



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DIMENSIONAMENTO DE REDE DE MICRODRENAGEM COM O USO DE VANT:
ESTUDO DE CASO NA ZONA DE FEIRA LIVRE DE PAU DOS FERROS – RN

PÚBLIO QUIRINO LEAL

PAU DOS FERROS – RN

2019

PÚBLIO QUIRINO LEAL

**DIMENSIONAMENTO DE REDE DE MICRODRENAGEM COM O USO DE VANT:
ESTUDO DE CASO NA ZONA DE FEIRA LIVRE DE PAU DOS FERROS – RN**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
como parte das exigências para a obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Bel. William Vieira Gomes

PAU DOS FERROS – RN

2019

©Todos os direitos estão reservados à 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 tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

Q435d Quirino Leal, Públio. Dimensionamento de Rede de Microdrenagem Para a Zona de Feira Livre de Pau Dos Ferros-RN Através do Uso de VANT / Públio Quirino Leal. - 2019. 52 f. : il. Orientador: William Vieira Gomes. Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil, 2019. 1. Planejamento Urbano. 2. Projeto. 3. Drenagem Urbana. 4. Fotogrametria Aérea. 5. Processamento de Imagens. I. Vieira Gomes, William, orient. II. Título.

Bibliotecária: Erlanda Maria Lopes da Silva

PÚBLIO QUIRINO LEAL

**DIMENSIONAMENTO DE REDE DE MICRODRENAGEM PARA A ZONA DE
FEIRA LIVRE DE PAU DOS FERROS-RN ATRAVÉS DO USO DE VANT**

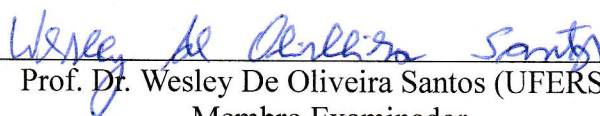
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal Rural do Semi-Árido,
como parte das exigências para a obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Civil.

Defendida em: 22 / 03 / 2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Bel. William Vieira Gomes (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Wesley De Oliveira Santos (UFERSA)
Membro Examinador



Prof. Dr. Alex Pinheiro Feitosa (UFERSA)
Membro Examinador

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a meus pais, Roberto Ney e Janaina, que nunca mediram esforços para me apoiar em minhas decisões, incentivando-me a ser o melhor que eu pudesse independentemente de que carreira escolhesse. Ofereço dedicatória também a minha tia, Jakelline, que mesmo sem obrigação alguma defendeu minha educação desde que me entendo por gente. Expresso aqui minha gratidão à minha noiva, Ana Paula, que foi minha luz nos momentos mais escuros. Por último, aos amigos que tive a honra de fazer por onde passei nesta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a esta força descomunal que aparece ao meu socorro nas horas de maior necessidade, a quem conheço pelo nome de Deus.

Agradeço a minha mãe (Janaina) pelo esforço e dedicação para que eu sempre seguisse os caminhos corretos e que vencesse na vida através dos estudos, e a meu pai (Roberto Ney) por mostrar-me que com esforço e disciplina pode-se chegar onde quer.

Agradeço a minha tia (Jakelline) por não fazer discriminação entre mim e seus próprios filhos investindo e incentivando meu processo educacional. Também sou grato a meus irmãos (Gabriel e Isabella), bem como aos demais membros familiares pela força.

Agradeço a meu Orientador (Pro. William Vieira) pelos inúmeros conselhos e por acreditar neste trabalho colaborando de maneira extraordinária durante todo o processo, sem ele a conclusão deste trabalho jamais seria possível.

Agradeço a Banca Examinadora pelas valorosas críticas que foram deveras uteis na realização deste.

Agradeço aos meus Amigos Danilo, Leonardo, Pedro, Cádmo, Lucas Lima, Augusto, Antonio Neto, Tales e demais membros da MESA DA AMARGURA, além dos amigos IMPERADORES. Aos amigos da época de intercambio: José, Giancarlo, Rodrigo e Matheus. Em especial agradeço ao amigo Joefferson Abrão que ao longo dos anos passou a ser um irmão para mim, parceria que levarei para a vida.

Agradeço às pessoas de coração bom que Deus têm colocado em meu caminho de maneira incessante, e que apesar de não terem ligação alguma comigo mostraram seu afeto e bem querer pela minha pessoa. Cito aqui Sr. Chico (taxista) e Redrina que trabalhou no restaurante universitário da *Temple* enquanto estive lá.

Agradeço às empresas que abriram as portas para me dar a oportunidade de iniciar minha carreira como profissional nas figuras da diretora executiva da Facilite Construtora – Pau dos Ferros/RN (Aliny Carlos), e proprietário da Teixeira Construções – Iguatu/CE (Antonio Luiz Teixeira)

Agradeço àquelas pessoas que infelizmente não podem estar aqui para ver esta vitória, mas que com eles aprendi a ser melhor, e que de onde estiverem sabem que tem um pedaço deles nisto tudo. Meu avô (Sr. Nenem de Júlia) e minha bisavó (Dona Santana).

Agradeço a minha noiva (Ana Paula), que entrou em minha vida para compartilhar os sonhos e os planos, àquela para com quem não tenho segredos, que aparece para me dar a mão e me levar para casa quando me perco.

"Todos nós nos perdemos em meio a
escuridão, mas os sonhadores aprendem a
guiar-se pelas estrelas"

Neil Peart

RESUMO

O projeto de microdrenagem é um dos mais negligenciados no que se refere ao planejamento urbano, tornando o controle de enchentes um completo caos nos dias de maior intensidade nas precipitações. Esta realidade é enfrentada corriqueiramente em especial nos municípios do nordeste brasileiro, haja visto que o comportamento pluviométrico da região faz com que os projetos de drenagem apresentem ineficácia durante os curtos períodos chuvosos que se tem durante o ano. Este trabalho tem como objetivo fazer um estudo técnico e dimensionamento de um sistema de microdrenagem pluvial na zona da Feira Livre de Pau dos Ferros – RN através do uso de VANTs. O percurso metodológico partiu da revisão bibliográfica e levantamento de dados em fontes primárias e secundárias relacionadas às questões da pesquisa no âmbito do dimensionamento de redes de microdrenagem, pesquisa de campo constando no levantamento dos dados planialtimétricos e geométricos da área de estudo através do uso de um VANT, posteriormente a fotogrametria foi processada para obter os resultados esperados de curvas de níveis e modelo digital de terreno utilizando-se o *Software Agisoft PhotoScan Professional*. Por sua vez tais resultados demonstraram que o sistema em funcionamento atual demonstra ineficiência para drenar as águas pluviais, o dimensionamento decorrido dos dados levantados em campo necessita também de alguns ajustes de inclinação pois a topografia existente não é suficiente para manter os níveis de velocidade recomendados na bibliografia estudada. Na pesquisa encontram-se elementos complicadores também no sentido do mal-uso das vias públicas, pois em decorrência dos dejetos deixados pelos usuários da feira nas vias podem ser carregados ao sistema de drenagem e causar obstruções ao fluxo. Elencou-se ações no sentido lógico que podem ser tomadas para readequar o dimensionamento, bem como no sentido cultural para modificar o comportamento padrão da população usuária desta parte da cidade.

Palavras-chave: planejamento urbano, projeto, drenagem urbana, fotogrametria aérea, processamento de imagens.

ABSTRACT

The microdrainage project is one of the most neglected with respect to urban planning, that makes the control of precipitations a complete chaos these days, this reality is confronted especially in the smaller towns from the Northeast of Brazil, because the lack of rainfall makes the inefficacy of the drainage only visible during the rainy months they have during the year. This work aims to make a technical study and design of a pluvial microdrainage system for the area of Free Fair market of *Pau dos Ferros-RN* through the use of UAVs. The methodological path goes from the literature review and data collection in a primary stage to the later development the microdrain nets themselves, passing through field research with the obtainment of registration of planar and geometric data for the area of study through the use of a UAV, after which the photogrammetry was processed to obtain the results such as level curves and digital terrain model using the Agisoft Software. The results demonstrated that the system in use it's not up to date and it is ineffective, the data collected in the field also requires some tilt adjustments because the existing topography is not sufficient to maintain the recommended speed levels present in the bibliography. The search is also complicated by the sense of misuse of public roads, as there is an obvious consequence for the waste that the users place in the streets which can affect the drainage system and cause obstructions to the flow. As a conclusion, the actions that can be taken to re-adjust the dimensioning are listed, as well as there is a clear need to develop some cultural sense in order to modify the behavior pattern of the population of the city that use the designed system daily.

Keywords: urban planning, drainage, aerial photogrammetry, image processing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Área de Influência de Pau dos Ferros	18
Figura 02: Comparativo de alcance de imagens por diferentes modelos de aeronaves.....	23
Figura 03: Levantamento de imagens no processo de fotogrametria digital aérea	24
Figura 04: Equipamento VANT utilizado para obtenção das fotos	26
Figura 05: Localização de Zona de Interesse do Estudo Representada pela Ortofoto	27
Figura 06: Feira Livre de Pau dos Ferros – RN em dia de Chuva de Grande Intensidade	28
Figura 07: Identificação dos Tipos de Superfícies por Cores	28
Figura 08: Fluxograma das etapas do processamento e obtenção das aerofotografias do VANT	29
Figura 09: Comando ruler aplicado a medidas planimétricas	30
Figura 10: Comando draw polyline para obtenção de medidas planialtimétricas	31
Figura 11: Rede de Microdrenagem e Áreas de Contribuição	34
Figura 12: Detalhe do Ponto de Visitação 5	35
Figura 13: Curvas de Níveis.....	41
Figura 14: Diâmetros dimensionados da rede de microdrenagem	43
Figura 15: Bueiro existente na área de estudo	44
Figura 16: Lixo depositado nas vias durante um dia movimentado na Feira Livre	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Valores de C por tipo de ocupação.....	32
Quadro 02: Classificação dos cenários analisados no dimensionamento da rede de microdrenagem .	32
Quadro 03: Tempo de Retorno para Obras de Microdrenagem.....	37
Quadro 04: Coeficientes de Rugosidade de Manning	37
Quadro 05: Dimensões Nominais de Tubos de Concreto	38
Quadro 06: Relações de Raios Hidráulicos.....	39
Quadro 07: Valores de C para cada Cenário	41
Quadro 08: Coeficientes “C” para cada área de Contribuição.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Características do computador utilizado no processamento.....	26
Tabela 02: Áreas de Contribuição	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
RN	Rio Grande do Norte
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
REGIC	Regiões de Influência das Cidades
UERN	Universidade Estadual do Rio Grande do Norte
PDDUr	Plano Diretor de Urbanização
IDF	Equação de Intensidade-Duração-Frequência
RAM	Memória de Acesso Aleatório
MDT	Modelo Digital de Terreno
MDS	Modelo Digital de Superfície
C	Coeficiente de Escoamento Superficial

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 OBJETIVO GERAL	16
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 HIDROLOGIA E URBANIZAÇÃO	17
2.1.1 DESENVOLVIMENTO URBANO DE PAU DOS FERROS - RN	17
2.2 ENCHENTES	19
2.3 DRENAGEM URBANA	20
2.3.1 PROJETO DE MICRODRENAGEM	21
2.4 VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTs)	22
2.5 FOTOGRAMETRIA	23
3 METODOLOGIA	25
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	25
3.2 MATERIAL E PROCEDIMENTOS	25
3.2.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	25
3.2.2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	27
3.2.3 ETAPAS DO PROCESSAMENTO	29
3.3 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE MICRODRENAGEM	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	47
APÊNDICE A – “C” POR ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (CENÁRIO 1)	50
APÊNDICE B – “C” PONDERADO DE 0,78 (CENÁRIO 2)	51

1 INTRODUÇÃO

Ano após ano o homem vem utilizando cada vez mais do solo para produzir alimento, moradia, comércio, dentre outros fatores socioeconômicos que são movidos pelos interesses antrópicos. Porém, muitas vezes a ocupação da terra se dá de maneira desorganizada e com consequências desastrosas para a qualidade e conservação da superfície lotada (CORRÊA, 2005).

Nesse sentido, a falta ou a ineficácia de um planejamento urbano sustentável influencia de maneira impactante na degradação do solo e oportuniza possíveis desastres ambientais como consequência, sobretudo nos períodos mais críticos. No caso do Nordeste, onde a escassez pluviométrica é notória, muitos projetos urbanos só demonstram seu real fracasso durante os curtos períodos chuvosos que se tem durante o ano.

