

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

4

RAMIRO PICOLI NIPPES
(ORGANIZADOR)

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

4

RAMIRO PICOLI NIPPES
(ORGANIZADOR)

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Bruno Oliveira

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^o Dr^o Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^o Dr^o Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^o Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^o Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^o Dr^o Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^o Dr^o Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes
Prof^o Dr^o Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^o Dr^o Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof^o Dr^o Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof^o Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^o Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Engenharia sanitária e ambiental: recursos hídricos e tratamento de água 4

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Ramiro Picoli Nippes

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
E57	Engenharia sanitária e ambiental: recursos hídricos e tratamento de água 4 / Organizador Ramiro Picoli Nippes. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-0971-7 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.717230501 1. Engenharia sanitária e ambiental. I. Nippes, Ramiro Picoli (Organizador). II. Título. CDD 628
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

A coleção “Engenharia sanitária e ambiental: Recursos hídricos e tratamento de água 4” é uma obra composta por treze capítulos que possuem como foco principal as Ciências Naturais. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam nos vários caminhos da Engenharia Sanitária e ambiental.

O objetivo central foi apresentar de forma qualificada e clara estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país. Tendo como linha condutora aspectos importantes relacionado aos recursos hídricos e tratamento de água. A água é um componente vital para a humanidade e fundamental para a realização de diversas atividades em nosso cotidiano. A demanda por água potável tem sido cada vez maior, por isso, a preocupação com a preservação dos recursos hídricos, também tem crescido em igual proporção, visto que, a poluição das matrizes aquáticas é uma realidade que precisa ser contornada. Com isso, o tema do tratamento de água é uma vertente de estudo de extrema relevância para a manutenção da qualidade da água e preservação dos ecossistemas aquáticos.

Nesse contexto, a obra Engenharia sanitária e ambiental: Recursos hídricos e tratamento de água 4 aborda temas atuais com enfoque principal nos recursos hídricos e nos tratamentos de água. O principal intuito é fornecer dados importantes e de interesse para a comunidade científica. Os estudos englobam desde as práticas de educação ambiental até estudos mais aplicados de reuso de água e otimização do monitoramento de água. Os artigos selecionados para esta coleção são bem fundamentados nos resultados práticos obtidos e nas discussões desenvolvidas. Os dados apresentados estão muito bem organizados de forma clara e didática.

Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Ramiro Picoli Nippes

CAPÍTULO 1 1**ÁGUA NA ESCOLA: AÇÕES AMBIENTAIS**

Maria Cristina Bueno Coelho
Mauro Luiz Erpen
Wádilla Moraes Rodrigues
Juliana Barilli
Marilene Alves Ramos Dias
Maurilio Antonio Varavallo
Damiana Beatriz da Silva
Henrique da Silva Fernandes
Marcos Giongo
Hellen Cristina de Freitas
André Ferreira dos Santos
Brenda Raiane Lopes do Nascimento

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305011>

CAPÍTULO 2 12**CAIXA TERMOPLÁSTICA - UMA ALTERNATIVA PARA INSTALAÇÃO DE VENTOSA EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA**

Eliane Xavier
Amaçuilto Leoncio de Queiroz
Zaqueu Mesquita Militão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305012>

CAPÍTULO 3 21**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DE IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE REÚSO DE ÁGUAS CINZAS EM UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR EM SANTA MARIA – RS**

Vitória Tesser Martin
Guilherme Silveira Baptista
Liriane Élen Böck
Bibiana Peruzzo Bulé
Cristiano Gabriel Persch
Rutineia Tassi
Daniel Gustavo Allasia Piccilli

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305013>

CAPÍTULO 4 33**DISCUSSÃO SOBRE LOGÍSTICA REVERSA E O DESCARTE INADEQUADO DAS EMBALAGENS NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO COM ENFOQUE NO RIO PINHEIROS**

Eliana Bôa Ventura

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305014>

CAPÍTULO 5 47**PIPERS®: DETECÇÃO DE VAZAMENTOS E AVALIAÇÃO DE INTEGRIDADE**

DE ADUTORAS USANDO SENSORES INTERNOS COM LINHA EM CARGA

Felipe Chagas de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305015>

CAPÍTULO 668

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DA ÁGUA DO RIO BUBU, CARIACICA ESPÍRITO SANTO

Larissa Bueno Rocha

Rebeca Gonçalves Freire

Aline Gonçalves Louzada

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305016>

CAPÍTULO 780

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE MONITORAMENTO, ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA *PI VISION*

Luis Felipe Correia Palma

Eliane Xavier

Daniel Gomes da Rocha

Rodrigo de Araujo Balduino

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305017>

CAPÍTULO 888

ANÁLISE SOBRE VERTICALIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS AMBIENTAIS

