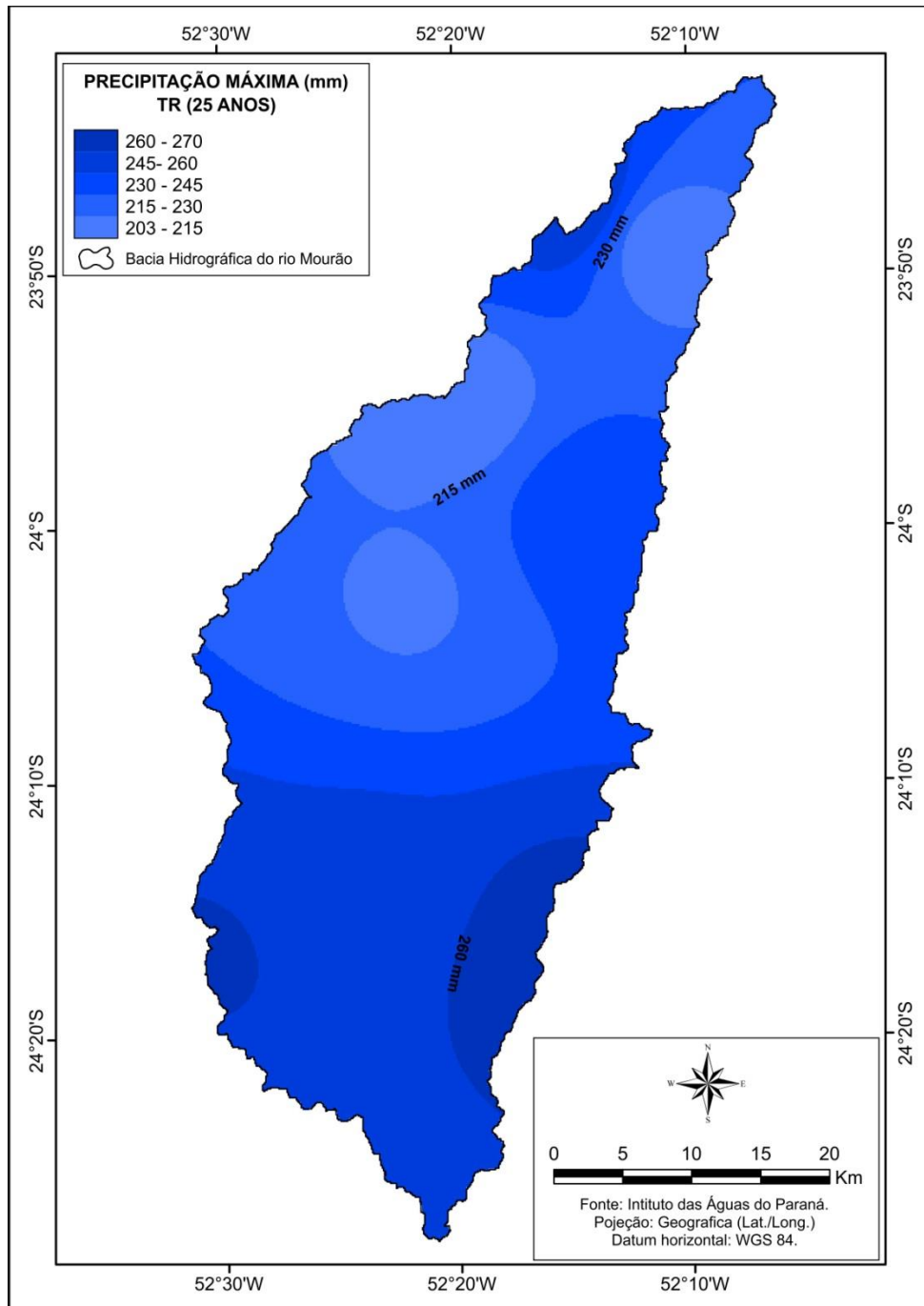
Figura 5: Precipitação máxima para o período de retorno de 10 anos.



Fonte: Dados obtidos junto ao Instituto das Águas do Paraná, Sistema de Informações Hidrológicas, 2017.

