



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ-UESPI
CAMPUS DR^a JOSEFINA DEMES-FLORIANO
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM GEOGRAFIA**



Israel Pereira Fernandes

**OS IMPACTOS CAUSADOS POR EVENTOS DE CHUVAS
EXTREMAS NO MUNICÍPIO DE FLORIANO – PI NO
PERÍODO DE 2020-2023**

Floriano
Outubro de 2024

Israel Pereira Fernandes

**OS IMPACTOS CAUSADOS POR EVENTOS DE CHUVAS
EXTREMAS NO MUNICÍPIO DE FLORIANO – PI NO
PERÍODO DE 2020-2023**

Trabalho apresentado à Universidade Estadual
do Piauí - UESPI, Campus de Floriano, para
obtenção do título de Licenciado em Geografia.

Orientador: Daniel César Meneses de
Carvalho

Floriano
Outubro de 2024

Sobrenome do autor, Prenome do autor

* Cutter Título do trabalho / Nome por extenso do autor. - local, ano.

xx (total de folhas antes da introdução em nº romano), 50 f.(total de folhas do trabalho): il. ; (caso tenha ilustrações) 29 cm.(tamanho do papel A4)

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em nome do curso) -
Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus, local, ano

Orientador (a): Prof.(a) titulação e nome do prof(a).

Notas (opcional)

1. Assunto. 2. Assunto. 3. Assunto. I. Título. II. Orientador (Sobrenome, Prenome). III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

* CDD

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Integrado de Biblioteca SIBI/UNIVASF
Bibliotecário: XXXXXXXX – CRB XXXXXX.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ - UESPI
CAMPUS DRª JOSEFINA DEMES - FLORIANO
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

Israel Pereira Fernandes

OS IMPACTOS CAUSADOS POR EVENTOS DE CHUVAS EXTREMAS NO MUNICÍPIO DE FLORIANO – PI NO PERÍODO DE 2020-2023

Trabalho apresentado à Universidade Estadual do
Piauí - UESPI, Campus de Floriano, para obtenção do
título de Licenciado em Geografia.

Orientador: Daniel César Meneses de Carvalho

Aprovado em: XX de XXXXX de 201X.

Banca Examinadora

Daniel César Meneses de Carvalho
Doutor em Geografia
Universidade Estadual do Piauí - UESPI

(nome, titulação e instituição a que pertence).

(nome, titulação e instituição a que pertence).

RESUMO

Com o aumento da urbanização nas cidades, há mudanças no ciclo hidrológico local, e uma das consequências geradas é a formação de alagamentos e inundações na cidade. Dito isso, o presente trabalho teve como objetivo geral analisar os impactos causados por chuvas intensas no município brasileiro de Floriano no estado do Piauí, e três objetivos específicos sendo eles: realizar uma revisão bibliográfica acerca dos efeitos da urbanização em eventos de precipitação intensa, caracterizar as legislações voltadas à gestão e/ou manejo de águas pluviais do município e analisar os dados pluviométricos disponíveis entre os anos de 2020 e 2023. A metodologia adotada baseou-se na revisão bibliográfica e na plotagem e análise de dados pluviométricos de uma estação eletrônica da Agência Nacional de Águas (ANA) entre o ano de 2020 e 2023, além, de compará-los com os limiares de intensidade de chuva normatizados pelo INMET. O estudo apresentou algumas informações acerca das condicionantes ambientais que geram e/ou contribuem para eventos de escoamento superficial extremo sendo os principais a urbanização desenfreada e a falta de gestão e/ou manejo de águas pluviais. Os dados de chuva obtidos mostraram que, em relação à série histórica, a média de pluviosidade no período chuvoso aumentou e nos meses de transição para o período de estiagem diminuíram, isto é, houve um aumento na amplitude do pluviograma do período analisado em relação aos dados históricos. Além disso, foi possível catalogar todas as chuvas de alerta laranja no período estudado.

Palavras-chave: Floriano, Enchente, Chuvas Intensas.

SUMMARY

With the increase in urbanization in cities, there are changes in the local hydrological cycle, and one of the consequences generated is the formation of flooding in the city. That said, the present work had the general objective of analyzing the impacts caused by intense rainfall in the Brazilian municipality of Floriano in the state of Piauí, and three specific objectives, namely: carrying out a bibliographical review on the effects of urbanization on intense precipitation events, characterizing the legislation aimed at the management and/or management of rainwater in the municipality and analyze the rainfall data available between the years 2020 and 202. The methodology adopted was based on the bibliographical review and the plotting and analysis of rainfall data from an electronic station of the municipality. National Water Agency (ANA) between 2020 and 2023, in addition to comparing them with the rainfall intensity thresholds standardized by INMET. The study presented some information about the environmental conditions that generate and/or contribute to extreme surface runoff events, the main ones being unrestrained urbanization and the lack of management and/or management of rainwater. The rainfall data obtained showed that, in relation to the historical series, the average rainfall in the rainy period increased and in the months of transition to the dry period it decreased, that is, there was an increase in the amplitude of the rainfall in the analyzed period in relation to the historical data. Furthermore, it was possible to catalog all orange alert rains during the studied period.

Keywords: Floriano, Flood, Heavy Rain.

AGRADECIMENTOS

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
1 EFEITOS DA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM URBANA	19
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	21
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
3.1 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS	29
4. CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, eventos climáticos extremos têm se tornado uma preocupação crescente em todo o mundo, representando desafios significativos para comunidades urbanas vulneráveis. Entre esses eventos, as chuvas extremas se destacam como uma das principais fontes de impactos adversos, acarretando inundações, deslizamentos de terra e danos à infraestrutura urbana (MIGUEZ, 2017).

Cortez (2004) cita, entre outras coisas, que as chuvas extremas representam um fenômeno climático com potencial devastador, capaz de desencadear uma série de impactos negativos em áreas urbanas e rurais. Uma das consequências mais visíveis desses eventos são as inundações, que podem ocorrer em regiões de baixa altitude ou com sistemas de drenagem inadequados. Essas inundações frequentemente resultam no alagamento de ruas, residências e estabelecimentos comerciais, causando danos materiais significativos e colocando em risco a segurança das pessoas.