Suzanne Negreiros Figueiredo

Juciely Leite Costa Cortez

Ana Lúcia Barros de Andrade

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305018>

CAPÍTULO 9 106

ESTUDO DE CASO SOBRE ALAGAMENTOS URBANOS NA AVENIDA JK EM FOZ DO IGUAÇU - PR

Kleber G. Ramirez

Bianca G. dos S. Dezen

Fernanda Rubio

Jiam P. Frigo

Mara R. Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.7172305019>

CAPÍTULO 10.....117

ATUALIZAÇÃO REGULATÓRIA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BRASIL: AVANÇOS E DESAFIOS

Cristiane Gracieli Kloth

Flávio José Simioni

Rubens Staloch

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71723050110>

CAPÍTULO 11 135**ATENDIMENTO CONSULTIVO – UGR JARDINS**

Jéssica Cristina dos Anjos
Osmar Brandão dos Santos
Gabriel da Silva Leite

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71723050111>

CAPÍTULO 12..... 144**MAPEAMENTO E LEVANTAMENTO PLANIALTIMÉTRICO PARA
REGULARIZAÇÃO DE ÁREAS COM UTILIZAÇÃO DE DRONES**

Daniel Gomes da Rocha
Rodrigo de Araujo Balduino
Cássio José Barth

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71723050112>

CAPÍTULO 13..... 154**UMA ANÁLISE SOBRE AS PRINCIPAIS ANOMALIAS ENCONTRADAS NA
BARRAGEM DE LUCRÉCIA, NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE,
BRASIL**

Eduardo Barcelos Bontempo Filho
Fernanda Moraes Lima
Vera Lucia Rodrigues Cirilo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.71723050113>

SOBRE O ORGANIZADOR 164**ÍNDICE REMISSIVO 165**

ESTUDO DE CASO SOBRE ALAGAMENTOS URBANOS NA AVENIDA JK EM FOZ DO IGUAÇU - PR

Data de aceite: 02/01/2023

Kleber G. Ramirez

Universidade Federal da Integração
Latino-Americana
Foz do Iguaçu, PR

Bianca G. dos S. Dezen

Universidade Federal da Integração
Latino-Americana

Fernanda Rubio

Instituto Federal do Paraná

Jiam P. Frigo

Universidade Federal da Integração
Latino-Americana

Mara R. Silva

Universidade Federal da Integração
Latino-Americana

RESUMO: O processo de urbanização causa diversos impactos ao meio ambiente. Um deles é a alteração do ciclo hidrológico das bacias por conta das modificações antrópicas das características não só do relevo, mas também da cobertura do solo. Com o aumento da taxa de impermeabilização dos solos, o escoamento superficial e a taxa de infiltração das águas pluviais são alterados. Diante disto, os

fenômenos de alagamentos são cada vez mais recorrentes. Com isso o objetivo deste trabalho foi elencar as condicionantes dos fenômenos de alagamentos presentes na Avenida Juscelino Kubitschek na cidade de Foz do Iguaçu - PR. Foram analisadas as características altimétricas das bacias que envolvem a área de estudo, assim como os locais que a Prefeitura Municipal identificou problemas críticos de drenagem. Os dados demonstraram que os fatores intrínsecos à própria rede de drenagem, possuem condicionantes de cunho altimétrico do relevo que corroboram para a suscetibilidade dos pontos à alagamentos. Além disso, as condições de uso e ocupação do solo da região, indicam uma elevada taxa de impermeabilização da área, o que aumenta o volume e a velocidade das águas pluviais que escoam superficialmente das microbacias. Por isso, situações de estresse e falhas nas redes pluviais de drenagem da avenida foram observados.

PALAVRAS-CHAVE: Hidrologia, geoprocessamento, alagamentos.

ABSTRACT: The urbanization process causes several impacts to the environment. One of them is the alteration of the hydrological cycle of the basins due to the

anthropic changes of the characteristics not only of the relief, but also of the soil cover. With the increase in the rate of soil sealing, the surface runoff and the rate of infiltration of rainwater are altered. In view of this, the phenomena of flooding are increasingly recurrent. The objective of this work was to list the conditions of the flooding phenomena present on Avenue Juscelino Kubitscheck in the city of Foz do Iguaçu - PR. The altimetric characteristics of the basins that surround the study area were analyzed, as well as the places where the City Hall identified critical drainage problems. The data showed that the factors intrinsic to the drainage network itself have altimetric nature conditions of the relief that corroborate the susceptibility of the points to flooding. In addition, the conditions of use and occupation of the soil in the region indicate a high rate of waterproofing of the area, which increases the volume and speed of rainwater that run off the surface of the microbasins. Therefore, stress situations and failures in the avenue's drainage networks were observed.