Nesse contexto, o projeto de microdrenagem que, de acordo com Tucci e Genz (1995) consiste no sistema de condutos pluviais em nível de rede primária, é um dos mais negligenciados, tornando o controle de enchentes e enxurradas um completo caos nos dias de maior intensidade nas precipitações. Cruz (2011) ainda relata que esses problemas no Brasil são decorrentes da falta de efetividade ou da inexistência de planos urbanísticos e da falta de investimento em tal área por parte do poder público.

Com base nisso, o estudo e desenvolvimento de técnicas modernas que auxiliem no desenvolvimento de projetos deste tipo tornam-se cada vez mais indispensáveis a cada ano devido ao número crescente de perdas materiais e humanas. Para tanto, os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), dentre uma infinidade de suas aplicações, apresentam-se como um equipamento de promissora aplicação, já que permite realizar um levantamento rápido, acurado e seguro de todas as variáveis necessárias para o dimensionamento do sistema. (LONGHITANO, 2010; GREGORIO et al., 2015).

Pau dos Ferros – RN insere-se neste contexto ao passo em que se mostra como uma cidade que abrange o comércio das cidades em seu entorno, seja de maneira formal ou informal. Neste contexto, a feira livre é vista como um dos maiores fatores de movimentação no comércio informal da região. Entretanto, nota-se nessa região uma infraestrutura urbana precária e similar a de cidades vizinhas de comércios bem menos fomentados.

Apesar de movimentar o comércio informal que pode gerar renda e oportunidades para os que estão às margens da sociedade, nota-se, principalmente durante os períodos chuvosos, inúmeros transtornos na região devido às fortes chuvas. Sabe-se que a sazonalidade na ocorrência dessas problemáticas é um dos fatores que permite aos usuários do comércio

usufruírem de suas atividades diárias na zona de Feira Livre normalmente durante boa parte do ano, fazendo com que a ineficiência do sistema fique esquecida até a próxima ocorrência de precipitação intensa. Há de se destacar também o fato de toda a área é impermeabilizada por manta asfáltica e possui apenas um córrego como sistema de drenagem aparentemente inefetivo, o que corrobora na geração de alagamentos na região de estudo.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Realizar um estudo técnico e de dimensionamento de um sistema de microdrenagem pluvial na zona da Feira Livre de Pau dos Ferros – RN com o auxílio do uso de VANTs.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Levantar e tratar imagens obtidas através de um VANT;

Estudar e traçar uma rede de microdrenagem utilizando coeficientes de escoamento superficial determinados a partir do levantamento de imagens;

Propor maneiras de solucionar a ineficácia do sistema implantado atualmente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HIDROLOGIA E URBANIZAÇÃO

A hidrologia é o ramo da ciência que estuda a ocorrência e distribuição das águas no planeta. A movimentação dessas águas, principalmente sobre a forma de precipitação, aliada a um planejamento urbano mal desenvolvido e crescimento comercial exacerbado acaba por provocar incalculáveis perdas nos períodos de maiores índices pluviométricos.

Nesse sentido, o planejamento urbano é uma área de atuação que lida com os processos de invenção e incremento de programas buscando a melhoria da qualidade de vida da população de áreas urbanas, sejam elas existentes ou a serem planejadas, lidando com habitação em situações de ocupação de risco, como em regiões suscetíveis a alagamentos ou a movimentos de massas de terra, sempre visando um desenvolvimento urbano sustentável.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, implantada no Brasil em 1997, dá conta de que o indicador para a caracterização, diagnóstico e a gestão ambiental para o desenvolvimento regional sustentável deve ser a bacia hidrográfica (BRASIL, 1997), uma vez que são mais evidentes, mensuráveis e mitigáveis os impactos ambientais situados nesta zona.

Além da análise de uma bacia hidrográfica, Ferreira (1989, p.11), através de um estudo realizado em Franca, interior de São Paulo, indica-se que há um conjunto de fatores que justifica a ineficácia do planejamento urbano nas cidades. Elas são:

[...] a descontinuidade administrativa dos governos municipais, a ausência de políticas culturais locais, a falta de quadros técnicos na área e na carreira pública, a suscetibilidade às pressões de grupos da comunidade, o pesado jogo de interesses imobiliários, a aceitação generalizada de uma noção de progresso e desenvolvimento associada à verticalização e a instauração de processos de renovação contínua das cidades sobre elas mesmas, vistas como símbolos do progresso.

Tal descontinuidade administrativa e falta de quadros técnicos nas devidas áreas de interesse são situações que, infelizmente, se repetem no cenário dos municípios brasileiros, principalmente nos menores. O fato relatado anteriormente também é presente em Pau dos Ferros – RN, cidade onde este estudo é realizado.

2.1.1 DESENVOLVIMENTO URBANO DE PAU DOS FERROS - RN

Em um trabalho de caracterização de Pau dos Ferros – RN, Pessoa (2016) define a cidade como um município pequeno com características de cidade média, uma vez que apesar

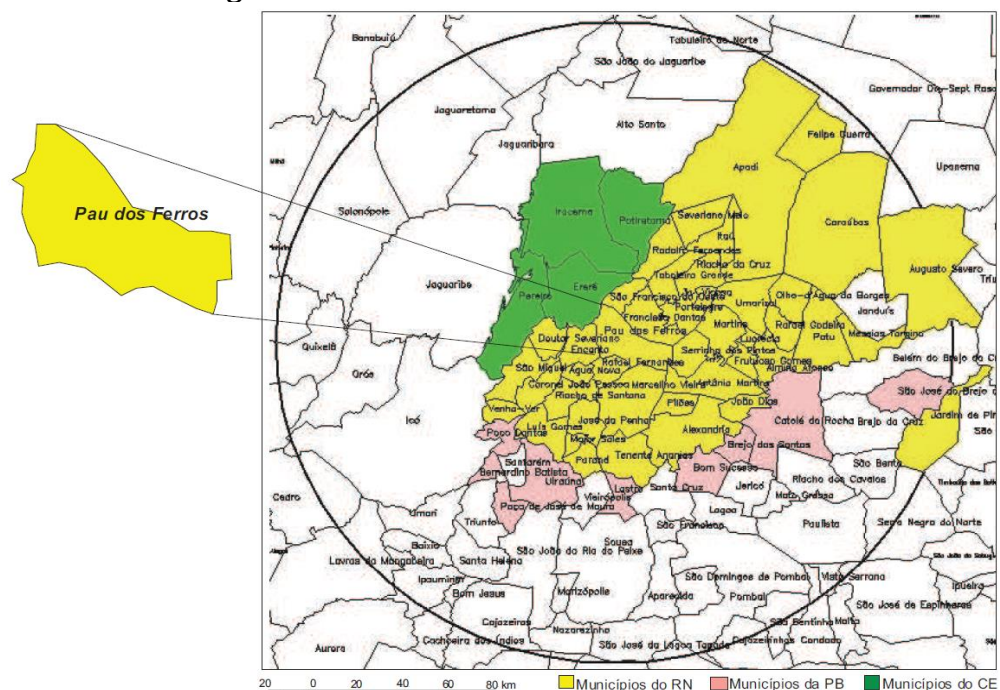
de apresentar pequena população fixa, estimada pelo IBGE (2018) de 30.183 habitantes, realiza uma polarização das cidades em seu entorno.

A área de influência de Pau dos Ferros foi definida por Dantas e Clementino (2013) através de três critérios:

- 1) Dados de relacionamento do REGIC (IBGE, 2008);
- 2) Dados de origem residencial dos alunos matriculados nos cursos de graduação do Campus da UERN na cidade;
- 3) Os municípios localizados dentro de um raio de 100 km a partir da sede do município de Pau dos Ferros.

Esta área contempla 55 municípios (42 do Rio Grande do Norte, 09 da Paraíba e 04 do Ceará), conforme o mapa da Figura 01. A soma das populações desses municípios contemplava em 2010 um total de 440.887 habitantes nesta área.

Figura 01: Área de Influência de Pau dos Ferros



Fonte: DANTAS & CLEMENTINO (2013).

Segundo o mesmo autor, o comércio formal e informal tem grande impacto socioeconômico na região. Neste contexto, a feira livre se mostra como um dos maiores fatores da movimentação econômica da região. Entretanto, relata-se que a infraestrutura urbana onde esta se situa ainda é precária e similar a de cidades circunvizinhas bem menores estruturalmente e economicamente. Isto acarreta, em períodos chuvosos, inundações na área

citada, gerando grandes perdas humanas e materiais devido aos sistemas de microdrenagem se mostrarem obsoletos frente ao crescimento acelerado de Pau dos Ferros – RN.

2.2 ENCHENTES

Diante desta conjuntura, ao longo do tempo foram estudadas diferentes visões para lidar com os problemas de drenagem urbana. De acordo com Pompeo (2000), as obras de drenagem tradicional eram destinadas a retirar o mais rápido possível as águas acumuladas em áreas importantes, levando a problemática a outros locais.

Sendo assim, nos últimos trinta anos as planícies de inundação passaram a ser objeto de planejamento, sofrendo restrições quanto à ocupação e ao tipo de obras, garantindo assim a área da seção adequada de escoamento e minimizando assim as chances de inundações ou enxurradas nos períodos de fortes chuvas.

Segundo Rios (2002), inundações ou enxurradas são fenômenos que podem ser compreendidos como a consequência imediata da alta concentração de águas pluviais impossibilitada de ser absorvida pelo solo, seja por este já se encontrar saturado ou pelo escoamento natural ser ineficiente ou interrompido, como por exemplo, em áreas impermeabilizadas urbanas onde o fluxo de água segue para as baixadas e rios com vazão e velocidade consideráveis, superando a capacidade de escoamento de projeto dos dispositivos de drenagem, causando transtornos nas vias e consequente transbordamentos de trechos do corpo hídrico receptor.

A interferência antrópica, seja por meio da impermeabilização do solo ou pelo descarte de resíduos sólidos, pode interagir com estes fenômenos elevando seu potencial destrutivo ao meio social mal planejado. Ramos *et al.* (2013) destacam que as atividades antrópicas interferem no meio ambiente, seja de maneira direta ou indireta, gerando perturbações que alteram a sua capacidade de escoamento. Além disso, o crescimento populacional desordenado e o não cumprimento legal para implantação e aplicação do Plano Diretor Municipal (no município estudado ainda não há indícios da aplicabilidade de um PDM) traduzindo a zona de interesse em área de risco devido ao uso e ocupação do solo de maneira inadequada. A aglutinação destas diversas ações antrópicas indevidas culmina na ineficiência da drenagem urbana do entorno.

Para Venturini (2015), os municípios devem desenvolver um Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDUr) que tem como função a criação de mecanismos que controlem a

infraestrutura urbana quanto escoamento de águas pluviais. Segundo o autor, este tem como finalidade:

- a) regulamentação dos novos empreendimentos;
- b) elaboração de planos de controle estrutural e não-estrutural para os impactos existentes nas bacias urbanas da cidade;
- c) desenvolvimento do manual de drenagem urbana.

2.3 DRENAGEM URBANA

Em países emergentes, como é o caso do Brasil, observa-se que os serviços disponíveis para limpeza urbana são incapazes de realizar a coleta de todos os resíduos sólidos dispostos no meio urbano. Consequentemente há a deposição de resíduos sólidos em calçadas, terrenos baldios e próximos ou dentro dos corpos hídricos.

Os sistemas de drenagem urbana, apesar de muitas vezes dimensionados em conformidade com os dados estatísticos disponíveis, por falta de manutenção devida ficam comprometidos pela incapacidade de condução efetiva para as condições atuais, com isto, o transporte dos resíduos sólidos obstrui o fluxo das águas pluviais (NEVES & TUCCI, 2011; BLUMENSAAT *et al.*, 2012).

Tucci (2011) ainda comenta que prejuízos devidos às inundações na drenagem urbana nas cidades do Brasil aumentaram substancialmente nos últimos anos, reduzindo a qualidade de vida e o valor das propriedades. Segundo o mesmo, este processo é um resultado direto da urbanização e, consequentemente, impermeabilização em conjunto com a condução para a canalização das águas pluviais.

Além de apresentar o problema, Tucci (2011) ainda afirma que o controle da drenagem tende a ser realizado através de uma visão local e setorializada dos problemas, o que acaba por desperdiçar os poucos recursos existentes nas cidades, ou seja, os municípios possuem um certo domínio no controle da microdrenagem que é o sistema relacionado com as vias locais, constituído pelas sarjetas, bocas-de-lobo, poços de visita, e outros dispositivos para coleta e condução das águas pluviais, mas por outro lado, demonstram uma má gestão no que se refere à macrodrenagem que é constituída pelos principais talwegues como rios, córregos, canais e outras estruturas que armazenam ou conduzem grandes volumes de água.

