

A INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO NO CLIMA REGIONAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIJUCAS-BIGUAÇU-CONTÍGUAS

Larissa Izabel Duarte⁽¹⁾

Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI). Pós-graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Estácio de Sá e discente do Mestrado Profissional em Clima e Ambiente do Campus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC).

Michel Nobre Muza⁽²⁾

Graduação em Meteorologia pela Universidade Federal de Pelotas (UFPeL), Mestrado em Meteorologia pela Universidade de São Paulo (USP). Doutorado em Meteorologia pela Universidade de São Paulo (USP). Pós-Doutorado pela University of Maryland at College Park, UMD, Estados Unidos e Pós-Doutorado pela Universidade de São Paulo (USP).

Juliana Marques Schontag⁽³⁾

Graduação em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS). Mestrado em Metrologia Científica e Industrial pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Doutorado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e Pós-Doutorado pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Endereço⁽¹⁾: Rua Marcolino Duarte, nº 26, fundos da 517, Centro, São João Batista – Santa Catarina – CEP 88240-000 – Brasil – Tel: +55 (48) 99938-1462 – e-mail: larissaduarte.ambiental@gmail.com

RESUMO

O clima regional afeta diretamente municípios que não possuem um efetivo plano de ação, por exemplo, de ocorrência de inundações, como apresenta a Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas, Biguaçu e Contígvas. Portanto, é de suma importância identificar e propor adaptações para os riscos presentes às populações da bacia. Para identificar o gatilho que causa este fenômeno, que são eventos de precipitação extrema, é necessário entender o clima regional, a fim de quantificar a taxa de eventos hidrológicos críticos de acordo com os valores médios e máximos, aspectos da intensidade, duração e frequência, a sua sazonalidade, além de características morfológicas e físicas da bacia. Avaliando estes aspectos no presente estudo, foi possível mensurar a caracterização da bacia hidrográfica para a ocorrência de inundações por meio de levantamentos de dados atuais, possibilitando a consideração de parâmetros mais realísticos para obras de infraestrutura junto às escarpas e áreas de proteção permanente, bem como na zona rural e urbana. Ou seja, identificou-se aspectos cruciais para a ocorrência do desastre hidrológico relativo à inundação e obteve-se a equação e curva de intensidade, duração e frequência com os dados pluviométricos de precipitação distribuídos na região hidrográfica, que apresentaram parâmetros distintos na área da bacia.

PALAVRAS-CHAVE: Dados ambientais, inundação, caracterização.

1. INTRODUÇÃO

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (do inglês *IPCC*), menciona que as consequências das mudanças climáticas advêm de atividades antrópicas intensificadas no último século. Mesmo com o desenvolvimento social e tecnológico, ainda há retrocesso no uso consciente e sustentável dos recursos naturais (SHUKLA *et al.*, 2022). É necessário mitigar as mudanças climáticas para inibir as ameaças a todos os ecossistemas, pois, desta forma será possível atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) proposto pela Organização das Nações Unidas (ONU).

O aumento do número de dias com fortes chuvas provocando os eventos extremos de precipitação em algumas regiões pode ser proveniente das mudanças climáticas. A elevação da temperatura e a umidade do ar são fatores essenciais para a formação das chuvas, mas associando com a variabilidade climática é possível observar este fenômeno ocasionando enchentes, deslizamentos de terra e perdas de vida (NOBRE *et al.*, 2010). A relação da precipitação extrema com as mudanças climáticas resulta em inúmeros transtornos ambientais, sociais e econômicos, fato este perceptível em diversas bacias hidrográficas do Estado catarinense.

De acordo com Lei Estadual nº 10.949 de 1998, que dispõe sobre a caracterização do Estado de Santa Catarina em dez regiões hidrográficas, devendo promover a gestão descentralizada dos recursos hídricos, adotando-se as bacias hidrográficas como unidades de gestão e realizando o planejamento regional voltado para o desenvolvimento sustentável, buscando garantir a água em qualidade e quantidade satisfatórias para as gerações atuais e futuras (ALESC, 1998).

Conforme (SIRHESC, 2022), a Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas está inserida na Região Hidrográfica 8 (RH 8) - Litoral Centro, a qual possui área de drenagem de aproximadamente 2.371 km², com montante no município de Rancho Queimado e jusante em Tijucas, contando com 15 (quinze) municípios ordenados politicamente, atualmente denominado de Comitê de Bacias Hidrográficas do Rio Tijucas, Biguaçu e Bacias Contíguas.

A precipitação extrema tem afetado tanto a agricultura quanto a população da Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas. Conforme (GONÇALVES, 2003), os impactos mais comuns são enchentes, deslizamentos, doenças, prejuízos aos patrimônios familiar, comercial e público. A Defesa Civil municipal e estadual emite alertas antecedendo a chegada dos fenômenos meteorológicos e orienta a população em situações emergenciais como vendavais, deslizamentos, inundações, raios e tempestades, geada, granizo e tornados. O risco é a relação entre a probabilidade da ameaça ou acidente acontecer, sendo atribuído a um grau de vulnerabilidade decorrente dos seus efeitos. Portanto, é necessário identificar a ameaça para que seja possível prevenir a ocorrência de acidentes (DCSC, 2022).

Fica evidente a necessidade da projeção de cenários de riscos para a região do Rio Tijucas que sofre com precipitações extremas e suas consequências. Ressalta-se que a mais recente foi no ano de 2022. Sendo que o município mais afetado do Vale do Rio Tijucas foi o município de São João Batista. Este episódio ocorreu entre 01 a 05 de dezembro de 2022, atingindo a cota máxima emergencial do Rio Tijucas. O alto índice pluviométrico foi fator primordial no ocasionamento de inundações graduais na região do município de São João Batista - SC. O temporal com pancadas de chuvas pontualmente intensas que persistiu por 2 (duas) semanas, atingindo a margem de 85% da população municipal. Além da população, indústrias, animais, pontes, dentre outros aspectos foram impactados pela precipitação extrema. Portanto, através do Governo Federal foi decretado situação de calamidade pública através da Portaria do Ministério do Desenvolvimento Regional nº 3.485 (SANTA CATARINA, 2022).

Dessa forma, o presente estudo busca investigar e identificar os pontos suscetíveis a inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas, Biguaçu e Bacias Contíguas e elaborar planos de ações para atenuar os impactos que ocorrem na região. A Figura 1 retrata um período cronológico de inundações na bacia.

Figura 1 - Levantamento histórico de registros fotográficos de desastres relativos a inundações na bacia: ordem cronológica.



Fonte: Elaboração própria (2023) a partir das informações da SDE e municípios da bacia.

2. OBJETIVO GERAL

Caracterizar a bacia hidrográfica do Rio Tijucas, Biguaçu e Contígues e a precipitação associada a eventos extremos.

2.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear as características regionais da Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas, Biguaçu e Contígues;
- Aplicar os métodos estatísticos de estudos da intensidade, duração e frequência da precipitação associada a eventos extremos climáticos que impactam nos fenômenos de inundação.

3. METODOLOGIA

A metodologia aborda dois eixos: bases climáticas e ambientais e o tratamento de dados. A mesma contém 4 (quatro) etapas (Figura 2).

Figura 2 – Metodologia Aplicada.



Fonte: Elaboração própria (2023).

3.1. DADOS DE PRECIPITAÇÃO

Para a obtenção de dados de precipitação, foram utilizados a partir do produto *MERGE* desenvolvido por Rozante *et al.* (2010) e disponibilizado pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), o qual combina os dados de precipitação observada com a precipitação estimada por satélite (ROZANTE *et al.*, 2010). As séries de precipitação são atualizadas diariamente, possuindo uma base de dados desde junho de 2000 até o presente. Para fins de análise histórica de precipitação, foi utilizado o período disponível correspondente aos anos de 2001 a 2020 (20 anos). A partir desses dados foi possível avaliar o regime de precipitação na região e estipular os anos de precipitação extrema anual.

