



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA – UFPB
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA – CCEN
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS - DGEO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGG

CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ÁREAS URBANAS NO CARIRI
PARAIBANO: Potencial existente e possibilidades de uso

LUÍS FELIPE COSTA DE FARIAS

JOÃO PESSOA-PB
Março-2021

LUÍS FELIPE COSTA DE FARIAS

**CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ÁREAS URBANAS NO CARIRI
PARAIBANO: Potencial existente e possibilidades de uso**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (Mestrado), da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Linha de pesquisa: Gestão do Território e Análise Geoambiental.

Orientador: Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza.

JOÃO PESSOA-PB
Março-2021

**"CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ÁREAS URBANAS
NO CARIRI PARAIBANO: POTENCIAL EXISTENTE E
POSSIBILIDADES DE USO"**

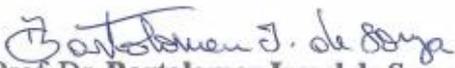
por

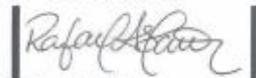
Luiz Felipe Costa de Farias

Dissertação de Mestrado apresentada ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia do CCEN-UFPB, como requisito total para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente

Aprovada por:


Prof. Dr. **Bartolomeu Israel de Souza**
Orientador


Prof. Dr. **Rafael Albuquerque Xavier**
Examinador interno


Prof.ª Dr.ª **Taysa Tamara Viana Machado**
Examinadora externa

**Universidade Federal da Paraíba
Centro de Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Curso de Mestrado e Doutorado em Geografia**

Março/2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F224c Farias, Luis Felipe Costa de.

 Captação de águas pluviais em áreas urbanas no Cariri paraibano : potencial existente e possibilidades de uso / Luis Felipe Costa de Farias. - João Pessoa, 2021.
 97 f. : il.

 Orientação: Bartolomeu Israel de Souza.
 Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

 1. Águas pluviais - Coleta. 2. Consumo humano. 3. Sistemas de captação. 4. Uso da água - Semiárido (PB).
 I. Souza, Bartolomeu Israel de. II. Título.

UFPB/BC

CDU 628.116.2(043)

Aos meus pais principalmente e a todos os outros que fizeram parte da construção desse momento.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Em primeiro momento agradeço a Deus pela dádiva da vida e por me permitir dar um passo a mais a cada dia em uma nova realização pessoal, profissional e acadêmica. Toda Honra e Glória a ti Senhor, Gloria e Louvor para todo o sempre.

Aos meus pais João Farias e Madalena, que foram e são as minhas bases em todas as decisões que faço, graças a eles tive a condição de superar todas as dificuldades que foram colocadas a minha frente, mas com eles consegui vencer todas.

Aos meus irmãos Alesson e João Pedro, que sempre me ajudaram em todo o possível, mesmo com as nossas imperfeições sei que em vocês posso confiar, pois nosso amor supera qualquer problema ou dificuldade.

A minha noiva (futura esposa) Renaly, o anjo que Deus colocou na terra para ser minha companheira o resto da vida, você sempre me apoia e me dá forças nos momentos mais difíceis, sem você eu não teria chegado a lugar nenhum, rogo ao Senhor a oportunidade de ter uma família linda e abençoada com você. TE AMO.

Aos meus avós Antônio, Josefa, Argentina e José (*in memorian*), eles que sempre me apoiaram e estavam sempre felizes com minhas realizações, e sempre dispostos a me ajudar, meu muito obrigado.

Aos meus outros familiares, que sempre estavam preocupados com os meus objetivos e interesses, vocês são a representação de união e carinho.

Ao meu querido orientador Bartolomeu, por todo apoio e paciência na construção da pesquisa e em todo o momento que pude desfrutar no Mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia- PPGG-UFPB, por ter dado a oportunidade de ter essa experiência única.

Aos professores do PPGG-UFPB, por todo as discussões que ajudaram a aprofundar o meu conhecimento em geografia.

Aos professores participantes da banca Rafael Albuquerque Xavier, Taysa Tamara Viana Machado. Pelas significativas contribuições a este trabalho.

Ao Grupo do Laboratório de Estudos do Semiárido- LAESA, pelo apoio e ajuda durante esse período do mestrado.

Aos amigos que a geografia me deu, em especial aos amigos da minha turma da UFCG 2011.1, amigos que sempre estiveram dispostos a me ajudar nesses quase 10 anos de vida acadêmica.