Mesmo para um período de retorno de 25 anos (Figura 6), ainda que de uma forma menos acentuada, a maior intensidade se concentra a montante da bacia. Observa-se que a jusante próximo ao limite da bacia, há uma pequena área onde as chuvas são mais intensas, onde localiza-se o posto de Engenheiro Beltrão.

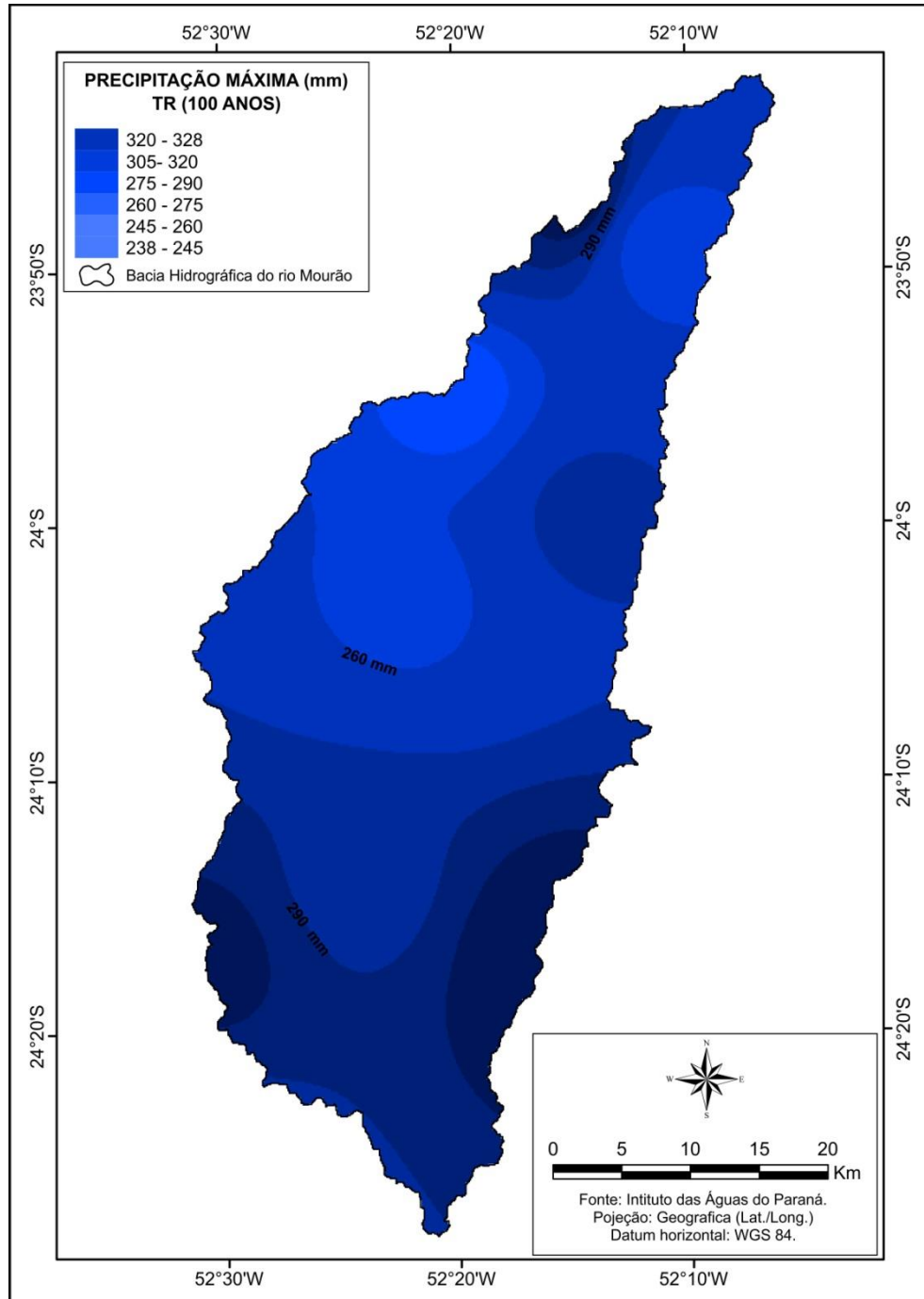
Figura 6: Precipitação máxima para o período de retorno de 25 anos



Fonte: Dados obtidos junto ao Instituto das Águas do Paraná, Sistema de Informações Hidrológicas, 2017.