2.3.1 PROJETO DE MICRODRENAGEM

Para a elaborar um projeto de rede pluvial de macrodrenagem uma série de dados deve ser levantada e estudada previamente. De acordo com Manual Drenagem e de Manejo de Águas Pluviais de São Paulo (2012) *apud* Venturini (2015), os principais dados necessários são:

- a) mapas:** planta de situação e localização, planta geral da bacia contribuinte e planta planialtimétrica;
- b) levantamento topográfico:** nivelamento geométrico em todas as esquinas, mudanças de direção e mudanças de greides nas vias públicas;
- c) cadastro:** serviços que possam interferir na área de projeto como redes pluviais já existentes, projeto de redes de esgoto ou outros;
- d) urbanização:** tipo de ocupação das áreas, porcentagem de ocupação dos lotes e ocupação e recobrimento do solo nas áreas não urbanizadas pertencentes à bacia.
- e) dados relativos ao curso de água receptor:** referências sobre o nível de água máximo do curso d'água que irá receber o vazão final e levantamento topográfico do local de descarga final.

Para bacias de área limitada até 3 km², o método de dimensionamento mais tradicionalmente utilizado é o método racional. Este método é bastante aceitado por possuir simples modo operante e apresentar bons resultados dentro de suas condições de contorno. O conceito geral do método consiste em considerar que o pico de vazão para a pequena bacia contribuinte irá ocorrer quando toda a bacia está contribuindo, e que esta vazão é igual a uma fração da precipitação média.

Num estudo de Atila (2011), o método para estimar a vazão máxima é dito válido, desde que algumas condições fundamentais sejam verificadas:

- a) os efeitos do armazenamento superficial na bacia sejam constantes a partir do tempo de concentração e não influenciem na dinâmica de propagação da cheia;
- b) a intensidade da chuva permanece constante até que a duração da chuva alcance o tempo de concentração da bacia, estabelecendo o regime permanente;
- c) a intensidade da precipitação diminui com o aumento do tempo de duração da chuva;
- d) a contribuição subterrânea é desprezível.

Venturini (2015) complementa esta linha de raciocínio ao dar subterfúgios para um cálculo adequado de intensidade da precipitação dependendo dos seguintes fatores:

- a) equação IDF:** característica da região de estudo;
- b) tempo de concentração:** é definido como a soma do tempo que uma gota de água no ponto mais afastado da bacia demanda para atingir o montante do conduto, e o tempo gasto pela mesma para percorrer o conduto até seu ponto de concentração;
- c) tempo de recorrência:** é definido como sendo o valor médio esperado do intervalo entre dois eventos com ocorrência de precipitação superior a um valor pré-estabelecido, que superem a capacidade da obra.

Um outro fator importantíssimo que deve ser estudado cautelosamente no dimensionamento de uma rede de microdrenagem é o coeficiente de escoamento superficial. este, de acordo com Atila (2011), varia em função de uma cadeia de fatores, como o tipo de solo, ocupação da bacia, a umidade do solo que antecede a precipitação, intensidade da chuva, entre outros.

Sabendo desta importância na determinação dos valores dos coeficientes superficiais e do conjunto de detalhes que influencia na obtenção deste, busca-se nas ferramentas mais sofisticadas de que se tem acesso adquirir com bastante eficiência dados do uso do solo para desenvolver projetos hidráulicos cada vez mais competentes.

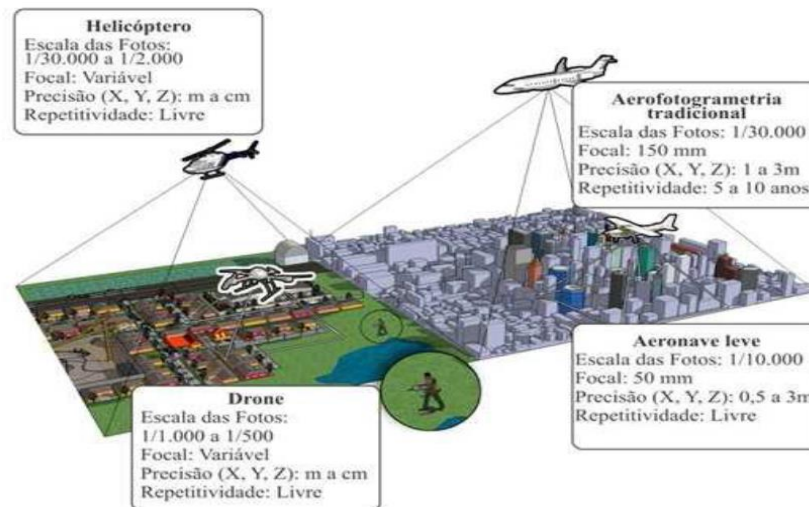
2.4 VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTs)

Os VANTs podem ser definidos, sucintamente, como aeronaves projetadas para execução de voos sem a necessidade de um piloto a bordo. Na grande maioria das vezes, são guiados por um sistema integrado de GPS (Sistema de Posicionamento Global) e acoplam câmeras digitais de boa resolução para obtenção de imagens bem definidas. Como tantas outras grandes invenções da humanidade, o VANT surgiu a partir de ideais bélicos, no entanto, atualmente o acesso a este tipo de equipamento vem se tornando cada vez mais difundido e viável economicamente. (VIDAL, 2013).

Uma das principais formas de utilização dos VANTs no mercado hoje se trata da confecção de mapas, determinação de curvas de níveis, cálculo de volumes, dentre outros serviços de viés topográfico. Cabe destacar ainda que os veículos não tripulados apresentam grandes vantagens se comparados aos tripulados, como o nível de resolução por voar em altitudes menos elevadas e, obviamente, a não utilização de combustíveis.

A Figura 02 ilustra esse comparativo com relação a alcance de imagens por diferentes modelos de aeronaves.

Figura 02: Comparativo de alcance de imagens por diferentes modelos de aeronaves



Fonte: ALMEIDA (2014); adaptado por VENURINI (2015).

Vidal (2013) idêntica dentre as vantagens do uso de VANTs, a maior rapidez no planejamento e execução dos voos e na obtenção dos resultados padrões, como parâmetros de orientação interna e externa das fotografias, MDS (Modelo Digital de Superfície), e mosaico ortoretilhado, produtos obtidos por meio da Fotogrametria; com considerável qualidade posicional, além de resoluções temporal e espacial adequadas, apresentando bom custo benefício, flexibilidade em relação as condições climáticas e maior segurança.

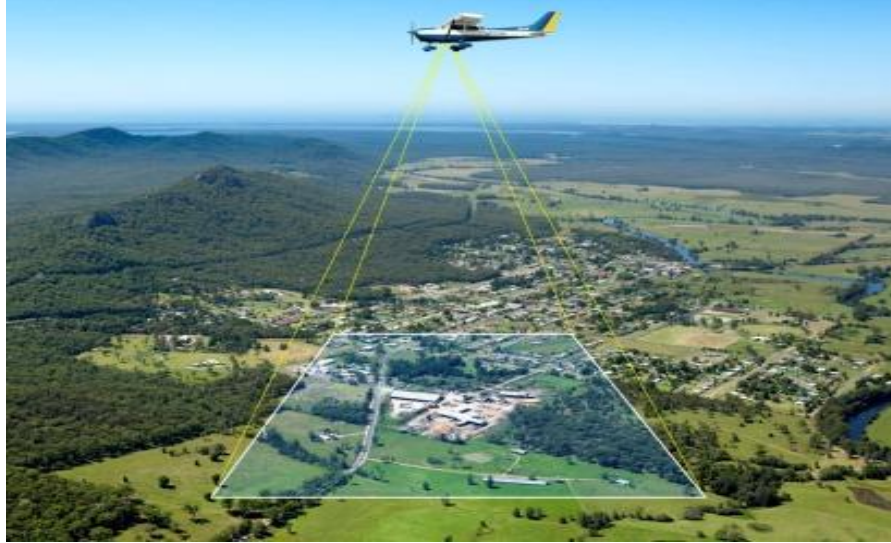
2.5 FOTOGRAMETRIA

A *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (ISPRS) define fotogrametria como a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informações confiáveis sobre os objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas. Sabina *et al.* (2015) complementa esta descrição acrescentando ser esta uma técnica que une matemática, fotografia e óptica para determinar as propriedades geométricas dos objetos, através do levantamento de imagens baseadas em princípios trigonométricos.

Na engenharia a exploração das técnicas de fotoanálise têm permitido resultados cada vez mais apurados em traçados de estradas, na determinação de materiais existentes no meio ambiente, entre outras aplicações. Dessa forma, todos os procedimentos na engenharia

que incluem serviços de levantamento encontram na fotogrametria um meio econômico, rápido e eficaz.

Figura 03: Levantamento de imagens no processo de fotogrametria digital aérea



Fonte: EMAZE (2018).

Além das aplicações já mencionadas, é a partir da fotogrametria aérea digital que vários produtos cartográficos podem ser gerados com o auxílio de um VANT. Para tanto, as imagens coletadas por ele devem ser tratadas em softwares específicos. A Figura 03 ilustra o processo de obtenção de dados da superfície terrestre com um veículo aéreo.

3 METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A metodologia a ser adotada ao longo do percurso deste trabalho pode ser classificada quanto aos objetivos preestabelecidos; à forma de tratamento dos dados levantados em campo e com relação aos procedimentos de coletas de informações.

No que se refere aos objetivos, este trabalho se define como exploratório, uma vez que envolve um levantamento de dados em campo no seu percurso metodológico no intuito de trabalhá-los para a produção de um sistema de drenagem urbana mais eficiente e capaz de modificar a realidade em que se insere a zona de estudo deste trabalho. De acordo com Gil (2008), esse tipo de classificação é empregue quando se visa “desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores” (GIL, 2008, Pág. 27).

No que se refere ao tratamento dos dados, o presente trabalho se configura como quantitativo e qualitativo, isto é, uma pesquisa mista, pois trata-se de um complemento entre obtenção de informações físicas na localidade da Feira de Livre de Pau dos Ferros – RN e uma posterior análise deste material para desenvolvimento do dimensionamento de uma rede de microdrenagem. Segundo Creswell (2007), nesse tipo de pesquisa existe a obtenção de múltiplos dados e formas de análise.

Com relação aos procedimentos utilizados para a coleta dos dados da pesquisa, esta classifica-se como levantamento, haja visto que, para obter características geométricas e topográficas, utilizou-se um Veículo Aéreo Não Tripulado em voo executado sobre a área de pesquisa. Segundo Gil (2008), este procedimento acontece por meio da obtenção de um conjunto substancial de informações acerca da problemática estudada, podendo realizar análises a partir das quais se visa alcançar conclusões acerca da temática.

3.2 MATERIAL E PROCEDIMENTOS

3.2.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para o levantamento aéreo realizado utilizou-se de um VANT quadricóptero de fabricante DJI e modelo *Phantom 3 Advanced* (Figura 04), equipado com câmera de 12,4 megapixels e sistema de GPS *onboard* do tipo *Glonass*. O aparelho tem uma autonomia média de voo de 26 minutos por bateria.

Figura 04: Equipamento VANT utilizado para obtenção das fotos



Fonte: AUTOR (2019).

Para o processamento das imagens foi utilizado um computador com as características apresentadas na Tabela 01.

Tabela 01: Características do computador utilizado no processamento

Componente	Características
Processador	Intel Core™ i7 3º Geração
Placa de Vídeo	Intel HD Graphics 4000
Placa Mãe	Intel Corp. Emerald Lake 2
Memória	DDR3 - 8 GB

Fonte: AUTOR (2019).

As configurações da máquina utilizada no processamento são de fundamental importância, visto que este tipo de atividade exige muito do computador, principalmente da placa de vídeo, processador e memória RAM. Ao longo das etapas do trabalho foram utilizados alguns *softwares* de fundamental importância para o alcance dos objetivos preestabelecidos. Para o planejamento de voo foi empregado o *software DroneDeploy* através do qual foram definidos todos os parâmetros de voo para obtenção das imagens a serem processadas.