Além das inundações, as chuvas extremas também aumentam consideravelmente o risco de deslizamentos de terra, especialmente em áreas de encostas e terrenos íngremes. O excesso de água no solo torna-o instável, aumentando a probabilidade de deslizamentos que podem causar danos estruturais e representar perigos graves para a vida humana. A infraestrutura urbana também está sujeita a danos durante eventos de chuvas extremas. Estradas, pontes, sistemas de esgoto e abastecimento de água podem sofrer impactos significativos, interrompendo serviços essenciais e dificultando a mobilidade das pessoas. Essa interrupção da infraestrutura pode ter efeitos de longo prazo na economia local, com custos de reconstrução elevados e perda de receitas comerciais e turísticas.

Tais catástrofes como as citadas não se devem apenas pelas altas intensidades de chuva, mas também advindo de fatores externos, majoritariamente, causado por atividades humanas o qual se oportuna de ocupações do solo muitas vezes de maneira precipitada, inadequada.

O crescimento populacional muitas vezes leva à expansão desordenada das cidades, com a construção de novos bairros e infraestrutura inadequada para suportar o aumento da demanda por habitação, transporte e serviços básicos. Isso pode resultar em problemas como congestionamento, poluição, falta de moradia adequada e acesso limitado a serviços essenciais (CHU et. al, 2013). O aumento da urbanização resulta em mais áreas desmatadas, pavimentação de ruas, construções e outros fatores que reduzem a capacidade do solo de absorver, reter e filtrar a água. Isso significa que há menos amortecimento natural da água pelo solo. A alteração

no ciclo hidrológico provocada por esse crescimento resulta em um aumento do escoamento superficial, o que significa que a água flui mais rapidamente e em maior volume. Consequentemente, problemas de drenagem urbana tornam-se cada vez mais comuns em grandes centros urbanos devido ao sobrecarregamento dos sistemas de drenagem. Isso acarreta prejuízos tanto para a população quanto para o meio ambiente.

A cidade de Floriano, localizada no estado do Piauí, na Região Hidrográfica da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba, especificamente na Sub-Bacia Difusa do Médio Parnaíba, é um dos maiores centros urbanos do estado e vem passando por intenso crescimento urbano, por meio da implantação de loteamentos residenciais, indústrias, pavimentação de vias, entre outras obras. Tais mudanças levaram à impermeabilização do solo, e, quando há chuvas intensas e/ou prolongadas, geram impactos negativos, como alagamentos em diversas áreas da cidade, afetando o trânsito, o comércio local e as populações ribeirinhas.

Além disso, a cidade não possui estudos publicados a respeito da drenagem urbana na região, das mudanças no meio ambiente que vêm ocorrendo ao longo do tempo, dos índices pluviométricos, e assim por diante. A partir do que foi exposto acima, o trabalho possui como objetivo geral: Analisar os impactos causados por chuvas intensas no município de Floriano – PI.

De modo a atingir o objetivo principal, o presente trabalho possui como objetivos específicos: Realizar uma revisão bibliográfica acerca dos efeitos da urbanização em eventos de precipitação intensa; Caracterizar as legislações voltadas à gestão e/ou manejo de águas pluviais do município; e Analisar os dados pluviométricos disponíveis entre os anos de 2020 e 2023.

O estudo foi dividido em 4 capítulos. O capítulo inicial apresenta o referencial teórico abordando uma revisão bibliográfica acerca dos efeitos da urbanização na drenagem urbana seguido pela caracterização da área e sua legislação no tocante ao transporte e manejo de águas pluviais, sendo seguido pelo capítulo de metodologia.

O capítulo seguinte trata sobre a análise dos dados pluviométricos de uma estação hidrológica próxima à área e finalmente o capítulo final traz as conclusões obtidas no estudo. A metodologia se dará por meio de revisão bibliográfica em bases indexadas e uma análise preliminar de dados pluviométricos de uma estação telemétrica da Agência Nacional de Águas (ANA) próxima à poligonal de estudo.

1 EFEITOS DA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM URBANA

O avanço urbano muitas vezes implica na substituição de ambientes naturais ou seminaturais por ambientes construídos, resultando no redirecionamento das águas pluviais e dos esgotos para os corpos d'água próximos aos sistemas de drenagem (Haughton e Hunter, 1994).

É amplamente reconhecido que o aumento das áreas impermeáveis em uma região, combinado com a falta de infraestrutura adequada, pode resultar em enchentes, inundações, enxurradas e alagamentos, uma vez que sobrecarregam os sistemas de drenagem, incapazes de lidar com o escoamento superficial gerado pelas precipitações. Vale destacar as nuances entre esses fenômenos.

De acordo com Tucci (2007), a inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos e galerias pluviais extravasam de seus leitos de escoamento, ocupando áreas urbanas como residências, vias, áreas de lazer, comércio e indústrias, devido à capacidade insuficiente dos sistemas de drenagem. Por outro lado, Pisani (2001) descreve as inundações como eventos naturais causados pelo excesso de vazão em relação à capacidade de escoamento do sistema hídrico.

A enxurrada é um tipo específico de inundação. Segundo a Classificação Brasileira de Desastres (COBRADE) de 2012, é caracterizada por escoamento superficial de alta velocidade e energia, resultante de chuvas intensas e concentradas, especialmente em bacias de relevo acidentado, levando ao rápido aumento do volume de água em uma drenagem e ao transbordamento abrupto de seu leito.

Tucci (2007) diferencia as enchentes urbanas, causadas pela urbanização e impermeabilização do solo, devido a drenagens inadequadas e obstruções ao escoamento, como aterros e pontes, das enchentes naturais, que ocorrem nos leitos maiores dos rios, afetando áreas ribeirinhas, com um tempo de recorrência de cerca de 2 anos.

Os alagamentos, por sua vez, ocorrem geralmente em áreas planas, depressões e fundos de vales, onde o escoamento superficial é comprometido pela topografia e pela ausência ou insuficiência de sistemas de drenagem pluvial na área urbana (Grilo, 1992). A COBRADE os define como o transbordamento dos sistemas de drenagem urbana devido às chuvas intensas, resultando no acúmulo de água em ruas, calçadas e outras infraestruturas urbanas.