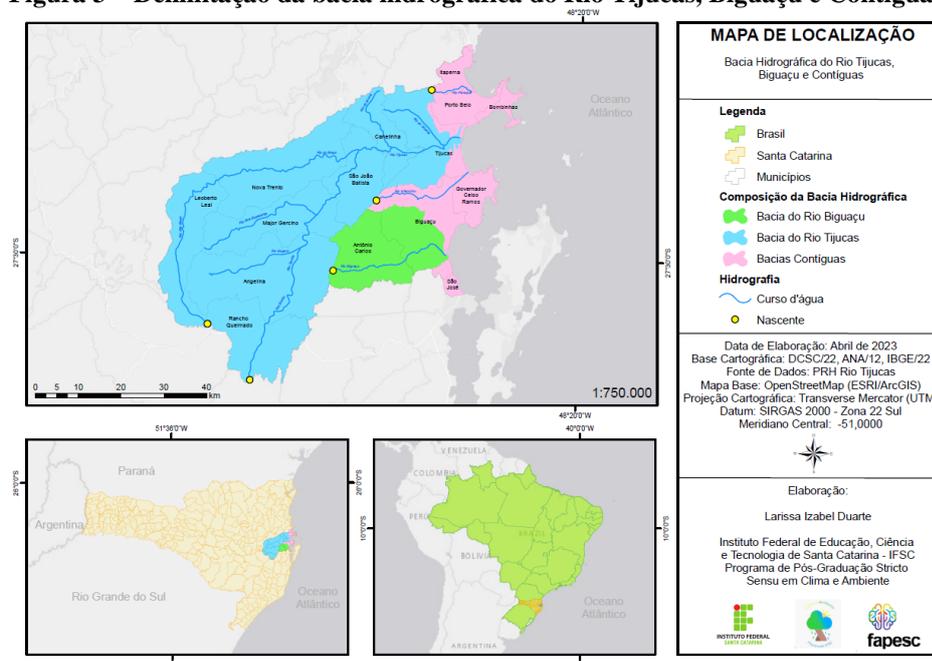
Conforme detalhado por ROZANTE *et al.* (2010), o uso do satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) fornece produtos através da combinação de diferentes sensores de estimativas de precipitação. o satélite TRMM é utilizado devido a disponibilização de dados em tempo real, no qual utiliza-se da Técnica Barnes (BARNES, 1964), desenvolvida por Stanley L. Barnes em 1964, onde é interpolado os dados de postos pluviométricos observados para o ponto de grades com resolução de 0,1° a 0,1° de latitude e longitude (aproximadamente 10 km). Para uma análise abrangente, selecionou-se três municípios internos à bacia para a análise do regime de precipitação, sendo eles: Rancho Queimado (Montante), Tijucas (Jusante) e São João Batista (central).

Para a extração dos dados para estas coordenadas, utilizou-se o *Grid Analysis and Display System* (GrADS) para a manipulação dos mesmos. Esta ferramenta é utilizada para a manipulação de dados podendo ler arquivos de formato binário (fluxo ou sequencial), GRIB (versões 1 e 2), NetCDF, HDF (versões 4 e 5) e BUFR (para dados de estação) (COLA, 2023). Para a manipulação e extração dos dados, foram utilizados algoritmos a fim de selecionar os dados da região de estudo, obtidos em forma de texto (txt).

3.2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas, objeto de estudo, situa-se na Macrorregião Hidrográfica do Atlântico Sul, no Sistema de drenagem da vertente Atlântica e na Região Hidrográfica 8 – Litoral Centro, na qual está sob as coordenadas GMS longitude (E) 49°19'43" e 48°27'42" e latitude (S) 27°46'36" e 27°02'35" e UTM longitude (E) 664686.04 e 751793.88 e latitude (S) 6926417.38 e 7006258.98. Atualmente os municípios de Angelina, Antônio Carlos, Biguaçu, Bombinhas, Canelinha, Governador Celso Ramos, Itapema, Leoberto Leal, Major Gercino, Nova Trento, Porto Belo, Rancho Queimado, São João Batista, São José e Tijucas integram o Comitê Tijucas, Biguaçu e Bacias Contíguas, possuindo 5 (cinco) nascentes dos cursos d'água principais em toda a sua extensão. A partir do *Software* de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto ArcGIS versão 10.5. em consonância com base cartográfica georreferenciados provindos de órgãos das esferas municipais, estaduais e federais, foi possível delimitar a bacia hidrográfica. O *Shapefile* da delimitação da Bacia Hidrográfica foi cedido pela Defesa Civil de Santa Catarina, o qual foi elaborado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDE). Já os dados de Hidrografia foram extraídos da plataforma da Agência Nacional das Águas e a malha municipal está disponibilizada na plataforma do IBGE (Figura 3).

Figura 3 – Delimitação da bacia hidrográfica do Rio Tijucas, Biguaçu e Contíguas.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da ANA (2012), IBGE (2022) e DCSC (2022).

O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), cita a relação do uso do solo com episódios de inundações. O crescimento acelerado da urbanização influencia no aumento da taxa de áreas impermeáveis impedindo a infiltração da água pluvial, afetando o regime hídrico contribuindo com o aumento do volume de escoamento superficial, incidindo na ocorrência de desastres hidrológicos provocando fenômenos que estão associados às enchentes como os alagamentos, inundações e enxurradas (IPEA, 2021).

Os impactos que mais influenciam na bacia, sendo a mais recorrente a ocupação irregular em áreas de proteção permanente, seguido com o descarte de resíduos no leito do rio, uso de agrotóxico por conta das lavouras, a extração mineral (argila) devido às atividades ceramistas e tráfico de animais (MEURER, 2011).

Para a construção do mapa de uso do solo na bacia hidrográfica, foram utilizados dados do Mapa de Cobertura Florestal e Uso da Terra de Santa Catarina disponibilizado pelo IFFSC (2023) e elaborado por Vibrans *et al.* (2010). Utilizou-se o *software* ArcGIS para a elaboração do mapa, e como a base cartográfica está para a escala estadual, foi necessário dimensionar para a escala da bacia, portanto utilizou-se a ferramenta *geoprocessing > clip*. Como o arquivo estava no formato WGS necessitou realizar a conversão para UTM através da ferramenta *ArcToolbox > Data Management Tools > Projections and Transformations > Project*. Após isso, para obter uma melhor visualização dos dados espacialmente é necessário organizar a tabela de atributos através das

Properties > Symbology > Categories > Unique Values > Value Field (uso terra). O dado Value Field analisa o dado da tabela de atributos que será demonstrado espacialmente, como a finalidade é demonstrar a distribuição do uso do solo na bacia, escolheu este atributo para a visualização. Desta forma, é possível analisar a extensão do uso do solo e o tamanho da área que abrange.

Já para os dados geológicos, geotécnicos e pedológicos foram utilizados base cartográfica da CPRM e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) disponibilizado na plataforma dos mesmos. Portanto, para a obtenção de mapas de geologia, hidrogeologia e pedologia utilizou-se ferramentas do ArcGIS para delimitar os dados para a bacia em questão. É necessário adequar a coordenada geográfica de WGS para UTM e após utilizar a ferramenta *clip* para “recortar” a bacia dos dados de Santa Catarina. Através destes atributos é possível demonstrar os dados espacialmente com a ferramenta *Symbology*.

Para a elaboração do mapa de declividade, utilizou-se os dados disponíveis na plataforma da EPAGRI-CIRAM. Na plataforma estão disponíveis os modelos digitais de terreno - MDE (do inglês *DEM – Digital Elevation Model*) que são dados produzidos pela *Shuttle Radar Topography Mission - SRTM*, projeto criado pela *National Aeronautics and Space Administration - NASA* em parceria com a agência de inteligência geoespacial - NGA (EPAGRI, 2022).

