



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

MELQUISEDEQUE BARBOSA COSTA

**MODELAGEM ESPACIAL PARA DEFINIÇÃO DA DIREÇÃO DO FLUXO DE
DRENAGEM EM ÁREAS URBANAS**

MOSSORÓ - RN
2023

MELQUISEDEQUE BARBOSA COSTA

**MODELAGEM ESPACIAL PARA DEFINIÇÃO DA DIREÇÃO DO FLUXO DE
DRENAGEM EM ÁREAS URBANAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia civil da Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, como
requisito parcial para obtenção do título de
Engenheiro civil.

Orientador(a): Paulo Cesar Moura da Silva

APROVADO EM: 11/10/2023

BANCA EXAMINADORA

**PAULO CESAR MOURA
DA SILVA**

Assinado digitalmente por PAULO CESAR MOURA DA SILVA:
DN: CN=PAULO CESAR MOURA DA SILVA
- Universidade Federal Rural Do Semi-Árido, O=ICPEdu, C=BR
Razão: Eu sou o autor deste documento
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2023.10.20 10:42:10-03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 11.0.0

Prof. Dr. Paulo Cesar Moura
(Presidente)

**JOHN ELOI
BEZERRA**

Digitally signed by JOHN ELOI
BEZERRA
Date: 2023.10.21 09:42:09 -03'00'

Prof. Dr. John Eloi Bezerra
(Primeiro Membro)

Documento assinado digitalmente
gov.br ANTONIO ALDISIO CARLOS JUNIOR
Data: 20/10/2023 11:14:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. Antonio Aldisio Carlos Junior
(Segundo Membro)

MOSSORÓ - RN
2023

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

CC837 Costa, Melquisedeque.
m Modelagem espacial para definição da direção do
fluxo de drenagem em áreas urbanas /
Melquisedeque Costa. - 2023.
38 f. : il.

Orientador: Paulo Cesar Moura da Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2023.

1. Geoprocessamento. 2. Sistemas de informações
geográficas. 3. Sensoriamento remoto. I. Moura da
Silva, Paulo Cesar, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, cuja fé em meu coração tem sido a rocha firme que me sustenta diante das adversidades da vida.

À minha amada família, em especial aos meus pais, Maria e Manuel, ao meu tio Valfredo, as minhas tias, Juvanira e Maroca, e aos meus queridos irmãos, Mateus e Mayana. Vocês foram a âncora que me manteve firme em minha jornada acadêmica, fornecendo um apoio inestimável.

Aos meus queridos amigos, com destaque para Willian, Teotônio, Vinicius e Emerson, agradeço pelo apoio emocional e pelo companheirismo que tornaram minha jornada mais leve.

Ao meu orientador, o Professor Paulo Cesar, expresso minha sincera gratidão. Sua orientação, paciência e vasto conhecimento foram fundamentais no desenvolvimento do meu Trabalho de Conclusão de Curso.

Aos professores, em especial John, Raimundo e Adriano, agradeço pelas valiosas lições e pela contribuição de seus conhecimentos que foram fundamentais em minha jornada acadêmica. Suas disponibilidades em ajudar sempre foram notáveis.

Por fim, à Universidade Federal Rural do Semi-Árido, pelo suporte financeiro concedido por meio das bolsas de pesquisa e extensão. Esse suporte manteve-me ativo e comprometido durante toda a graduação, e sou grato por isso.

RESUMO

Ao longo da história, as cidades brasileiras têm enfrentado problemas recorrentes devido a eventos climáticos extremos, como inundações e alagamentos, resultantes do crescimento desordenado e não planejado das áreas urbanas. A expansão urbana, que envolveu a destruição de áreas naturais para a construção de infraestrutura urbana, como casas, rodovias, metrô, para atender às crescentes demandas populacionais, exacerbou os problemas relacionados à drenagem das águas pluviais. Isso ocorreu devido à impermeabilização do solo, comprometendo sua capacidade de drenagem natural e levando a um aumento na propensão a alagamentos e enchentes nas áreas urbanas. Em resposta a esses desafios, gestores e urbanistas têm buscado soluções por meio da implementação de sistemas de drenagem. No entanto, muitos desses sistemas acabam sendo ineficazes devido à falta de consideração pelo conhecimento geoespacial na fase de planejamento. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma modelagem espacial utilizando softwares especializados em georreferenciamento e criação de mapas de fluxo. Essa modelagem serviu como uma base sólida para a concepção precisa e eficiente de projetos de drenagem. Este estudo resultou em uma representação visual do fluxo de águas pluviais por meio de vetores em formato de setas, levando em consideração a topografia do terreno. Essas setas indicarão a direção do escoamento, destacando áreas suscetíveis ao acúmulo de água. Para alcançar esse resultado, foi determinada uma área de estudo, o bairro Paredões da cidade de Mossoró-RN, pois o mesmo possui um histórico de problemas relacionados a drenagem de águas pluviais. Empregando programas como o QGIS 3.28.9, na qual desempenhou um papel fundamental no georreferenciamento, coleta de dados altimétricos e demais processos de refinamento da área. Nele foram gerados 1500 pontos aleatórios em toda a área de estudo usando a ferramenta "pontos aleatórios em polígonos". Esses pontos foram exportados como um arquivo KML e convertidos em GPX usando o software GPS Visualizer. Em seguida, o GPX foi importado de volta para o QGIS para extrair informações de altimetria, bem como coordenadas X e Y para cada ponto. As coordenadas foram exportadas para um arquivo XLSX (Excel), e esses dados foram posteriormente inseridos no programa SURFER versão 13. O SURFER usou esses dados para criar um mapa que representa o fluxo das águas, indicando a direção do percurso natural através de vetores no formato de setas. Esse processo incluiu a identificação dos pontos mais elevados e mais baixos da topografia da área de estudo, onde as setas originam-se nos pontos mais altos e fluem em direção aos mais baixos, destacando os pontos mais propícios a acumulação de água. O programa ainda fornece curvas de níveis para destacar a precisão dos trajetos das águas. Portanto, essa modelagem facilita a visualização de pontos que estão mais propícios a alagamento ou enchente e com isso permite o planejamento preciso e eficiente de projetos de drenagem, visando a mitigação dos impactos das águas pluviais nas áreas urbanas, melhorando a qualidade de vida e a segurança dos residentes urbanos.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Sistema de Informações Geográficas, Sensoriamento Remoto.

ABSTRACT

Throughout history, Brazilian cities have faced recurring problems due to extreme weather events such as floods and inundations, stemming from the uncontrolled and unplanned growth of urban areas. Urban expansion, which entailed the destruction of natural areas to build urban infrastructure such as houses, highways, and subways to accommodate the growing population's demands, exacerbated issues related to rainwater drainage. This occurred due to soil impermeabilization, compromising its natural drainage capacity and leading to an increased susceptibility to urban flooding and inundations. In response to these challenges, managers and urban planners have sought solutions through the implementation of drainage systems. However, many of these systems end up being ineffective due to the lack of consideration for geospatial knowledge in the planning phase. In this context, the goal of this work is to develop spatial modeling using specialized georeferencing and flow mapping software. This modeling served as a solid foundation for the precise and efficient design of drainage projects. This study resulted in a visual representation of the flow of rainwater through vectors in arrow format, taking into account the terrain's topography. These arrows indicate the flow direction, highlighting areas prone to water accumulation. To achieve this result, a study area was determined, the Paredões neighborhood in the city of Mossoró, RN, as it has a history of issues related to rainwater drainage. Employing programs like QGIS 3.28.9, which played a fundamental role in georeferencing, collecting altimetric data, and other area refinement processes. In QGIS, 1500 random points were generated throughout the study area using the "random points in polygons" tool. These points were exported as a KML file and converted to GPX using GPS Visualizer software. The GPX file was then imported back into QGIS to extract altimetry information, as well as X and Y coordinates for each point. The coordinates were exported to an XLSX (Excel) file, and this data was subsequently inserted into SURFER version 13. SURFER used this data to create a map representing the water flow, indicating the direction of the natural course through arrow vectors. This process included identifying the highest and lowest points in the study area's topography, where the arrows originate from the highest points and flow towards the lowest, highlighting the points most prone to water accumulation. The program also provides contour lines to emphasize the accuracy of the water paths. Therefore, this modeling facilitates the visualization of points that are more susceptible to flooding or inundations, allowing for precise and efficient planning of drainage projects aimed at mitigating the impacts of rainwater in urban areas, improving the quality of life and safety of urban residents.

Key words: Geoprocessing, Geographic Information System, Remote Sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bairro Paredões, Mossoró/RN	18
Figura 2 - Bairros da cidade de Mossoró/RN, em amarelo o bairro em estudo (Paredões).....	19
Figura 3 - Inserção dos pontos.....	20
Figura 4 – Resultado da inserção dos pontos	20
Figura 5 – Conversão de KML para GPX	21
Figura 6 – Arquivo convertido	21
Figura 7 – Inserimento do waypoints	21
Figura 8 – Conversão para shapefile	22
Figura 9 – Cotas dos pontos	22
Figura 10 – Inserimento da coordenada X	23
Figura 11 – Resultado do inserimento das coordenadas X e Y	23
Figura 12 – Exportação para XLSX	24
Figura 13 – Resultado da exportação	24
Figura 14 – Inserimento da planilha.....	25
Figura 15 – Vetorização do fluxo natural das águas pluviais.....	25
Figura 16 – Curvas de níveis	26
Figura 17 - Exportação para shapefile	26
Figura 18 - Resultado da exportação	27
Figura 19 – Interpolação IDW.....	27
Figura 20 - Resultado da interpolação	28
Figura 21 – Recorte da interpolação	28
Figura 22 – Resultado do recorte da interpolação	29
Figura 23 – Recorte das setas	29
Figura 24 – Resultado do recorte das setas.....	30
Figura 25 – Representação em 3D.....	30
Figura 26 - Sobreposição da área de estudo com o mapa via Google Satellite	31
Figura 27 – Definição do fluxo das águas georreferenciado	31
Figura 28 – Definição do fluxo das águas georreferenciadas em 3D	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. Objetivos.....	11
1.1.1. Objetivo geral.....	11
1.1.2. Objetivo específico	11
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.1. Introdução a drenagem urbana.....	11
2.2. Breve contexto histórico sobre drenagem urbana no Brasil	12
2.3. A importância da gestão adequada de águas pluviais em áreas urbanas	14
2.4. Tecnologias de geoprocessamento utilizados na drenagem urbana.....	14
2.4.1. Geoprocessamento	14
2.4.2. Sistemas de informações geográficas (SIG's)	15
2.4.3. Sensoriamento remoto	16
2.4.4. Modelagem espacial.....	17
3. METODOLOGIA	18
3.1. Área de estudo	18
3.2. Procedimentos no SIG	19
3.3. Procedimentos no sistema de modelagem espacial	25
3.4. Finalizações do procedimento no SIG	27
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
6. REFERÊNCIAS	34

1. INTRODUÇÃO

A urbanização vem aumentando conforme o crescimento populacional, entretanto, para poder acompanhar esse desenvolvimento, muitos ambientes naturais tiveram que ser modificado pela ação humana, como por exemplo: desmatamento da vegetação e do solo para a construção de casas, estradas, rodovias, pontes, viadutos, etc. Nesse sentido, o solo acabou sendo impermeabilizado de forma integral ou parcial, perdendo assim várias de suas funções, dentre elas o escoamento e absorção natural da água, que impacta diretamente na drenagem das águas pluviais, que outrora o solo capitava e reduzia o fluxo, agora ocorre o oposto, fazendo com que as águas escoem rapidamente, gerando assim alagamentos nas cidades (HÖLTZ, 2011).

Esses alagamentos afetam de várias formas a população, dentre elas a economia, pois as ruas inundadas acabam neutralizando a acessibilidade e a locomoção da população, fazendo com que as mesmas não consigam chegar nos seus ambientes de trabalho ou se quer abrir seus comércios. Outro problema é o impacto na saúde, pois tais enchentes carregam consigo vários resíduos líquidos e sólidos que se acumulam em ambientes com drenagem ineficiente ou inexistente, onde se não for tratado a tempo, criam-se várias insalubridades locais, aumentando populações de bactérias, insetos e animais que são prejudiciais à saúde humana. (TUCCI, 2009).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico de 2008 no Brasil, indicou que a grande maioria, cerca de 94,45% dos municípios do país, possui algum sistema destinado ao controle das águas pluviais em áreas urbanas. No entanto, é importante notar que não existem dados disponíveis que informem sobre a extensão da cobertura desses sistemas ou sobre sua eficácia, conforme relatado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010).