O processamento das imagens e geração do MDT (Modelo Digital de Terreno), ortomosaico e curvas de nível foram obtidos através do programa *Agisoft Photoscan Professional*. Por último, o *AutoCAD 2017* foi aplicado no trabalho com os resultados obtidos na etapa anterior, filtragem das curvas de nível, traçado de tubulações, definição de áreas de influência e caracterização dos tipos de superfícies.

3.2.2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de análise em foco neste estudo, encontra-se no município de Pau dos Ferros – RN, cidade situada na Microrregião de Pau dos Ferros, distante cerca de 393 km da capital do estado, Natal – RN, possuindo altitude média de 193 metros acima do nível do mar. A Figura 05 mostra a localização de Pau dos Ferros-RN destacando uma porção da área onde acontece a Feira Livre da cidade.

Figura 05: Localização de Zona de Interesse do Estudo Representada pela Ortofoto



Fonte: AUTOR (2019).

De forma mais específica, este trabalho foca-se em analisar a zona de funcionamento da feira livre municipal de Pau dos Ferros – RN, área esta que faz parte da drenagem natural provocada pelas curvas de nível da região. Na localidade são exercidas inúmeras atividades comerciais, onde existem lojas, supermercados, posto de gasolina, e o comercio informal de produtos alimentícios e importados.

A Feira livre funciona ocupando a faixa de domínio pavimentada o que dificulta o trânsito de pedestres e automóveis, esta situação se intensifica aos sábados quando o número de barracas instaladas nas vias urbanas chega ao máximo. Como as ruas onde ocorre a feira estão no caminho natural do relevo que favorece a drenagem das águas pluviais, não é raro ocorrerem registros de perdas e transtornos causados ali, reflexo de uma combinação de possível falha de projeto na rede de drenagem existente com a ocupação das vias públicas pelo amontoado de barracas, veículos e comércios existentes na área.

A Figura 06 mostra a região de interesse em um dia de maior intensidade de chuva, demonstrando a insuficiência no escoamento superficial.

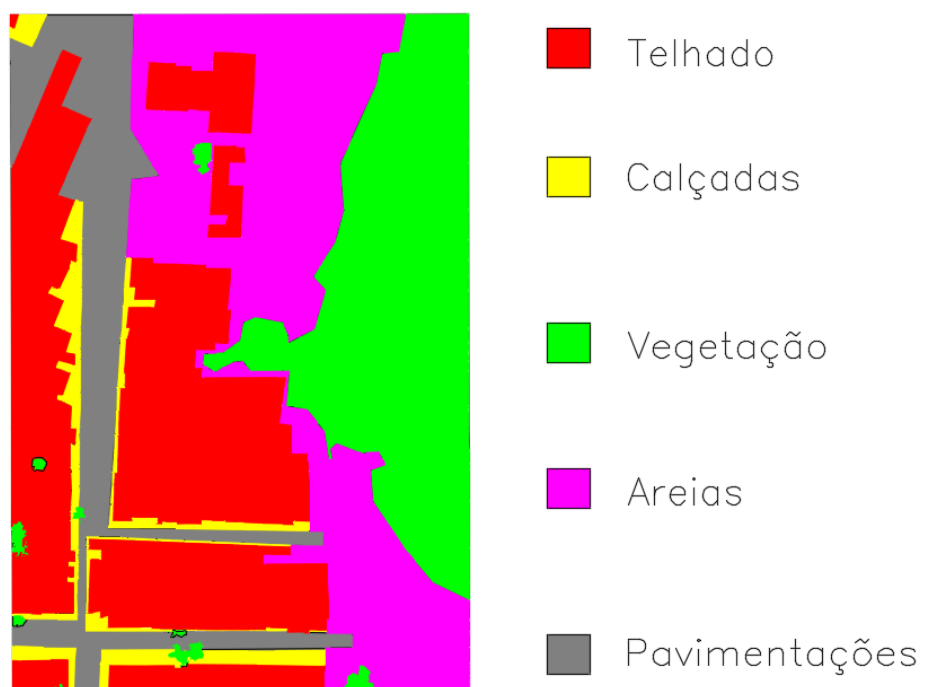
Figura 06: Feira Livre de Pau dos Ferros – RN em dia de Chuva de Grande Intensidade



Fonte: YOUTUBE (2017).

A Figura 07 destaca a zona de pesquisa deste estudo dividindo as superfícies para melhor análise das características de drenagem do terreno.

Figura 07: Identificação dos Tipos de Superfícies por Cores

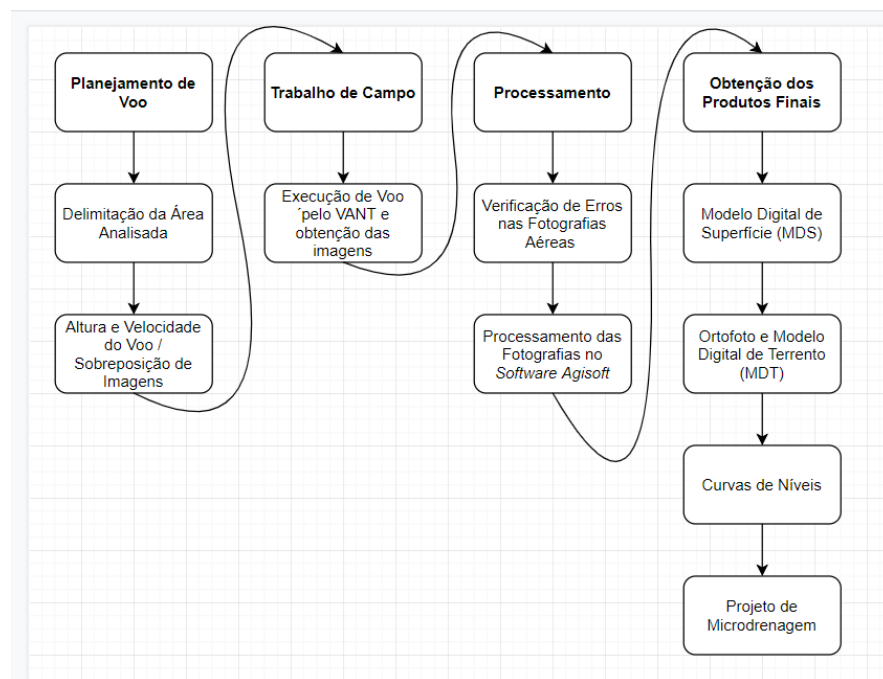


Fonte: AUTOR (2019).

3.2.3 ETAPAS DO PROCESSAMENTO

O fluxograma da Figura 08 relata as fases adotadas no processamento de dados do projeto, desde o planejamento de voo até o processamento de imagens e obtenção das informações finais de análise.

Figura 08: Fluxograma das etapas do processamento e obtenção das aerofotografias do VANT



Fonte: AUTOR (2019).

3.2.3.1 ALTURA, VELOCIDADE DE VOO E SOBREPOSIÇÃO DE IMAGENS

Na fase de planejamento de voo delimitou-se a área a ser varrida pelo VANT e registrada por meio de aerofotografias através da utilização do *software Dronedeploy*, que possibilita automatização da obtenção das fotografias aéreas, além de permitir a sobreposição das fotos tiradas em toda a zona de interesse.

A sobreposição de imagens é uma das fases procedimentais mais importantes nesta etapa do trabalho, pois permite maior confiabilidade nos dados obtidos. Segundo Redweik (2007), este procedimento aplicado às imagens aéreas nada mais é que um conjunto de fotografias terrestres que são registradas a partir de duas ou mais imagens diferentes de um mesmo ponto da região analisada.

Sendo assim, a altura de voo adotada para o levantamento foi de 70 metros, enquanto as fotografias possuíam 70% de sobreposição lateral e 60% frontal.

3.2.3.2 EXECUÇÃO DO VOO

Após toda a checagem e calibragem do VANT realizou-se também a decolagem e varredura da região escolhida que acontece de forma autônoma. Para tanto, existe uma sincronização entre o *software* do *DroneDeploy* com o *Hardware* do VANT em questão, de modo que este segue uma rota determinada e altura fixa durante todo procedimento.

3.2.3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS

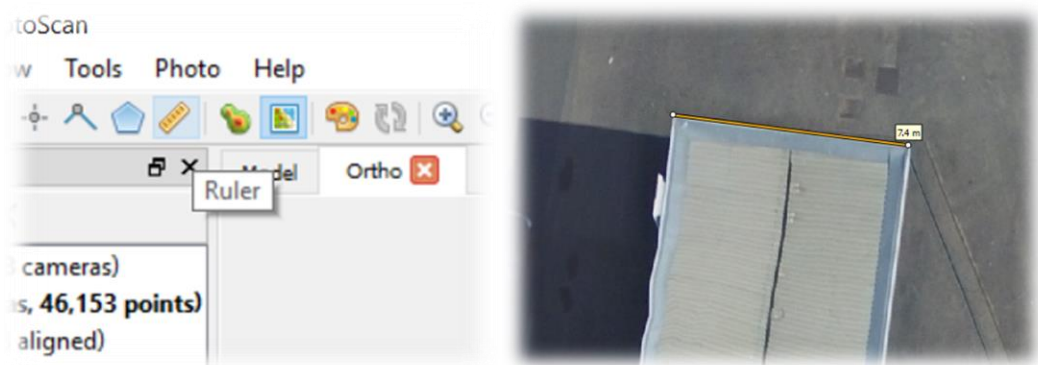
Na sequência da obtenção das aerofotografias da zona de interesse através do conjunto de fases descritas, as fotografias são processadas por meio do *software Agisoft Photoscan Professional*. Os produtos gerados são utilizados para análise dos resultados cartográficos desta pesquisa, dentre os quais cabe destacar: o Modelo Digital de Terreno, o Modelo Digital de Superfície, curvas de nível, ortomosaico, assim como a nuvem densa de pontos. Vale ressaltar que antes do início do processamento computacional as imagens foram verificadas a fim de identificar possíveis falhas ou distorções e verificar a qualidade das mesmas.

3.2.3.5 OBTENÇÃO DE MEDIDAS PLANIALTIMÉTRICAS

As medidas planimétricas foram obtidas de maneira indireta utilizando ferramentas do *software Agisoft*. Os valores foram obtidos para as regiões de interesse no terreno e a escolha foi feita visando o posterior dimensionamento da rede de microdrenagem da feia livre.

Para obter um dado planimétrico deve-se selecionar o ortomosaico gerado e utilizar o comando *ruler* na barra de ferramentas, clicando em seguida nos dois pontos à uma distância tal que se deseja aferir, assim como mostra a Figura 09.

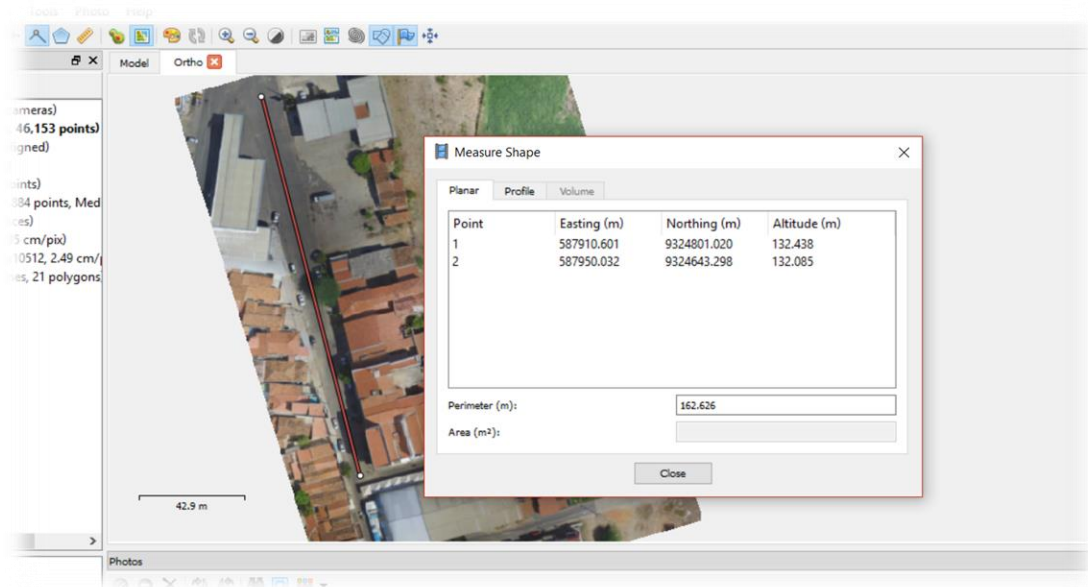
Figura 09: Comando *ruler* aplicado a medidas planimétricas



Fonte: AUTOR (2019).