De acordo com a EPAGRI (2022), o MDE do estado de Santa Catarina possui: “Resolução espacial de 30 metros, em formato Geotif e GRID 16 bits, e que abrange a área entre as coordenadas 54° 03’ 30” w, 29° 28’ 40” s e 48° 09’ 45” w e 25° 39’ 15” s. O MDE está dividido segundo as regiões hidrográficas do estado e apresenta uma sobreposição (buffer) de 2Km entre elas”.

Na plataforma da EPAGRI-CIRAM, os MDE estão classificados de acordo com a região hidrográfica, portanto, como a bacia hidrográfica se encontra interna a RH-8, foi utilizado este dado no formato *Tagged Image File Format - TIFF*.

Inicialmente foi adicionado o formato TIFF no arquivo MDE no *software ArcGis 10.5*, no qual, foi necessário converter o sistema de projeção do arquivo MDE de WGS para UTM através da ferramenta *ArcToolbox > Data Management Tools > Projections and Transformations > Raster > Project Raster*.

Após a projeção, foi realizado o recorte da bacia no MDE com os seguintes passos: *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Extraction > Extract by Mask*. Seguinte a projeção e delimitação, foi realizada a ferramenta *slope* para a obtenção da declividade através da ferramenta *ArcToolbox > Spatial Analyst Tools > Surface > Slope* utilizando a forma de percentil para a obtenção dos dados e equiparar com as classes de relevo definidos pela Embrapa conforme demonstra a Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação da Declividade.

Classe de Relevo	Declividade (%)
Plano	0 – 3
Suave Ondulado	3 – 8
Ondulado	8 – 20
Forte Ondulado	20 – 45
Montanhoso	45 – 75
Escarpado	> 75

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de SDE (2017).

3.3. CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA

O Sistema de drenagem fluvial pode ser classificado quanto a sua ordem, densidade de drenagem, razão de bifurcação e comprimento dos rios. O ordenamento dos fluxos é classificado de acordo com sua ramificação. O córrego de ordem 1 não recebe contribuição de outros afluentes. Já o córrego de 2ª ordem recebe o afluente apenas de 1ª ordem. O córrego de 3ª ordem, recebe carga dos afluentes de 1ª e 2ª ou 2ª ordem. O córrego que obtiver a maior contribuição de afluentes, ou seja, o curso d’água com a maior hierarquia é considerado como o rio principal e caracteriza a ordem de drenagem da bacia hidrográfica (HORTON, 1945).

Conforme STRAHLER (1952), os córregos que não possuem nenhum tributário desde a nascente são denominados como rios de primeira ordem. Quando houver a confluência de dois córregos de primeira ordem, surge o rio de segunda ordem, sendo que este recebe apenas efluente dos rios de primeira ordem. Os canais de terceira ordem, recebem tributários de rios de segunda e primeira ordem, e assim ocorre com canais de ordem superiores.

Para realizar hierarquia fluvial da Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas, Biguaçu e Contígua, utilizou-se MDE para a aplicação do Método Strahler através do *software* de geoprocessamento ArcGIS com o intuito de verificar a ordem da drenagem do trecho e correlaciona-lo com o regime de vazão. Para regularizar as imperfeições dos dados utilizou-se a ferramenta *Spatial Analyst Tools > Hydrology > Fill*. Após isso, realizou o método para determinar a direção do fluxo na bacia através da ferramenta *Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Direction*. Obtendo a direção do fluxo, utiliza-se a ferramenta *Flow Accumulation* para gerar os valores de fluxo acumulado através da ferramenta *Spatial Analyst Tools > Hydrology > Flow Accumulation*. A fim de corrigir problemas na elaboração e excluir valores negativos que não são significativos utiliza-se a ferramenta *Con* encontrado na *Spatial Analyst Tools > Conditional > Con*, ressalta-se que quando solicitar um *Value* na aba *Expression* deve-se introduzir o valor 1.000, fato este necessário pela bacia ser de pequeno porte. Após a realização de todas estas etapas é possível aplicar o método Strahler através da ferramenta *Spatial Analyst Tools > Hydrology > Stream Order* que irá ordenar o curso d'água estudado.

BERTONI & TUCCI, (2001), relata a importância do cálculo da área através de software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) para a definição do potencial hídrico da bacia. É possível associar a área calculada com a taxa de precipitação, para obter o volume de água recebido pela bacia hidrográfica. A partir da bacia hidrográfica delimitada utilizou-se a ferramenta *Calculate Geometry* disponibilizada na tabela de atributos do dado no software ArcMap 10.5 para obtenção da área e perímetro. Após criar um shape apenas do rio principal, utilizou-se da mesma ferramenta para estabelecer o seu comprimento.

Segundo STUART *et al.*, (2006) a largura média de uma bacia é obtida pela divisão da área da bacia pelo comprimento da mesma. Considera-se o comprimento do trecho mais longo de montante e foz (equação 1).

$$Lm = \frac{A}{L} \quad \text{equação 1}$$

Onde:

Lm = Largura média da bacia [km];

A = Área da bacia [km²];

L = Comprimento do curso mais extenso da bacia [km].

O valor da largura média da bacia hidrográfica está apresentado a seguir:

É necessário reconhecer a forma de uma bacia hidrográfica para analisar o seu comportamento hidrológico. Bacias hidrográficas com forma circular tendem a ocorrer maiores episódios de enchentes, pois, o percurso do runoff se torna mais curto tendendo a concentrar água em diversos pontos ocasionando em uma maior vazão. Já em bacias com o perfil alongado, há um percurso maior até o exutório, pois, há uma maior distribuição de chuva ao longo de sua extensão apresentando uma menor vazão de pico (VILLELA; MATTOS, 1975).

Segundo (STUART *et al.*, 2006), este índice indica a maior ou menor tendência para enchentes de uma bacia: “Uma bacia com Kf baixo terá menor propensão a enchentes. Isto se deve ao fato de, numa bacia estreita e longa (Kf baixo), haver menor possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo simultaneamente toda sua extensão”.

Para calcular o fator de forma, é necessário obter a largura média através da razão da área pelo comprimento do curso principal. Após obter a largura média, deve-se dividir o valor pelo comprimento do maior curso d'água para obter o fator de forma (STUART *et al.*, 2006). Portanto, poderá ser calculado através da equação 2.

$$K_f = \frac{A}{L^2} \quad \text{equação 2}$$

A tabela 2 relaciona o valor obtido através do fator de forma da bacia com sua característica.

Tabela 2 – Classificação da bacia através do valor do fator de forma.

Kf	Característica da Bacia
1,00 – 0,75	Bacia com alta propensão de grandes enchentes
0,75 – 0,50	Bacia com tendência mediana a grandes enchentes
< 0,75	Bacia não sujeira grandes enchentes

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de STUDART *et al.*, (2006), VILLELLA; MATTOS (1975).

Conforme VILLELLA; MATTOS (1975), é possível relacionar bacia com fatores de forma para identificar o tempo de escoamento da água até o exutório. GRAVELIUS (1914), explana que o índice de compacidade é a relação entre o perímetro da bacia com o de uma forma geométrica, sendo que o valor varia conforme a forma da bacia, e quando o Kc se iguala a 1 consiste em relatar que a bacia é perfeitamente circular, influenciando sua relação com os episódios de inundações. O Kc pode ser encontrado através da equação 3.

$$Kc = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}} \quad \text{equação 3}$$

Onde:

Kc= Coeficiente de Compacidade;

P= Perímetro (km);

A= Área da bacia (km²).