Entrelaçado a isso, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) de 2019 mostram que dentre os 5.000 municípios do Brasil, somente 1.873 (37%), possuem plano de saneamento básico, que integram o gerenciamento das águas pluviais (SNIS, 2019 apud PRICINOTE, 2023). Esses números se tornam ainda mais reduzidos quando aplicamos um filtro na pesquisa e examinamos os municípios economicamente desfavorecidos, que enfrentam limitações financeiras significativas, o que, por sua vez, dificulta a efetiva implementação de sistemas de drenagem urbana eficazes.

A drenagem urbana no Brasil geralmente é planejada como uma resposta a problemas que já existem em áreas urbanizadas, em vez de ser previamente planejada para evitar esses problemas (VILLANUEVA *et al.*, 2011). Conforme o levantamento sobre drenagem urbana e gestão de águas pluviais divulgado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

(SNIS), aproximadamente 209.500 indivíduos sofreram impactos de eventos relacionados à água em 2018, enquanto mais de 149.000 pessoas foram desalojadas ou desabrigadas de suas casas durante esse período (Brasil, 2019 apud LERMEN, 2020). Dessa forma, o planejamento feito após a ocorrência de eventos ou problemas relacionados à drenagem urbana revela e esclarece a ineficácia do sistema de drenagem nas áreas urbanas do Brasil. Além disso, esse planejamento tardio também serve para explicar ou dar razões para os desastres hidrológicos que ocorreram como resultado dessa ineficiência no sistema de drenagem (LERMEN, 2020).

A ineficiência em um sistema de drenagem pode ser atribuída a diversos fatores, como um projeto inadequado, dimensões insuficientes, inadequação na declividade, obstruções, erosão do solo, e, principalmente, à ausência de um planejamento ou projeto urbano bem elaborado. Em muitos casos, esses projetos são executados sem um conhecimento espacial preciso da área, o que significa que os sistemas são implantados sem uma compreensão exata do direcionamento do fluxo das águas, impactando diretamente na eficácia do sistema de drenagem.

O bairro Paredões da cidade de Mossoró-RN, é um exemplo dessa ineficiência, os prejuízos resultantes da inundação abrangiam uma ampla gama de bens materiais, começando pelos próprios edifícios e residências e estendendo-se aos móveis, estoques de mercadorias e, nas áreas rurais, às plantações ribeirinhas. Além disso, havia uma preocupação significativa com os acidentes por afogamento, principalmente envolvendo crianças e pessoas com problemas de alcoolismo. Notavelmente, havia uma falta de atenção para os riscos de doenças, em particular a leptospirose, e a disseminação de parasitoses comuns, favorecida pela contaminação das águas. (OLIVEIRA, 2020).

Diante disso, o Geoprocessamento e os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são recursos valiosos para analisar o fluxo de águas pluviais e estudar o comportamento dos sistemas hidrológicos em áreas urbanas. Eles são particularmente úteis para entender como a água da chuva se move e como os poluentes são distribuídos em bacias urbanas. Isso é possível graças ao uso de modelos que permitem representar visualmente a distribuição espacial desses elementos (ALMEIDA et al., 2017).

Nesse contexto, a modelagem espacial desempenha um papel crucial na determinação dos padrões de fluxo das águas, aproveitando o processamento de dados georreferenciados armazenados em bancos de dados espaciais. Isso aprimora substancialmente a precisão e eficiência dos projetos de drenagem, permitindo identificar áreas suscetíveis a enchentes ou inundações. As setas representando vetores revelam claramente esses locais, proporcionando

aos gestores e urbanistas informações valiosas para uma gestão de águas pluviais mais eficaz e decisões embasadas.

Diante do desafio da ineficiência da drenagem urbana, frequentemente devido à falta de conhecimento geoespacial, planejamento deficiente ou mesmo à ausência de projetos, este estudo busca desenvolver uma modelagem espacial para analisar o fluxo de água por meio de vetores. Esta abordagem, que utiliza softwares especializados de baixo custo, representa uma nova metodologia para o estudo de drenagem urbana, permitindo uma representação georreferenciada do fluxo. Esta modelagem servirá como diretriz fundamental para o desenvolvimento de projetos de drenagem mais eficazes, permitindo a extração de informações valiosas para melhorar a eficiência desses projetos.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

O propósito desta pesquisa é criar uma metodologia para a drenagem urbana com uso de informações geoespaciais a fim de mapear o curso das águas pluviais, revelando a trajetória de escoamento com base na topografia do terreno.

1.1.2. Objetivo específico

- Avaliar a metodologia e eficiência dos métodos para definir o fluxo de drenagem
- Melhorar a gestão de águas pluviais em áreas urbanas
- Servir como base para estudos correlacionados

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Introdução a drenagem urbana

A drenagem urbana é um sistema planejado para remover as águas da chuva que se acumulam nas áreas urbanas, utilizando uma variedade de componentes hidráulicos para evitar problemas de inundação e melhorar a gestão das águas pluviais nas cidades (TEIXEIRA, 2004). É imprescindível priorizar a análise dos desafios decorrentes da ausência ou da inadequação de projetos de drenagem, bem como implementar soluções, uma vez que as inundações urbanas, além de ocasionarem consideráveis danos materiais e impactos ambientais, resultam, de

maneira mais significativa, na perda de vidas humanas, cujo valor é inestimável em comparação com outras formas de prejuízo monetário (VALENTE, 2013).

Para efetuar uma análise completa da drenagem urbana, é essencial considerar a bacia hidrográfica que abrange a área suscetível à inundação. Essa bacia, delimitada pela topografia, é caracterizada pelos pontos mais elevados que funcionam como divisores de águas com outras bacias vizinhas. Toda precipitação que ocorre dentro dessa área é naturalmente direcionada pela gravidade para uma ou mais regiões que podem sofrer com problemas de drenagem do talvegue, seja por escoamento superficial ou subterrâneo. Portanto, para compreender, mensurar e, conseqüentemente, conduzir um estudo abrangente de drenagem, é imperativo investigar os parâmetros associados às características físicas, geológicas e vegetativas da bacia hidrográfica em questão, que podem ser facilmente analisadas através do geoprocessamento (VALENTE, 2013).

Um dos desafios mais substanciais enfrentados na gestão urbana é a carência de informações e pesquisas que possam orientar a implementação de ações para abordar as questões identificadas. Em resposta a essa necessidade, a engenharia está cada vez mais apoiada por programas de software dedicados à busca de dados que possam contribuir para a resolução de desafios de engenharia. Entre esses programas, o geoprocessamento destaca-se como uma ferramenta essencial na gestão pública contemporânea (CORDOVEZ, 2002).

2.2. Breve contexto histórico sobre drenagem urbana no Brasil

A drenagem urbana tradicional no Brasil foi marcada pela abordagem conhecida como Higienista (Fase 1), que prevaleceu durante o período de 1850 a 1990. Nesse contexto, o foco estava na coleta e afastamento imediato das águas pluviais para jusante. Isso resultou no aumento dos picos de cheias nos cursos d'água e na redução do tempo de concentração, agravando a situação das cidades, dos seus habitantes e do meio ambiente. Essas soluções parciais deram origem a uma série de problemas interligados em várias áreas. (CHRISTOFIDIS, 2019).

Na história da expansão urbana no Brasil, é possível identificar situações em que áreas anteriormente pantanosas e de baixada foram ocupadas, resultando na drenagem de terras alagadas e várzeas, no aterramento de áreas suscetíveis a inundação, e na alteração de cursos de rios. Essas ações foram tomadas devido às condições ambientais que tornavam essas áreas propensas a epidemias. (CHRISTOFIDIS, 2019).

As práticas de aterros e a redução das extensas áreas de corpos d'água se tornaram amplamente adotadas como meio de ganhar terrenos dos rios, que passaram a ser comercializados em lotes. No entanto, os efeitos negativos associados a essas práticas levaram a drenagem tradicional a ser vista como um paradigma ultrapassado, principalmente devido aos impactos adversos que causa nos aspectos sociais, ambientais, técnicos e econômicos. (TUCCI, 2004).

Com a intensa urbanização no Brasil, os rios foram canalizados ou cederam espaço para as vias de tráfego, transformando-se, em muitos casos, em verdadeiras ruas. Como resultado, as ruas agora têm um alto potencial de se transformarem em rios durante períodos de chuvas intensas. (CHRISTOFIDIS, 2019).

Uma transformação evolutiva ocorreu a partir de 1990, marcada por uma abordagem denominada Ambientalista (Fase 2). Nessa fase, a gestão das águas pluviais urbanas adotou princípios que já eram aplicados em muitos países. Esses princípios ampliaram a perspectiva, incorporando elementos essenciais da dinâmica das águas, incluindo a redução do escoamento superficial das águas pluviais, a promoção da infiltração e percolação nos solos para controle quantitativo e qualitativo, bem como a regularização da oferta hídrica. Além disso, foram adotadas medidas de retenção de águas, que incluem a implementação de obras alternativas para reduzir o pico de cheias e a velocidade do escoamento. (TUCCI, 2004).

Vale a pena destacar que, desde a década de 1970, em vários países, ocorreram avanços contínuos no manejo das águas pluviais, marcados por um processo evolutivo constante. Foram desenvolvidas medidas como o controle na fonte e a promoção da infiltração e retenção de águas, que progressivamente incorporaram uma abordagem mais integrada em relação às águas urbanas, minimizando a interferência no ciclo hidrológico. (TUCCI, 2004).

As inovações introduzidas nesta fase transcendem o método tradicional de simplesmente coletar e canalizar as águas pluviais, visando à rápida remoção das precipitações do centro urbano para as áreas periféricas. Além disso, elas incorporaram a geomorfologia e consideraram tanto os elementos estruturais quanto os não estruturais, como planejamento urbano, zoneamento, incentivos para ocupação de áreas menos suscetíveis a inundações, e medidas como seguros contra inundações. A combinação de medidas estruturais e não estruturais ampliou a capacidade de retenção, infiltração e percolação das águas, buscando compensar os impactos negativos da drenagem tradicional. Isso culminou no conceito de drenagem urbana sustentável. (CHRISTOFIDIS, 2019).

2.3. A importância da gestão adequada de águas pluviais em áreas urbanas

O conceito de gestão das águas pluviais ainda não é amplamente difundido no Brasil, mesmo após as mudanças na visão institucional e legal em relação aos recursos hídricos no final do século passado. No entanto, é de suma importância que esse conceito seja disseminado, especialmente entre os órgãos responsáveis pela gestão municipal. A gestão das águas pluviais é uma parte essencial da gestão das águas urbanas, que abrange o controle das águas superficiais, subterrâneas e atmosféricas dentro dos limites da área urbana (VIOLA, 2008).

A gestão de águas pluviais em áreas urbanas, de acordo com um novo paradigma internacional, tem como objetivo principal ajustar como a precipitação e o escoamento de água são gerenciados no ambiente urbano, considerando as mudanças físicas resultantes da urbanização. Isso inclui a prevenção ou redução de danos causados por inundações, além da manutenção de ambientes propícios para os ecossistemas aquáticos e suas interdependências. Em suma, trata-se de uma abordagem que busca harmonizar a gestão da água de chuva com as transformações urbanas, visando a proteção ambiental e a mitigação de riscos de inundação (GONÇALVES, 2006).

A implementação de um sistema de drenagem urbana eficiente acarretará uma série de benefícios para as cidades, tais como o desenvolvimento do sistema viário, a diminuição dos custos de manutenção das vias públicas, a redução dos gastos relacionados a doenças relacionadas à água, a rápida drenagem das águas superficiais para mitigar problemas de tráfego e mobilidade urbana durante chuvas, a eliminação de águas estagnadas e lamaçais, a recuperação de áreas suscetíveis a inundações, promovendo uma sensação de segurança e conforto para a população (ALMEIDA et al., 2014).