INTRODUÇÃO

Foz do Iguaçu está localizado no extremo oeste do Paraná e faz fronteira com a Argentina e o Paraguai. Embora o município tenha completado 108 anos em 2022, este passou por uma urbanização mais acentuada somente nos últimos 45 anos, inicialmente devido à construção de Itaipu e, posteriormente, às políticas de incentivo turístico, comercial, de agronegócio e acadêmico (TISSIANO, 2018), sendo este último relacionado principalmente à implantação dos cursos de medicina no Paraguai e às universidades públicas e particulares no lado brasileiro (WEBBER, 2017). Dentre os diversos problemas que surgem com a expansão das cidades, podem ser citadas as condições de urbanização que geram os fenômenos de alagamentos nos centros urbanos, como por exemplo a rápida expansão da urbe e a deficiência de planejamento (MOUTINHO, 2011).

No município são constantemente verificadas situações de alagamentos, as quais causam perdas materiais e financeiras para os moradores e comerciantes, como é o caso da Av. Juscelino Kubitschek (JK), a qual sofre constantemente com alagamentos em diferentes trechos da via.

A avenida está localizada na região oeste da cidade, sendo uma das rotas de maior importância para o corredor turístico do município, pois faz parte da ligação entre a região Norte, onde está localizada a Usina Hidrelétrica de Itaipu, com a região Sul, em que está situado o Parque Nacional do Iguaçu, além de também promover o acesso às vias de fronteira entre Brasil e o Paraguai.

Considerando as problemáticas identificadas e apontadas acima, no presente estudo buscou-se identificar e analisar as condicionantes responsáveis pelos alagamentos na Av. JK por meio de ferramentas de geoprocessamento. A escolha por estas ferramentas, se deu pelas vantagens de analisar sob uma ótica macro, a situação das bacias hidrográficas que envolvem a avenida, sendo assim possível cruzar diversas informações que facilitaram a compreensão dos fenômenos e as quais também podem auxiliar futuras medidas de

prevenção à alagamentos na cidade.

METODOLOGIA

O estudo possui características essencialmente de pesquisas exploratórias, com alguns elementos de pesquisas explicativas. A metodologia foi dividida em três etapas principais, sendo elas: 1) Caracterização altimétrica das microbacias onde a área de estudo está localizada; 2) Identificação dos Pontos Críticos de drenagem das Av. JK; e 3) Estudo dos níveis de risco de alagamentos dos Pontos Críticos.

Foz do Iguaçu está geograficamente situado a 25°32'55" de latitude S e 54°35'17" de longitude O e no ano de 2016, a cidade possuía 617,70 km² de extensão, sendo destes 191,46 km² de área urbana (31% do território). A população residente na cidade é estimada em 258.248 pessoas, conforme projeção do IBGE (2020). Em relação à organização urbana atual, ela possui diversos atrativos sejam eles turísticos, comerciais ou com intuito de sediar eventos. Possui como principais polos Itaipu ao Norte, o acesso ao Paraguai à Oeste, o comércio local na região central e o Parque Nacional ao Sul, juntamente com o acesso à Argentina, o Aeroporto Internacional e os principais hotéis e resorts cinco estrelas da cidade (SMPCR, 2016).

A precipitação no período de 2010 a 2020, tem o seu período mais chuvoso, o ano de 2017, com 112 dias. O mês com maior incidência de chuvas é outubro, e o mês com maior volume de precipitação foi julho de 2014 com 438 mm e, conseqüentemente, o ano de maior volume de chuvas na cidade (PATZLAFF e RAMIREZ, 2020).

Na presente pesquisa, analisou-se a Avenida Juscelino Kubitschek (Av. JK), (figura 1a), a qual possui aproximadamente 4,5 km de extensão e 6 pistas de rolamento. A avenida possui 3 pistas em cada sentido desde seu início (interseção entre as BRs 600 e 277).

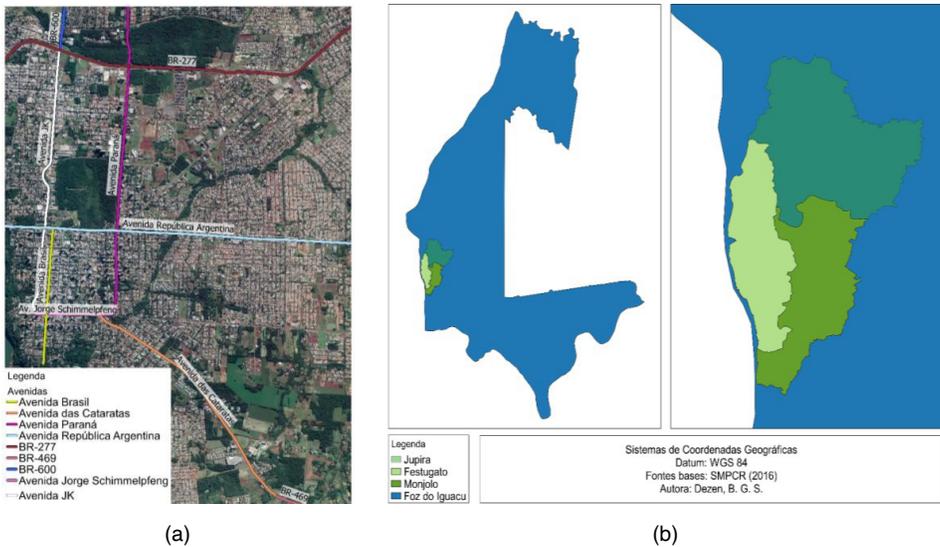


Figura 1 – a) Principais avenidas e rodovias de Foz do Iguaçu/PR, b) Microbacias estudadas.