No intuito de se obter medidas planialtimétricas, como alturas de diferentes pontos se faz necessário aplicar o comando *draw polyline*, clicando em sequência nos pontos que se deseja medir, após isto, basta selecionar a opção *measure*. Dessa forma, têm-se resultados do tipo mostrado na Figura 10.

Figura 10: Comando *draw polyline* para obtenção de medidas planialtimétricas



Fonte: AUTOR (2019).

3.3 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE MICRODRENAGEM

O dimensionamento da rede será executado utilizando o método racional, por este ser um método indireto que relaciona chuva à escoamento superficial, o método racional deve ser aplicado somente em pequenas bacias, ou seja, com área de drenagem inferior a 3km² (300 ha) (PORTO, 1993).

Neste estudo será aplicado a dois diferentes cenários. No primeiro, a utilização de um coeficiente de escoamento superficial analisado separadamente para cada área de contribuição, e no segundo cenário, em um valor de C ponderado para toda a área da feira livre. O procedimento de aplicar esta metodologia aos dois diferentes cenários se justifica por demonstrar como os diâmetros das tubulações variam dependendo dos fatores preestabelecidos, bem como observar como a questão financeira é afetada com possíveis alterações orçamentárias em função dos diâmetros adotados.

O Quadro 01 mostra os valores de C tabelados em bibliografias. Cita-se aqui de maneira fundamental o trabalho de Drenagem Urbana de autoria de Bidone e Tucci, publicado pela UFRS em 1995, mais especificamente o capítulo de Microdrenagem, através do qual, definiu-se para cada tipo de descrição de área, já o Quadro 02 traz um resumo da metodologia a ser aplicada nos dois cenários aplicados a este trabalho.

Quadro 01: Valores de C por tipo de ocupação

Descrição da Área	C
Área Comercial	
Central	0,70-0,90
Bairros	0,50-0,70
Área Residencial	
Residências isoladas	0,35-0,50
Unidades múltiplas (Separadas)	0,40-0,60
Unidades múltiplas (Conjugadas)	0,60-0,75
Lotes com > 2000m ²	0,30-0,45
Áreas com apartamentos	0,50-0,70
Área Industrial	
Indústrias leves	0,50-0,80
Indústrias pesadas	0,60-0,90
Parques, cemitérios	0,10-0,25
<i>Playgrounds</i>	0,20-0,35
Pátios rodoviários	0,10-0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10-0,30

Fonte: BIDONE e TUCCI (1995); adaptado por VENTURINI (2015).

Quadro 02: Classificação dos cenários analisados no dimensionamento da rede de microdrenagem

Cenário	Coefficiente de escoamento	Classificação
1	C	Analisado para cada área de contribuição
2	C _{ponderado}	Ponderado para a área total da feira livre

Fonte: adaptado de VENTURINI (2015).

O dimensionamento das redes de microdrenagem será obtido através da utilização do método racional implementado em uma planilha eletrônica do *software* Excel. Os cálculos de dimensionamento das redes de microdrenagem serão demonstrados, aplicando-se o dimensionamento descrito neste trabalho de trecho em trecho.

3.3.1 TRAÇADO DA REDE

Após a caracterização das áreas de influência do terreno onde se localiza a feira livre de Pau dos Feros – RN, foram traçadas as tubulações, posicionando as bocas de lobo e os pontos de visita em posições adequadas. A partir da ortofoto foi realizada uma vetorização da imagem em AutoCAD para possibilitar o dimensionamento e alocação dos trechos de tubulações.

As tubulações foram traçadas seguindo o eixo das vias públicas, de modo a ligar as canalizações de escoamento das bocas de lobo. Utilizando um recobrimento de 1,00 metro (valor mínimo), de modo a garantir uma barreira física considerável entre a faixa de rolamento e a tubulação projetada, e as mudanças de diâmetro da tubulação alinhadas à geratriz superior.

Os poços de visita foram posicionados nas localidades onde existem cruzamento de ruas ou mudanças de direção, uma vez que se espera de cada traçado mudança na declividade e do diâmetro da rede devido às diferentes características entre as áreas de influência delimitadas no terreno. As bocas de lobo serão inseridas dos dois lados da via pública, próximo às esquinas nos pontos mais baixos da área de contribuição, obviamente, de modo a evitar ao máximo a criação de zonas mortas com alagamentos.

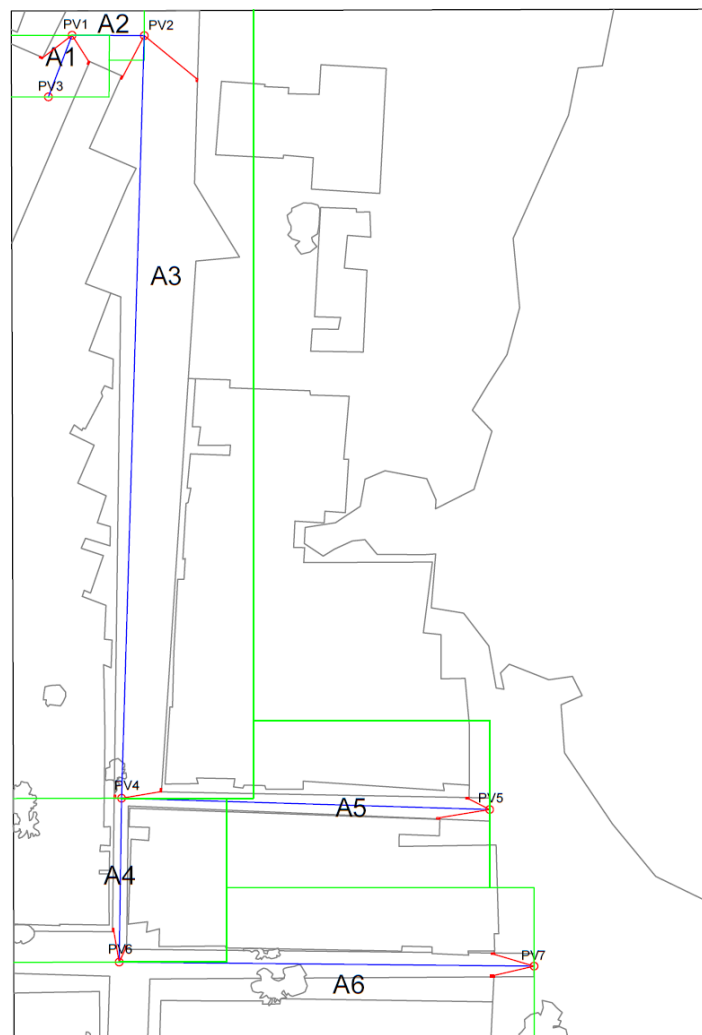
3.3.2 ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO E COEFICIENTES DE ESCOAMENTO

Foram delimitadas 06 áreas de contribuição conforme os sentidos do escoamento superficial. A Tabela 02 indica as áreas definidas na Figura 11 onde pode-se observar o traçado da rede de microdrenagem, seus dispositivos e as devidas áreas de contribuição. Se faz necessário a divisão dessas áreas para que consiga determinar que trechos de tubulação devem absorver cada porção do escoamento superficial.

Tabela 02: Áreas de Contribuição

Áreas de Contribuição	Área Total (ha)
1	0,027
2	0,018
3	0,783
4	0,157
5	0,189
6	0,249

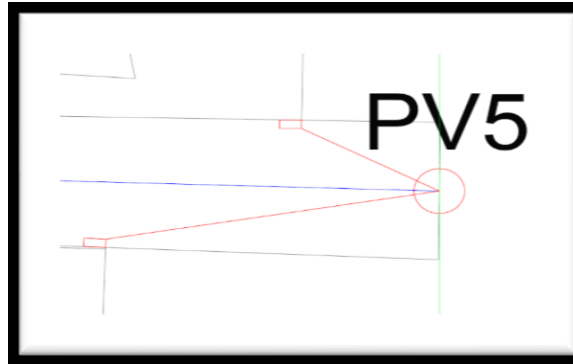
Fonte: AUTOR (2019).

Figura 11: Rede de Microdrenagem e Áreas de Contribuição

Fonte: AUTOR (2019).

A Figura 12 mostra um detalhe do Ponto de Visitação 5 onde as águas pluviométricas são coletadas nas bocas de lobo e conduzidas através da tubulação primária em vermelho.

Figura 12: Detalhe do Ponto de Visitação 5



Fonte: AUTOR (2019).

Para o primeiro caso estudado, o coeficiente de escoamento adotado para cada trecho variará de acordo com as áreas de contribuição. Em um primeiro momento, para cada área de contribuição, foi encontrado um C tomando como base a literatura de Bidone e Tucci (1995). Dessa forma, adotar-se-á os valores de 0,88 para calçadas de concreto; 0,85 para as áreas de telhado; 0,88 para pavimentos intertravados de concreto e 0,20 para a área de gramado.

O coeficiente para cada área de contribuição é calculado tomando quociente entre o somatório das áreas de cada superfície de contribuição (A_{sup}) multiplicadas pelo seu respectivo C tabelado (C_{sup}), e a área de contribuição ($A_{contribuição}$) (Equação 01).

$$C = \frac{\sum A_{sup} \times C_{sup}}{A_{contribuição}} \quad (01)$$

Para a segunda situação, é obtido um coeficiente de escoamento geral ponderado representativo de toda a superfície da feira pela Equação 02, onde, divide-se o somatório de cada área de contribuição multiplicada pelo seu coeficiente (C) pela área total do ambiente de estudo.

$$C_{total} = \frac{\sum (A_{contribuição} \times C)}{A_{tot}} \quad (02)$$

3.3.3 VAZÃO MÁXIMA DE PROJETO

As galerias do sistema de microdrenagem em questão são dimensionadas de acordo com uma estimativa da vazão máxima de projeto, obtida pelo método racional (Equação 03).

$$Q = 0,00278 \times C \times I \times A \quad (03)$$

Onde:

Q: Vazão máxima do escoamento excedente que escoar sobre a superfície do solo, em m³/s

0,00278: fator para correção de unidade

C: Coeficiente de escoamento

I: Intensidade da precipitação em milímetros por hora

A: Área de contribuição da bacia receptora da chuva em hectares

Para o dimensionamento de dispositivos de proteção e prevenção de cheias e erosão hídrica se faz necessário a ciência de três grandezas que caracterizam a precipitação: a intensidade, a duração e a frequência. A equação de intensidade, duração e frequência (IDF) é a principal forma de caracterizar a relação dessas grandezas (PRUSKI *et al.*, 2006). A IDF utilizada é a da cidade de Pau dos Ferros-RN (Equação 04) elaborada por Santos (2015), no Capítulo 1 do trabalho, onde são determinadas as IDF para as municipalidades do Rio Grande do Norte, já que é nela que está inserida a microbacia.

$$I = \frac{760,427 \times T^{0,185}}{(t + 9,778)^{0,741}} \quad (04)$$

Onde:

760,427: Coeficiente K

T: Período de Retorno

t: Tempo de escoamento

I: Intensidade da precipitação em milímetros por hora

Neste trabalho o tempo de concentração estipulado é de 5 minutos, considerando que a estrutura de microdrenagem será dimensionada para o limite físico do terreno. O tempo de retorno adotado é de 5 anos, pois a microbacia se localiza em uma área comercial, segundo o Quadro 03.

Quadro 03: Tempo de Retorno para Obras de Microdrenagem

Tipo de Ocupação da Área	Tempo de Retorno
Residencial	2
Comercial	5
Áreas com edifício de serviço público	5
Aeroportos	2-5

Fonte: Adaptado de BIDOME e TUCCI (1995).

3.3.4 DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DA REDE DE MICRODRENAGEM

Para o dimensionamento hidráulico, utiliza-se a equação de Manning apenas isolando o diâmetro como parâmetro a ser determinado (Equação 05).

$$D = 1,55 \times \left(\frac{Q \times \eta}{s^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad (05)$$

sendo:

Q: Vazão (m³/s);

: Coeficiente de rugosidade de Manning;

S: Declividade do trecho (m/m).

A partir do Quadro 06, classificam-se, a partir das propriedades da galeria, como uma estrutura de concreto pré-moldado com bom acabamento, portanto, deve-se adotar um coeficiente de rugosidade de 0,014.