Para entender os impactos da urbanização, Jacobson (2011) levanta questões importantes, como o aumento do escoamento superficial proporcional à área impermeável e a

redução na infiltração de água no solo, diminuindo a recarga de águas subterrâneas e aumentando a ocorrência de chuvas intensas.

Essa redução na taxa de infiltração da água no solo resulta em uma diminuição na vazão de águas subterrâneas, afetando a vazão base dos cursos d'água (Tucci e Collishonn, 2000), além de prejudicar o crescimento vegetal, já que as raízes não conseguem absorver a quantidade necessária de água para o processo de evapotranspiração.

Segundo Tucci (2000), cada habitante contribui, em média, com cerca de 49 m² de área impermeável em uma bacia, e cada aumento de 10% na área impermeável resulta em aproximadamente 100% de aumento no volume de escoamento superficial.

Essa alteração na taxa de infiltração da água aumenta o escoamento superficial, elevando a velocidade da água e, conseqüentemente, a vazão, resultando em picos de cheia mais intensos e antecipados, além de reduzir o tempo de concentração e aumentar o volume de escoamento superficial. Tucci (2007) afirmam que a vazão máxima de inundação pode aumentar até seis ou sete vezes.

Essa aceleração do fluxo de água pode causar erosão nos pontos de descarga e nos trechos a jusante dos rios ou córregos, alterando sua forma e a vegetação ao redor, o que, por sua vez, pode amplificar a magnitude das inundações (White e Greer, 2006) e impactar a fauna e a flora associadas aos cursos d'água.

Um estudo realizado por Chu et al. (2013) demonstrou que o aumento da área urbana está associado a uma maior frequência de inundações médias, com períodos de retorno menores. Além disso, a urbanização pode afetar indiretamente a resposta local a fenômenos atmosféricos, como chuvas e temperaturas.

Além disso, as superfícies impermeáveis absorvem calor solar, criando ilhas de calor em áreas urbanas, especialmente em regiões predominantemente asfaltadas e cimentadas (IPH, 2002). Esse aumento de temperatura pode induzir movimentos ascendentes de ar, aumentando a ocorrência de chuvas convectivas, caracterizadas por sua alta intensidade e curta duração, o que agrava os problemas de drenagem em áreas urbanas deficientes (Pereira e Ito, 2013).

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No que diz respeito aos dados qualitativos, a metodologia utilizada foi uma revisão bibliográfica, visando definir conceitos, identificar lacunas nas áreas de pesquisa, revisar teoria e evidências. Para isso, realizou-se consultas em materiais disponibilizados em sites oficiais, artigos, livros, teses, dissertações, trabalhos de conclusão de curso (TCCs) e livros (impressos e e-books) seguindo as temáticas de eventos de chuvas intensas e demais características do município de Floriano-PI.

A pesquisa documental focou em documentos de cunho acadêmico, como artigos, monografias, dissertações e teses, além de materiais institucionais disponibilizados nos sítios eletrônicos, além de documentos advindos de Agências reguladoras e outras organizações análogas. Foi utilizada como base de dados o Google Acadêmico, é uma ferramenta gratuita de busca de publicações científicas, a qual permite localizar trabalhos acadêmicos de vários tipos (teses, dissertações, artigos de congressos e de periódicos, tanto de acesso aberto como fechado) e busca referências em qualquer documento que esteja disponível na Webcepro

Já para os dados quantitativos, mais especificamente os dados pluviométricos, foram obtidos através do portal Hidroweb, mantido pela Agência Nacional de Águas (ANA). Os dados coletados foram obtidos a partir do portal HidroWeb da ANA na estação pluviométrica de número 643013 (Barão de Grajaú). A escolha se deu tanto pela proximidade da estação ao centro de Floriano quanto pelo fato de os dados serem de melhor acessibilidade e processamento por estarem disponíveis em meio digital. O período adotado foi de 2020 até 2023. Optou-se por não se utilizar os dados de 2024 devido ao fato de o trabalho em tela ter sido concebido em seus meados, além de que alguns dados não se apresentavam consistentes até o momento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Floriano, um município localizado no estado do Piauí, está situado na Zona Fisiográfica do Médio Parnaíba, na Bacia Hidrográfica Difusa do Médio Parnaíba, dentro da Região Hidrográfica Gurguéia/Itaueira, às margens direitas do rio Parnaíba, conforme ilustrado na Figura 5.1. A Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba abrange completamente a Região Nordeste do Brasil, estendendo-se pelos estados do Maranhão, Piauí e Ceará (CODEVASF, 2016). Segundo informações da Agência Nacional de Águas (2015), essa bacia engloba 279 municípios, dos quais 220 estão no Piauí, cobrindo uma área de 333.056 km², equivalente a 4% do território nacional.