A tabela 3 relaciona o valor do coeficiente de compacidade com a característica da bacia, classificando-a como circular, quadrada, retangular ou comprida:

Tabela 3 – Classificação da bacia através do coeficiente de forma.

Kc	Característica da Bacia
Kc = 1	Bacia é perfeitamente circular
Kc = 1,128	Bacia é quadrada
Kc = 1,4	Bacia é retangular
Kc > 3	Bacia é comprida

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de GRAVELIUS (1914), VILLELLA; MATTOS (1975).

CHRISTOFOLETTI (1979), cita que bacias com densidade de drenagem inferior a 7,5 são de baixa capacidade de drenagem, isto incide sobre a taxa de infiltração da bacia, classificando como boa ou ruim. Conforme CARELLI & LOPES (2011), a densidade de drenagem depende tanto das características físicas e climáticas da bacia. A partir da Equação 4, a densidade de drenagem pode ser calculada:

$$Dd = \frac{Lt}{A} \quad \text{equação 4}$$

Onde Lt é o comprimento total dos canais.

Segundo VILLELLA; MATTOS (1975), se o índice de densidade de drenagem for conforme a tabela abaixo relacionando o valor da densidade de drenagem com a característica da bacia, é possível classificá-la conforme a eficiência de drenagem da bacia:

Tabela 4 – Densidade de drenagem da bacia.

Dd	Característica da Bacia
Dd < 0,5 km/km ²	Bacias com drenagem pobre
Dd entre 0,5 e 3,0 km/km ²	Bacias mediantemente drenadas
Dd maior que 3,0 km/km ²	Bacias ricamente drenagem

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de CHRISTOFOLETTI (1979), CARRELI & LOPES (2011).

De acordo com GUITARÃES (2017), o relevo médio da bacia é realizado através da curva hipsométrica, pois, através da plotagem é possível identificar a variabilidade das altitudes dos terrenos da bacia hidrográfica.

A variação do relevo pode ser indicada de acordo com as curvas de nível, salientando a porcentagem da área de drenagem com a altimetria (VILLELA; MATTOS, 1975).

Para a obtenção dos dados de área e cotas foi necessário o uso do software ArcGis 10.5. Inicialmente insere-se o arquivo MDE no software ArcGIS e projetar a sua projeção cartográfica de WGS para UTM. A fim de delimitar a área, utiliza-se o comando *extract by mask* para o “recorte” da delimitação da bacia hidrográfica no MDE. O comando utilizado para a obtenção das curvas de níveis através da contagem de *pixels* do MDE de acordo com a cota do terreno é *Spatial Analyst Tools > Reclass > Reclassify*, através deste comando foram divididas em 12 classes através da subtração da cota maior pela menor e dividido por 100 metros de intervalo. Ao efetuar os 12 intervalos, foi possível a extração dos dados do ArcGis para o manuseio no Excel através do comando *Spatial Analyst Tools > Zonal > Zonal Statistics as Table* (DELGADO, 2022). Conforme VILLELA; MATTOS (1975), a elevação média da bacia pode ser calculada através da equação 5.

$$E = \sum e * \frac{a}{A_{total}} \quad \text{equação 5}$$

Onde:

E = Elevação média da bacia

e = Elevação média entre duas curvas de nível

a = Área entre as curvas de nível

A_{total} = Área total

Para chegar até a fórmula da elevação média da bacia foi necessário realizar cálculos para obter os parâmetros específicos. É necessário criar uma planilha para a realização dos cálculos conforme demonstrada na Tabela 5.

Tabela 5 – Escopo da planilha para elaboração da curva hipsométrica.

0	1	2	3	4	5	6	7
Intervalo	Cota	Cota média	Área (km ²)	Área acumulada (km ²)	Área %	Área Acumulada (%)	Cota média (km ²) * Área (km ²)

Fonte: Elaboração própria (2023).

As colunas 0, 1 e 3 já estão tabeladas por serem extraídas do software ArcGIS, no entanto, foi necessária a conversão da área de m² para km². A coluna 2 representada pela cota média, seria a média entre a cota a jusante e a montante. Já com relação a coluna 4, é calculado a área acumulada que está ao longo do perfil altimétrico. O primeiro valor repete igual ao da coluna 3 pois seria o ponto inicial, e logo após nas próximas células, é somado a área anterior (coluna 4) com a área posterior (coluna). O total de área (km²) deverá ser igual ao total de área acumulada (km²). Na coluna 5 representa a porcentagem por cada área dos trechos altimétricos. O cálculo é realizado através da equação 6:

$$\text{Área (\%)} = \text{Área (km)} * \frac{100}{A_{total}^2} \quad \text{equação 6}$$

A área acumulada (%) representada pela coluna 6 é expressa através do somatório da área (%) anterior com a área (%) posterior, sendo que o primeiro valor é repetido igual ao da área (%). Para introduzir os dados na equação, é necessário fazer a multiplicação da cota média com a área expressa em km². Ou seja, a coluna 2 com a coluna 3. Após o preenchimento de toda a tabela é possível calcular a elevação média da bacia hidrográfica de estudo. O cálculo da elevação mediana da bacia é expresso através da seguinte equação:

$$AE (med) = 0,5 * A_{total} \quad \text{equação 7}$$

Onde:

AE (med) = Elevação mediana

A_{total} = Área total

Após efetuar o cálculo, é necessário identificar os extremos de cota e área para a realização da interpolação e encontrar a elevação mediana da bacia através da equação a seguir.

$$E_{med} = E_2 + (E_1 - E_2) * \frac{\frac{A_{total}}{2} - A_2}{A_1 - A_2} \quad \text{equação 8}$$

Após efetuar os cálculos, é possível traçar a curva hipsométrica e obter os dados de Elevação Média e Mediana.

3.4. INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA

Para abordar as equações do regime de chuvas intensas, é necessário conhecer o valor da vazão máxima e associá-la ao período de retorno. No entanto, a obtenção de séries históricas de dados de vazão e de pluviômetros são escassos, sendo necessário a utilização da modelagem hidrológica para a transformação do índice chuva-vazão através da relação da duração-intensidade-frequência (IDF) (DAMÉ *et al.*, 2014).

Para fins de estudo da bacia hidrográfica será realizado a atualização dos dados dos parâmetros da equação IDF para comparar a região hidrográfica com os dados já tabelados pela metodologia (DENARDIN; FREITAS, 1982). Para isto, faz-se necessário a utilização do método proposto pela CETESB através da distribuição de Gumbel. A fim de traçar parâmetros para a área de estudo, três municípios representando a montante, jusante e ponto médio da bacia hidrográfica foram escolhidos para a realização dos cálculos de IDF. A elaboração da curva IDF consistiu em utilizar os dados anuais de precipitação intensa obtidos através do GrADS e IDLE, no período de 20 anos. Os municípios escolhidos foram Rancho Queimado (-27,6791 e -49,0074), São João Batista (-27,2766 e -48,85) e Tijucas (-27,2405 e -48,6344).