2.4. Tecnologias de geoprocessamento utilizados na drenagem urbana

2.4.1. Geoprocessamento

Geoprocessamento é o termo usado para descrever a computação voltada para informações georreferenciadas. Em outras palavras, são técnicas computacionais que operam a partir de uma vasta gama de dados geoespaciais, abrangendo atributos que englobam características físicas, climáticas, uso do solo e ocupação, geologia, geotecnia, hidrologia, hidráulica, saneamento (SILVA, 2007).

Uma fase essencial dos Sistemas de Informações Geográficas é o geoprocessamento, onde se realiza a seleção e análise de dados provenientes de imagens de satélite e

aerofotogrametria. Isso implica na medição das dimensões reais de elementos por meio de imagens aéreas, permitindo uma representação precisa e detalhada do espaço geográfico. (JUNIOR, 2017). Nesse sentido, a capacidade de integrar e analisar dados geoespaciais em várias áreas é uma ferramenta poderosa para o planejamento, tomada de decisões e gestão em diversos setores.

O geoprocessamento desempenha um papel crescentemente influente em áreas como cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia, planejamento urbano e regional. Geoprocessamento, nesse contexto, abraça uma ampla gama de ciências, técnicas e tecnologias voltadas para a coleta e o tratamento de dados georreferenciados (CÂMARA et al., 2001). Além disso, é importante ressaltar que as geotecnologias englobam as mais recentes tecnologias associadas às geociências e disciplinas afins, as quais representam avanços significativos no progresso de pesquisas, no planejamento estratégico, na gestão de processos, no manejo do espaço geográfico e em diversos outros aspectos relacionados à organização do ambiente geográfico (FITZ, 2008).

O levantamento das cotas de altitude dos terrenos e o geoprocessamento desempenham um papel crucial na concepção de projetos de drenagem urbana. Ao disponibilizar informações altimétricas, essenciais na definição do ponto de exultório do sistema e na identificação da bacia de drenagem, eles se tornam instrumentos vitais na estimativa do percurso natural de escoamento das águas pluviais. A integração de bancos de dados georreferenciados, informações sobre o uso e ocupação do solo, bem como detalhes relativos à localização e características do corpo hídrico, permite que o projeto seja dimensionado de maneira precisa e em consonância com a realidade local. (ASCIUTTI, 2019).

Portanto, o geoprocessamento na drenagem urbana visa aprimorar o planejamento, gestão e manutenção dos sistemas de escoamento de água nas áreas urbanas, ajudando a reduzir os impactos de inundações e melhorar a qualidade de vida nas cidades.

2.4.2. Sistemas de informações geográficas (SIG's)

O termo SIG é multifacetado na literatura, às vezes sendo erroneamente usado como sinônimo de geoprocessamento. No entanto, como discutido anteriormente, é importante ressaltar que o geoprocessamento abrange um espectro mais amplo de conhecimento (MOREIRA, 2021).

Nesse sentido, é fundamental fornecer uma definição precisa dos SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) ou do termo amplamente utilizado em inglês, GIS (*Geographic*

Information System). Os SIGs são sistemas que efetuam o processamento computacional de dados geográficos, recuperando informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também por meio de sua localização espacial. (CÂMARA et al., 2001).

Conforme Burrough e McDonnell (1998) destacam, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são constituídos por um conjunto de recursos computacionais, incluindo programas e técnicas, utilizados para adquirir, registrar, armazenar, manipular, modelar, analisar e visualizar dados que representam fenômenos do mundo real, especialmente aqueles relacionados à superfície terrestre.

Cada sistema de processamento específico é referido como um Sistema de Informações Geográficas, abreviado como SIG. Essa ferramenta oferece uma ampla gama de utilidades, incluindo a capacidade de produzir mapas, analisar eventos em termos espaciais, criar mapas de fluxo e atuar como um valioso repositório de dados geográficos (SILVA, 2007). A gestão na administração pública enfrenta um desafio significativo devido à ampla dispersão de informações pelo território.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) têm desempenhado um papel crucial ao proporcionar uma eficácia que permite uma visão abrangente das áreas geográficas, contribuindo assim para aprimorar a tomada de decisões e a busca por soluções aos problemas (DUARTE, 2010).

Em vista disso, os SIGs possibilitam a condução de análises complexas, ao unificar dados de múltiplas origens e estabelecer bases de dados georreferenciadas (CÂMARA et al., 2001). Eles desempenham um papel vital na gestão da drenagem urbana, oferecendo recursos valiosos e informações cruciais a urbanistas, engenheiros e autoridades municipais. Isso, por sua vez, contribui significativamente para a redução do risco de inundações e o aprimoramento da infraestrutura de drenagem em áreas urbanas.

2.4.3. Sensoriamento remoto

Uma definição mais precisa do Sensoriamento Remoto é que se trata de uma disciplina científica que busca avançar na obtenção de imagens da superfície terrestre, através da detecção e medição quantitativa das respostas resultantes das interações entre a radiação eletromagnética e os materiais presentes na Terra (MENESES; ALMEIDA, 2012).

O sensoriamento é uma das disciplinas integrantes do geoprocessamento, definindo-a como a aplicação de sensores para adquirir informações acerca de objetos ou fenômenos, sem a necessidade de contato direto com os mesmos (NOVO, 2008).

O conceito incorpora o termo "sensores", que, dentro do contexto descrito, refere-se a dispositivos habilitados para detectar a energia refletida ou emitida por uma superfície e registrá-la sob várias formas de dados digitais, como imagens, gráficos, entre outros (FITZ, 2008).

O progresso tecnológico dos sensores e a excelência dos produtos que eles geram tornam o sensoriamento remoto um recurso amplamente empregado para a obtenção de informações sobre a superfície terrestre na atualidade (ALVES, 2004).

Sendo assim, o sensoriamento remoto desempenha um papel crucial na drenagem urbana, fornecendo informações valiosas para o planejamento, monitoramento e gestão de recursos hídricos em áreas urbanas, auxiliando na diminuição das chances de inundação e no aprimoramento da qualidade de vida urbana.

2.4.4. Modelagem espacial

A modelagem espacial é um processo analítico que se realiza em colaboração com um Sistema de Informações Geográficas (GIS) com o propósito de descrever os processos e propriedades fundamentais de um conjunto específico de recursos espaciais. O objetivo da modelagem espacial é capacitar a análise e simulação de objetos ou fenômenos espaciais que ocorrem no mundo real, tornando mais eficiente a resolução e o planejamento de problemas relacionados. (THEASTROLOGYPAGE, 2023).

A modelagem espacial na drenagem urbana tem como objetivo principal atender a uma variedade de metas, que incluem a avaliação abrangente das respostas da bacia, como parte integrante da estratégia e do planejamento detalhado do sistema. Isso abrange a avaliação da poluição, o gerenciamento operacional, o controle em tempo real e a análise das interações entre as sub-bacias (MAKSIMOVIC, 2001).

Compreender plenamente os processos e os impactos reais que ocorrem na bacia, resultantes das mudanças em sua composição natural, é fundamental para que os administradores e planejadores possam tomar decisões coerentes e altamente confiáveis. Nesse contexto, modelos desempenham um papel essencial, permitindo-nos testar cenários futuros com diversas formas e níveis de ocupação do solo. (GARCIA, 2005).

A aplicação de modelos computacionais na drenagem urbana é essencial para o planejamento, dimensionamento e operação eficazes de um sistema. Isso envolve a integração de modelos de chuva-vazão com modelos de propagação de escoamentos. O principal propósito de um modelo de drenagem é representar de maneira precisa os processos de escoamento,

precipitação, interceptação, infiltração, evapotranspiração e suas interações com a rede de drenagem (RIGHETTO, 2009).

Desse modo, a modelagem espacial desempenha um papel fundamental na gestão eficiente e sustentável da drenagem urbana, ajudando a compreender, prever e mitigar os desafios relacionados à água nas áreas urbanas.

3. METODOLOGIA

3.1. Área de estudo

Foi selecionado o bairro Paredões pertencente ao município de Mossoró/RN, encontra-se em uma região com um clima amplamente caracterizado como semi-árido. Sua área abrange 1.754.491 m² e é marcada por um histórico de questões desafiadoras ligadas à drenagem das águas pluviais. De acordo com o censo de 2010, tinha uma população de 8.348 habitantes (IBGE, 2010). Sua economia é majoritariamente voltada para o comércio, abrigando um total de 634 empresas ativas (EMPRESAQUI, 2023). Quanto ao relevo, apresenta variações de altitudes, com pontos elevados chegando a 33 metros e áreas mais baixas com até 4 metros de altitude. (Google Earth). Nesse contexto, a figura 1 ilustra o bairro estudado.

Figura 1 - Bairro Paredões, Mossoró/RN

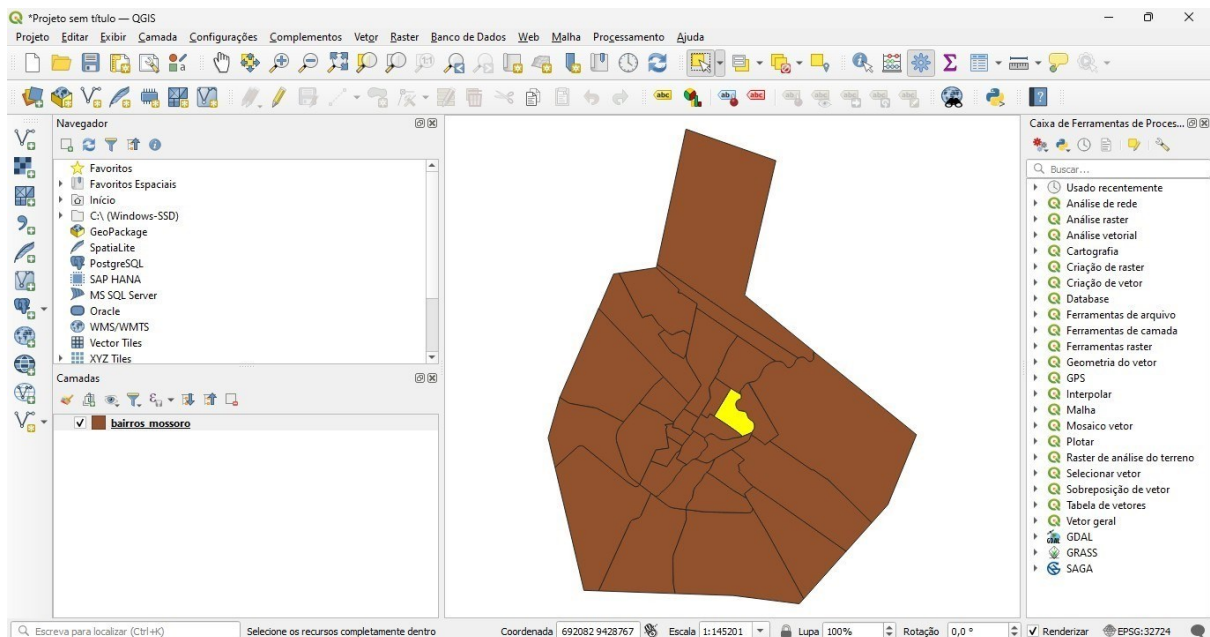


Fonte: Google Earth

3.2. Procedimentos no SIG

Por meio do QGIS foi selecionado o bairro em estudo (Paredões). Abaixo segue a figura 2 ilustrando o selecionamento deste bairro, iniciando os procedimentos da modelagem.