Na figura 7, a menor intensidade pluviométrica abrange uma área maior da bacia, e a montante a esquerda e direita tem-se dois pontos com maior precipitação intensa, onde localiza-se os postos de Mamborê e Luiziana.

Figura 7: Precipitação máxima para o período de retorno de 100 anos



Fonte: Dados obtidos junto ao Instituto das Águas do Paraná, Sistema de Informações Hidrológicas, 2017.

6 CONCLUSÃO

Comparando o método de desagregação e Software Pluvio 2.1, conclui que os postos pluviométricos com altitudes semelhantes obtiveram resultados parecidos para as duas aplicações. Todavia, quando observou os postos com as maiores altitudes na área de estudo, como Mamborê, Luiziana (dentro da bacia), os valores obtidos pelo Software Pluvio 2.1 apresentou dados inferiores.

As chuvas intensas seguiram um padrão de precipitação, onde menores durações obtiveram-se chuvas mais intensas quando comparado com durações mais longas. Os valores de precipitação intensa se concentraram principalmente em períodos de retorno entre 5 e 60 minutos.

Para as durações de 5,10, 15, 20, 25, 30 e 60 minutos, a intensidade da chuva seguia o padrão de períodos de retorno, ou seja, quanto maior o período de retorno maior a intensidade.

Os maiores índices de precipitação foram registrados a montante da bacia, e decresciam para a jusante em sentido a foz.

O método que melhor se ajustou a este estudo foi o de desagregação que chegou mais próximo à realidade desejada, devido a seus resultados serem obtidos a partir de dados reais, foi possível conhecer as variáveis necessárias. O Software Pluvio 2.1 deixou a desejar ao não demonstrar em sua plataforma, a metodologia utilizada para obter as variáveis k , a , b e c , restando dúvidas quanto aos resultados obtidos. Nota-se que para este sistema, chuvas de curta duração apresentaram resultados mais errôneos que as de longa duração, concluindo que para o cálculo do tempo de concentração de chuvas intensas e estimativa de vazões máximas em projetos hidrológicos este modelo Pluvio 2.1 apresentaria algumas falhas como dados alterados.

REFERÊNCIAS

- ARANTES, E. J.; PASSIG, F. H.; CARVALHO, K. Q.; KREUTZ, C.; ARANTES, E. de A. . Análise das chuvas intensas da região noroeste do Paraná. **Olam: Ciência & Tecnologia.**, Rio Claro - SP, n. 2, p. 31-47, 2009.
- ARBOIT, N. K. S.; MANCUSO, M. A.; FIOREZE, M. Ajuste de Equação IDF por Desagregação de Chuvas Diárias para o Município de Iraí, RS. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ.**, Rio de Janeiro, v. 40, n. 3, p.248-253, jul. 2017. Trimestral.
- ALMEIDA, Cristiane Oliveira Silva de. **Erosividade das Chuvas no Estado de Mato Grosso.** 2009. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Agrárias, Departamento de Pós Graduação em Ciências Agrárias, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.
- ALMEIDA, Karinnie Nascimento de; REIS, José Antônio Tosta dos. Equações de Chuvas Intensas para a Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim. In: ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS, 5., 2013, São Paulo. **X Encontro Nacional de Águas Urbanas.** São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. p. 1 - 4.
- BALDO, Maria Cleide; ROCHA, Sandra A. F. da; SILVEIRA, Hélio. Distribuição diária da pluviosidade na bacia do Rio Mourão - PR. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, VARIABILIDADE E SUSCEPTIBILIDADE CLIMÁTICA: IMPLICAÇÕES ECOSSISTÊMICAS E SOCIAIS, 7., 2016, Goiânia. **Anais...**Goiânia: Gráfica UFG, 2016. p. 1977-1985.
- BALDO, Maria Cleide. **Variabilidade Pluviométrica e a Dinâmica Atmosférica na Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí - PR.**2006. 172 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia - Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental, Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.
- BACK, Álvaro José. Relações intensidade-duração-freqüência de chuvas intensas de Chapecó, Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum.** Agronomy, v. 28, n. 4, 2006.
- BACK, Álvaro José; HENN, Alan; OLIVEIRA, José Luiz Rocha. HEAVY RAINFALL EQUATIONS FOR SANTA CATARINA, BRAZIL. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa Mg, v. 35, n. 6, p.2127-2134, dez. 2011.
- BARRETO, Herlon Bruno Ferreira; SANTOS, Wesley de Oliveira; FREIRE, Francisco Giliard Chaves; SOBRINHO, José Espínola; BARRETO, Flavinícus Pereira. Análise da precipitação máxima e relação intensidade-duração-freqüência para Mossoró-RN. **Acta Iguazu**, v. 2, n. 4, p. 87-95, 2013.
- BRASIL. Departamento Nacional de Infra-estrutura e Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem.** - 2º ed. - Rio de Janeiro, 2005. 133p.