Quadro 04: Coeficientes de Rugosidade de Manning

Características	η
Canais retilíneos com grama de até 15 cm de altura	0,300-0,400
Canais retilíneos com grama de até 30 cm de altura	0,300-0,060
Galerias de Concreto	
Pré-moldado com bom acabamento	0,011-0,014
Moldado no local com formas metálicas simples	0,012-0,014
Moldado no local com formas de madeira	0,015-0,020
Sarjetas	
Asfalto suave	0,013

Asfalto rugoso	0,016
Concreto suave com pavimento de asfalto	0,014
Concreto rugoso com pavimento de asfalto	0,015
Pavimento de concreto	0,014-0,016
Pedras	0,016

Fonte: BIDONE & TUCCI (1995); adaptado por VENTURINI (2015).

Na determinação da declividade de cada trecho analisado é necessário subtrair a cota de montante (CT_m) pela cota de jusante (CT_j), dividindo, em seguida, pelo comprimento do trecho (L) (Equação 06). Neste trabalho este procedimento será feito aplicando o comando *draw polyline* no *Agisoft* a fim de obter as cotas de montante e jusante do trecho.

$$I_L = \frac{CT_m - CT_j}{L} \quad (06)$$

Com os dados de vazão, declividade e rugosidade de Manning previamente determinados, pode-se calcular os diâmetros para os trechos correspondentes. Observando-se que deve ser escolhido um diâmetro comercial padrão presente na ABNT NBR 8.890 (2007), que trata a respeito de tubos de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários, mais especificamente, a referida norma apresenta os requisitos e métodos de ensaios para esse tipo de conduto (Quadro 05).

Quadro 05: Dimensões Nominais de Tubos de Concreto

Diâmetro nominal (DN)	Comprimento útil mínimo do tubo L		Comprimento mínimo da bolsa ou fêmea B		Folga máxima C	Espessura máxima da parede D*	
	Ponta e Bolsa	Macho e Fêmea	Ponta e Bolsa	Macho e Fêmea		Simplex	Armado
200	1000	950	50	20	30	30	-
300	1000	950	60	20	30	30	45
400	1000	950	65	20	30	40	45
500	1000	950	70	20	40	50	50
600	1000	950	75	20	40	55	60
700	1000	950	80	35	40	-	66
800	1000	950	80	35	40	-	72
900	1000	950	80	35	40	-	75
1000	1000	950	80	35	40	-	80
1100	1000	950	80	35	50	-	90
1200	1000	950	90	35	50	-	96
1300	1000	950	90	35	50	-	105

1500	1000	950	90	35	60	-	120
1750	1000	950	100	35	60	-	140
2000	1000	950	100	35	60	-	180
Onde: C é a diferença entre o diâmetro mínimo interno da bolsa (ou fêmea) do tubo e o diâmetro externo da ponta (ou macho) do tubo							
NOTA 1: O atendimento de dimensões estabelecidas nesta Tabela não elimina a necessidade de verificação dos requisitos da resistência à compressão e demais requisitos estabelecidos nesta Norma.							
NOTA 2: As espessuras mínimas definidas nesta Tabela são válidas para a menor classe de resistência prevista nesta Norma (PS1 ou PA1). Para resistências superiores, deve ser apresentado projeto específico.							

Fonte: ABNT NBR 8.890 (2007).

O diâmetro mínimo das galerias de seção circular deve ser de 0,30 metros, por ser o menor diâmetro comercializado para este tipo de tubulação. Deve-se atentar também para o fato de que quando os diâmetros adotados foram maiores que os calculados, uma lâmina percentual (y/D) deve ser calculada. Calculando-se, em seguida, o raio hidráulico (R_h) real e a velocidade efetiva (v) do escoamento do fluido no conduto. Primeiramente, executa-se o cálculo do fator hidráulico (F_h) para uma seção circular (Equação 07).

$$F_h = \frac{Q \times \eta}{D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}} \quad (07)$$

Sendo:

Q: Vazão (m^3/s);

: Coeficiente de rugosidade de Manning;

S: Declividade do trecho (m/m).

Encontrando-se o valor de F_h pode-se para determinar as relações R_h/D e y/D , observando o Quadro 06.

Quadro 06: Relações de Raios Hidráulicos

F_h	R_h/D	y/D	F_h	R_h/D	y/D	F_h	R_h/D	y/D
0,0001	0,0066	0,01	0,0820	0,1935	0,35	0,2511	0,2933	0,68
0,0002	0,0132	0,02	0,0864	0,1978	0,36	0,2560	0,2948	0,69
0,0005	0,0197	0,03	0,0910	0,2020	0,37	0,2610	0,2962	0,70
0,0009	0,0262	0,04	0,0956	0,2062	0,38	0,2658	0,2975	0,71
0,0015	0,0326	0,05	0,1003	0,2102	0,39	0,2705	0,2987	0,72
0,0022	0,0389	0,06	0,1050	0,2142	0,40	0,2752	0,2998	0,73
0,0031	0,0451	0,07	0,1099	0,2182	0,41	0,2798	0,3008	0,74
0,0041	0,0513	0,08	0,1148	0,2220	0,42	0,2842	0,3017	0,75
0,0052	0,0575	0,09	0,1197	0,2258	0,43	0,2886	0,3024	0,76

0,0065	0,0635	0,10	0,1248	0,2295	0,44	0,2928	0,3031	0,77
0,0079	0,0695	0,11	0,1298	0,2331	0,45	0,2969	0,3036	0,78
0,0095	0,0755	0,12	0,1349	0,2366	0,46	0,3008	0,3039	0,79
0,0113	0,0813	0,13	0,1401	0,2401	0,47	0,3047	0,3042	0,80
0,0131	0,0871	0,14	0,1453	0,2435	0,48	0,3083	0,3043	0,81
0,0152	0,0929	0,15	0,1506	0,2468	0,49	0,3118	0,3043	0,82
0,0173	0,0986	0,16	0,1558	0,2500	0,50	0,3151	0,3041	0,83
0,0196	0,1042	0,17	0,1611	0,2531	0,51	0,3183	0,3038	0,84
0,0220	0,1097	0,18	0,1665	0,2562	0,52	0,3212	0,3033	0,85
0,0246	0,1152	0,19	0,1718	0,2592	0,53	0,3239	0,3026	0,86
0,0273	0,1206	0,20	0,1772	0,2621	0,54	0,3264	0,3018	0,87
0,0301	0,1259	0,21	0,1826	0,2649	0,55	0,3286	0,3007	0,88
0,0331	0,1312	0,22	0,1879	0,2676	0,56	0,3305	0,2995	0,89
0,0362	0,1364	0,23	0,1933	0,2703	0,57	0,3322	0,2980	0,90
0,0394	0,1416	0,24	0,1987	0,2728	0,58	0,3335	0,2963	0,91
0,0427	0,1466	0,25	0,2041	0,2753	0,59	0,3345	0,2944	0,92
0,0461	0,1516	0,26	0,2094	0,2776	0,60	0,3351	0,2921	0,93
0,0497	0,1566	0,27	0,2147	0,2799	0,61	0,3353	0,2895	0,94
0,0534	0,1614	0,28	0,2200	0,2821	0,62	0,3349	0,2865	0,95
0,0572	0,1662	0,29	0,2253	0,2842	0,63	0,3339	0,2829	0,96
0,0610	0,1709	0,30	0,2306	0,2862	0,64	0,3322	0,2787	0,97
0,0650	0,1756	0,31	0,2358	0,2881	0,65	0,3294	0,2735	0,98
0,0691	0,1802	0,32	0,2409	0,2900	0,66	0,3248	0,2666	0,99
0,0733	0,1847	0,33	0,2460	0,2917	0,67	0,3117	0,2500	1,00
0,0776	0,1891	0,34						

Fonte: VENTURINI (2015).

De posse dos valores de raio hidráulico, calcula-se a velocidade (v) através da equação de Manning, isolando-se a incógnita de interesse (Equação 08). Tomaz (2013) recomenda que a velocidade mínima para tubos de concreto seja de 0,60 m/s e a máxima de 5,0 m/s.

$$v = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{\eta} \quad (08)$$

Por último, determinou-se o tempo de escoamento, através da equação de movimento uniforme, e o tempo de concentração que, nada mais é que, o trecho inicial mais o tempo de escoamento. No caso de um poço de visita onde cheguem dois ou mais trechos de tubulações prevalece o de maior valor. Os cálculos devem obedecer às Equações 09 e 10 subsequentes.

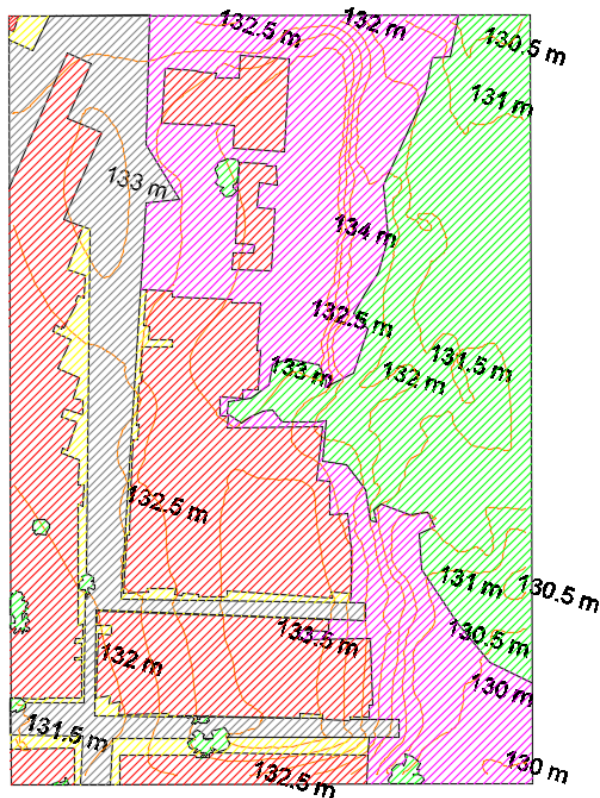
$$t_e = \frac{l_{trecho}}{v} \quad (09)$$

$$t_c = t_{ci} + t_e \quad (10)$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados de tipo de superfície e nas áreas calculadas após a vetorização da ortofoto, obteve-se os resultados para os coeficientes de escoamento para os cenários 1 e 2. No caso do segundo, encontrou-se um C ponderado de 0,78, valor este que está dentro dos limites estabelecidos no Quadro 01 de 0,7 a 0,9 para áreas comerciais centrais. A Figura 13 mostra as curvas de níveis obtidas através dos procedimentos metodológicos discutidos anteriormente.

Figura 13: Curvas de Níveis



Fonte: AUTOR (2019).

O Quadro 07 resume os valores obtidos pelos dois procedimentos.

Quadro 07: Valores de C para cada Cenário

Cenário	Valor de C
1	Por área de contribuição
2	0,78

Fonte: AUTOR (2019).

A partir das observações feitas, pôde-se delimitar a porcentagem de cada tipo de superfície presente na área em estudo, correspondendo a, aproximadamente, 1% de vegetação,

27% de pavimentação asfáltica, 55% de telhados 9% de calçadas de concreto e 8% de área de solo exposto sem cobertura natural ou artificial.

A área de pesquisa total analisada foi de 1,42 hectare. O Quadro 08 expõe as áreas de contribuições e seus respectivos coeficientes de escoamento, conforme preestabelecido para o cenário 1.