Com relação às características físicas e geomorfológicas da cidade, Foz possui um clima subtropical temperado e úmido, com temperaturas que variam de 0 a 40 °C; está localizada num planalto com vertentes levemente onduladas e possui altitudes que variam de 100 a 285 m. Ademais, na área da cidade predominam os solos do tipo Latossolo Roxo Distrófico e Eutrófico e na região onde a avenida de estudo está localizada, o solo é do tipo Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico (SMPCR, 2016).

Foi utilizado o software QGis® versão 3.14.15. Na figura 1b é possível identificar com clareza as 3 microbacias e sua distribuição espacial na cidade.

Para delimitar o território de estudo, foram utilizadas as bases cartográficas contínuas disponíveis na plataforma do IBGE (2015). O Sistema Cartográfico de Referência (SCR) adotado em todo o trabalho foi o WGS 84 (EPSG: 4326). O Modelo Digital de Elevação (MDE) da cidade foi obtido a partir do acesso à plataforma do TOPODATA.

A partir da imagem de Altimetria na extensão Tagged Image File Format (.tiff), foi possível utilizar as ferramentas de raster do software, para processá-la e então produzir, além das curvas de nível do terreno (espaçadas a cada 1 m), o mapa hipsométrico das microbacias estudadas. Com base na imagem de Declividade (também na extensão .tiff), foi possível obter um mapa com a classificação do terreno, conforme as classes da Embrapa (2018). Ademais, foram calculados os seguintes parâmetros fisiográficos das microbacias: Fator de forma (Kf), Coeficiente de compacidade (Kc) e Índice de circularidade (Ic), segundo Villela e Matos (1975) e Cardoso et al. (2006).

Para obter as características supracitadas, foram utilizadas as próprias ferramentas do QGis®, que retornam as características dos arquivos vetoriais das microbacias

estudadas e a imagem .tiff de cursos hídricos da bacia do Rio Paraná, disponíveis no site da ANA (ANA, 2017).

Para determinar as classes de uso e ocupação do solo das microbacias, utilizou-se como base o manual de Uso dos Solos do IBGE (2020). Foi utilizada imagem fusionada com resolução espacial de 2 m do satélite CBERS 04A (sensor WPM) da missão Sino-Brasileira CBERS. Usou-se as bandas B1, B3 e B4 (banda 1 Azul, 3 Vermelho e 4 Infravermelho Próximo) referentes ao dia 14/06/2020 e fez-se a composição falsa-cor R1G4B3. A escolha pela banda de infravermelho próximo se deu por esta, além de conseguir destacar a vegetação da imagem, ainda contrastar porções de cultivo/solo ou terra/água (JENSEN, 2015).

Adotou-se o processo de classificação supervisionada pixel a pixel de mínima distância euclidiana, disponível no plugin SCP (Semi-Automatic Classification Plugin) para obter as porcentagens de cada classe de uso de solo das microbacias.

Após a classificação, foram coletadas as chamadas amostras de exatidão, de modo a verificar a acurácia do mapa gerado. Ao fim dessa coleta de verificação, o plugin comparou-se as informações e gerou-se um relatório de acurácia, onde duas informações contidas nesse arquivo são de interesse para a presente pesquisa: o valor do índice Kappa e a acurácia global do mapa.

Os pontos críticos da Avenida Juscelino Kubitschek foram elencados de acordo com os pontos determinados pelo Plano Municipal de Saneamento Básico (PMFI, 2019), sendo citados 4 locais no decorrer da avenida. Para melhor visualização da distribuição espacial destes pontos, a figura 2 foi criada. Nela é possível ter uma noção da localização dos pontos ao longo da avenida e suas condições de urbanização.

Para considerar o nível de risco dos 4 pontos destacados ao longo da avenida, foram utilizadas informações e metodologias contidas na publicação do Ministério das Cidades (BRASIL, 2007).

No entanto, a obtenção de tais informações exige investimentos não só financeiros como também de tempo para levantar e processar os dados neste grau de minúcia. Por este motivo, na presente pesquisa, só foram levados em consideração os dados levantados e aqui explanados para a classificação dos pontos críticos.