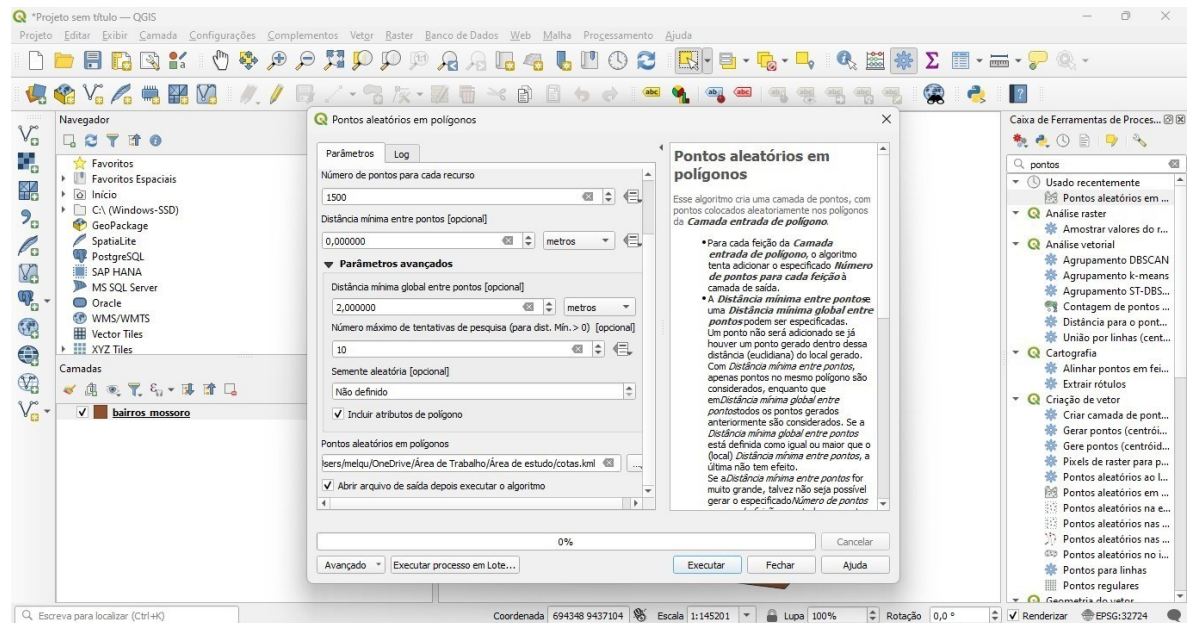
Figura 2 - Bairros da cidade de Mossoró/RN, em amarelo o bairro em estudo (Paredões)



Fonte: Autoria própria

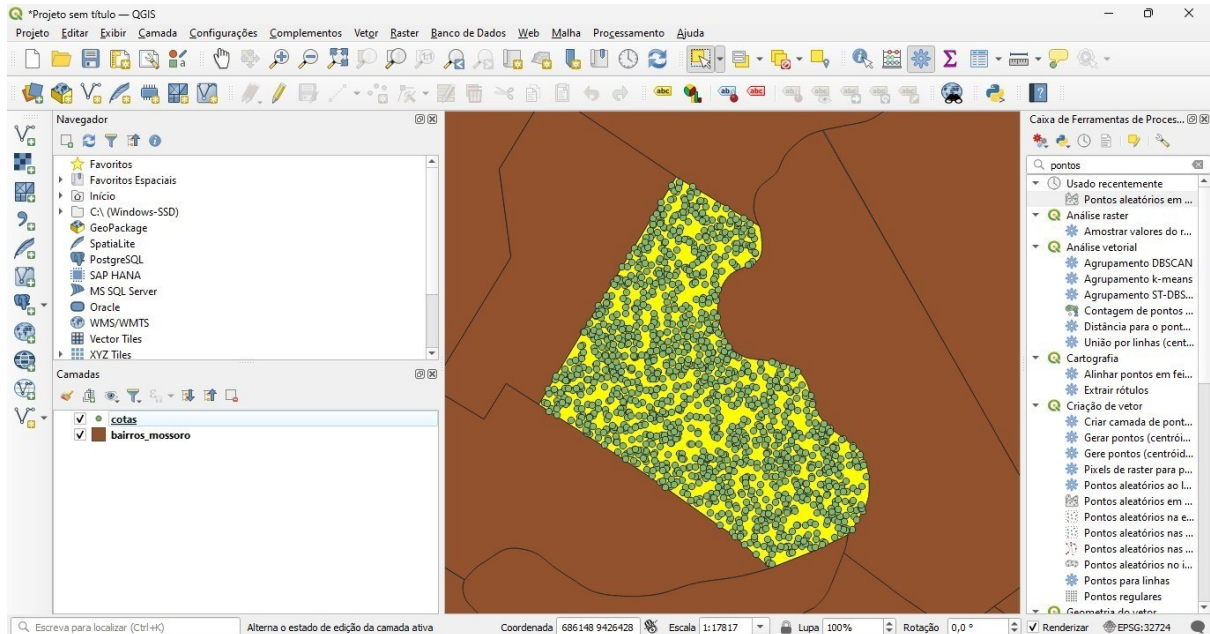
Em seguida, através de uma ferramenta do próprio QGIS chamada “Pontos aleatórios em polígonos”, inseriu-se a quantidade de pontos, neste caso 1500, onde posteriormente será extraído suas cotas, por fim o programa gerou esses pontos aleatoriamente em toda região selecionada. Abaixo segue a figura 3 e 4 ilustrando a inserção dos pontos e os resultados dos procedimentos.

Figura 3 - Inserção dos pontos



Fonte: Autoria própria

Figura 4 – Resultado da inserção dos pontos



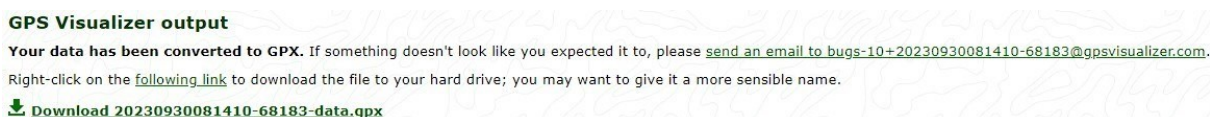
Fonte: Autoria própria

Após a inserção dos pontos, foi levado o arquivo denominado “cotas”, que está no formato KML, para o software “GPS Visualizer” onde será convertido para o formato GPX. Em seguida, efetuou-se o download do arquivo convertido. Abaixo segue a figura 5 e 6 ilustrando a conversão do arquivo e o resultado do processo.

Figura 5 – Conversão de KML para GPX

Fonte: Autoria própria

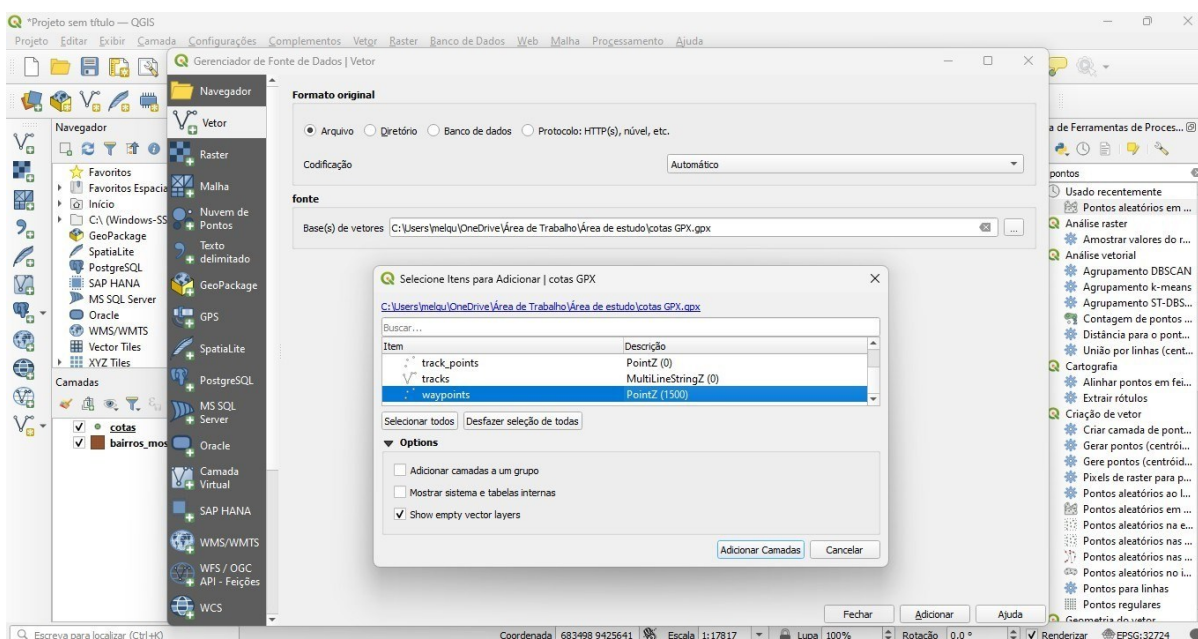
Figura 6 – Arquivo convertido



Fonte: Autoria própria

Foi adicionado o arquivo GPX no QGIS, por fim clicou-se em “waypoints” e “adicionar camadas”. Abaixo segue a figura 7 ilustrando o inserimento do waypoints, mostrando o procedimento.

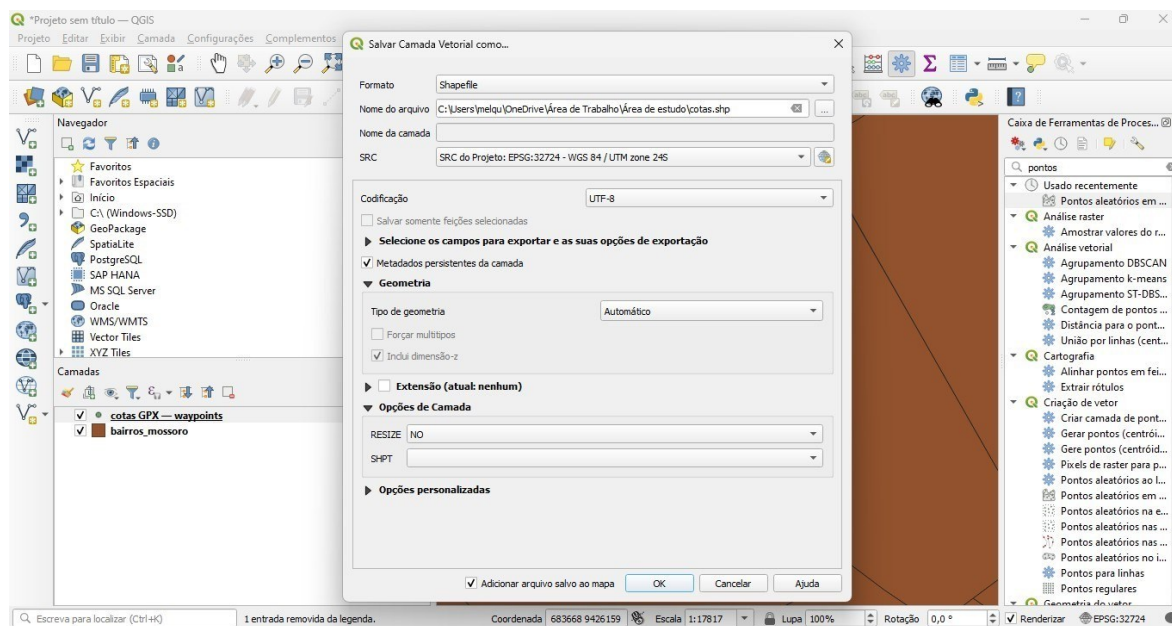
Figura 7 – Inserimento do waypoints



Fonte: Autoria própria

Logo depois, exportou-se o arquivo “cotas GPX – waypoints” para shapefile. Abaixo segue a figura 8 ilustrando a conversão para shapefile.

Figura 8 – Conversão para shapefile



Fonte: Autoria própria

A seguir, clicou-se na ferramenta “abrir tabela de atributos” onde pode-se observar as cotas dos 1500 pontos que foram gerados. Abaixo segue a figura 9 ilustrando as cotas de cada ponto com seus respectivos valores.