Quadro 08: Coeficientes “C” para cada área de Contribuição

Áreas de Contribuição	Área parcial por tipo de superfície					Área Total (ha)	C Total
	Vegetação (c=0,3)	Calçada de Concreto (c=0,88)	Telhado (c=0,85)	Asfalto (c=0,83)	Solo Arenoso (c=0,13)		
1	0,000	0,002	0,004	0,020	0,000	0,027	0,84
2	0,000	0,004	0,001	0,013	0,000	0,018	0,84
3	0,005	0,056	0,400	0,251	0,073	0,783	0,78
4	0,005	0,013	0,105	0,033	0,000	0,157	0,83
5	0,000	0,009	0,140	0,023	0,017	0,189	0,78
6	0,008	0,038	0,135	0,046	0,022	0,249	0,77
C_{ponderado}							0,78

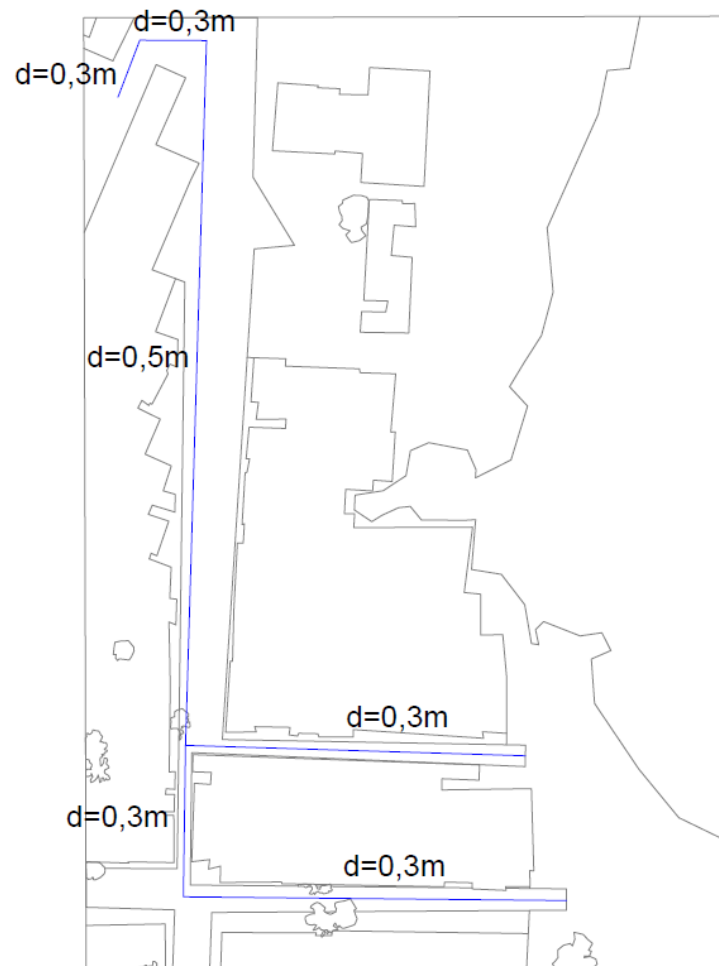
Fonte: AUTOR (2019).

A partir do Quadro 10 pode-se observar que foram obtidos $C_{\text{mínimo}}$ de 0,77 e $C_{\text{máximo}}$ de 0,84 demonstrando certa heterogeneidade entre os tipos de superfície de cada área de contribuição. A vazão máxima, por sua vez, foi obtida através do método racional, com a aplicação da equação IDF de Pau dos Ferros-RN encontrou-se o valor de 139,21 para uma duração de 5 minutos e período de retorno de 5 anos.

Os diâmetros dimensionados através dos procedimentos metodológicos discutidos anteriormente são apresentados na Figura 14.

Comparando a rede dimensionada à situação observada atualmente cabe ressaltar algumas observações: a falta de planejamento urbano, concordâncias geométricas das vias, utilização da faixa de rolamento para instalação de barracas de feirantes, dentre diversos outros fatores dificultam um resultado mais preciso e coerente. Observa-se no (Apêndice A), que se obedecesse-se ao relevo existente no ambiente em estudo os tempos de concentração assumiriam valores elevadíssimos, pois ao adequar as inclinações os valores caem drasticamente de 32,99 para 12,63 min no trecho 6-7, por exemplo.

Figura 14: Diâmetros dimensionados da rede de microdrenagem



Fonte: AUTOR (2019).

Os apêndices A e B resumem o dimensionamento de cada seguimento da rede de microdrenagem pelos cenários 1 e 2, respectivamente. Como é possível perceber nos resultados obtidos, alguns problemas apresentam-se como importantes impeditivos ao funcionamento correto da rede, uma vez que ela foi planejada seguindo o relevo natural da zona de interesse. Pode-se prosseguir de duas maneiras para adequar o dimensionamento, conforme expressam os apêndices A e B:

- i) Adequar o relevo, através de terraplanagem, aos desníveis necessários para atender os limites de velocidade de escoamento indicados na bibliografia (TOMAZ, 2013).
- ii) Através de uma escavação mais profunda nos pontos necessários alocar a tubulação sem necessariamente refazer a terraplanagem das vias em questão.

Fazendo-se uma terraplanagem, é necessária uma grande movimentação de terra, o que pode gerar perturbações as estruturas circunvizinhas, principalmente em suas fundações, porém, isto tornaria o relevo mais aproximado do ideal para este tipo de sistema e tornaria futuras adaptações mais viáveis, haja visto que Pau dos Ferros é uma cidade de volume populacional emergente o que torna ainda mais importante este planejamento.

Através de escavação do solo evitar-se-iam alguns destes transtornos, pois o processo se dá em pontos específicos onde passaria a tubulação, por outro lado, faz-se necessária uma sondagem para definição do perfil do solo e provável uso de maquinário pesado para retirar materiais mais coesos, o que tornaria o projeto mais oneroso.

Algumas hipóteses cabem ser levantadas com base nas observações feitas em campo, pois não parece haver um sistema dimensionado de maneira correta para a área de estudo, uma vez que existe apenas um bueiro (Figura 15) que leva estas águas para o sistema de coleta.

Figura 15: Bueiro existente na área de estudo



Fonte: AUTOR (2019).

Figura 16: Lixo depositado nas vias durante um dia movimentado na Feira Livre



Fonte: AUTOR (2019).

Outro fator complicador é o habito negativo que alguns dos usuários do sistema possuem, principalmente aos sábados quando há uma maior intensificação do comercio local o que se vê é um proporcional aumento do depósito de lixos nas vias, como é possível observar na Figura 16.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do exposto neste trabalho pode-se concluir que a rede existente não demonstra eficácia no escoamento das águas pluviais, enquanto que o sistema dimensionado atende aos critérios necessários para um escoamento rápido e competente.

O coeficiente ponderado obtido através do VANT de 0,78 se encontra entre os limites de 0,7 e 0,9 recomendados pela bibliografia, o que é mais um indicativo da viabilidade deste equipamento na elaboração deste tipo de projeto, pois o nível de detalhe no levantamento diminui as incertezas e torna-o mais econômico.

O presente trabalho verificou não haver mudança de diâmetros entre os diferentes cenários aplicados ao dimensionamento, isto deve-se ao fato da área delimitada para pesquisa ser relativamente pequena e apresentar um baixo número de seguimentos de tubulação.

Com relação aos ajustes sugeridos para as inclinações das tubulações para atender às velocidades recomendadas, demonstraram-se executáveis, mas pouco eficientes, pois ambas levam a medidas bem mais rebuscadas do que a simples substituição de manilhas de concreto.

Com base no dimensionamento proposto e nas observações de campo propõe-se um conjunto paralelo de ações a serem tomadas buscando solucionar as problemáticas enfrentadas cotidianamente na região. O estudo de dimensionamento da rede de microdrenagem da Feira Livre através de outra metodologia que se mostre mais econômica ou menos invasiva, a implantação do modelo dimensionado para a rede de microdrenagem da área neste trabalho se assim mostrar-se necessário.

Além dos fatos citados, deve-se buscar promover reuniões e cursos com os vendedores e consumidores da feira para discutir as consequências das práticas equivocadas em uso com perspectivas da implementação de um sistema de fiscalização e multas para evitar recorrentes transtornos.

REFERÊNCIAS

- BIDONE, F; TUCCI, C. E. M. **Microdrenagem. In: Drenagem Urbana**, org. por TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L.; BARROS, M. T. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1995.
- BÖRNER, S. et al. **Exploring Mexican adolescents' perceptions of environmental health risks: a photographic approach to risk analysis**. *Ciência & Saúde Coletiva*, [s.l.], v. 20, n. 5, .1617-1627, maio 2015.
- BLUMENSAAT, F.; STAUFER, P.; HEUSCH, S.; REUBNER, F.; SCHÜTZE, M.; SEIFFERT, F.; GRUBER, G.; ZAWILSKI, M.; RIECKERMANN, J. (2012) **Water quality-based assessment of urban drainage impacts in Europe – where do we stand today?** *Water Science Technology*, v. 66, p. 304-318.
- BRASIL. **Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997** – Política Nacional de Recursos Hídricos.
- CORRÊA, R. L. **O espaço urbano**. 4. ed. São Paulo: Ática, 2005.
- CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa**. 2. ed. São Paulo: Artmed, 2007.
- CRUZ, D. **As Faces Do Planejamento Urbano**. 2011. 14f. Revista Pegada – vol. 12 n.2.
- DANTAS, J.; CLEMENTINO, M. **As Cidades Médias Interiorizadas No Desenvolvimento Do Nordeste: Um Estudo Sobre Pau Dos Ferros (RN)**. (2013) Ano XVI Nº 30 Dezembro de 2014 Salvador, BA RDE - REVISTA DE DESENVOLVIMENTO.
- FERREIRA, M. **O Espaço Edificado e a Indústria Calçadista de Franca**. Dissertação (Mestrado) - EESC/USP, 1989.
- GREGORIO, L. T.; SAITO, S. M.; SAUSEN, T. M. **Sensoriamento remoto para a gestão de risco de desastres naturais**. In: SAUSEN, T. M. & LACRUZ, M. S. P. Sensoriamento Remoto para desastres. São Paulo: Oficina de Textos, 2015, p. 43-67. ISBN: 978-85-7975-175-2.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- LEITE, M. E.; SANTOS, I. S.; ALMEIDA, J. W. L. (2011). **Mudança de Uso do Solo na Bacia do Rio Vieira, em Montes Claros/MG**. *Revista Brasileira de Geografia Física* 04, p. 779-792.
- LEMONS, J. J. S. **Níveis de Degradação no Nordeste Brasileiro**. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza, v. 32, n. 3, p. 406-429, 2001.
- LONGHITANO, G. A. **VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, 2010, 148 p.

NEVES, M.G.F.P. & TUCCI, C.E.M. (2011) **Composição de resíduos de varrição e resíduos carreados pela rede de drenagem, em uma bacia hidrográfica urbana.** *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 16, p. 331-336.

PESSOA, C.; GOMES, H. **Pau Dos Ferros/Rn: Uma Cidade Pequena Com Características De Cidade Média.** (2016). CONIDIS. I Congresso Internacional da Diversidade do Semiárido.

PONTES, M. S. **Planejamento para o desenvolvimento: Sustentável? Análise dos instrumentos de ordenamento territorial da faixa litorânea do Ipouca.** Dissertação de Pós-graduação – UFPE, 2009.

POTT, C. M.; ESTRELA, C. C. **Histórico ambiental: desastres ambientais e o despertar de um novo pensamento.** *Estudos Avançados*, [s.l.], v. 31, n. 89, p.271-283, abr. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142017.31890021>.

PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D. da; TEIXEIRA, A. de F.; CECÍLIO, R. A.; SILVA, J. M. A. da; GRIEBELER, N. P. **Hidros: dimensionamento de sistemas hidroagrícolas.** Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 259 p.

RAMOS, Y.; REGO, S.; RIBEIRO, G.; PEDROSA, J.; BARROS, D. **Integração Geoprocessamento/Sig Para Identificação De Áreas Susceptíveis À Inundação.** (2013) *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*.

REDWEIK, P. - **Fotogrametria Aérea**, Departamento de Engenharia Geográfica e Energia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 2007.

RIBAS, A.; SCHMID, A.; RONCONI, E. **Topofilia, conforto ambiental e o ruído urbano como risco ambiental: a percepção de moradores dos Setores Especiais Estruturais da cidade de Curitiba.** *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 21, p. 183-199, jan./jun. 2010. Editora UFPR

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento.** São Paulo: Ed. Contexto, 2003.

SABINA, J.; VALLE, D.; RUIZ, C.; MOLERO, J; LAGUNA, A. (2015). **Fotogrametría aérea por drone en yacimientos con grandes estructuras. Propuesta metodológica y aplicación práctica en los castillos medievales del Campo de Montiel.** VAR. Volumen 6 Número 13.

SANTANA, E. P. **Geotecnologias para o Mapeamento Digital de Solos: Usos e Aplicações.** Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 2017.

SANTOS, W. de O. **Máximas Intensidades e Índices de Erosividade de Chuvas Para o Rio Grande do Norte.** 2015. 140f. Tese (Pós-Graduação) - Doutorado em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015.

SACHS, I. **Desenvolvimento incluyente, sustentável, sustentado.** Rio de Janeiro: Garamond, 2004.

SILVA, C. C. **Mapeamento digital de classes de solo: aplicação de metodologia na folha Botucatu (SF-22-Z-B-IV-3) e validação de campo.** Dissertação (Gestão em Recursos Agroambientais) – IAC, 2012.

SOUZA, G. **Análise da Viabilidade do Uso de VANT para Mapeamento Topográfico e de Cobertura e Uso da Terra.** 2015. 94 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Porto Alegre, 2015.