A Elânia minha grande amiga, lhe agradeço em especial por que sua ajuda foi de fundamental importância para a conclusão desse mestrado, graças a você que nunca me deixou só sempre me apoiou, nunca me deixasse fraquejar na caminhada, que possamos ter oportunidade de trabalhar juntos oficialmente um dia, te agradeço espero um dia retribuir todo o seu apoio comigo. Muito Obrigado!

A turma do PPGG 2019, não conseguiria colocar em especial um nome, pois foram pessoas que conseguiram trazer conforto e um apoio em uma etapa tão importante em minha vida, sem contar todos os vários momentos de descontração que tivemos.

A prefeitura de Cabaceiras pela disponibilidade e apoio durante toda o decorrer da pesquisa.

A coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos durante o desenvolvimento da pesquisa.

A todos que contribuíram direta e indiretamente a este trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!

*“E não cansemos de fazer o bem,
pois no tempo próprio colheremos,
se não desanimarmos”*

Gálatas 6:9

RESUMO

A necessidade de reservar água para uso em períodos de estiagem é característica de toda a população desde os primórdios da própria civilização humana, em todo o globo é possível observar grandes áreas Áridas e Semiáridas. Suas características naturais encontram processos similares, dentre as quais é possível destacar algumas como: baixo índice pluviométrico, longos períodos de estiagem, alta taxa de evaporação e evapotranspiração. No Brasil é possível destacar grande parte do interior do Nordeste como região que sofre com essa irregularidade hídrica. Dentre as regiões do Semiárido destaca-se a área da pesquisa, o distrito de Ribeira no Município de Cabaceiras, buscando compreender a possibilidade da sua área urbana do distrito como uma possível área de captação de águas pluviais. Com intuito de compreender suas particularidades objetivou-se avaliar o potencial de captação de água de chuva no distrito de Ribeira no Município de Cabaceiras-PB, delimitando a área de captação de água do distrito de Ribeira, verificando também a média pluviométrica para construir um modelo de avaliação do total de acúmulo de água do distrito. Para alcançar os objetivos foi realizado visitas a campo para a construção de um mapeamento para caracterização da área, obtenção de dados meteorológicos, análise das estruturas do distrito e sua impermeabilidade. Para o mapeamento da área utilizou-se o Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) que possibilitou a maior acurácia na caracterização de todos os elementos, e a partir dessas imagens foi possível definir a estrutura urbana que caracteriza o distrito de Ribeira. Aliado a esses dados e os valores pluviométricos foi possível mensurar e identificar o potencial hídrico do distrito assim como as áreas em que seria interessante a colocação de um sistema de captação das águas pluviais da própria área da Ribeira demonstrando-se que a área possa vir a ser uma área de captação e acúmulo de água.

Palavras-chave: Estruturas de captação; convivência com o Semiárido; zonas urbanas.

ABSTRACT

The need to reserve water to use during drought periods has been a characteristic of the entire population since the beginning of human civilization itself, worldwide it is possible to observe large arid and semi-arid areas. Its natural characteristics find similar processes, among which it is possible to highlight some such as: low rainfall, long periods of drought, high evaporation rate and evapotranspiration. In Brazil it is possible to highlight a large part of the interior of the Northeast as a region that suffers from this water irregularity. Among the semi-arid regions, the area of our research stands out the district of Ribeira in the municipality of Cabaceiras, motivating us to understand the possibility of its urban area in the district as a possible rainwater catchment area. In order to understand its particularities, the objective was to evaluate the potential of rainwater harvesting in the district of Ribeira in the municipality of Cabaceiras-PB. Delimiting the water catchment area of the district of Ribeira, also checking the rainfall average to build a model for assessing the total water accumulation in the district of Ribeira. To achieve the goals, field visits were taken to build a mapping characterization of the area, obtaining meteorological data, analyzing the structures of the district and their impermeability, to obtain the values of water accumulation. For the mapping of the area, the UAV was used, which enabled a greater accuracy in characterizing all the elements, from these images it was possible to define the urban structure that characterizes the Ribeira district. Along with these data and rainfall values, it was possible to measure and identify the water potential of the district as well as the areas in which it would be interesting to place a rainwater catchment system in the Ribeira area itself, demonstrating that the area may be an area for the capture and accumulation of water.