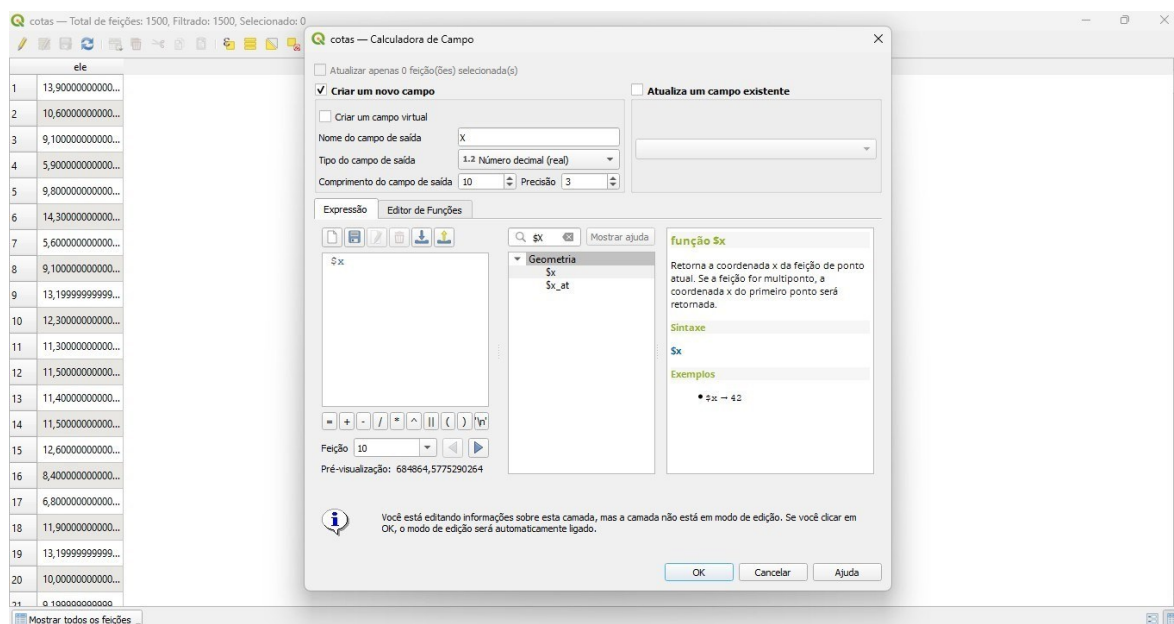
Figura 9 – Cotas dos pontos

id	cota
1	13,900000000000000
2	10,600000000000000
3	9,100000000000000
4	5,900000000000000
5	9,800000000000000
6	14,300000000000000
7	5,600000000000000
8	9,100000000000000
9	13,199999999999999
10	12,300000000000000
11	11,300000000000000
12	11,500000000000000
13	11,400000000000000
14	11,500000000000000
15	12,600000000000000
16	8,400000000000000
17	6,800000000000000
18	11,900000000000000
19	13,199999999999999
20	10,000000000000000

Fonte: Autoria própria

Na sequência, foi adicionado as coordenadas X e Y de cada ponto através da “calculadora de campo”. Abaixo segue a figura 10 e 11 ilustrando o inserimento da coordenada para X, a mesma lógica se aplicou em Y, e o resultado do inserimento das coordenadas X e Y.

Figura 10 – Inserimento da coordenada X



Fonte: Autoria própria

Figura 11 – Resultado do inserimento das coordenadas X e Y

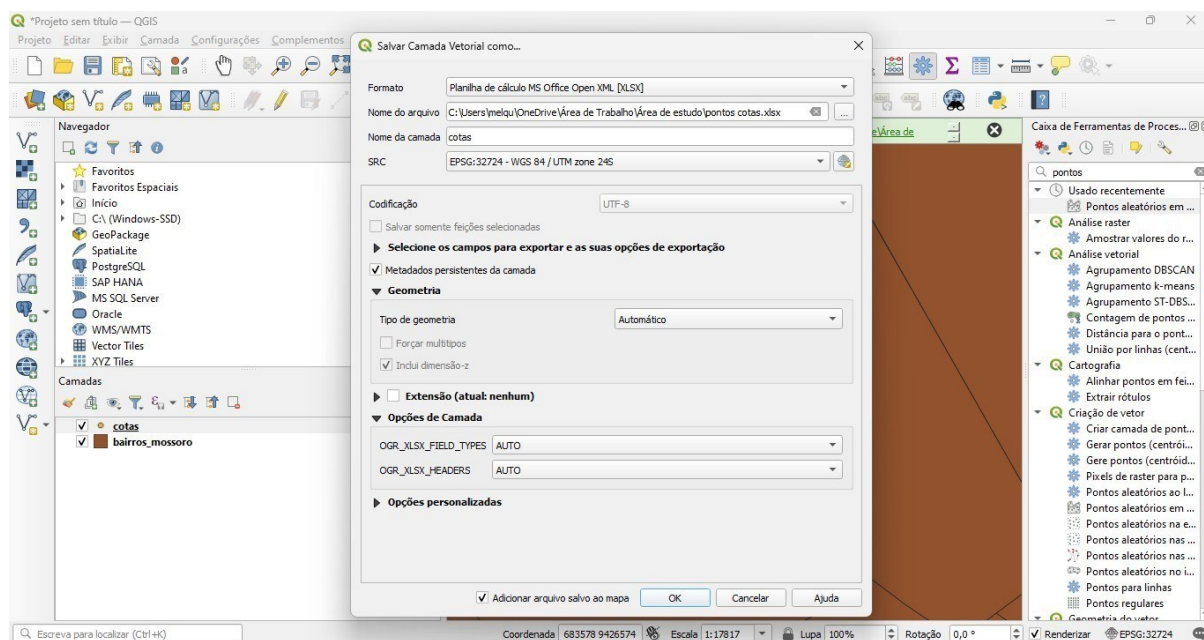
The screenshot shows the QGIS main window with the 'cotas' layer. The table view shows the result of the field calculator. The table has three columns: 'ele', 'X', and 'Y'. The 'X' and 'Y' columns contain the calculated coordinates for each point.

ele	X	Y
1	13,9000000000000...	685393,230
2	10,6000000000000...	942584,712
3	9,1000000000000...	942695,732
4	5,9000000000000...	942637,822
5	9,8000000000000...	942713,564
6	14,3000000000000...	942599,106
7	5,6000000000000...	942597,505
8	9,1000000000000...	942730,176
9	13,1999999999999...	942649,586
10	12,3000000000000...	942638,743
11	11,3000000000000...	942640,784
12	11,5000000000000...	942605,438
13	11,4000000000000...	942562,162
14	11,5000000000000...	942564,441
15	12,6000000000000...	942564,247
16	8,4000000000000...	942615,975
17	6,8000000000000...	942646,653
18	11,9000000000000...	942638,554
19	13,1999999999999...	942675,356
20	10,0000000000000...	942723,199

Fonte: Autoria própria

Em seguida, exportou-se o arquivo “cotas” para XLSX que é o formato de planilha (Excel). Inseriu-se essa planilha no programa SURFER para dar início a modelagem. Abaixo segue as figuras 12 e 13 ilustrando a exportação para XLSX e o resultado da exportação.

Figura 12 – Exportação para XLSX



Fonte: Autoria própria

Figura 13 – Resultado da exportação

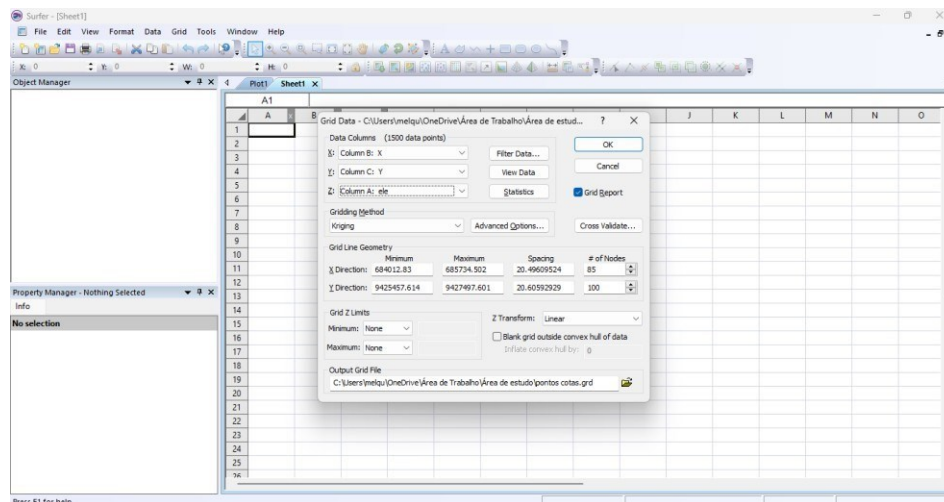
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	ele	X	Y										
2		13.9	685393.23	9425666.22									
3		10.6	684966.178	9425841.712									
4		9.1	684916.326	9426959.732									
5		5.9	685325.124	9426375.822									
6		9.8	685121.921	9427132.564									
7		14.3	684508.333	9425996.106									
8		5.6	685697.436	9425976.505									
9		9.1	684953.099	9427301.767									
10		13.2	684249.936	9426493.586									
11		12.3	684716.353	9426387.743									
12		11.3	684514.182	9426409.784									
13		11.5	684559.69	9426050.438									
14		11.4	685079.67	9425622.162									
15		11.5	685140.493	9425642.441									
16		12.6	685192.756	9425645.247									
17		8.4	684911.14	9426159.975									
18		6.8	685260.059	9426467.653									
19		11.9	684581.969	9426381.554									
20		13.2	684597.65	9426756.356									
21		10	684964.578	9427239.199									
22		9.2	684433.369	9426295.987									
23		8.8	685581.801	9425966.225									
24		10	685522.805	9425669.504									
25		11.9	684760.931	9426693.166									
26		8.8	684336.401	9426283.013									
27		6.8	684106.746	9426322.064									

Fonte: Autoria própria

3.3. Procedimentos no sistema de modelagem espacial

Com o SURFER aberto, clicou-se em “New Worksheet” depois em “grid” em seguida em “data” para o inserimento da planilha, onde definiu-se as coordenadas X, Y e Z. Abaixo segue a figura 14 ilustrando o inserimento da planilha.

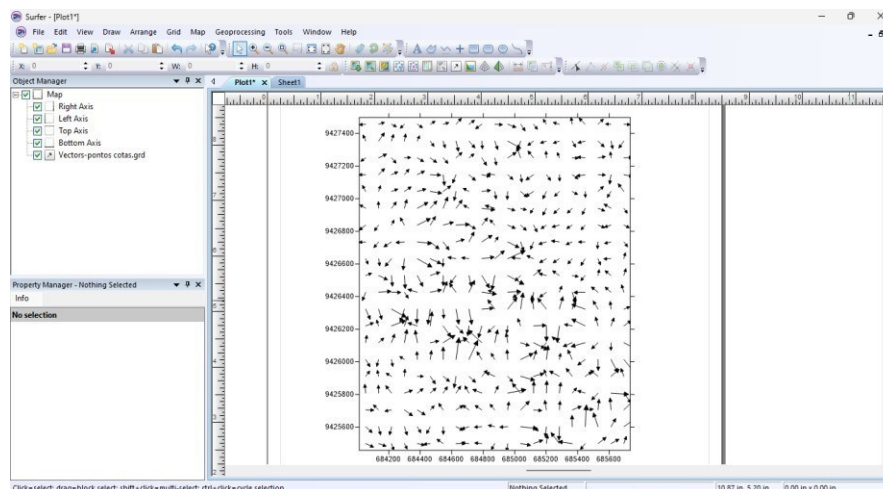
Figura 14 – Inserimento da planilha



Fonte: Autoria própria

Seguidamente, clicou-se em “map”, depois em “new” e por fim em “1 – Grid Vector Map...”, onde obteve-se como resultado a inserção dos vetores em forma de setas, que representa o fluxo natural das águas pluviais. Abaixo segue a figura 15 ilustrando a vetorização do fluxo natural das águas pluviais.