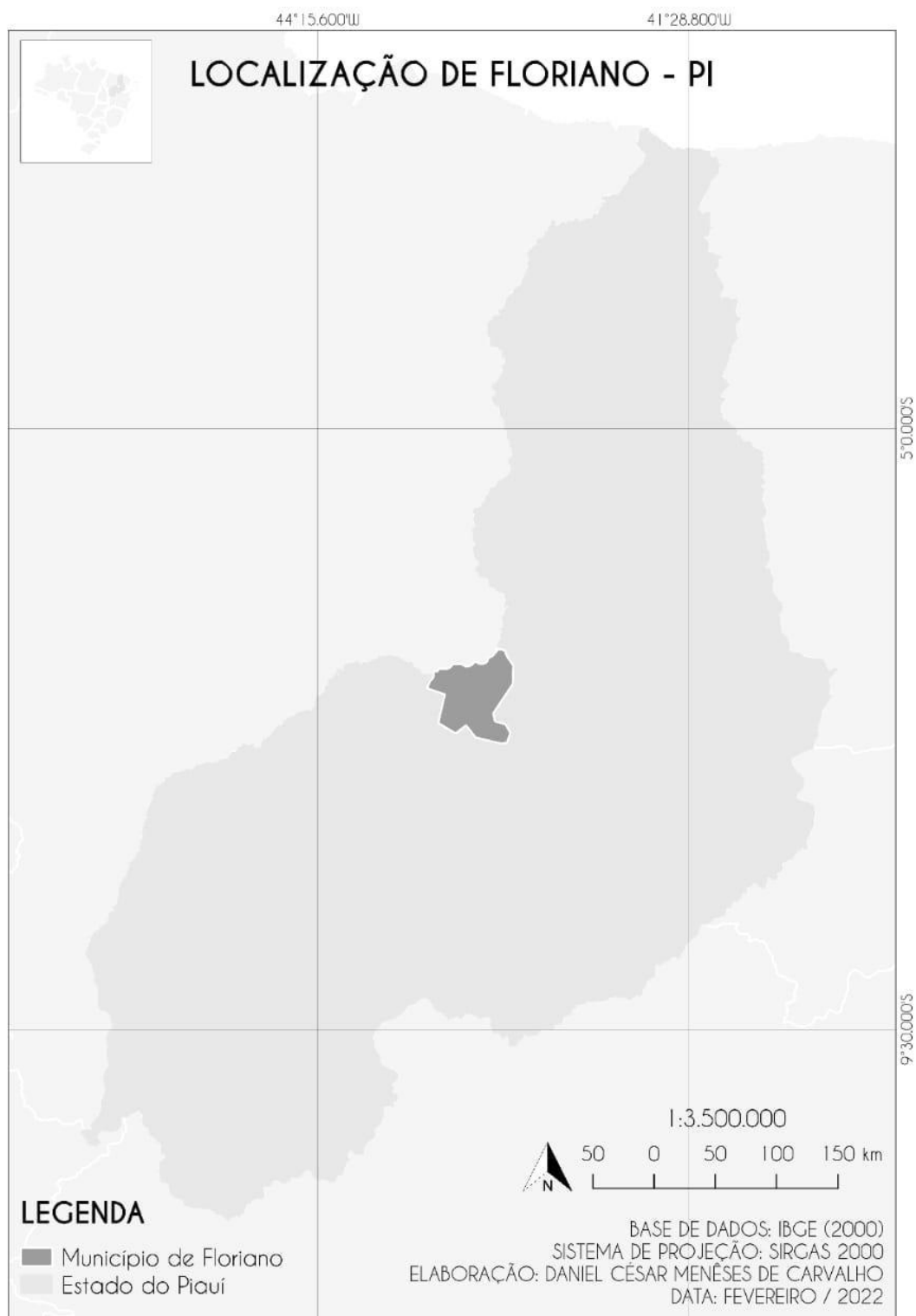


Figura 1: Localização de Floriano - PI
Fonte: Carvalho (2022)

A Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba é dividida em três partes fisiográficas: Alto, Médio e Baixo Parnaíba, sendo a segunda mais importante em termos hidrológicos na Região

Nordeste do país. Os aquíferos da região apresentam o maior potencial hídrico do Nordeste (ANA, 2015). No entanto, a disponibilidade hídrica na região do Parnaíba, considerando a vazão regularizada pelos reservatórios locais, é de apenas 379 m³/s, correspondendo a menos de 0,5% da oferta hídrica nacional. A vazão média da região hidrográfica é de 767 m³/s, representando apenas 0,43% da média nacional, sendo a menor em comparação com outras regiões hidrográficas do Brasil (ANA, 2005).

Floriano, um município localizado no estado do Piauí, é atravessado por diversos riachos, que deságuam no Rio Parnaíba. As coordenadas geográficas da cidade são 06°46'01" de latitude sul e 43°01'22" de longitude oeste em relação a Greenwich, com uma altitude de 140 metros (IBGE, 1957). A área territorial do município é de 3.409,65 km², e está inserido no território de desenvolvimento Vale dos Rios Piauí e Itaueira (CEPRO, 2019).

A região é caracterizada por uma forte incidência solar, com o sol atingindo o zênite duas vezes ao ano. A radiação solar pode chegar a até 3.200 horas por ano, com uma média de 2.800 horas por ano (Conti; Furlan, 2001). As temperaturas médias anuais na região semiárida são elevadas, variando entre 24°C e 28°C, com uma amplitude térmica relativamente baixa, em torno de 6°C. A umidade relativa média do ar é de aproximadamente 50%.

Os solos predominantes na região semiárida são rasos ou pouco profundos e pouco permeáveis, o que contribui para o escoamento superficial e dificulta a infiltração. Embora a vegetação pudesse atuar como uma esponja, retendo água por mais tempo, ela é escassa e dispersa, deixando o solo exposto (Araújo, 2011).

A vegetação predominante na região é o cerrado, com algumas áreas de caatinga. O cerradão, uma formação florestal semidecídua, xeromorfa, cobre as grandes áreas de chapadas e chapadões, enquanto áreas de cerrado denso são mais comuns ao norte do município (Prefeitura Municipal de Floriano, 2021).

O clima do município é classificado como tropical semiárido quente, com um período seco que dura de seis a oito meses (CEPRO, 1990). Devido à sua localização no semiárido, a região tem baixos índices pluviométricos na maior parte do ano, com uma precipitação média anual variando entre 300 mm e 800 mm. As chuvas são concentradas em um curto período de tempo e distribuídas de forma irregular ao longo do espaço e do tempo, ocorrendo durante três a quatro meses, principalmente entre janeiro e março, que corresponde ao trimestre mais úmido. O déficit hídrico na região é causado pela alta evaporação anual, em torno de 3.000 mm/ano, o que resulta em uma evaporação potencial até cinco vezes maior do que a precipitação (Conti; Furlan, 2001).

Um estudo realizado por Xavier et al. (2016) compilou dados de precipitação, evapotranspiração de referência, temperatura, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento para o período de 1980 a 2013, com base em informações de pluviômetros e estações meteorológicas.

Todos os modelos do quinto relatório do IPCC (2014) indicam que a região semiárida sofrerá aquecimento até 2100, com um aumento esperado de 1,5°C a 5,5°C. Isso pode resultar em um leve aumento das chuvas e extremos climáticos, além de uma perda significativa de biodiversidade, cobertura vegetal e impactos graves na agricultura.

Segundo estimativas do IBGE, em 01/07/2021, a população de Floriano era de 60.111 habitantes, tornando-a o quinto município mais populoso do estado. A cidade vem experimentando um intenso crescimento urbano, como pode ser observado nas imagens do Google Earth desde maio de 2004 (Figura 2).