De acordo com NOBRE *et al.* (2021), a distribuição de Gumbel utiliza da probabilidade, uma ferramenta para prever a precipitação máxima. Conforme CETESB (1980), as séries de precipitações devem ser dispostas de forma decrescente, associando os dados com o período de retorno e a probabilidade de ocorrência. Para os dados de entrada de precipitação, foram calculados a soma, média e o desvio padrão da série de dados. Através da equação 9 criada por Ven Te Chow (Fórmula Weibull) e a equação 10 para séries anuais através do método de probabilidade de Gumbel/log-probabilístico, é possível mensurar tais dados.

$$p = \frac{m}{n+1} \quad \text{equação 9}$$

$$T = \frac{1}{p} \text{ ou } = \frac{n+1}{m} \quad \text{equação 10}$$

Onde:

p = Probabilidade acumulada de um evento ser igual ou superior

m = Número de ordem

n = Número de anos de registro considerado

T = Tempo de recorrência (anos)

Após definido o Tempo de Retorno (T), substitui-se a variável na distribuição de Gumbel através da equação 11.

$$y = -\ln \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \quad \text{equação 11}$$

Calculado o y, é realizada a média das variáveis para poder obter o desvio padrão da série de Gumbel, através da equação:

$$S_y = (y - y_{med})^2 \quad \text{equação 12}$$

Onde:

S_y = Desvio padrão da distribuição

y = Variável reduzida da distribuição - obtido através da fórmula anterior

y_{med} = Média das variáveis reduzidas da distribuição

A equação 13 explana a obtenção do parâmetro k, no qual, foram utilizados os dados referentes às variáveis reduzidas de Gumbel.

$$k = \frac{y-y_{med}}{S_y} \quad \text{equação 13}$$

Onde:

k = Parâmetro

y = Variável reduzida da distribuição

y_{med} = Média das variáveis reduzidas da distribuição

S_y = Desvio padrão da distribuição

Efetuada os cálculos, é possível obter a precipitação para cada tempo de retorno (t). Deste modo, através da média e desvio padrão das entradas (x) e do método de distribuição de Gumbel (y), é possível calcular a variável reduzida (yt) com relação ao período de retorno definido para os anos de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos através da seguinte expressão:

$$y_t = -\ln - \ln \left[1 - \left(\frac{t-1}{t} \right) \right] \quad \text{equação 14}$$

Onde:

y_t = Variável reduzida

ln = Logaritmo natural

t = Período de retorno (2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos)

Obtido a variável reduzida em relação ao período de retorno, calculou-se a variável K para encontrar os valores de precipitação através da equação 15.

$$K = \frac{y_t - y_{med}}{S_y} \quad \text{equação 15}$$

Onde:

K = Parâmetro

y_t = Variável reduzida

y_{med} = Média das variáveis reduzidas da distribuição

S_y = Desvio padrão da variável reduzida da distribuição

Desta forma é calculada a precipitação diária para os períodos de retorno definidos, através da seguinte expressão:

$$P = X_{med} + K * S_x \quad \text{equação 16}$$

Onde:

P = Precipitação média diária

X_{med} = Média da precipitação de entrada

K = Parâmetro - obtido através da fórmula anterior

S_x = Desvio padrão amostral da precipitação de entrada

O método de desagregação de chuva é utilizado para locais onde não possui dados de pluviógrafos, oferecendo resultados de precipitação com duração inferior a um dia (CETESB, 1980). Conforme PEREIRA *et al.*, (2017), para realizar o método de desagregação é necessário utilizar as seguintes durações 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120, 180, 360, 480, 600, 720 e 1440 minutos o qual corresponde a 5 min, 10 min, 15 min, 20 min, 25 min, 30 min, 1 hora, 2 horas, 4 horas, 6 horas, 8 horas, 10 horas, 12 horas e 24 horas. Para a chuva de 1 dia, utilizou-se os valores da precipitação média diária, pois, neste período corresponde aos horários de observação pluviométrica (TUCCI, 2001). Para obter a precipitação de 24 horas, é multiplicado o coeficiente de desagregação referente a devida duração pela precipitação de 1 dia. Já as precipitações horárias, é necessário multiplicar o coeficiente de desagregação de cada duração pela precipitação de 24 horas. Para as durações em minutos, multiplicou-se o coeficiente de cada duração pela precipitação de 1 hora. Após obter os dados de desagregação, é aplicado aos

dados o suplemento do *Microsoft Excel, Solver*, o qual realiza o Método dos Mínimos Quadrados a fim de ajustar a série de dados, minimizando a soma dos erros dos quadrados entre o valor estimado e os dados observados.

4. RESULTADOS OBTIDOS

O estado de Santa Catarina está localizado na zona subtropical, no qual é influenciada de forma latitudinal pela transição entre os trópicos e subtropicais, longitudinal pelo Oceano Atlântico e pela altitude norteado pelo Planalto das Araucárias e as Serras Catarinenses (CAVALCANTI *et al.*, 2009). IPA (1989) e PANDOLFO *et al.*, (2000), enfatizam a importância do conhecimento das variáveis climáticas para a avaliação do clima da região estudada. Desta forma, é possível identificar a dinâmica climática local e planejar as atividades a serem desempenhadas, como é o caso da agricultura, silvicultura e pecuária.

A variabilidade climática ocorre pelo deslocamento de massas de ar (quente e fria) e os sistemas frontais (ciclones, frentes frias e frentes quentes). As correntes marítimas que fazem a circulação dos ventos, tendem a influenciar o clima regional interferindo nos fatores de vento, temperatura e precipitação na zona costeira (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

A Classificação de Köppen relaciona os tipos de clima com os tipos de vegetação. Segundo a classificação de KÖPPEN, Santa Catarina é classificado como clima mesotérmico úmido (Cfb), ou seja, sem estação de seca. Este tipo climático possui dois subtipos, o Clima Subtropical (Cfa) que apresenta no mês mais frio uma temperatura média de 18°C, e no mês mais quente, uma temperatura média de 22°C, tendo verões quentes com concentrações de chuvas, e poucas geadas, assim não possuindo uma estação seca definida; já o Cfb apresenta no mês mais frio, temperatura média de 18°C, e possui verões frescos, com temperatura média menor que 22°C, sem estação seca definida (PANDOLFO *et al.*, 2000).

Conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos (2017), a Região Hidrográfica Litoral Centro apresenta uma variação de temperatura média anual do ar de 19,5 °C a 12,5 °C (SDE, 2017).

De acordo com (PANDOLFO *et al.*, 2000), a RH8 é descrita pelo clima subtropical mesotérmico úmido com verões quentes (Cfa) e subtropical mesotérmico úmido com verões amenos (Cfb). A classificação Cfa é mensurada por temperaturas maiores que 10° C (inverno) e maiores que 22° C (verão). Já o Cfb que não possui verão intenso, as temperaturas médias tornam-se menores que 22° C no mês que possui a maior alteração da temperatura (Tabela 6).

Tabela 6 – Classificação climática da RH-8 – Área (% da área total da bacia ou região).

Bacia Hidrográfica	Cfa	Cfb
Rio Biguaçu	47,90	52,10
Rio Cubatão do Sul	45,39	54,61
Rio da Madre	74,37	25,63
Rio Tijucas	44,28	55,72
RH8	59,45	40,55

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de PANDOLFO *et al.*, (2000) *apud* SDE (2017).

A precipitação total anual da Região Hidrográfica 8, varia entre 1.400 mm e 2.200 mm. A Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas é um local propício a inundações. É possível notar na Tabela 7 que a Bacia do Rio Tijucas apresentou a maior ocorrência de eventos de inundação que ocorrem pelas chuvas prolongadas, onde as secas, que é caracterizada pela estiagem prolongada, são menos frequentes. Estes dados foram levantados entre os anos de 2003 e 2015 (SDE, 2017).

Tabela 7 – Eventos de inundação no período de 2003 e 2015.