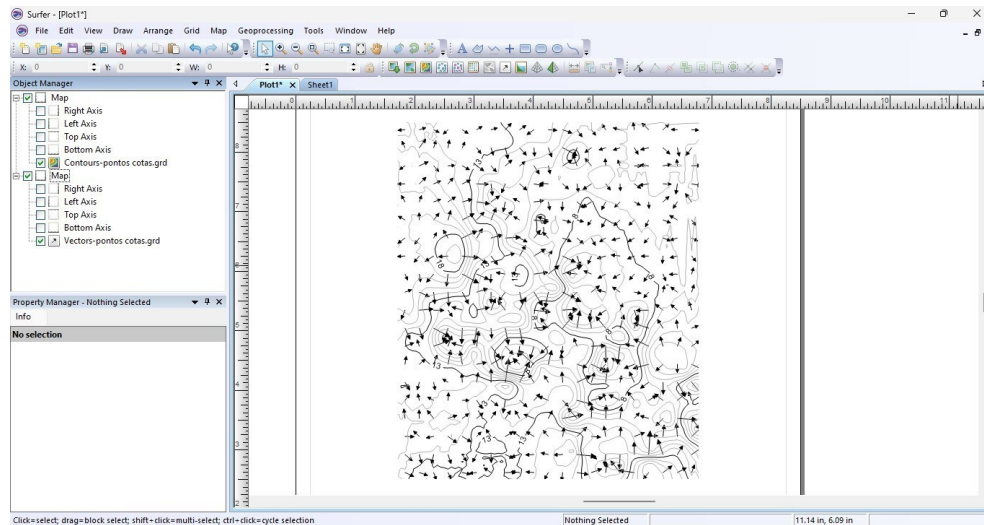
Figura 15 – Vetorização do fluxo natural das águas pluviais



Fonte: Autoria própria

Adicionou-se curvas de níveis, para ratificar que os vetores do fluxo das águas realmente estão percorrendo de maneira precisa para os caminhos corretos. Abaixo segue a figura 16 ilustrando as curvas de níveis.

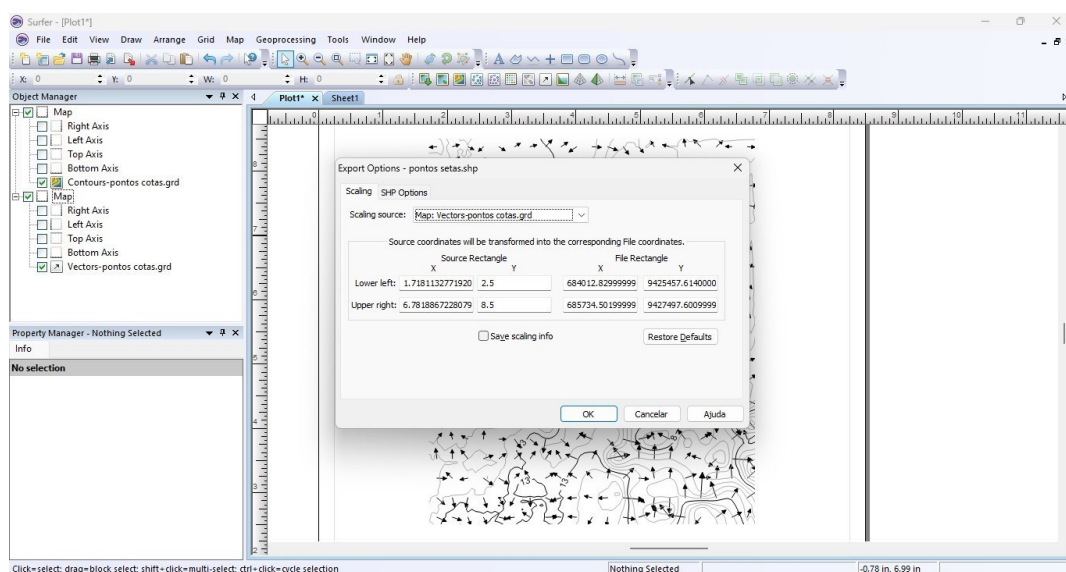
Figura 16 – Curvas de níveis



Fonte: Autoria própria

Em continuação, exportou-se esse mapa para shapefile para a continuação da modelagem no QGIS. Abaixo segue a figura 17 e 18 ilustrando a exportação para shapefile e o resultado da exportação.

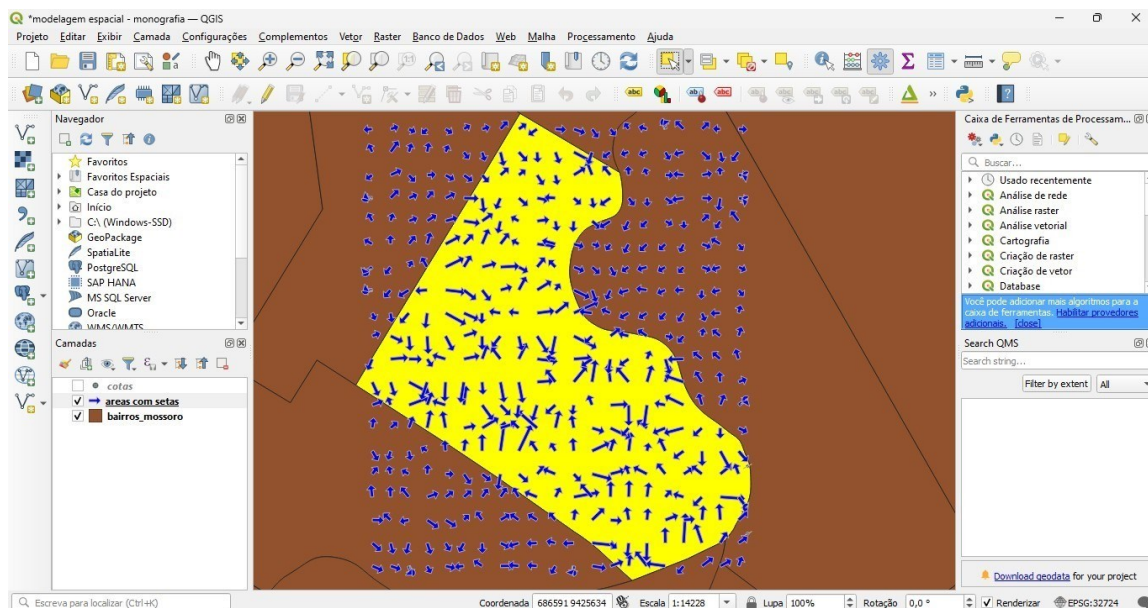
Figura 17 - Exportação para shapefile



Fonte: Autoria própria

3.4. Finalizações do procedimento no SIG

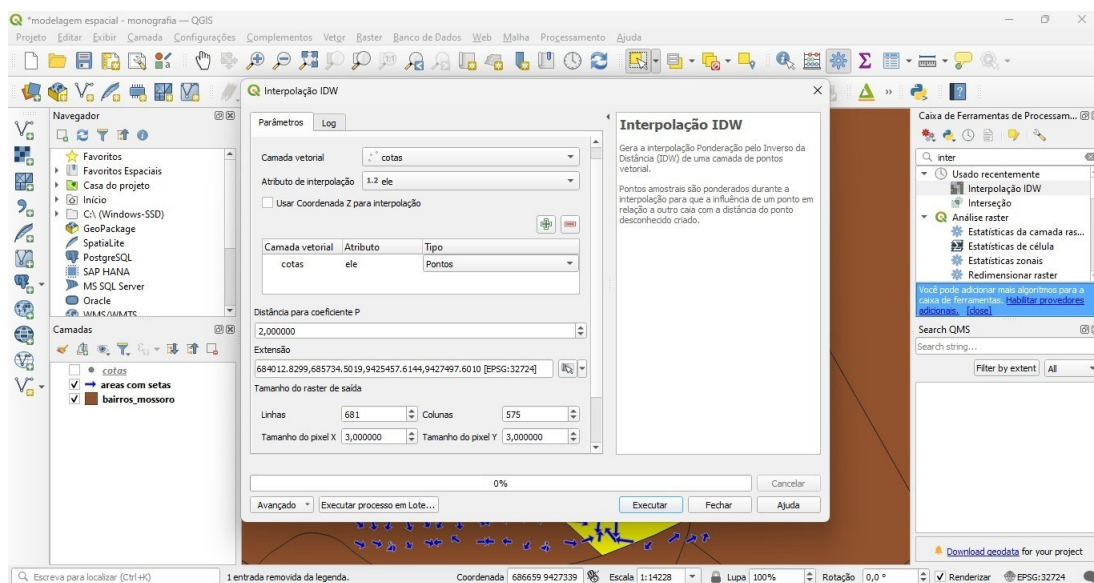
Figura 18 - Resultado da exportação



Fonte: Autoria própria

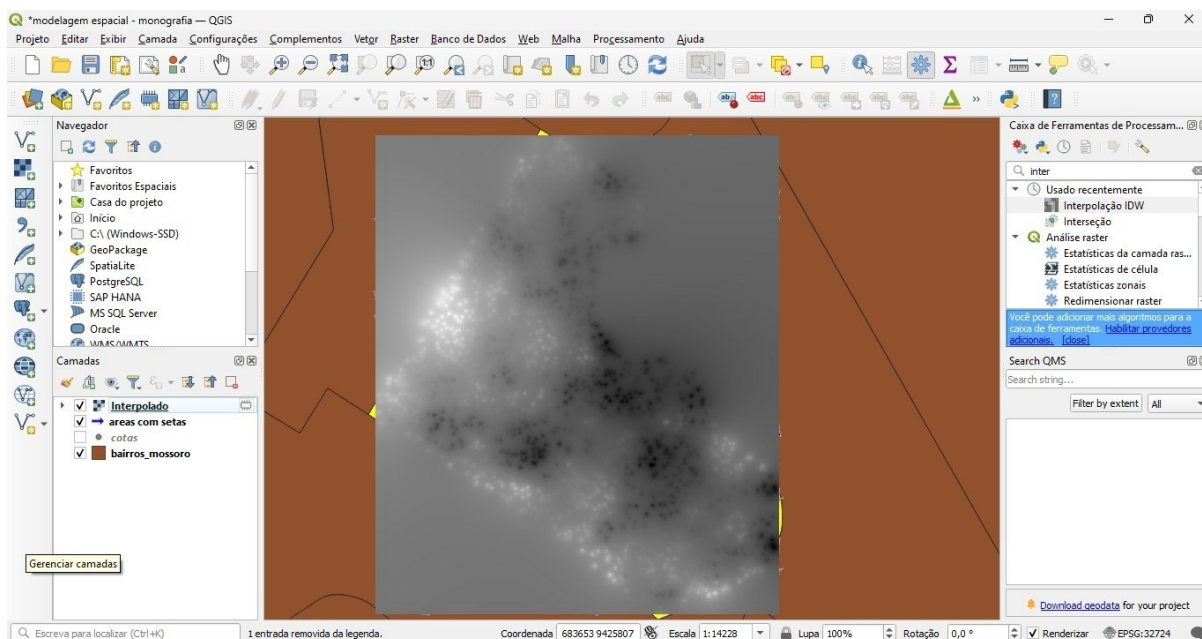
Prosseguindo, interpolou-se as cotas utilizando uma ferramenta do QGIS chamada de “Interpolação IDW”. Abaixo segue a figura 19 e 20 ilustrando a interpolação IDW e o resultado da interpolação.