BORSATO, Victor da Assunção; MENDONÇA, Francisco de Assis. PARTICIPAÇÃO DA MASSA POLAR ATLÂNTICA NA DINÂMICA DOS SISTEMAS ATMOSFÉRICOS NO CENTRO SUL DO BRASIL. **Mercator - Revista Eletrônica de Geografia da Universidade Federal do Ceará**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p.1-18, abr. 2015. Trimestral.

CASTRO, Ana Letícia Pilz de; SILVA, Camila Nascimento Padilha; SILVEIRA, Alexandre. Curvas Intensidade-Duração-Frequência das precipitações extremas para o município de Cuiabá (MT). **Ambiência**, v. 7, n. 2, p. 305-315, 2011.

CRUZ, Marielly; FRANCO, Janaína de Melo. ANÁLISE COMPARATIVA DE CHUVAS EM CIDADES NO PARANÁ, SANTA CATARINA E SÃO PAULO. In: **IX EPPC – ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA UNICESUMAR**, 4., 2015, Maringá - Pr. **Anais...** . Maringá - Pr: Unicesumar, 2015. v. 9, p. 4 - 8.

CRUCIANI, Décio E.; MACHADO, Ronalton E.; SENTELHAS, Paulo C.. Modelos da distribuição temporal de chuvas intensas em Piracicaba, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande - PB, v. 6, n. 1, p.76-82, 2002.

DAMÉ, Rita de C. F.; TEIXEIRA, Claudia F. A.; TERRA, Viviane S. S.. Comparação de Diferentes Metodologias para estimativa de curvas de Intensidade-Duração-Frequência para Pelotas - RS. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p.245-255, jun. 2008. Semestral.

DILL, Paulo Roberto Jaques. **ASSOREAMENTO DO RESERVATÓRIO DO VACAÍ-MIRIM E SUA RELAÇÃO COM A DETERIORAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA CONTRIBUINTE**. 2002. 125 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal de Santa Maria (ufsm), Santa Maria - Rs, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Clima**. 2017. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>>. Acesso em: 08 out. 2017.

FREIRE, Vanderson Henrique Neves. **Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica na bacia do rio Mourão - PR**. 2014. 53 f. TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2014.

FRITZSONS, Elenice; MANTOVANI, Luiz Eduardo; AGUIAR, Ananda Virgínia de. RELAÇÃO ENTRE ALTITUDE E TEMPERATURA: UMA CONTRIBUIÇÃO AO ZONEAMENTO CLIMÁTICO NO ESTADO DO PARANÁ. **Revista de Estudos Ambientais**, Santa Catarina, v. 10, n. 1, p.49-64, jun. 2008. Semestral.

FROEHLICH, David C..Short - Duration Rainfall Intensity Equations for Urban Drainage Design. **Of Irrigation And Drainage Engineering**. North Carolina State, p. 519-526. ago. 2010.