Figura 2 – Pontos críticos da Avenida JK

Para auxiliar neste processo, também se utilizou notícias circuladas nos veículos de comunicação online dos últimos nove anos (2010-2019) que apresentavam conteúdo relevante sobre eventos de alagamentos na avenida estudada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As três microbacias estudadas, Jupira, Festugato e Monjolo, possuem, respectivamente, áreas de 8,71 km², 4,38 km² e 5,23 km², representando juntas aproximadamente 9,57% da área urbana. Para a obtenção dos comprimentos axiais das microbacias (L), foi necessário analisar o arquivo de cursos hídricos .tiff disponibilizado pela ANA (figura 3) e utilizar rotinas de cálculo do software.

O parâmetro K_f (Fator de forma), demonstra quão suscetível uma bacia está a enchentes, uma vez que este é um parâmetro que relaciona a probabilidade de uma chuva intensa ocorrer simultaneamente em toda a extensão da bacia. As microbacias do Monjolo e Jupira possuem valores baixos de fator de forma, o que as torna menos suscetíveis a enchentes, ao contrário da microbacia do Festugato, com valor de K_f mais elevado, tornando-a sutilmente mais propensa do que as outras.

Na Tabela 1 é possível verificar as características e os parâmetros calculados para cada uma das microbacias analisadas.

O coeficiente de compacidade (parâmetro K_c) também indica quão sujeita uma bacia é a enchentes. No entanto, quanto mais próximo da unidade, mais suscetível uma bacia é. Observando as microbacias, nenhuma das três possui propensão a enchentes sob

este aspecto (o que não impede os eventos de acontecerem).

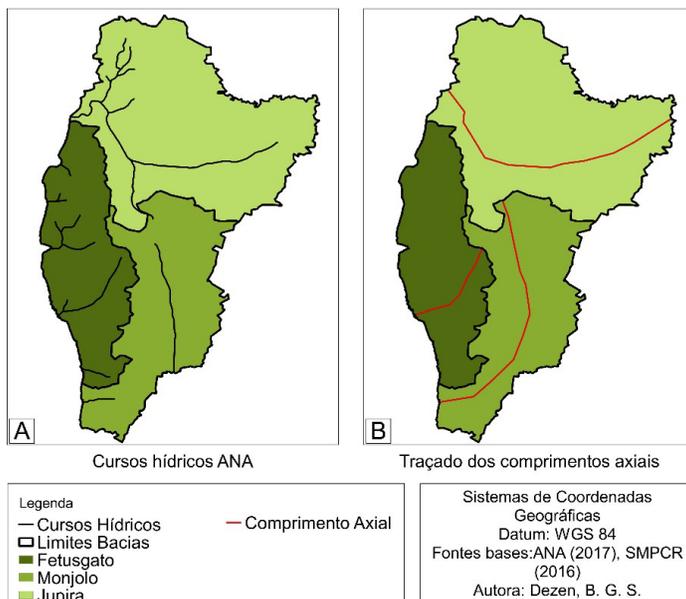


Figura 3 – a) Cursos hidrológicos da ANA; e, b) Traçado dos comprimentos axiais das microbacias.

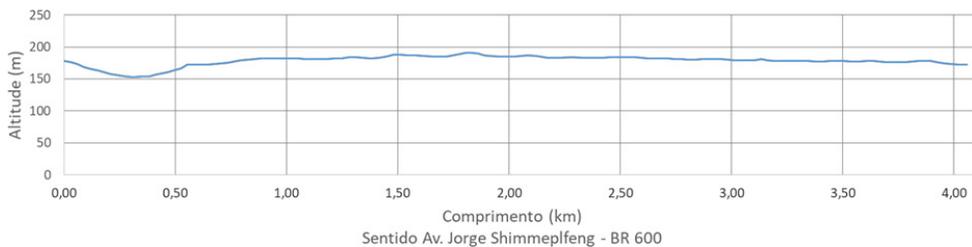
Por fim, Cardoso et al. (2006) comentam que os dois parâmetros anteriores indicam na realidade uma tendência de alongamento do formato das bacias, por isso sua baixa tendência a enchentes em condições normais de precipitação, o que corrobora com o baixo índice de circularidade apresentado para as três situações, pois quanto mais próxima da unidade, mais circular a bacia é e, portanto, mais propensa a enchentes também.

	Monjolo	Festugato	Jupira
L (km)	4,49	1,80	4,90
A (km²)	5,23	4,39	8,71
P (Km)	17,81	13,85	19,57
Kf	0,26	1,36	0,36
Kc	2,18	1,85	1,86
Ic	0,21	0,29	0,29