Bacia Hidrográfica	Secas	Inundações
Rio Biguaçu	1	10
Rio Cubatão do Sul	1	13
Rio da Madre	0	2
Rio Tijucas	3	41
RH8	6	91

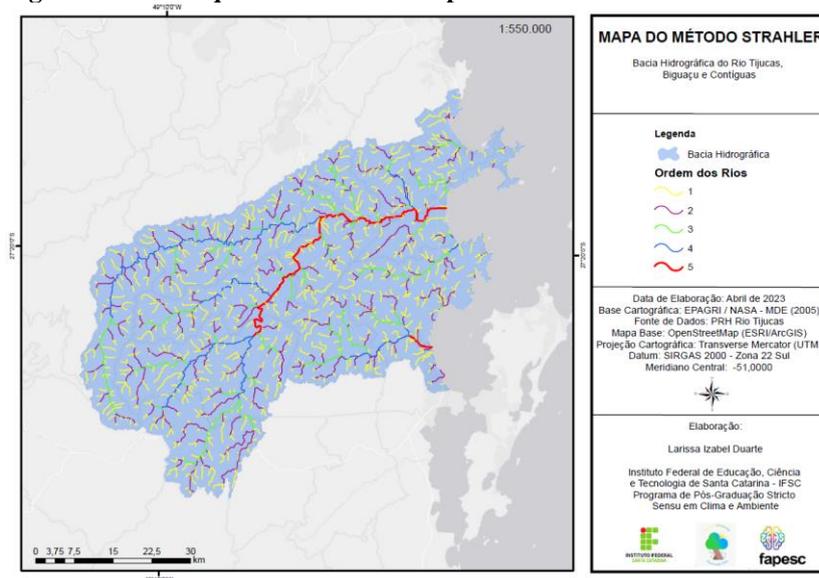
Fonte: Elaboração própria a partir de dados de SDE (2017).

Conforme o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (2017), a bacia hidrográfica do Rio Tijucas é a mais suscetível em ocorrer eventos de inundação: “Analisando os eventos de inundação por bacia hidrográfica, nota-se que a Bacia do Rio Tijucas é mais propensa à ocorrência deste tipo de evento, apresentando a ocorrência de 41 eventos entre 2003 e 2015, seguido pelas bacias contíguas, com 25 eventos registrados no período”.

Analisando os eventos de inundação por bacia hidrográfica, nota-se que a Bacia do Rio Tijucas é mais propensa à ocorrência deste tipo de evento, apresentando a ocorrência de 41 eventos entre 2003 e 2015, seguido pelas bacias contíguas, com 25 eventos registrados no período (SDE, 2017). Estes dados são importantes para identificar os períodos e locais onde houveram mais episódios de inundações dentro da região hidrográfica, sendo este, um subsídio no levantamento das áreas suscetíveis a inundação.

A fim de identificar a hierarquia fluvial da Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas, Biguaçu e Contíguas (Figura 4), utilizou-se o MDE para aplicar o método de *Strahler*, através do Sistema de Geoprocessamento ArcGIS.

Figura 4 – Hierarquia fluvial da bacia pelo método Strahler.



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da EPAGRI/NASA (2005) e DCSC (2022).

O mapeamento de uso e ocupação do solo da bacia mostra uma extensão de formação florestal, no entanto, no percurso do rio principal (Rio Tijucas), nota-se a vasta presença de áreas edificadas e antropizadas nas margens do rio (Figura 5). Além disso, os dados de geologia, hidrogeologia, pedologia e declividade foram levantados através da plataforma de geoprocessamento e dimensionado para a bacia hidrográfica de estudo.

A partir da bacia hidrográfica delimitada utilizou-se a ferramenta *Calculate Geometry* do software ArcGIS para obtenção da área e perímetro. Após criar um novo shape apenas do rio principal, utilizou-se da mesma ferramenta para estabelecer seu comprimento. O Quadro 1, explica os dados da bacia após o uso da ferramenta *Calculate Geometry*.

Quadro 1 – Dados de Extensão da Bacia Hidrográfica.

Dado	Símbolo	Extensão
Área da Bacia	(A)	3.280 km ²
Perímetro da Bacia	(P)	736 km ²
Comprimento do Talvegue	(L)	97,91 km ²

Fonte: Elaboração própria (2023).

Com relação à caracterização da morfologia, foi realizado os cálculos para identificar a forma da bacia e relacioná-la com a possibilidade de ocorrência de inundação. Conforme os resultados preliminares, foi averiguado que de acordo com os parâmetros morfológicos, a bacia possui formato comprida, sendo medianamente drenada e não está sujeita a grandes enchentes (Quadro 2). Portanto, é necessário investigar as demais características da bacia e a climatologia regional, bem como o próprio método usualmente utilizado para essa determinação para a apuração do que mais influencia na ocorrência de inundações.

Quadro 2 – Aspectos Morfológicos da Bacia.

Nº	FÓRMULA	MÉTODO	CÁLCULO	RESULTADO	CONCLUSÃO
(1)	$Lm = \frac{A}{L}$	Largura Média da Bacia (Lm)	$Lm = \frac{3.280 \text{ km}^2}{97,91 \text{ km}}$	$Lm = 33,50 \text{ km}$	-
(2)	$K_f = \frac{A}{l^2} = \frac{A}{l^2}$	Fator de forma (K_f)	$K_f = \frac{3.280}{(97,91)^2}$	$K_f = 0,34$	$K_f < 0,50$ = Bacia não sujeita grandes enchentes
(3)	$K_c = 0,28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$	Índice de Compacidade de Gravelius (K_c)	$K_c = 0,28 * \frac{736}{\sqrt{3.280}}$	$K_c = 3,60$	$K_c > 3$ Bacia comprida.
(4)	$Dd = \frac{Lt}{A}$	Densidade de Drenagem (Dd)	$Dd = \frac{2.594,26}{3.280}$	$Dd = 0,79$	Dd entre 0,5 e 3,0 km/km ² = Bacias medianamente drenada

Fonte: Elaboração própria a partir de dados de GRAVELIUS (1914), VILLELA E MATTOS, (1975), CRISTOFOLETTI, (1980), STUDART (2006).

Investigou-se o perfil da curva hipsométrica, o qual os dados foram extraídos a partir do ArcGIS através da ferramenta *reclass*, onde a bacia foi segregada por intervalos de área a fim de identificar o relevo da área, conseguinte, foi possível expor os dados em uma planilha para gerar a curva hipsométrica e posteriormente mapear a região. O Quadro 3 demonstra a planilha de dados criada a partir das fórmulas mencionadas anteriormente para a plotagem da curva hipsométrica.

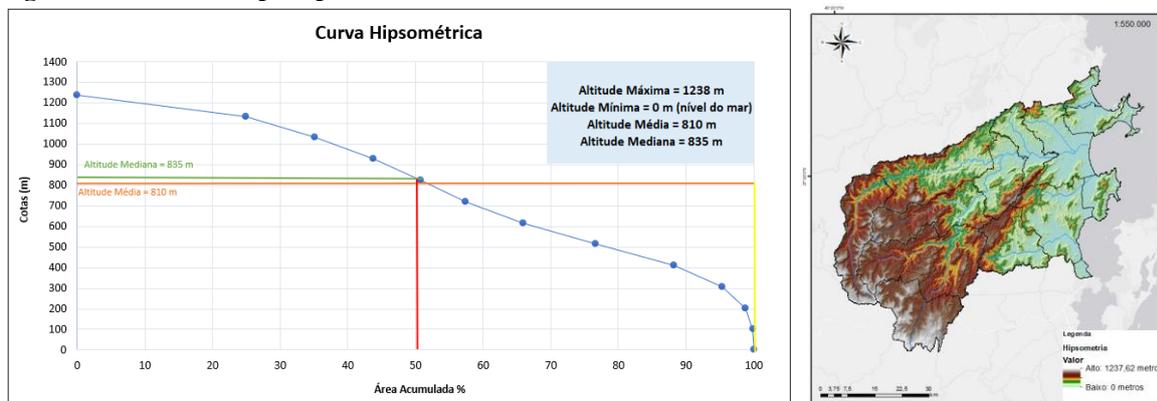
Quadro 3 – Dados para a curva hipsométrica.