HOYOS, N.; WAYLEN, P.R.; JARAMILLO, A. (2005) Seasonal and spatial patterns of erosivity in a tropical watershed of the Colombian Andes. **Journal of Hydrology**, v. 314, p. 177-91.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (Org.). **IBGE Cidades**: Campo Mourão - PR. 2017. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/campo-mourao/panorama>>. Acesso em: 05 out. 2017.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (Org.). **CADERNO ESTATÍSTICO MUNICÍPIO DE CAMPO MOURÃO**. 2017. Disponível em: <<http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=87300&btOk=ok>>. Acesso em: 08 out. 2017.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. (Org.). **Relatório de Alturas Diárias de Precipitação**. 2017. Disponível em: <<http://www.aguasparana.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=264>>. Acesso em: 06 set. 2017.

KOPPEN, Wladimir. **Classificação climática de Köppen-Geiger**. 1990. Disponível em: <https://portais.ufg.br/up/68/o/Classifica___o_Clim__tica_Koppen.pdf>. Acesso em: 05 out. 2017.

MACIEL, Samuel Alves; BARCELOS, Bruno Fernandes; OLIVEIRA, Luiz Antônio de. A ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA ALTITUDE NA TEMPERATURA E NA PRECIPITAÇÃO DA MESORREGIÃO NORTE DE MINAS – MINAS GERAIS. **Revista Geonorte**, Amazonas, v. 1, n. 5, p.250-261, jan. 2012. Semestral.

MEZZOMO, Maristela Moresco. Caracterização Geoecológica do trecho superior da bacia hidrográfica do Rio Mourão - PR: subsídio ao planejamento da paisagem. **Geóinga: Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia**, v. 5, n. 1, p. 18-38, 2013.

MELLO, C.r. et al. Análise de Modelos Matemáticos Aplicados ao Estudo de Chuvas Intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 3, p.693-698, jul. 2001. Semestral.

MORUZZI, Rodrigo Braga; OLIVEIRA, Samuel Conceição de. Relação entre intensidade, duração e frequência de chuvas em Rio Claro, SP: métodos e aplicação. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, Rio Grande, v. 9, n. 13, p.59-68, maio 2009.

MONTEIRO, Leonardo Romero. **Mapeamento das Áreas de Perigo de Inundação no Braço do Baú, Ilhota - SC**. 2011. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2011.

OLIVEIRA, Luiz Fernando Coutinho de; CORTÊS, Fernando Cardoso; BARBOSA, Fábio de Oliveira Almeida; ROMÃO, Patrícia de Araújo; CARVALHO, Daniel

Fonseca de. Estimativa das equações de chuvas intensas para algumas localidades no estado de Goiás pelo método da desagregação de chuvas. **Revista Engenharia Agrícola de Jaboticabal**, v. 28, n. 1, p. 22-23, 2008.

OLIVEIRA, João R. de.; et al. Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 2, p.140-147, 18 jun. 2009.

PAULA, Daniela Tolêdode. **PERDAS DE NUTRIENTES E SEDIMENTOS POR EROSÃO E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE DA ÁGUA**. 2015. 68 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia - Ciência do Solo, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2015.

PEREIRA, Thiago. INFLUÊNCIA DO RELEVO NA PRECIPITAÇÃO DAS REGIÕES HIDROGRÁFICAS DO LITORAL NORTE DE ALAGOAS. **Geosp - Tempo e Espaço**, São Paulo, v. 33, n. 2, p.239-253, maio 2013. Quadrimestral.

PEDRON, I. T.; KLOSOWSKI, E. S. Distribuição de frequência de chuvas diárias no Estado do Paraná. **Scientia Agraria Paranaensis**, p. 55-63, 2008.