Figura 2: Visualização da área urbana da cidade de Florianópolis em maio de 2004 (1), agosto de 2013 (2) e abril de 2022 (3).

Fonte: Google Earth (2024)

A Figura 2 mostra as imagens da cidade em maio de 2004, agosto de 2013 e abril de 2022. Em 2004, observa-se uma concentração urbana próxima ao centro da cidade, enquanto as áreas circundantes ainda apresentavam densa vegetação.

Entretanto, no ano de 2013, observou-se um aumento significativo na pavimentação de vias e construção de residências no centro da cidade, acompanhado por um notável crescimento na construção de edifícios nas regiões periféricas. Isso incluiu o desenvolvimento de conjuntos residenciais e outras infraestruturas, como o Conjunto Habitacional Filadelfo Freire de Castro e o Conjunto Habitacional José Pereira, ambos erguidos por meio do Programa de Habitação Minha Casa Minha Vida.

A imagem de 2022 mostra a construção de novos conjuntos habitacionais, além de novos loteamentos na região. Também são visíveis a construção da estação de tratamento de água e esgoto, estabelecimentos comerciais de grande porte, como dois atacadões e um shopping, novas estradas e vias de acesso, entre outras obras. Essas expansões resultaram em um aumento significativo da área impermeabilizada da cidade, acarretando as consequências já mencionadas neste estudo.

No que diz respeito às leis, normativas e resoluções em vigor relacionadas aos serviços de saneamento básico na localidade, com especial ênfase naquelas associadas à drenagem urbana, não foram identificados estudos publicados sobre a drenagem urbana na área, tampouco sobre as transformações ambientais ao longo do tempo, os padrões pluviométricos históricos e outros aspectos correlatos. Este déficit de pesquisa na região é notável e poderia servir de base para os formuladores de políticas públicas municipais, especialmente no que diz respeito à drenagem urbana.

Também foi constatado que não há legislação específica no âmbito municipal para tratar da drenagem urbana, sendo mencionada apenas no plano diretor da cidade, o que complica a adoção de soluções mais adequadas às necessidades locais. Já no que tange ao planejamento urbano, a lei nº 416/07 institui o Plano Diretor Participativo de Florianópolis, foi criada em abril de 2007 e abrange os territórios urbano e rural. O Art. 2º desta Lei trata sobre o cumprimento da função social da cidade, que é cumprido quando “assegura à população, entre outros fatores, a universalização do acesso ao saneamento ambiental, composto pelos serviços de abastecimento d’água, esgotamento sanitário, manejo de águas pluviais e manejo dos resíduos sólidos urbanos”, conforme o item IV deste artigo.

No item III do Art. 3º, que lista as diretrizes gerais da política da cidade de Florianópolis, “a dotação adequada de infraestrutura urbana, especialmente na área de transporte e saneamento básico”, é uma das diretrizes a serem adotadas pela política da cidade.

De acordo com o Art. 22º desta Lei, “As Zonas de Proteção Ambientais Especiais (ZPAE) são áreas de conservação ambiental, destinadas a proteger e conservar a qualidade ambiental e os sistemas naturais ali existentes, visando à melhoria da qualidade de vida da

população local e também objetivando a proteção de sistemas ambientais frágeis, apresentando nas situações de ZPAE 1 - Captação d'água e ZPAE 2 - Bacia de retenção, e indicava que os perímetros estavam indicados no Mapa 2/3 em anexo do plano, no entanto, este mapa não está anexado à e nem foi disponibilizado pela Secretaria Municipal de Infraestrutura para este estudo.

Ainda, de acordo com o Art. 65 desta Lei, o Poder Público Municipal terá preferência para a aquisição de imóvel urbano objeto de alienação onerosa entre particulares, ou seja, direito de preempção, para a ZPAE 2, e, de acordo com o Art. 66º, tal direito será exercido quando o Poder Público necessitar de área para implantação de equipamentos urbanos e comunitários, assim, caso a localização a ser indicada para a solução sustentável para a drenagem urbana fique situada em uma área particular, o município terá preferência para a aquisição.

Ademais, no item III do Art. 70º, a Bacia de Retenção será criada como um programa especial, e o início da elaboração pelo Poder Executivo do projeto urbanístico deste programa deveria ocorrer no prazo máximo 2 anos, a partir da promulgação do Plano Diretor. No entanto, foi consultado na Câmara dos Vereadores que tal projeto não foi criado.

O Art. 74º lista as seguintes diretrizes a serem seguidas pelo programa da bacia de retenção:

- I - A formação de uma bacia de retenção de águas pluviais provenientes da Zona de Proteção do Patrimônio Cultural (ZPPC) e da Zona Central 01, reunindo-as e acumulando-as em períodos de excesso sobre a capacidade de escoamento instalada e disciplinando seu escoamento, em localização, velocidade e carreamento de materiais;
- II - O uso compatível com a presença humana;
- III- A proteção do rio Parnaíba - margem, leito e águas -, na zona de influência dos desaguadouros disciplinados por ela;
- IV - A melhoria das condições de salubridade das áreas sujeitas a alagamentos;
- V - O aproveitamento do potencial ambiental da área;
- VI - A integração paisagística com as zonas de entorno;
- VII - O aproveitamento máximo das estruturas de macrodrenagem existentes.

O plano diretor ainda indicou que a Lei de Uso e Ocupação do Solo deveria ser elaborada no prazo de até 1 ano da promulgação do Plano Diretor, no entanto, foi consultado sobre a criação da Lei na Câmara dos Vereador e foi informado que a Lei ainda não foi criada.

Conforme Tucci (1997), o objetivo primordial do plano diretor de drenagem urbana é coordenar a gestão hídrica no tempo e no espaço, bem como administrar a ocupação das áreas

vulneráveis a inundações e mitigar os impactos das enchentes em regiões de menor risco. Enquanto isso, o manual de drenagem urbana apresenta as limitações e métodos aceitáveis para dimensionar os sistemas de drenagem na localidade, levando em consideração os princípios e diretrizes delineados nos PDDUs e nas regulamentações específicas para cada distrito de drenagem.

Contudo, a cidade em foco nesta pesquisa carece da implementação das recomendações supracitadas, restringindo-se a orientações relativas à drenagem apenas no plano diretor municipal. Além disso, não se observam tais diretrizes aplicadas nas cidades circunvizinhas à área de estudo.