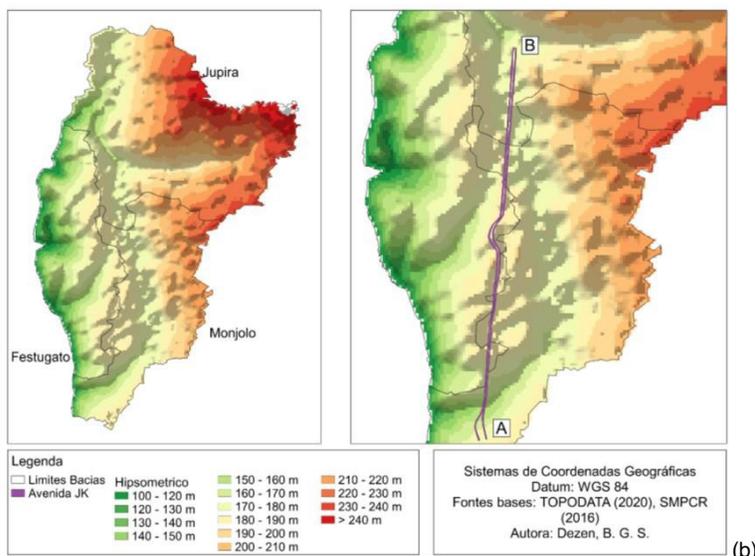
Tabela 1 – Características das microbacias.

A partir dos arquivos obtidos no site do TOPODATA, gerou-se o mapa contendo a hipsometria do terreno. Na figura 4 está representada o perfil longitudinal da via e a

variação de altitudes, que variam de 100 a 252 m nesta parte da cidade, sendo a maior parte da avenida alocada sobre altitudes que variam entre 170 e 190 m.



(a)



(b)

Figura 4 – a) Perfil Longitudinal; e, b) Hipsometria das microbacias.

O fato de a avenida estar sob as condições de relevo de baixa declividade é um fator indicativo sobre a velocidade de escoamento superficial das águas na bacia. Quanto maior a declividade, maior a velocidade e, portanto, mais fácil a drenagem de águas à montante do relevo. No entanto, tal agilidade na drenagem também pode ter um viés: a quantidade de água que chega à jusante é muito maior em menos tempo, podendo gerar alagamentos nos exutórios das bacias (GALVÍNCIO; SOUSA; SHIRINIVASAN, 2006).

Os quatro pontos críticos elencados para análise estão destacados na Tabela 2, com trecho que corresponde ao ponto, seu problema inerente que o torna crítico segundo a PMFI (2019).

ID	Trecho	Problema
1	Rua José de Alencar, trecho entre a Av. JK e a Rua Cândido Portinari	Cruzamento de tubulações de drenagem urbana e esgotamento da Sanepar
2	Cruzamento entre Av. JK e a Av. Carlos Gomes	Trecho de galerias subdimensionadas
3	Cruzamento entre Av. JK e a Rua David Muffato	Trecho de galerias subdimensionadas
4	Cruzamento entre Av. JK e a Rua Eng. Rebouças	Trecho de galerias subdimensionadas

Tabela 2 – Características das microbacias.

Para análise destes pontos, inicialmente, foram confeccionados perfis transversais de 1,5 a 2,0 km de extensão em relação ao perfil transversal da Avenida Juscelino Kubitschek. Foram traçados tais perfis a partir das avenidas mais extremas às microbacias, isto é, as avenidas que estavam mais próximas às linhas limítrofes ao mesmo tempo nas três, sendo a Avenida Beira Rio a saída de todos os pontos A e a Avenida Paraná a chegada dos pontos B, como mostra a figura 5.

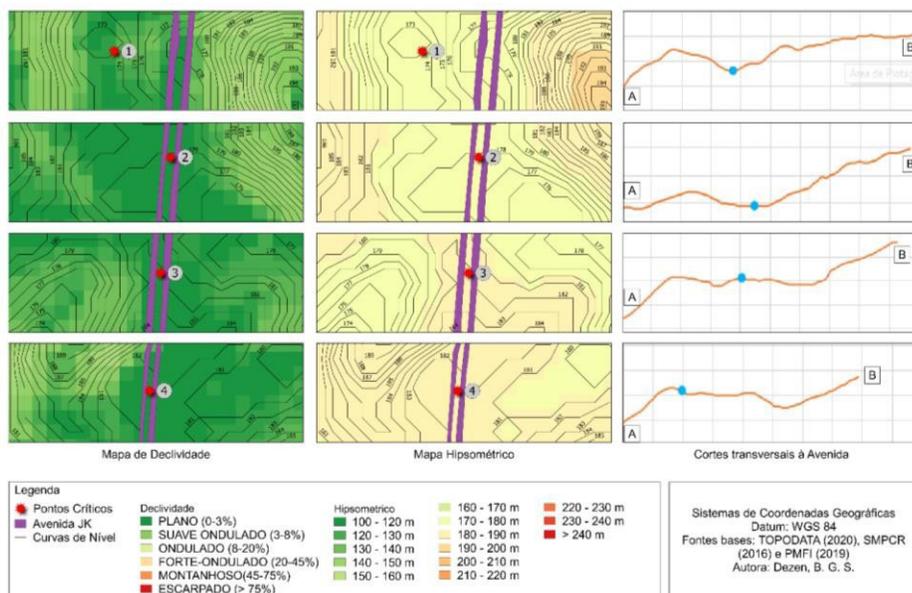


Figura 5 – Comparativo entre mapas dos pontos críticos.