Intervalo	1		2	3	4	5	6	7
	Cota (m)		Ponto Médio					
	Montante (m)	Jusante (m)	Cota média	Área (km ²)	Área acumulada (km ²)	Área %	Área Acumulada (%)	Cota média (km ²) * Área (km ²)
1	1238	1134	1185,92	819,50	819,50	24,99	24,99	971862,52
2	1134	1031	1082,52	331,14	1150,64	10,10	35,08	358463,11
3	1031	927	979,14	284,88	1435,51	8,69	43,77	278934,98
4	927	824	875,75	229,53	1665,05	7,00	50,77	201011,88
5	824	721	772,36	218,89	1883,94	6,67	57,44	169064,26
6	721	617	668,97	279,13	2163,07	8,51	65,96	186730,82
7	617	514	565,57	351,25	2514,32	10,71	76,67	198655,06
8	514	410	462,18	379,93	2894,25	11,58	88,25	175598,31
9	410	307	358,79	231,24	3125,49	7,05	95,30	82966,27
10	307	204	255,40	113,84	3239,33	3,47	98,77	29075,10
11	204	100	152,01	35,85	3275,19	1,09	99,87	5449,90
12	100	0	50,16	4,43	3279,61	0,13	100,00	222,05
TOTAL				3279,61		100%		2658034,25

Fonte: Elaboração própria (2023).

A partir dos dados de hipsometria gerados no software ArcGIS demonstrados anteriormente no Quadro 3, foi possível gerar a curva hipsométrica. E a partir da curva, foi possível realizar o mapa da hipsometria para a análise das cotas da região hidrográfica

Figura 6 – Curva e mapa hipsométrico.



Fonte: Elaboração própria (2023).

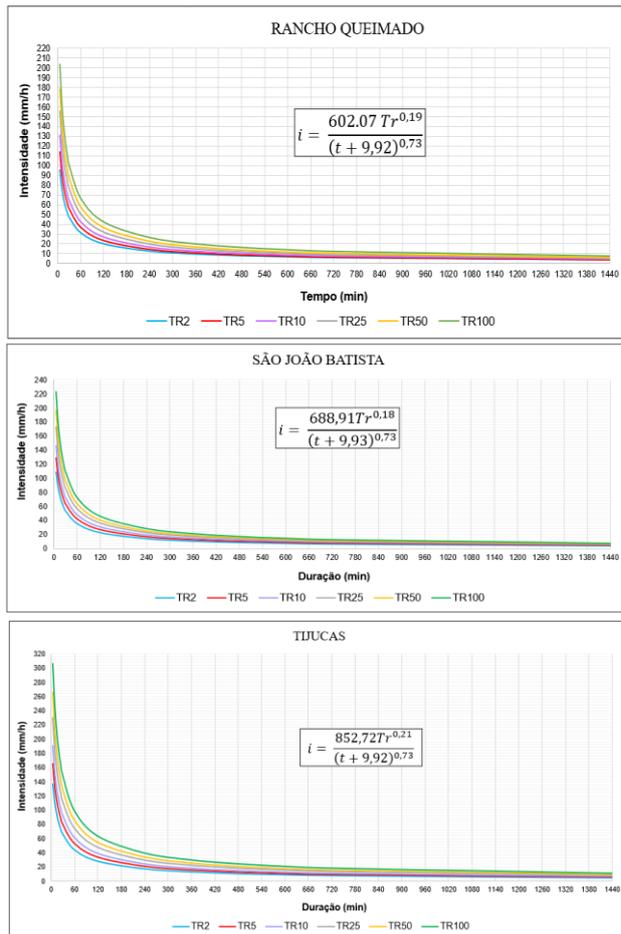
Com intuito de utilizar os dados de precipitação do produto MERGE e atualizar dados de IDF para a região hidrográfica, foi realizado o método de Gumbel para a criação de novas curva IDF para a região, selecionado três municípios da bacia, uma na montante (Rancho Queimado), outra no ponto médio da bacia (São João Batista) e por fim na jusante da bacia (Tijucas). Ressalta-se que os tempos de retorno utilizados foram de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos.

Tabela 8 – Parâmetros IDF.

Parâmetros	Rancho Queimado	São João Batista	Tijucas
K	602,07	688,91	852,72
m	0,19	0,18	0,21
b	9,92	9,93	9,92
n	0,73	0,73	0,73

Fonte: Elaboração própria (2023).

Figura 7 – Plotagem da curva IDF.



Fonte: Elaboração própria (2023).

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao realizar o ordenamento do rio através do método *Strahler* pode-se notar que a bacia hidrográfica em estudo é de 5ª ordem, tendo como rios principais (em vermelho), os rios Tijucas e Biguaçu.

Com relação à caracterização da morfologia, realizou-se os cálculos para identificar a forma da bacia e relacioná-la com a possibilidade de ocorrência de inundação. Conforme os resultados preliminares, foi averiguado que de acordo com os parâmetros morfológicos, a bacia possui formato comprido, sendo medianamente drenada e não está sujeita a grandes enchentes. Portanto, é necessário investigar as demais características da bacia e a climatologia regional, para a apuração dos dados que mais influenciam na ocorrência de inundações.

A partir dos dados de precipitação, gerou-se a curva e o mapa de hipsometria. Analisando os dados obtidos pode-se perceber de forma harmonizada que a altitude máxima da bacia é de 1.238 metros, a altitude mínima é de 0 m (nível do mar), a altitude média é de 810 metros e a mediana é de 835 metros

Através da metodologia aplicada a curva IDF é possível transformar os dados da chuva diária em chuva intensa de menores durações sendo possível a identificação do tempo de concentração na bacia e o tempo de retorno. O tempo de retorno significa a ocorrência da precipitação em anos. Analisando os parâmetros de Tijucas em relação aos dois municípios, nota-se que o parâmetro K e a intensidade da chuva são superiores aos outros.

6. CONCLUSÕES

Analisando a área de estudo, é possível identificar que a forma da bacia não é a causa raiz para a ocorrência de inundações na região. Portanto é necessário identificar os demais aspectos, como a precipitação, pedologia, hipsometria e uso e ocupação do solo.

A caracterização física da bacia foi realizada através do *software* ArcGIS 10.5 com intuito identificar aspectos, elementos e fatores ambientais da bacia. Com relação aos rios principais, a bacia possui quatro, sendo eles: Rio Tijucas, Rio Biguaçu, Rio das Antas e Rio Alto Braço, no qual estão distribuídos em quinze municípios integrantes.

A bacia possui aspecto ondulado, no qual corresponde a locais com declividade entre 8% e 20%, com média de 12% e máximo de 64%.

Visualizando o mapa de uso e ocupação do solo foi averiguado a crescente intervenção antrópica nas margens do Rio Tijucas, impactando a mata ciliar.

Com relação às características biológicas, a bacia hidrográfica possui predominância de Floresta Ombrófila Densa (FOD), onde há uma grande contribuição da pluviometria impedindo que haja períodos biologicamente secos.

Já o enquadramento de *Köppen* da Bacia Hidrográfica de estudo está incluído tanto em Cfa quanto Cfb, no entanto, maior parte da bacia se enquadra em clima subtropical mesotérmico úmido com verões quentes (Cfa).

A pedologia característica na bacia é norteada por Cambissolo Haplíco e Argissolo Vermelho-Amarelo, os quais são moderadamente drenados e com argila na sua composição. Dependendo do relevo do local, a pedologia se torna fator importante para delimitações de áreas suscetíveis à inundação.

Realizou-se a hierarquização da ordem dos rios através do método de *Strahler*, no qual pode-se observar que a bacia hidrográfica possui aspectos de quinta ordem, ou seja, rios que se formam com a união de rios de quarta ordem.

Através dos cálculos de Fator de Forma (Kf), Densidade de Drenagem (Dd) e Índice de Compacidade (Kc) pode-se constatar o aspecto de uma bacia comprida, medianamente drenada e com Kf menor que 0,5, ou seja, a forma da bacia do rio Tijucas não está sujeita a grandes enchentes.