As chuvas intensas causam danos significativos ao comércio local e à população em geral. Esses danos incluem prejuízos à infraestrutura pública, como quedas de fiação elétrica e danos ao asfalto e calçamento. Carros são arrastados pelas águas, o que afeta o acesso dos clientes às lojas. Em casos mais graves, a água pode invadir residências e outras estruturas. O centro da cidade é consistentemente a área mais impactada, principalmente devido à sua alta proporção de superfície impermeável e à proximidade com o Rio Parnaíba. Como resultado, está localizado em uma região onde as águas fluem até atingir o exultório.

3.1 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS

A primeira análise foi de se fazer uma comparação entre a média histórica total da série de toda a série de dados (1982-2023) e os dados do período de estudo (2020 – 2023). A figura a seguir ilustra ambas as pluviosidades mensais médias mensais dos dois períodos.

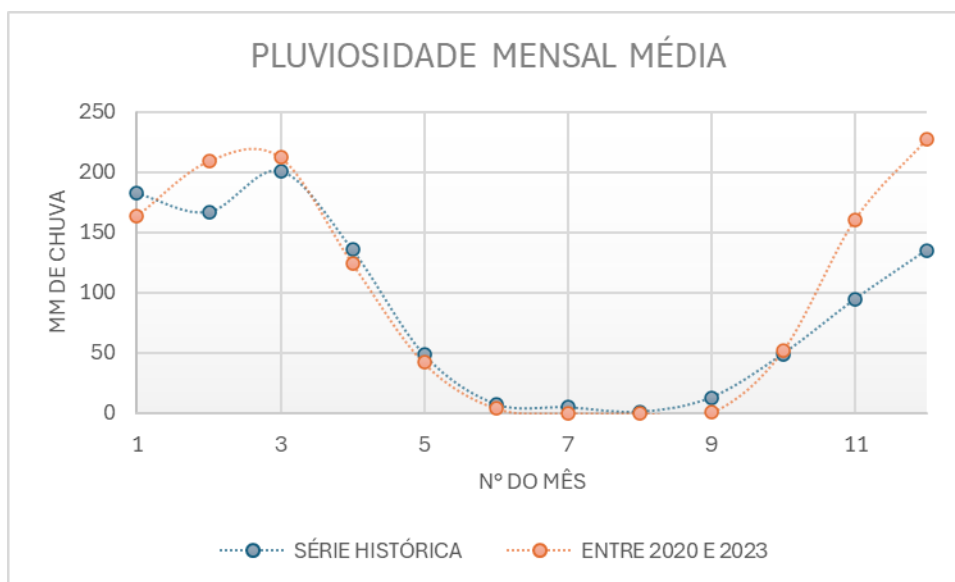


Figura 3: Pluviosidade médias acumuladas dos meses para cada período.
Fonte: ANA (2024).

Observa-se que embora os comportamentos de pico e vale no gráfico se assemelhem, a amplitude do período de chuva nos últimos 4 anos aumentou, em outras palavras, tem chovido mais no período chuvoso e chovido menos ainda nos meses de transição entre período de chuva e estiagem, se comparado a série histórica.

Outro indicador de suma importância para análise de dados pluviométricos é a de intensidade de chuva, geralmente dada em mm/h. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a chuva está relacionada com o tempo de duração. O mesmo órgão utiliza a seguinte classificação ocorre da seguinte maneira:

- 0,1mm – chuvisco;
- De 0,2mm a 9,9mm/h - chuva fraca;
- De 10 a 19mm/h - chuva moderada; e
- De 20mm a 60mm/h - chuva forte.
-

Ainda segundo o INMET, o órgão também trabalha com faixas de valores de precipitação, pelos quais geralmente são emitidos alertas, sendo eles:

- Aviso amarelo: entre 20 e 30mm/h e 50mm em 24h;
- Aviso laranja: entre 30 a 60mm/h ou 50 a 100mm em 24h; e
- Aviso vermelho: superior a 100mm/dia.

Infelizmente, os dados pluviométricos da estação utilizadas não estão disponibilizados em resolução temporal suficiente para uma análise minuto a minuto, mas possuem os valores diários. Outra limitação é que o limiar de alerta amarelo também está condicionado à intensidade em mm/h, o que impossibilita classificar os dados com menos de 50 mm/dia. Assim, realizou-se a plotagem dos gráficos pluviométricos no software Microsoft Excel, de forma que seja possível analisá-los a partir do critério de chuvas diárias e limiares de alertas emitidos pelo INMET. A imagem a seguir ilustra a série de dados do período supracitado.

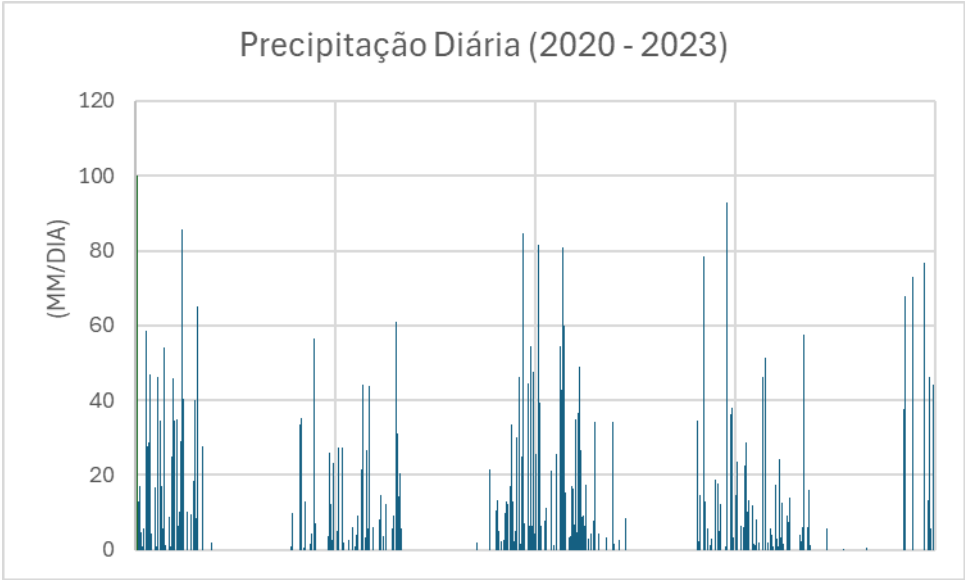


Figura 4: Precipitação no período de interesse.
Fonte: ANA (2024).