A partir da análise da figura 5 é possível verificar algumas condicionantes que favorecem os alagamentos nos pontos elencados. São eles:

Ponto 1: Ao analisar a sequência de imagens, o ponto 1 se encontra numa região plana com relevo suavemente ondulado de ambos os lados da avenida. Observando a altimetria do trecho, é possível identificar que o ponto está numa espécie de vale, o que

somado às declividades maiores e, ao problema de cruzamento de tubulações (que diminui a seção útil da tubulação de drenagem), favorece claramente alagamentos.

Ponto 2: é possível verificar que este ponto está numa grande região plana. Analisando a altimetria do trecho, verifica-se que o ponto está numa cota muito mais baixa quando comparada ao ponto B, sendo o relevo mais acidentado, o que favorece maiores velocidades de escoamento superficial. A localização da avenida em uma planície neste ponto e o recebimento de contribuição de águas de pontos mais elevados, em situação de eventos de chuva, faz com que tanto o volume que chega ao local, quanto a velocidade sejam mais elevados, dadas as condições de declividade do trecho. Além disso tubulações subdimensionadas.

Ponto 3: este ponto também se encontra sob um relevo mais plano, com ondulações suaves de ambos os lados da avenida. Observando a altimetria, a região de ondulações à direita, corresponde ao trecho mais elevado do recorte e, à esquerda, a um ponto de início de declive. Esta configuração facilita um espalhamento da lâmina d'água das chuvas mais intensas, o que somado às condições de subdimensionamento da rede, torna este local propenso a alagamentos.

Ponto 4: a avenida está inserida numa grande região plana, com maiores declividades à esquerda do ponto. No que diz respeito à altimetria, identifica-se uma espécie de platô onde a avenida se encontra, sendo observado mais à direita uma depressão que favorece a retenção de água que advém da parte mais alta no extremo B do corte. Mesmo que possivelmente não haja essa contribuição da área mais elevada (diferentemente dos demais pontos), o fato de ser uma grande área plana favorece baixas velocidades de escoamento e, portanto, situações de alagamentos urbanos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da caracterização das condicionantes altimétricas notou-se que a região de estudo possui suscetibilidade em alguns locais dadas as declividades e caminhos preferenciais de escoamento das águas no relevo. Analisando a relação de urbanização das microbacias estudadas, verificou-se uma propensão a alagamentos considerável, dada a elevada taxa de impermeabilização local (cerca de 50%). Ao avaliar os pontos críticos de drenagem observou-se uma relação direta entre as condicionantes altimétricas, a taxa de impermeabilização e a situação da rede atual com os fenômenos cada vez mais recorrentes de alagamentos na região de estudo.

O desenvolvimento de políticas públicas eficazes, que envolvam não somente a legislação, mas também a fiscalização, atuação e constante trabalho sobre as problemáticas (além de uma eficiente distribuição de verbas) só é possível a partir da análise e planejamento de ações que garantam a manutenibilidade e operação eficiente da cidade, o que, por sua vez, só é viável se estudos coordenados e bem fundamentados

tecnicamente forem desenvolvidos com responsabilidade.

REFERÊNCIAS

ANA. Base Hidrográfica Ottocodificada da bacia do Rio Paraná 1:50.000/1:100.000. Metadados ANA, Brasília, 2017.

BRASIL. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Ministério das Cidades e Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. [S.l.]. 2007.

CARDOSO, C. A. et al. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Revista *Árvore*, Viçosa - MG, v. 30, n. 2, p. 241-248, 2006.

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5. ed. Brasília: EMBRAPA SOLOS, 2018.

GALVÍNCIO, J. D.; SOUSA, F. A. S.; SHIRINIVASAN, V. S. Análise do relevo da bacia hidrográfica do açude Epitáfio Pessoa. Revista de Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE, v. 23, n. 1, p. 54-69, 2006.

IBGE. Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil 2016 - 2018. Rio de Janeiro: [s.n.], 2020. 26 p. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101703>>. Acesso em: 07 julho 2022.

JENSEN, J. R. Introductory Digital Image Processing: a remote sensing perspective. 4. ed. Carolina do Sul – EUA. Person Education, 2015. 659 p.

MOUTINHO, V. M. Avaliação e reabilitação de redes de micro-drenagem. Trabalho Final de Graduação - POLI/UFRJ. Rio de Janeiro, p. 161. 2011.

PATZLAFF, E. R.; RAMIREZ, K. G. GESTÃO DE LODO E MECANISMOS DE CONTROLE DE CHEIAS In: Saneamento ambiental: educação, gestão. eficiência e sustentabilidade. 01 ed. Cornélio Procópio: UENP, 2020, v.01, p. 287-305.