Com relação a hipsometria da bacia, pode-se notar que a altitude máxima da bacia é de 1.238 metros, a mínima a nível do mar, a altitude média é de 810 metros (mediana igual a 835 metros). O relevo dentro da bacia é variado contribuindo na variabilidade climática, pois, o mesmo determina a circulação das massas de ar. Observou-se que a bacia representa relevo acentuado por estar localizada entre a elevação da serra catarinense e a planície costeira, embora o relevo mais acentuado do estado não se encontre dentro da bacia.

A realização da curva de intensidade, duração e frequência com os dados pluviométricos obtidos do produto de precipitação MERGE foram relevantes para a análise do comportamento de precipitação na região hidrográfica, sendo que a equação da chuva foi distinta para os locais investigados dentro da própria bacia. Além disso, a atualização de dados de IDF para os locais selecionados, possibilitando a consideração de parâmetros mais realísticos para obras de infraestrutura junto às escarpas e áreas de proteção permanente, bem como na zona rural e urbana.

Assim, sugere-se que novos estudos considerem o clima presente e futuro nos dados de precipitação disponíveis para antecipar e mitigar os impactos ambientais de eventos de inundação que hoje já são temerosos para a população na bacia.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALESC - ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE SANTA CATARINA. Lei Estadual nº 10.949, de 09 de novembro de 1998. Dispõe sobre a caracterização do estado em dez regiões hidrográficas. Diário Oficial 16.038 de 09/11/1998.

2. BARNES, S. L. *A technique for maximizing detail in numerical weather map analysis. Journal of Applied Meteorology*, vol. 3, 396-409, 1964.
3. BERTONI, J. C. & TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. ed 2. p.25-33.
4. CARELLI & LOPES. Caracterização fisiográfica da Bacia Olhos D'Água em Feira de Santana/BA: Geoprocessamento aplicado à análise ambiental. *Boletim Goiano de Geografia*. Volume 31, n. 2, 43-54, 2011.
5. CAVALCANTI *et al.* *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
6. CETESB - COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL. *Drenagem urbana: manual de projeto*. São Paulo: DAEE/CETESB, 1980
7. CHRISTOFOLETTI, A. *A Análise da Densidade de Drenagem e suas Implicações Geomorfológicas*. Departamento de Geografia e Planejamento, Instituto de eociências e Ciências Exatas, UNESP, Campus de Rio claro. 1979.
8. COLA. *Grid Analysis and Display System (GrADS): Overview of GrADS*. Disponível em: <<http://cola.gmu.edu/grads/>>. Acesso em: 30 de jan de 2023.
9. CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Cartas de Suscetibilidade a Movimentos Gravitacionais de Massa e Inundações*. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Prevencao-de-Desastres/Cartas-de-Suscetibilidade-a-Movimentos-Gravitacionais-de-Massa-e-Inundacoes-5379.html>> . Acesso em: 12 out 2022.
10. DAMÉ, Rita de *CF et al. Analysis of the relationship intensity, duration, frequency of disaggregated daily rainfall in southern Rio Grande do Sul, Brazil*. *Engenharia Agrícola*, v. 34, p. 660-670, 2014.
11. DCSC - DEFESA CIVIL DE SANTA CATARINA. *Como agir em caso de desastre*. Disponível em: <<https://www.defesacivil.sc.gov.br/cidadao/como-agir-em-caso-de-desastre/>>. Acesso em 08 de julho de 2022.
12. DELGADO, Edward. *Para Curva Hipsometrica*. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PR_NrCYz0NI>. Acesso em 10 de Agosto de 2022.
13. DENARDIN, J.; FREITAS, P. L. *Fundamental characteristics of rain in Brazil* (Características fundamentais da chuva no Brasil). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 17, p. 14091416, 1982.
14. EPAGRI-CIRAM. *Serviços de Mapa Web*. Disponível em: <<https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/mapas/>>. Acesso em 10 de Maio de 2022.
15. GONÇALVES, N. M. S. *Os impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador*. *Clima urbano*. São Paulo: Contexto, 2003.
16. GRAVELIUS, H. *Grundriss der gesamten Gewasserkunde, Banda 1: Flusskunde*. *Compêndio de Hidrologia*, I, 265-278, 1914.
17. GUIMARÃES, R. C. Capítulo 2 - Bacia Hidrográfica. In: Guimarães, R. C., Shahidian, S. e Rodrigues, C. M. (Editores). *Hidrologia Agrícola*, 2ª edição. ISBN: 978-989-8550-40-8. ECT e ICAAM. Évora, 5-22, 2017.
18. HORTON, R.E. *Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology*, *Geol. Soc. America Bulletin*, 1945.

19. IFFSC - Inventário Florístico Florestal de Santa Catari. 1914na. Santa Catarina: Nossa área de estudo. Disponível em: <<https://www.iff.sc.gov.br/nossa-%C3%A1rea-de-estudo>>. Acesso em 08 de fev de 2023.
20. IPA – Instituto de Pesquisas Agrônomas. Seção de Ecologia Agrícola. Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul. Volume 3, Porto Alegre – RS, 1989.
21. IPEA - Centro de Pesquisa em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Controle de Enchentes. Publicado em 03/12/2020 - Última modificação em 05/08/2021. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/231-controle-de-enchentes>>. Acesso em 10 de fev de 2023.
22. MEURER, Catarina Cristina Bárbara de Siqueira. Análise da Paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Tijucas, SC: Proposta de Áreas Prioritárias para um Sistema de Unidades de Conservação. 2011. 114 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Gestão Ambiental. Ecossistemas Aquáticos) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2011.
23. NOBRE, *et al.* Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. Embaixada Reino Unido, Rede Clima e Programa FAPESP em Mudanças Climáticas, 2010
24. NOBRE, *et al.* Estudo de vazões máximas de projeto usando uma distribuição de Gumbel. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento , v. 10, n. 12, 2021.
25. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Desenvolvimento Sustentável: 17 Objetivos Para Transformar Nosso Mundo. Acesso em: 25 março 2022.
26. PANDOLFO, *et al.* Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 2000.
27. PEREIRA, *et al.* Determinação da curva de intensidade, duração e frequência do município de Ipameri–Goiás. REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 13, n. 2, 2017.
28. ROZANTE, *et al.* *Combining TRMM and Surface Observations of Precipitation: Technique and Validation Over South America. Weather and Forecasting*, v. 25, n.3, 2010.
29. SANTA CATARINA. Portaria do Ministério do Desenvolvimento Regional nº 3.485.
30. SDE - Secretaria de Desenvolvimento Econômico Sustentável. Plano Estadual de Recursos Hídricos de Santa Catarina (PNRH). Santa Catarina, 2017.
31. SHUKLA *et al.* IPCC 2022: *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA.* doi: 10.1017/9781009157926.001.
32. SIGMA. Merge-CPTEC. Disponível em: <<https://sigmameteorologia.com/>>. Acesso em: 10 de fev de 2023.
33. SIRHESC - Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina. Região Hidrográfica R8 – Litoral Centro. Disponível em: <<https://www.aguas.sc.gov.br/a-bacia-tijucas/regiao-hidrografica-tijucas>>. Acesso em: 05 de maio de 2022.
34. STRAHLER, A.N. *Hypsometric analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin*, 1952.
35. STUDART, Andre R. *et al.* *Processing routes to macroporous ceramics: a review. Journal of the American Ceramic Society*, v. 89, n. 6, p. 1771-1789, 2006.

36. VIBRANS, A.C. *et al.* Inventário florístico florestal de Santa Catarina (IFFSC): aspectos metodológicos e operacionais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 30, n. 64, p. 291- 302, 2010.
37. VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. *Hidrologia aplicada*. Editora McGraw-Hill do Brasil, 1975.