PEREIRA, Daniela Carneiro.; DUARTE, Letícia Rodrigues; SARMENTO, AntoverPanazzolo. DETERMINAÇÃO DA CURVA DE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DO MUNICÍPIO DE IPAMERI – GOIÁS. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goias, v. 13, n. 02, p.233-246, 07 ago. 2017. Semestral

PENNER, Giovanni Chaves; LIMA, Marlon Pontonico. COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS PARA A CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO. **Geociência - Unesp**, São Paulo, v. 35, n. 4, p.542-559, out. 2016. Semestral.

PINHEIRO, Gabriela Marques.; VIDE, Javier Martin. O ESTUDO DAS TENDÊNCIAS PLUVIOMÉTRICAS NO MUNICÍPIO DE IRATI/PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba - Pr, v. 23, p.60-71, 2017. Semestral.

REBOITA, Michelle S.; GAN, Manoel A.; ROCHA, Rosmeri P. da; AMBRIZZI, Tércio. Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Teórica. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. 1. ed. São Carlos: EESC-USP, 1998. 840 p.

SANTOS, Glenio G.; GRIEBELER, Nori P.; OLIVEIRA, Luiz F. C. de. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande Pb, v. 14, n. 2, p.115-123, ago. 2009. Anual.

SENTELHAS, Paulo César et al. DISTRIBUIÇÃO HORÁRIADE CHUVAS INTENSAS DE CURTADURAÇÃO: UM SUBSÍDIO AO DIMENSIONAMENTO DE PROJETOS

DE DRENAGEM SUPERFICIAL. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 13, n. 1, p.45-52, jan. 1998. Semestral.

SILVA, Demetrius David da et al. EQUAÇÕES DE INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQÜÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL PARA O ESTADO DE TOCANTINS. **Revista Engenharia na Agricultura - Reveng**, Minas Gerais, v. 11, p.1-4, 2003. Bimestral.

SILVA, Benedito Cláudio da; CLARKE, Robin T. Análise estatística de chuvas intensas na Bacia do Rio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 19, n. 3, p.265-275, jul. 2004. Trimestral.

SILVA, Djane Fonseca da. **Análise de Aspectos climatológicos, agronômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE)**. 2009. 218 f. Tese (Doutorado) - Curso de Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

SILVA, Leonardo Duarte Batista da et al. ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÁXIMA, MÉDIA E OUTORGÁVEL DE DUAS MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS COSTEIRAS NO MUNICÍPIO DE MANGARATIBA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, BRASIL. In: **XIV WORLD WATER CONGRESS**, 14., 2011, Pernambuco. **Congress**. Pernambuco: InternationalWaterResourcesAssociation, 2011. v. 1, p. 1 - 6.

SILVA, Francisco Osny Enéas da; PALÁCIO JÚNIOR, Francisco Flávio Rocha; CAMPOS, José Nilson Bezerra. Equação de chuvas para Fortaleza-CE com dados do pluviógrafo da UFC. **DAE - Departamento de Águas e Esgotos, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo**, São Paulo, n. 192, p.48-59, 2012.

SOUZA, Werônica Meira; AZEVEDO, Pedro Vieira de; ARAUJO, Lincoln Eloi de. Classificação da Precipitação Diária e Impactos Decorrentes dos Desastres Associados às Chuvas na Cidade do Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Pernambuco, v. 5, n. 2, p.250-268, 20 abr. 2012.

SOUZA, Vladimir; GALVANI, Emerson. DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E SUA INTERAÇÃO COM O RELEVO NA BACIA DO RIO JACARÉ GUAÇU (SP). **Ciência e Natura**, [s.l.], v. 39, p.110-124, 29 nov. 2017. Universidad Federal de Santa Maria.

VARELA, Jairson Jorge Silva. **Chuvas Intensas no Arquipélago de Cabo Verde**. 2007. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

VILLELA, Swami M.; MATTOS, Arthur. **Hidrologia Aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975.

VILLWOCK, Fernando Henrique; CRISPIM, Jefferson de Queiroz; ROCHA, José Antônio. LEVANTAMENTOS DE PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO CAMPO – PR. In: **VIII ENCONTRO DE PRODUÇÃO**

CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 8., 2013, Campo Mourão. **Anais**. Campo Mourão: Nupem, 2013. v. 1, p. 1 - 9.