PMFI. Plano Municipal de Saneamento Básico - Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Foz do Iguaçu, p. 622. 2019.

SMPCR. Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado Sustentável. Secretaria Municipal de Planejamento e Captação de Recursos. Foz do Iguaçu. 2016.

TISSIANO, G. M. Início e Dinâmica da Aglomeração Urbana de Fronteira: Foz do Iguaçu, Ciudad del Leste e Puerto Iguazú. Anais do I Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial e XXXIV Semana de Geografia da Universidade Estadual de Londrina. Londrina: [s.n.]. 2018.

VILLELA, M.; MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, LTDA, 1975.

WEBBER, M. A. Fluxos do saber: migração brasileira para estudo na tríplice fronteira. Anais do IX Semana de Antropologia e Arqueologia, III Seminário de Etnologia e Museus e V Semana de oficinas em arqueologia. Curitiba - PR: UTFPR. 2017.

A

Abastecimento de água 12, 13, 14, 20, 31, 81, 89, 117, 119, 120, 121, 122, 123, 129, 144, 145, 146, 153

Acordo setorial 33, 35, 36, 37, 41, 44, 45, 46

Adutoras 47, 48, 67

Água 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 43, 44, 47, 54, 55, 62, 63, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 86, 88, 89, 91, 94, 96, 97, 98, 103, 104, 110, 113, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 126, 129, 132, 134, 135, 136, 138, 144, 145, 146, 153

Águas pluviais 24, 29, 31, 106, 116, 123

Alagamentos 106, 107, 108, 111, 113, 114, 115

Atendimento consultivo 135, 136, 137, 138, 142, 143

Avaliação 4, 30, 44, 45, 47, 52, 56, 70, 78, 79, 88, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 116, 133, 134, 154, 157, 160, 163

B

Bacias hidrográficas 1, 2, 8, 9, 10, 69, 107

C

Caixa termoplástica 12, 13, 16, 18

Classificação 79, 102, 109, 110, 116, 145, 154, 157

Clientes 12, 19, 135, 136, 137, 138, 140, 141

Coliformes termotolerantes 68, 72, 75, 76, 77, 78

Consciência ambiental 2, 11, 93

D

Dados planialtimétricos 144

Desenvolvimento urbano 21, 90, 118, 123, 134

Disposição final inadequada 33

Distribuição de água 12, 13, 20, 24, 25, 28, 29, 30, 79, 80, 120, 153

Drones 144, 145, 146

E

Educação ambiental 1, 2, 3, 4, 6, 11, 33, 36, 44, 45

Esgotamento sanitário 25, 26, 30, 117, 120, 122, 123, 129, 133

F

Fiscalização 16, 78, 96, 115, 126, 128, 154, 156

G

Geoprocessamento 106, 107

Gestão de perdas 12

H

Hidrologia 106, 116

I

Impactos ambientais 88, 89, 91, 92, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 103

Integridade 47

L

Logística reversa 33, 35, 36, 38, 39, 44, 45, 46

M

Marco regulatório 119, 120, 130

Meio ambiente 1, 2, 3, 4, 7, 8, 12, 38, 39, 44, 45, 68, 70, 78, 79, 88, 89, 91, 92, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 103, 104, 105, 106, 118, 119, 120, 127, 133, 134, 164

Micro-vazamentos 47

Mitigação 96, 99, 144

Monitoramento 14, 17, 47, 48, 67, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 96, 116, 154, 156, 160, 163, 166

O

Otimização 80, 81, 144

P

Política ambiental 117

Potabilidade 21, 23, 76

R

Reciclagem 33, 34, 35, 36, 40, 41, 96, 97, 99, 100, 101

Recursos hídricos 2, 3, 21, 22, 30, 32, 68, 70, 89, 104, 123, 125, 126, 130, 131, 133

Redução de perdas 126, 144, 145

Regularização de áreas 144, 145

Resíduos sólidos urbanos 33, 39, 41, 45

S

Saneamento básico 68, 70, 71, 78, 110, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 145

Saúde ambiental 117

Segurança 19, 22, 30, 50, 82, 154, 155, 156, 157, 159, 160, 162, 163

Sustentabilidade 11, 22, 34, 43, 46, 92, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 104, 116, 127

T

Treinamentos 135, 137, 138, 143

U

Urbanização 68, 95, 106, 107, 110, 115, 118, 120, 121, 127, 131

V

Válvulas 12, 13, 29, 50, 81

Vazamentos 12, 47, 48, 49, 51, 52, 67, 145

Ventosa 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 50

Verificação 17, 64, 83, 85, 89, 110

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

4

- 🌐 www.atenaeditora.com.br
- ✉ contato@atenaeditora.com.br
- 📷 @atenaeditora
- 📘 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL:

RECURSOS HÍDRICOS & TRATAMENTO DE ÁGUA

4

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br