Figura 19 – Interpolação IDW



Fonte: Autoria própria

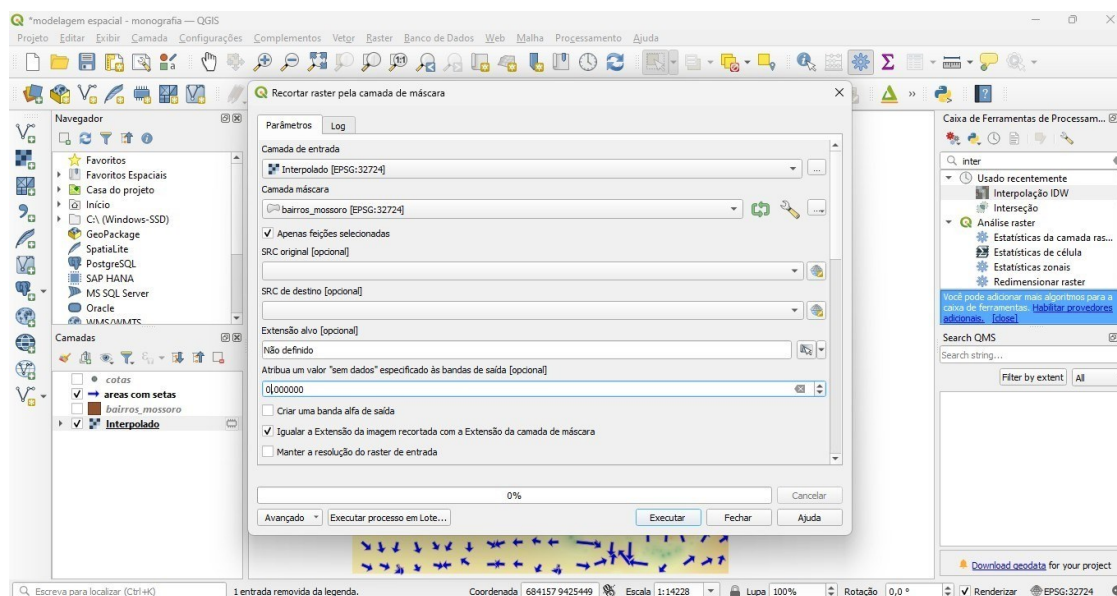
Figura 20 - Resultado da interpolação



Fonte: Autoria própria

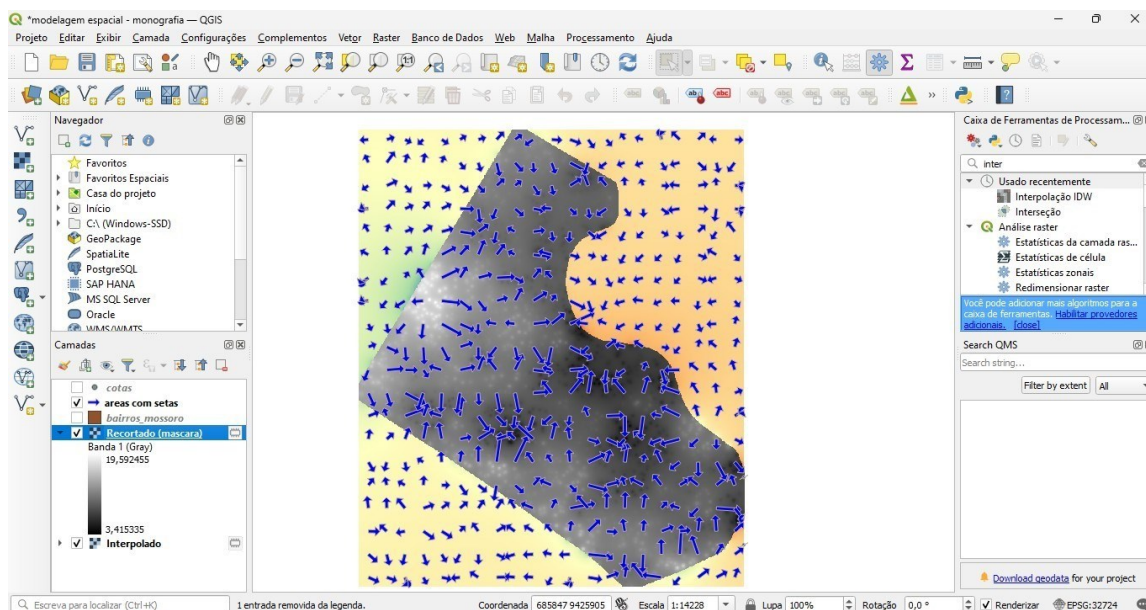
Logo em seguida, foi feito um recorte para ficar apenas com a interpolação da área de estudo. Para isso, clicou-se na aba “Raster”, depois em “extrair” e por fim em “Recortar raster pela camada de máscara”. Abaixo segue a figura 21 e 22 ilustrando o recorte da interpolação e o resultado do recorte da interpolação.

Figura 21 – Recorte da interpolação



Fonte: Autoria própria

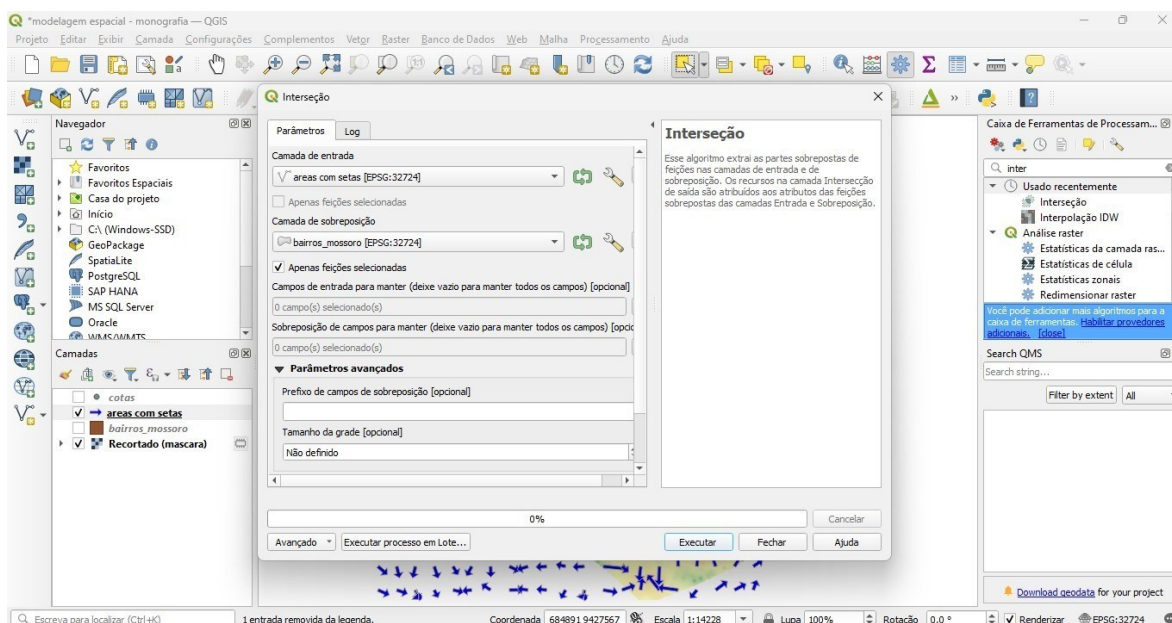
Figura 22 – Resultado do recorte da interpolação



Fonte: Autoria própria

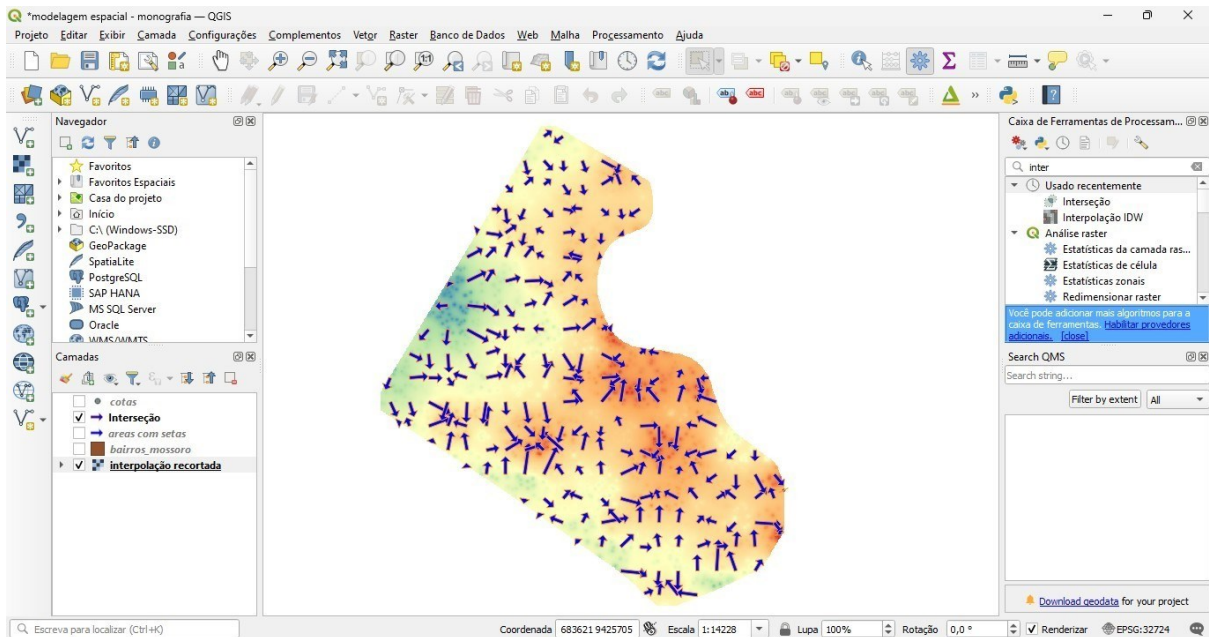
Logo após, recortou-se as setas para que as mesmas ficassem inseridas apenas na área de estudo. Para isso, clicou-se na aba “Vetor” depois em “Geoprocessamento” e por fim em “Interseção”. Abaixo segue as figuras 23 e 24 ilustrando o recorte das setas e o resultado do recorte das setas com o resultado.

Figura 23 – Recorte das setas



Fonte: Autoria própria

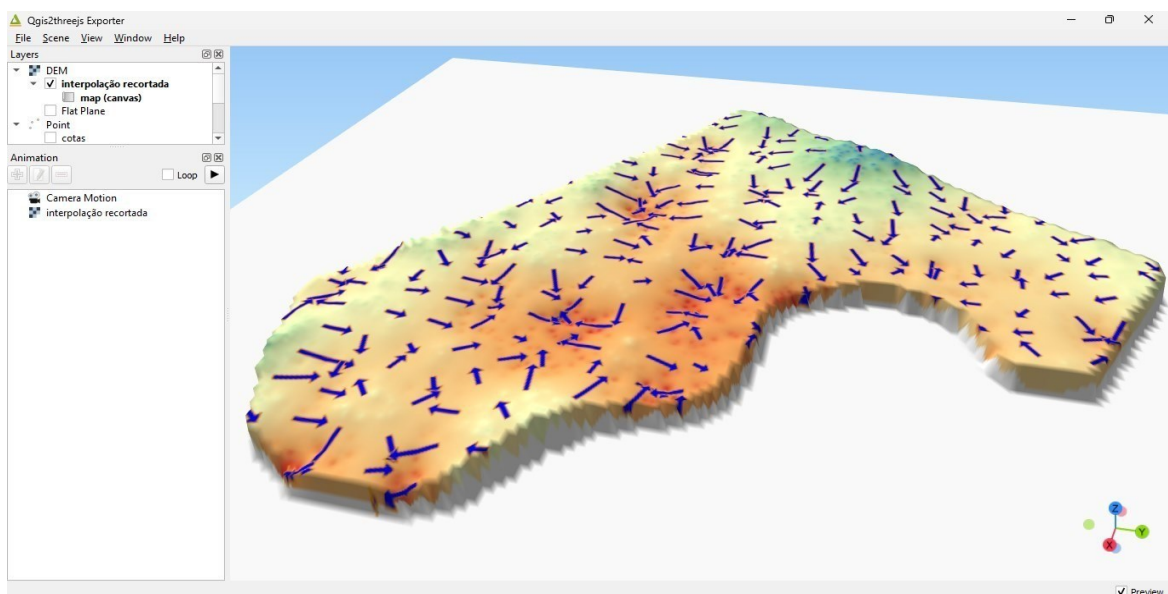
Figura 24 – Resultado do recorte das setas



Fonte: Autoria própria

Prosseguindo, acionou-se um plugin do próprio QGIS chamado “Qgis2threejs Exporter”, onde pode-se observar a região estudada em 3D, para uma melhor observância do fluxo. Em “Scene” depois em “Scene settings” e por fim em “Z exaggeration” alterou-se o valor para 3 para uma melhor vista dos declives e aclives do terreno. Abaixo segue a figura 25 ilustrando a representação em 3D.