SOUZA, L. A. de. **Diagnóstico do meio físico como contribuição ao ordenamento territorial do município de Mariana (MG).** 2004. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2004.

VENTURINI, A. B. **Imagens de veículos aéreos não tripulados aplicados para dimensionamento de redes de microdrenagem pluvial.** 2015. 80 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

VIDAL, A. M. F. **Extração e avaliação de geo-informações pelo uso de imagens adquiridas por veículos aéreos não tripulados.** 2013. 59 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Geográfica, Departamento de Geociência, Faculdade de Ciências Universidade do Porto, Portugal, 2013.

APÊNDICE A – “C” POR ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO (CENÁRIO 1)

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE DRENAGEM COM USO DE COEFICIENTE CARACTERÍSTICO DE CADA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO																							
Trecho		A (ha)	C (VANT)	Cota do Terreno (m)		L (m)	S (m/m)	tc (min)	Tr (anos)	I (mm/h)	Q (m³/s)	D Calculado (m)	D Nominal (m)	FH	*RH/D (m/m)	y/D (m/m)	RH (m)	V (m/s)	te (min)	Cota Greide (m)		Profundidade (m)	
PVm	PVj	trecho		CTm	CTj															CGm	CGj	Pm	Pj
3	1	0,027	0,838	132,28	132,16	18	0,0068	5,00	5	139,21	0,009	0,13	0,3	0,0023	0,0451	0,07	0,014	0,33	0,88	130,98	130,86	1,30	1,30
1	2	0,018	0,843	132,16	132,02	168	0,0008	5,88	5	133,35	0,006	0,17	0,3	0,0044	0,0575	0,09	0,017	0,14	20,34	130,86	130,72	1,30	1,30
2	4	0,783	0,776	132,42	132,28	20	0,0071	5,00	5	139,21	0,235	0,46	0,5	0,0505	0,1614	0,28	0,081	1,13	0,29	130,92	130,78	1,50	1,50
4	6	0,157	0,832	132,95	132,02	77	0,0121	5,00	5	139,21	0,050	0,23	0,3	0,0100	0,0813	0,13	0,024	0,66	1,93	131,65	130,72	1,30	1,30
4	5	0,189	0,785	132,02	131,78	42	0,0057	26,22	5	71,97	0,030	0,22	0,3	0,0086	0,0755	0,12	0,023	0,43	1,61	130,72	130,48	1,30	1,30
6	7	0,249	0,770	131,78	131,74	87	0,0005	32,99	5	63,35	0,034	0,37	0,4	0,0310	0,1312	0,22	0,052	0,21	6,77	130,38	130,34	1,40	1,40

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE DRENAGEM COM USO DE COEFICIENTE CARACTERÍSTICO DE CADA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO - INCLINAÇÕES AJUSTADAS POR TERRAPLANAGEM																							
Trecho		A (ha)	C (VANT)	Cota do Terreno (m)		L (m)	S (m/m)	tc (min)	Tr (anos)	I (mm/h)	Q (m³/s)	D Calculado (m)	D Nominal (m)	FH	*RH/D (m/m)	y/D (m/m)	RH (m)	V (m/s)	te (min)	Cota Greide (m)		Profundidade (m)	
PVm	PVj	trecho		CTm	CTj															CGm	CGj	Pm	Pj
3	1	0,027	0,838	132,28	131,69	18	0,0335	5,00	5	139,21	0,009	0,10	0,3	0,0010	0,0326	0,05	0,010	0,60	0,49	130,98	130,39	1,30	1,30
1	2	0,018	0,843	131,69	124,21	168	0,0445	5,49	5	135,87	0,006	0,08	0,3	0,0006	0,0262	0,04	0,008	0,60	4,70	130,39	122,91	1,30	1,30
2	4	0,783	0,776	132,42	132,28	20	0,0071	5,00	5	139,21	0,235	0,46	0,5	0,0505	0,1614	0,28	0,081	1,13	0,29	130,92	130,78	1,50	1,50
4	6	0,157	0,832	132,95	132,02	77	0,0121	5,00	5	139,21	0,050	0,23	0,3	0,0100	0,0813	0,13	0,024	0,66	1,93	131,65	130,72	1,30	1,30
4	5	0,189	0,785	124,21	123,75	42	0,0109	10,19	5	111,37	0,046	0,23	0,3	0,0097	0,0813	0,13	0,024	0,63	1,11	122,91	122,45	1,30	1,30
6	7	0,249	0,770	123,75	122,97	87	0,0090	12,63	5	102,27	0,054	0,25	0,3	0,0126	0,0871	0,14	0,026	0,60	2,43	122,45	121,67	1,30	1,30

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE DRENAGEM COM USO DE COEFICIENTE CARACTERÍSTICO DE CADA ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO - INCLINAÇÕES AJUSTADAS POR ESCAVAÇÃO																							
Trecho		A (ha)	C (VANT)	Cota do Terreno (m)		L (m)	S (m/m)	tc (min)	Tr (anos)	I (mm/h)	Q (m³/s)	D Calculado (m)	D Nominal (m)	FH	*RH/D (m/m)	y/D (m/m)	RH (m)	V (m/s)	te (min)	Cota Greide (m)		Profundidade (m)	
PVm	PVj	trecho		CTm	CTj															CGm	CGj	Pm	Pj
3	1	0,027	0,838	132,28	132,16	18	0,0335	5,00	5	139,21	0,009	0,10	0,3	0,0010	0,0326	0,05	0,010	0,60	0,49	130,98	130,18	1,30	1,98
1	2	0,018	0,843	132,16	132,02	168	0,0445	5,49	5	135,87	0,006	0,08	0,3	0,0006	0,0262	0,04	0,008	0,60	4,70	130,18	118,93	1,98	13,09
2	4	0,783	0,776	132,42	132,28	20	0,0071	5,00	5	139,21	0,235	0,46	0,5	0,0505	0,1614	0,28	0,081	1,13	0,29	130,92	130,78	1,50	1,50
4	6	0,157	0,832	132,95	132,02	77	0,0121	5,00	5	139,21	0,050	0,23	0,3	0,0100	0,0813	0,13	0,024	0,66	1,93	131,65	130,72	1,30	1,30
4	5	0,189	0,785	132,02	131,78	42	0,0109	10,19	5	111,37	0,046	0,23	0,3	0,0097	0,0813	0,13	0,024	0,63	1,11	118,93	118,36	13,09	13,42
6	7	0,249	0,770	131,78	131,74	87	0,0090	12,63	5	102,27	0,054	0,25	0,3	0,0126	0,0871	0,14	0,026	0,60	2,43	118,36	117,83	13,42	13,91

APÊNDICE B – “C” PONDERADO DE 0,78 (CENÁRIO 2)

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE DRENAGEM COM USO DE C IGUAL A 0,78																							
Trecho		A (ha)	C (VANT)	Cota do Terreno (m)		L (m)	S (m/m)	tc (min)	Tr (anos)	I (mm/h)	Q (m³/s)	D Calculado (m)	D Nominal (m)	FH	*RH/D (m/m)	y/D (m/m)	RH (m)	V (m/s)	te (min)	Cota Greide (m)		Profundidade (m)	
PVm	PVj	trecho		CTm	CTj															CGm	CGj	Pm	Pj
3	1	0,027	0,78	132,28	132,16	18	0,0068	5,00	5	139,21	0,008	0,13	0,3	0,0022	0,0389	0,06	0,012	0,30	0,97	130,98	130,86	1,30	1,30
1	2	0,018	0,78	132,16	132,02	168	0,0008	5,97	5	132,78	0,005	0,17	0,3	0,0041	0,0513	0,08	0,015	0,13	21,95	130,86	130,72	1,30	1,30
2	4	0,783	0,78	132,42	132,28	20	0,0071	5,00	5	139,21	0,237	0,46	0,5	0,0510	0,1614	0,28	0,081	1,13	0,29	130,92	130,78	1,50	1,50
4	6	0,157	0,78	132,95	132,02	77	0,0121	5,00	5	139,21	0,047	0,23	0,3	0,0095	0,0755	0,12	0,023	0,63	2,03	131,65	130,72	1,30	1,30
4	5	0,189	0,78	132,02	131,78	42	0,0057	27,92	5	69,55	0,029	0,22	0,3	0,0083	0,0755	0,12	0,023	0,43	1,61	130,72	130,48	1,30	1,30
6	7	0,249	0,78	131,78	131,74	87	0,0005	34,69	5	61,54	0,033	0,37	0,4	0,0307	0,1312	0,22	0,052	0,21	6,77	130,38	130,34	1,40	1,40

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE DRENAGEM COM USO DE C IGUAL A 0,78 - INCLINAÇÕES AJUSTADAS POR TERRAPLANAGEM

Trecho		A (ha)	C (VANT)	Cota do Terreno (m)		L (m)	S (m/m)	tc (min)	Tr (anos)	I (mm/h)	Q (m³/s)	D Calculado (m)	D Nominal (m)	FH	*RH/D (m/m)	y/D (m/m)	RH (m)	V (m/s)	te (min)	Cota Greide (m)		Profundidade (m)	
PVm	PVj	trecho		CTm	CTj															CGm	CGj	Pm	Pj
3	1	0,027	0,78	132,28	131,68	18	0,0340	5,00	5	139,21	0,008	0,10	0,3	0,0010	0,0326	0,05	0,010	0,60	0,49	130,98	130,38	1,30	1,30
1	2	0,018	0,78	131,68	124,12	168	0,0450	5,49	5	135,89	0,005	0,08	0,3	0,0006	0,0262	0,04	0,008	0,60	4,67	130,38	122,82	1,30	1,30
2	4	0,783	0,78	132,42	132,28	20	0,0071	5,00	5	139,21	0,237	0,46	0,5	0,0510	0,1614	0,28	0,081	1,13	0,29	130,92	130,78	1,50	1,50
4	6	0,157	0,78	132,95	132,02	77	0,0121	5,00	5	139,21	0,047	0,23	0,3	0,0095	0,0755	0,12	0,023	0,63	2,03	131,65	130,72	1,30	1,30
4	5	0,189	0,78	124,12	123,66	42	0,0110	10,16	5	111,49	0,046	0,23	0,3	0,0096	0,0813	0,13	0,024	0,63	1,11	122,82	122,357	1,30	1,30
6	7	0,249	0,78	123,657	122,93	87	0,0084	12,58	5	102,44	0,056	0,26	0,3	0,0133	0,0929	0,15	0,028	0,60	2,41	122,357	121,626	1,30	1,30

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE DRENAGEM COM USO DE C IGUAL A 0,78 - INCLINAÇÕES AJUSTADAS POR ESCAVAÇÃO

Trecho		A (ha)	C (VANT)	Cota do Terreno (m)		L (m)	S (m/m)	tc (min)	Tr (anos)	I (mm/h)	Q (m³/s)	D Calculado (m)	D Nominal (m)	FH	*RH/D (m/m)	y/D (m/m)	RH (m)	V (m/s)	te (min)	Cota Greide (m)		Profundidade (m)	
PVm	PVj	trecho		CTm	CTj															CGm	CGj	Pm	Pj
3	1	0,027	0,78	132,28	132,16	18	0,0340	5,00	5	139,21	0,008	0,10	0,3	0,0010	0,0326	0,05	0,010	0,60	0,49	130,98	130,18	1,30	1,98
1	2	0,018	0,78	132,16	132,02	168	0,0450	5,49	5	135,89	0,005	0,08	0,3	0,0006	0,0262	0,04	0,008	0,60	4,67	130,18	119,26	1,98	12,76
2	4	0,783	0,78	132,42	132,28	20	0,0071	5,00	5	139,21	0,237	0,46	0,5	0,0510	0,1614	0,28	0,081	1,13	0,29	130,92	130,78	1,50	1,50
4	6	0,157	0,78	132,95	132,02	77	0,0121	5,00	5	139,21	0,047	0,23	0,3	0,0095	0,0755	0,12	0,023	0,63	2,03	131,65	130,72	1,30	1,30
4	5	0,189	0,78	132,02	131,78	42	0,0110	10,16	5	111,49	0,046	0,23	0,3	0,0096	0,0813	0,13	0,024	0,63	1,11	119,26	118,74	12,76	13,04
6	7	0,249	0,78	131,78	131,74	87	0,0084	12,58	5	102,44	0,056	0,26	0,3	0,0133	0,0929	0,15	0,028	0,60	2,41	118,74	130,44	13,04	1,30