Já o Quadro a seguir ilustra as maiores precipitações no período supracitado em ordem decrescente do limiar de alerta laranja para cima.

Quadro 1: Dados diários de chuva acima de 50 mm/dia

DATA	CHUVA DIÁRIA (mm/dia)	ALERTA EMITIDO
15/12/2022	92,9	LARANJA
25/03/2020	85,6	LARANJA
08/12/2021	84,8	LARANJA
04/01/2022	81,7	LARANJA

19/02/2022	81	LARANJA
04/11/2022	78,5	LARANJA
10/12/2023	76,7	LARANJA
11/12/2023	73,5	LARANJA
20/11/2023	73,1	LARANJA
06/11/2023	67,7	LARANJA
21/04/2020	65,2	LARANJA
19/04/2021	60,8	LARANJA
20/02/2022	59,9	LARANJA
20/01/2020	58,6	LARANJA
04/05/2023	57,4	LARANJA
21/11/2020	56,4	LARANJA
22/12/2021	54,5	LARANJA
14/02/2022	54,4	LARANJA
21/02/2020	54,2	LARANJA
23/02/2023	51,2	LARANJA

Fonte: INMET. 2024

Observa-se que eventos de alerta laranja foram reportados 20 vezes pelo critério da chuva diária, não sendo reportado alerta vermelho segundo os dados da estação.

No que diz respeito aos reportes utilizados pela mídia, não são raras reportagens noticiando alagamentos provenientes de enchentes, a maior parte ocorrendo no centro norte da cidade. As imagens a seguir trazem alguns registros de portais de notícias de eventos de cheia.



Figura 5: Alagamento no Bairro São Cristóvão no dia 06/11/2023.

Fonte: Portal Alô Piauí (2023)



Figura 6: Alagamento no Centro de Floriano no dia 21/04/2023.

Fonte: Cidadeverde.com (2023)



Figura 7: Alagamento na região central de Florianópolis no dia 18/02/2022.
Fonte: G1 (2022).

Nota-se que as datas das imagens coincidem com os valores citados na Tabela 1 supracitada.

Mapeando-se os locais onde são reportados eventos de cheia, foi possível estimar uma área onde os alagamentos ocorrem mais frequentemente. O mapa a seguir traz polígono de alagamento obtido.

FOCOS DE ALAGAMENTO NO CENTRO DO MUNICÍPIO DE FLORIANO - PI

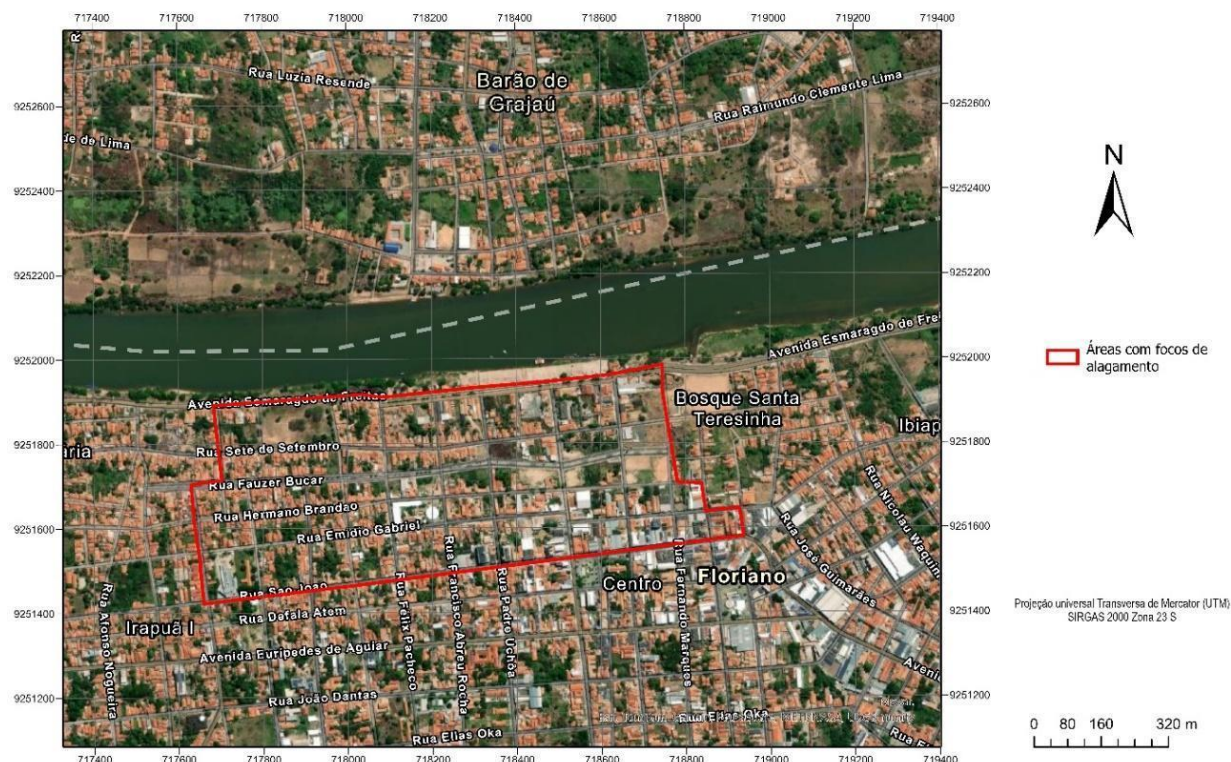


Figura 8: Focos de alagamento no centro de Florianó - PI.
Fonte: ANA (2024).

A análise dos dados pluviométricos para o período de 2020 a 2023 mostrou um aumento significativo na amplitude das precipitações durante o período chuvoso em Florianópolis, quando comparado à média histórica.