Keywords: Catchment Structures; Coexistence with the Semiarid; Urban áreas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: canal de irrigação com águas vinda das montanhas até as comunidades Incas -----	18
Figura 02: Sistemas de drenagem das águas das montanhas no império Inca “terraços”-----	19
Figura 03: Mapa de localização do município de Cabaceiras-----	32
Figura 04: Imagem atual da área urbana do distrito de Ribeira-----	35
Figura 05: Mapa de pedológico do município de Cabaceiras-----	36
Figura 06: Fluxograma metodológico-----	39
Figura07: Phantom 4 pro/plus utilizado no voo-----	41
Figura 08: Mapa de declividade da área MDS-----	42
Figura 09: Ortomosaico da area do Distrito de Ribeira -----	51
Figura 10 – Mapa das ruas calçadas do distrito-----	53
Figura 11 – Imagens das primeiras ruas calçadas do distrito.-----	54
Figura 12 – Imagens das extensões de ruas calçadas do distrito- -----	55
Figura 13 – Ruas recentemente construídas no distrito-----	56
Figura 14 – Entrada da Rua 2, destacada no mapa-----	56
Figura 15 – Rua recém-finalizada do distrito-----	57
Figura 16 – Mapa das ruas não calçadas do distrito-----	58
Figura 17 – Ponto de união das ruas não calçadas -----	59
Figura 18 – Imagem ampla do local de convergência das ruas-----	59
Figura 19 – Mapa dos telhados do distrito-----	61
Figura 20 – Mapa integrado dos elementos do distrito de Ribeira-----	63
Figura 21 – Mapa de declividade da área MDS-----	65
Figura 22 – Mapa de drenagem do distrito-----	67
Figura 23 – Mapa de direção de fluxo-----	69
Figura 24 – Mapa de direção de fluxos ruas calçadas-----	71

Lista de tabelas

Tabela 01: tabela dos valores de coeficiente das áreas alvo do distrito-----	44
Tabela 02: Média histórica pluviométrica de Cabaceiras-----	47
Tabela 03: perspectiva de valores pluviométricos em ruas não calçadas-----	72
Tabela 04: Perspectiva de valores pluviométricos em ruas calçadas-----	73
Tabela 05: Perspectiva de valores pluviométricos nos telhados-----	74
Tabela 06: Perspectiva de valores pluviométricos dos elementos avaliados-----	76

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	11
1-INTRODUÇÃO	13
OBJETIVO GERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 Formação das civilizações em áreas áridas no mundo	15
2.2 Criação dos sistemas de captação	21
2.3 O uso da água no semiárido	24
2.4 As geotecnologias na ciência geografia	28
2.5 O desenvolvimento da aerofotogrametria e os Veículos Aéreos Não Tripulado (vant's)	30
3 METODOLOGIA	34
3.1 Caracterização área de estudo	34
3.2 A formação do distrito de Ribeira	35
3.3 Caracterização física	37
3.4 Etapas metodológicas da pesquisa	39
3.5 Procedimentos metodológicos	40
3.5.1 Trabalho de campo	41
3.5.2 Levantamento de dados cartográficos	42
3.5.2.1: planejamento de voo	43
3.5.2.2 b): execução do voo	44
3.5.2.3 c): pós-voo	45
3.5.2.4 d): caracterização dos dados	45
3.5.3 Análise pluviométrica	45
3.5.4 Avaliação do total de acúmulo de água nas ruas do distrito de Ribeira	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1 Dados pluviométricos	48
4.2 Resultados provenientes dos VANTS	52
4.2.1 Distribuição dos elementos do distrito	54
4.2.1.1 Ruas calçadas	54
4.2.1.2 Ruas não calçadas	58
4.2.1.3 Telhados	62
4.2.1.4 Mapa integrado	64
4.3 Modelo digital de superfície	66
4.4 Drenagem	68
4.5 Direção de fluxo	70
4.5.1 Mapa direção de fluxo ruas calçadas	72
4.6 Potencial hídrico do distrito	74
4.6.1 Ruas não calçadas	74
4.6.2 Ruas calçadas	75
4.6.3 Telhados	76
4.6.4 Dados pluviométricos integrados	78
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82

1-INTRODUÇÃO

A necessidade de reservar água para uso em períodos de estiagem é característica de toda a população desde os primórdios da própria civilização humana (RAAB, 1975). Pode-se enfatizar que as estruturas de captação de água surgem com o intuito de minimizar os problemas causados pela estrutura hídrica das regiões, quando o aporte não é constante.