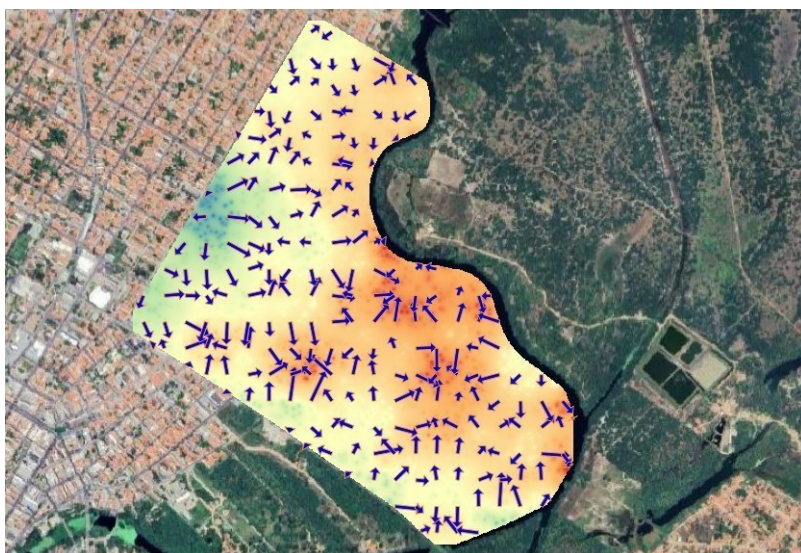
Figura 25 – Representação em 3D



Fonte: Autoria própria

Em seguida, para evidenciar a precisão do georreferenciamento, utilizou-se outro plugin chamado “QuickMapServices” onde pode-se observar que a área de estudo juntamente com a vetorização do fluxo, estão inseridos corretamente, conforme mostra a sobreposição da área com o mapa via “Google Satellite”, ratificando o potencial dessa modelagem. Abaixo segue a figura 26 e 27, ilustrando a sobreposição da área de estudo com o mapa via Google Satellite e a definição do fluxo das águas georreferenciados. Na figura 27 foi alterado a cor da seta para melhor visualização.

Figura 26 - Sobreposição da área de estudo com o mapa via Google Satellite



Fonte: Autoria própria

Figura 27 – Definição do fluxo das águas georreferenciado



Fonte: Autoria própria

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A modelagem espacial proporcionou a determinação das direções de escoamento das águas pluviais, com base na topografia do terreno estudado, representada por vetores em forma de setas. Abaixo segue a figura 28 ilustrando a definição do fluxo das águas georreferenciadas em 3D.

Figura 28 – Definição do fluxo das águas georreferenciadas em 3D



Fonte: Autoria própria

Com base nessas informações da modelagem, ficou evidente que essas setas se originavam nos pontos mais elevados e convergiam para os pontos mais baixos, identificando pontos suscetíveis a acúmulos de águas, ou seja, com potenciais problemas de drenagem.

Nesse sentido, gestores e urbanistas podem planejar sistemas de drenagem mais eficazes, como a instalação estratégica de bueiros nas ruas, apoiada pelo georreferenciamento dessa modelagem. Essa abordagem permite a captação mais eficiente da água da chuva, reduzindo assim os impactos dos alagamentos na vida das pessoas.

Além disso, a modelagem espacial também auxilia na seleção dos locais ideais para a instalação de Estações de Tratamento de Água (ETA) e Estações de Tratamento de Esgoto (ETE), que são elementos que desempenham um papel vital na proteção da saúde humana, garantindo o acesso à água potável e na minimização dos riscos de doenças transmitidas pela água e pela poluição ambiental.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da modelagem espacial para definir o direcionamento da drenagem de águas pluviais no bairro Paredões, em Mossoró/RN, revelou-se uma abordagem inovadora na análise da drenagem urbana. Essa técnica, que utiliza vetores em forma de setas para mapear o fluxo da água, partindo dos pontos mais altos e convergindo para os mais baixos, permite a identificação de áreas com maior risco de enchentes e alagamentos. Isso, por sua vez, capacita gestores e urbanistas a desenvolver projetos de drenagem altamente eficazes e precisos, apoiados por um banco de dados georreferenciado.

Além disso, o banco de dados resultante da modelagem oferece a flexibilidade para conduzir estudos correlacionados de acordo com as necessidades e objetivos dos profissionais envolvidos. Dessa forma, essa modelagem não apenas permite uma análise minuciosa, mas também viabiliza um planejamento criterioso e a tomada de decisões eficazes para mitigar os impactos das águas pluviais nas áreas urbanas, proporcionando uma melhoria substancial na qualidade de vida e na segurança dos residentes.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. S. et al. A drenagem urbana das águas pluviais e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública no Município de Santana. Macapá/AP, p. 1-69, 2014. Disponível em: <<https://www2.unifap.br/cambientais/files/2014/08/A-DRENAGEM-URBANA-DAS-ÁGUAS-PLUVIAS-E-SUA-RELAÇÃO-COM-O-MEIO-AMBIENTE-E-A-SAÚDE-PÚBLICA-NO-MUNICÍPIO-DE-SANTANA.pdf>>. Acesso em 02 set. 2023

ALMEIDA, J. A. G. et al. Modelagem espacial distribuída aplicada à análise e caracterização da área de influência de bacias hidrográficas no semiárido do Brasil. Anais II CONIDIS, Campina Grande/PB, p. 1-12, 18 dez. 2017. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/editora/anais/conidis/2017/TRABALHO_EV074_MD1_SA6_I D1101_29092017163943.pdf>. Acesso em: 01 set. 2023.

ALVES, C. A. Estimativa da área impermeável dentro da bacia hidrográfica do Arroio Dilúvio (Porto Alegre/RS) através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. 2004. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

ASCIUTTI, G. Parte 06: Saneamento Básico - Série: Geoprocessamento e suas aplicações. GAMAGEO, São Paulo, 20 mar. 2019. Disponível em: <<https://www.gamageo.com/post/parte-06-saneamento-b%C3%AAsico-s%C3%A9rie-geoprocessamento-e-suas-aplica%C3%A7%C3%B5es#:~:text=O%20geoprocessamento%20e%20o%20levantamento,natural%20de%20escoamento%20da%20%C3%A1gua>>. Acesso em: 04 set. 2023.

BURROUGH, P.; MCDONNELL, R. Spatial information systems and geostatistics. Principles of Geographical Information Systems, v. 333, 1998.

CÂMARA, G. et al. Introdução à ciência da geoinformação. São José dos Campos/SP, p. 1-345, 2001. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em 03 set. 2023.

CHRISTOFIDIS, D. et al. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. *Saúde Debate*, Rio de Janeiro/RJ, v. 43, n. 3, p. 94-108, dez. 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sdeb/a/jpNVWVZSdNRRyQS3qtWmz9g/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em 02 set. 2023.

CORDOVEZ, J. C. G. Geoprocessamento como ferramenta de gestão urbana. *Anais - I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto*, Aracaju/SE, p. 1-19, 17 e 18 out. 2002. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/labgeo/srgsr1/pdfs/pa_pu_01.PDF>. Acesso em: 02 set. 2023.

DUARTE, M. A. et al. Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana. Rio de Janeiro, p. 1-60, dez. 2010. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/131752904-Instrucoes-tecnicas-para-elaboracao-de-estudos-hidrologicos-e-dimensionamento-hidraulico-de-sistemas-de-drenagem-urbana.html>>. Acesso em: 05 set. 2023.

FITZ, P R. Cartografia básica. *Oficina de Textos*, São Paulo, p. 1-143, 01 jan. 2008. Disponível em: <<https://www.docdroid.net/QGXmC8f/paulo-roberto-fitz-cartografia-basica-pdf>>. Acesso em 04 set. 2023.

GARCIA, J. I. B. Monitoramento hidrológico e modelagem da drenagem urbana da bacia hidrográfica do arroio cancela. Santa Maria/RS, p. 1-169, 2005. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7668/JOAQUIN%20GARCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 06 set. 2023.

GONÇALVES, R. F. (coord.), 2006, *Uso Racional da Água em Edificações*. 1 ed. Vitória, ES, ABES.

HÖLTZ, F. C. Uso de concreto permeável na drenagem urbana: Análise da viabilidade técnica e do impacto ambiental. 2011. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

IBGE. (2010). “Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008”. IBGE, Rio de Janeiro/RJ, 219 p. JOSHI, U. M., BALASUBRAMANIAN, R. (2010). “Characteristics and environmental mobility of trace elements in urban runoff”. *Chemosphere*, v. 80, p. 310–318.

IBGE. (2010). “População residente, por sexo e situação do domicílio”. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/202#resultado>>. Acesso em 07 set. 2023.

JUNIOR, W. Geoprocessamento e Mapas. p.1-40, 28 de maio de 2017. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/wander505/geoprocessamento-e-mapas>>. Acesso em: 03 set. 2023

LERMEN, A. M. et al. Consequências da ineficiência dos projetos de drenagem urbana: Um diagnóstico do carregamento de sedimentos causadores de malefícios à saúde humana. XIV ENES, Campinas/SP, p. 1-8, 9 a 13 nov. 2020. Disponível em: <<https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/98/ENES20200044-1-20200711-112439.pdf>>. Acesso em 31 ago. 2023.

MAKSIMOVIC, C. General Overview of Urban Drainage Principles and Practice. Urban Drainage in Specific Climates Title. Paris, FR: UNESCO, 2001.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. 1. ed., v. 1. Brasília: CNPq, 2012.

MOREIRA, P. A. G. Determinação de áreas impermeáveis por meio de ferramentas de geoprocessamento. Goiânia/GO, p. 1-70, 2021. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/780/o/Dissertação_Mestrado_Pedro_Gonzaga.pdf>. Acesso em 04 set. 2023.

NOVO, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. Ed. Edgard Blucher Ltda, 3a Edição, São Paulo, 2008.

OLIVEIRA, A. As cheias do rio Mossoró. portaldorn, Mossoró-RN, 15 nov. 2020. Disponível em: <<https://portaldorn.com/as-cheias-do-rio-mossoro/>>. Acesso em 07 set. 2023.

O que é modelagem espacial? - o que é techopedia. Theastrologypage, 2023. Disponível em: <<https://pt.theastrologypage.com/spatial-modeling>>. Acesso em: 6 set. 2023

PRICINOTE, M. A. Drenagem urbana: um obstáculo para mobilidade. Goiânia, 17 abr. 2023. LinkedIn: Miguel Angelo P. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/drenagem-urbana-um-obst%C3%A1culo-para-mobilidade-miguel-angelo-pricinote/?originalSubdomain=pt>>. Acesso em: 31 ago. 2023.

RIGHETTO, A. M. Hidrologia e Recursos Hídricos, São Carlos: EESC/USP, 840p, 1998.

SILVA, C. S. Inundações em Pelotas/RS: o uso do geoprocessamento no planejamento paisagístico e ambiental. Florianópolis/SC, p. 1-196, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/123456789/89718/1/256550.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2023

SILVA, J. X. O que é Geoprocessamento? Rio de Janeiro, p. 42-44, 2007. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/lga/tiagomarino/artigos/oqueegeoprocessamento.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2023.

TEIXEIRA, S. N. Sistema de drenagem urbana: Estudo de caso para a macrodrenagem do município de Arcos – MG. Formiga/MG, p. 1-82, 2014. Disponível em: <<https://repositorioinstitucional.uniformg.edu.br:21074/xmlui/bitstream/handle/123456789/271/Monografia-TCC%20-%20Suzane%20Naiara%20Teixeira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 01 set. 2023.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 1º, 23p, RS; 2009.

TUCCI, C. E. M; CORDEIRO, O. M. Diretrizes estratégicas para a ciência e tecnologia em recursos hídricos no Brasil. REGA. 2004; 1(1):21-35

VALENTE, J. A. Análise e considerações para o sistema de drenagem de água pluvial em um loteamento na cidade de Catalão – GO. Catalão/GO, p. 1-59, 2013. Disponível em: <https://deciv.catalao.ufg.br/up/620/o/TCC_-_Jakeliny_Alves_Valente.pdf>. Acesso em 01 set. 2023.

VILLANUEVA, A. O. N. et al. Gestão da drenagem urbana, da formulação à implementação. REGA, v. 8, no. 1, p. 5-18, jan./jun. 2011.

VIOLA, H. Gestão de águas pluviais em áreas urbanas – O estudo de caso da Cidade do Samba. Rio de Janeiro/RJ, p. 1-398, mar. 2008. Disponível em: <http://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/mestrado/Heitor_Viola.pdf>. Acesso em 02 set. 2023.

634 Empresas no bairro Paredoes em Mossoro, RN. Empresaqui, 2023. Disponível em: <<https://www.empresaqui.com.br/listas-de-empresas/RN/MOSSORO/paredoes>>. Acesso em 07 set. 2023