Eventos de alerta laranja ocorreram com maior frequência, indicando chuvas intensas que ultrapassaram os limites estabelecidos pelo INMET. Esses eventos resultaram em diversos alagamentos, principalmente nas áreas centrais da cidade, conforme confirmado pelas reportagens e imagens de cheias. Tais resultados reforçam a necessidade de uma gestão mais eficiente das águas pluviais, especialmente em áreas urbanas vulneráveis, para mitigar os impactos desses eventos extremos e proteger a infraestrutura e a população local.

4. CONCLUSÃO

Com base nas análises e pesquisas realizadas, é evidente que a cidade de Florianópolis enfrenta uma série de eventos pluviométricos críticos, e que com base nos dados apresentados,

a sua magnitude e frequência tendem a aumentar. Este cenário é ainda mais caótico considerando a tendência de crescimento urbano da cidade, que inevitavelmente resultará em um aumento do escoamento superficial da água.

Assim, como as informações utilizadas não são precisas ou não foram fornecidas pelos responsáveis, este estudo serviu apenas como um aporte para dar início às discussões a respeito dos eventos de chuvas intensas na localidade, além de fornecer subsídios necessários para incentivar novas pesquisas na região voltadas à previsão e análise de cenários futuros de picos de cheia. Como recomendação, sugere-se estudos específicos que subsidiem um plano diretor de águas pluviais para a localidade e/ou mudanças em seu plano diretor, assim como buscar formas de solucionar os problemas voltados ao escoamento superficial exacerbado enfrentados na cidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA - Agência Nacional das Águas. (2005). **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA.

_____. (2015). **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**: regiões hidrográficas brasileiras. Brasília: ANA.

Araújo, S. M. S. (2011). A região semiárida do nordeste do Brasil: Questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Rios Eletrônica - Revista Científica da FASETE**, 5(5), 89-98.

CEPRO - Superintendência de estudos econômicos e sociais (1990). **Atlas do estado do Piauí**. Teresina: CEPRO/IBGE.

_____. (2013) **Diagnóstico socioeconômico do município de Floriano**. Teresina: CEPRO/IBGE.

Chu, M. L.; Knouft, J. H.; Ghulam, A.; Gusman, J.A.; Pan, Z. (2013). **Impacts of urbanization on river flow frequency**: A controlled experimental modeling-based evaluation approach. *Journal of Hydrology*, 495(1), 1–12.

GI. **CHUVA em Floriano causa alagamentos, moto cai em bueiro e teto de clínica desaba**. Disponível em: https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2022/11/04/chuva-em-floriano-pi-causa-alagamentos-moto-cai-em-bueiro-e-teto-de-clinica-desaba.ghtml?utm_source=whatsapp&utm_medium=share-bar-mobile&utm_campaign=materias. Acesso em: 16 jun. 2024.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. (2016). **Plano nascente Parnaíba**: plano de preservação e recuperação de nascentes da bacia do rio Parnaíba. Brasília: CODEVASF.

CORTEZ, Henrique. Aquecimento global e água. **Série Consciência e Meio Ambiente**, p. 95, 2004.

Conti, J. B., & Furlan, S. A. (2003). Geoecologia: o clima, os solos e a biota. In **Geografia do Brasil**. 4a ed. São Paulo: EDUSP.

Grilo, R. C. (1992). **A precipitação pluvial e o escoamento superficial na cidade de Rio Claro/SP**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 103 p.

Haughton G, Hunter C. (1994) **Sustainable cities**. London: Jessica Kingsley Publishers and Regional Studies Association; Regional Policies and Development Series n. 7. 357 p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2021). **Cidades e Estados**: Florianópolis.

_____. (1957). **Coleção de monografias**. 2ª série. 16p.

_____. (2020). **Pesquisa de Informações Básicas Municipais**: Florianópolis.

IPCC, P. I. S. M. C. (2014). **5º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade**. Cambridge University Press.

IPH - Instituto de Pesquisa Hidráulica. (2002). **Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre**: Manual de Drenagem Urbana – Vol. 6. Porto Alegre: Prefeitura Municipal de Porto Alegre.

Jacobson, C. (2011). **Identification and quantification of the hydrological impacts of imperviousness in urban catchments: A review**. Journal of Environmental Management, 92(1), 1438–1448.

MAIS de 1 mil alunos ficam sem ir à escola devido forte chuva em Florianópolis. Disponível em: <https://g1.globo.com/pi/piaui/noticia/2021/12/08/mais-de-1-mil-alunos-ficam-sem-ir-a-escola-devido-forte-chuva-em-florianopolis.ghtml>. Acesso em: 16 jun. 2024.

MIGUEZ, Marcelo; VERÓL, Aline; DI GREGORIO, Leandro Torres. **Gestão de riscos e desastres hidrológicos**. Elsevier Brasil, 2017.

MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional. (2012). **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres** - COBRADE.

Pereira, P. P.; Ito, A. H. (2017). **Efeitos da urbanização e soluções sustentáveis para o sistema de drenagem**. Synergismus scientifica UTFPR, 12(1), 83–195.

Pisani, M. A. J. (2001). **As enchentes em áreas urbanas**. Ed. 03. p. 42-45. SINERGIA. São Paulo.

REDAÇÃO, Redação. **Florianópolis registra mais de 70 mm de chuva e ruas ficam alagadas. 6 nov. 2023.** Disponível em: <https://alopiaui.com.br/noticia/28324/chuva-e-forte-vento-causam-estragos-nas-ruas-de-florianopolis-pi>. Acesso em: 16 jun. 2024.

Tucci, C. E. M. (1997). **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Princípios e Concepção.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2(2), 5-12.

_____. (2003). **Inundações urbanas na América do Sul.** Ed. dos Autores.

Tucci, C. E. M., & Urbanas, I. (2007). **Impactos da urbanização.** Porto Alegre: Ed. ABRH/RHAMA, 87-124.

Tucci, C., & Collishonn, W. (2000). **Drenagem Urbana e Controle de Erosão—Avaliação e Controle da drenagem urbana.** Porto Alegre: Rio Grande do Sul.

Tucci, C. E. M. (2000). **Coeficiente de Escoamento e Vazão Máxima de Bacias Urbanas.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 5(1), 61-68

Xavier, A. C., King, C. W., & Scanlon, B. R. (2016). **Daily gridded meteorological variables in Brazil (1980–2013).** International Journal of Climatology, 36(6), 2644-2659.