Em diversas Regiões do globo é possível observar grandes áreas áridas e semiáridas. Suas características naturais encontram processos similares, dentre as quais é possível destacar algumas como: baixo índice pluviométrico, longos períodos de estiagem, alta taxa de evaporação e evapotranspiração. Todavia essas características não impediram a formação de grandes civilizações em algumas dessas áreas, como as que foram criadas pelos antigos povos persas, mesopotâmios, egípcios, dentre outros (MAYS, 2014).

No Brasil é possível destacar grande parte do interior do Nordeste como região que sofre com essa irregularidade hídrica. A região Semiárida está concentrada principalmente nessa parte do país, acrescido do Norte de Minas Gerais, e tem por características a baixa pluviosidade e uma irregularidade anual das chuvas como ressalta Araújo (2011). A região onde está inserido o semiárido em 2017 passou por nova delimitação com uma dimensão de 1,03 milhão de km², aproximadamente 12% do território nacional, abrangendo um total de 1262 municípios (Resolução 115, de 23 de novembro de 2017, SUDENE, 2020).

No semiárido brasileiro, durante toda sua história de formação socioeconômica, os problemas causados pela estiagem e irregularidade das chuvas são marcantes. Esse fator natural gera até hoje uma grande diferenciação perante as demais regiões brasileiras. Silva (2013) descreve que o Semiárido sofre com o fenômeno da seca que modifica fundamentalmente toda a sociedade, se tornando elemento social e parte integrante da cultura regional.

Acrescido ao impacto do fenômeno abordado anteriormente, destaca Marengo (2010) que o Nordeste possui apenas 3% de água doce do Brasil. Uma quantidade muito baixa levando em consideração a população que vive na região, a qual, segundo o IBGE (2011), estimada em 53 milhões de habitantes, contendo na região do Semiárido uma parcela de 25 milhões.

Desta maneira, ao observar a estrutura natural formada no Semiárido, é possível afirmar que esse tem uma delicada estabilidade, que se quebra na medida

que é colocado ser humano nessa equação, criando assim um sistema de vulnerabilidade hídrica, trazendo dificuldades para a sobrevivência do ser humano nessas áreas, sendo nesse momento que as políticas públicas entram com a missão de servir e suprir as carências naturais. Todavia, é pertinente destacar que em sua grande maioria esses projetos de apoio a convivência com a seca são planejados e executados nas áreas rurais.

Mediante a estrutura natural presente no Semiárido brasileiro é merecido o destaque para algumas localidades, em que o estresse hídrico é ainda mais característico, dentre estas se encontra o Município de Cabaceiras/PB, no qual cabe um enfoque, pois é onde se tem o maior déficit hídrico do país com elevada influência na criação ou intensificação de uma gama de problemas no âmbito socioeconômico.

Entretanto é compreensível a afirmação de que não são apenas as regiões rurais que sofrem com a falta de água e que devido à falta de projetos de planejamentos hídricos urbanos ocorre uma sobrecarga em toda a estrutura pois é nas regiões rurais que são construídos os aportes hídricos que sustentam os perímetros urbanos. Deste modo, justifica-se esse trabalho como um ensaio teórico de fazer com que essas áreas urbanas no Semiárido brasileiro possam também ser áreas de criação e acumulação de água diminuindo assim esta diferença na “balança hídrica” atual.

OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial de captação de água de chuva no distrito de Ribeira no Município de Cabaceiras- PB.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delimitar a área de captação de água do distrito de Ribeira, em seu perímetro urbano;
- Avaliar o regime pluviométrico da área em pesquisa;
- Construir um modelo de avaliação do total de acúmulo de água do distrito de Ribeira.

2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1FORMAÇÃO DAS CIVILIZAÇÕES EM ÁREAS ÁRIDAS NO MUNDO

Nas civilizações e culturas antigas, a água foi considerada como um potencial elemento destrutivo, mas também uma necessidade para a vida. Devido ao seu papel de importância na alimentação, higiene e segurança, a água recebeu classificação de divindade em muitos locais em diversos momentos (MAYS e ANGELAKIS, 2015).

Divindades associadas com água ou vários corpos de água foram importantes em quase todas as mitologias. Práticas e crenças religiosas descrevendo seus usos, sua importância em vários rituais de preparação e purificação. Minoans, babilônios, gregos, romanos e índios das Américas, todos tinham deuses e deusas para irrigação de culturas, bem como a pureza da água (HÅLAND, 2007).

Sistemas de distribuição de água em templos foram construídos frequentemente para honrar estes deuses e certos elementos foram incorporados para honrar a essas divindades. Também deuses e/ou deusas foram associados com o período de chuva, a fim de enfrentar secas severas (HÅLAND, 2007).

A necessidade de se obter água e armazená-la não se configura como uma questão atual. Desde tempos remotos o homem se utiliza de meios que propiciem a captura desse recurso natural e, com o passar do tempo e da necessidade, foram ocorrendo uma série de adaptações que visassem o melhor rendimento desses modelos de captação, como ressalta Gnadlinger (2000), ao abordar que os sistemas de aproveitamento de água da chuva existem desde a antiguidade, com a existência de relatos de povos Incas, Maias e Astecas, desse modo, frisa-se a ideia da importância dos modelos de captação.

Para as populações antigas, a água com acesso rápido e em quantidade razoável sempre foi objeto de grande preocupação, pois trata-se do elemento básico e de luta pela própria sobrevivência de nosso planeta. Ao mesmo tempo nossos ancestrais tiveram de se deparar com as peculiaridades climáticas de seu tempo em suas regiões (PRADO, 2002), onde vemos a preocupação dos povos antigos com o uso da água:

Entre os primeiros documentos escritos pela humanidade, encontramos instruções sobre irrigação de lavouras. Estes documentos datam de 4000 a.C. e advêm dos povos sumérios, localizados ao sul da Mesopotâmia. A preocupação com o uso da água constitui desde os primórdios um fator econômico predominante,

demonstrando que as primeiras leis são códigos que regulam o uso da água (PRADO, 2002. p.8).

Toda esta área na qual se localizava a Mesopotâmia foi palco de lutas e conflitos étnicos e dentre os vários motivos a serem postos em evidência, a necessidade de se apropriar dos recursos hídricos foi o principal. Mediante a escassez do recurso hídrico, a necessidade de se apropriar deste produto inclusive através de conflitos era quase que imprescindível (HAUT e VIVIERS 2012).

O povoamento do globo terrestre se deu de forma diferenciada. Em princípio os seres humanos tinham em sua cultura e tradição uma estrutura civilizatória baseado no nomadismo. Nestes sistemas as pessoas se deslocam em busca de locais que possam vir a fornecer os elementos necessários para a sobrevivência. No entanto, na medida que estes locais passam a não suprir as suas necessidades estes se deslocavam em busca de outras áreas (FABER, 2011).

Na medida que ocorreu o surgimento das técnicas que facilitaram e melhoraram a qualidade de vida, esses grupos começam a se fixar em determinados locais, pois, na medida em que as técnicas subsidiavam a fixação, tornava-se interessante e facilitavam a vida dessas populações (PINSKY 2005). Todavia em decorrência deste povoamento em áreas diversas no globo devido as estruturas naturais presentes nessas áreas foram surgindo técnicas diferenciadas, pois as estruturas naturais também os são (EHLERS, 2017).

Essas diferenciações naturais das áreas obrigaram as civilizações que se formavam no globo a dois impasses: criar técnicas de sobrevivência ou continuar nômades (PINSKY 2005). Devido ao processo de sedentarização, as populações passaram a crescer de forma mais rápida, tornando-se necessário a otimização das técnicas para fornecer mais suporte para a sobrevivência nestas áreas a partir de suas necessidades específicas (SIEGERT, 1994).

Todavia, com as mudanças históricas na formação de alguns povos, nas Américas por exemplo em virtude dos processos coloniais, surgiram perspectivas de captação de água que se distanciavam das estruturas presentes nos locais, como destaca Gnadlinger (2000, p. 7), nos séculos XIX e XX:

[...] Como consequência da colonização, práticas de agricultura de zonas climáticas moderadas foram implantadas em zonas climáticas mais secas. Além disso houve uma ênfase na construção de grandes barragens, e no desenvolvimento do aproveitamento de águas subterrâneas. p.07 [...]

Mesmo a água sendo um elemento natural e de direito de todos, na medida em que começam a surgir e formar as civilizações, começa a se observar a importância a qual é incumbida a este elemento, tendo em vista que ele é base para todas as necessidades de qualquer civilização (PINTO, 2017).

Na perspectiva das civilizações americanas, além do exemplo citado acima das construções de barragens, é possível destacar algumas civilizações que se sobressaíram na história antiga tanto pela sua importância em comparações a civilizações contemporâneas a ela, quanto pelas suas estruturas comunitárias de grande avanço tecnológico (REYES-KNOCHE, 2012).

Dentre esses povos latino-americanos podemos dar ênfase aos Incas, Maias e Astecas, os quais, cada um em determinado momento e em áreas específicas tiveram êxito na formação de grandes civilizações, consolidando comunidades desde a região do México até a América do Sul. Foram também denominadas de civilizações pré-colombianas, pois o seu auge ocorreu antes da chegada de Colombo às Américas, tendo seu declínio principalmente ligado aos colonizadores (REYES-KNOCHE, 2012; MAYS, 2012).

Devido as suas localizações diferenciadas estes povos construíram, por consequência, comunidades em modelos diferenciados, todavia para a formação destas civilizações um elemento se destaca como determinante: o acesso e a disponibilidade de água para o seu fortalecimento, ou seja, foi necessário no ato de construção desses impérios pensar como ter o acesso a água em quantidade suficiente, para que não ocorresse um colapso a curto prazo (MAYS, 2012), como será destacado em seguida.

A- MAIAS

A civilização Maia estendeu-se territorialmente pela área que hoje corresponde a boa parte da América Central, toda a península de Yucatan até o sul do México. Foi uma das primeiras civilizações pré-colombianas de grande importância, esse povo destacou-se pelo seu avanço civilizatório em comparação com as demais civilizações contemporâneas da época (MAYS, 2012).

Devido a estrutura natural dessa região, existiam alguns córregos e rios, no entanto esta não foi sua principal fonte de água. Os Maias mais se utilizavam principalmente de cavernas subterrâneas chamadas de cenotes, em terrenos

calcários, que além de ter papel essencial para a sobrevivência também tinham uma importância no aspecto religioso (portais para o submundo, onde eles viajariam após a morte para atender os deuses e ancestrais). Em Yucatan há mais de 2200 cenotes identificadas e mapeadas (MAYS, 2012).

No que tange o aspecto hídrico, é possível destacarmos uma importante descrição da civilização Maia feita por Matheny *et al.* (1983).

Depressões superficiais naturais foram alinhadas para reduzir as perdas de infiltração e foram usadas como reservatórios. Outra fonte é a água que recolheu quando o solo foi removido para a construção de casas em depressões chamadas Aguados. Os Maias também construíram cisternas chamadas “chultans” em rocha calcária para prédios e praças cerimoniais. Os “chultans” foram cisternas subterrâneas em forma de garrafa que foram escavadas na camada de calcário e rebocadas com cimento. Sistemas de drenagem foram desenvolvidos para desviar o escoamento superficial de edifícios e pátios ou praças para as chultans. Nas terras baixas os Maias tipicamente utilizavam um ou mais destes métodos para a obtenção e armazenamento de abastecimento de água (MATHENY, et, al 1983).

Nesse contexto, grande parte da produção agrícola (baseada no cultivo de alguns tipos de milho, algodão, cacau, dentre outras culturas) teve por base essa lógica, criando assim sistemas tecnológicos avançados, inclusive para os dias atuais.

B- ASTECAS

Os Astecas criaram uma civilização localizada predominantemente na área que hoje é o México. Seu auge ocorreu posteriormente ao Império Inca, entretanto chegou a ser uma civilização contemporânea as outras grandes civilizações (Maias). Esse império teve um grande avanço nas estruturas urbanas, caracterizado como um passo além da civilização Inca, devido a necessidade de maximização do uso do território, fazendo com que fossem necessários mecanismos que apoiassem a sustentação da população (MAYS, 2015).

Os Astecas construíram aquedutos, bem como obras de controle de enchentes, além de uma nova forma de irrigação. Esse povo superou a falta de terra cultiváveis para a agricultura convencional através da construção de campos flutuantes, denominadas chinampas, no lago Texcoco (WOOLF, 2005).

No processo de construção dos prédios Astecas e por consequência das cidades, existia uma engenharia de criação de aquedutos que captavam água de chuva e deslocavam essas águas para as áreas cultiváveis fazendo com que, diferentemente dos Maias, seu processo de suporte socioeconômico perdurasse por

muito mais tempo, tendo seu declínio devido a chegada dos colonizadores europeus no século XVI (MAYS, 2015).

C- INCAS

Por fim, entre os grandes povos pré-colombianos destaca-se a civilização Inca, localizada originalmente em quase toda a faixa do oeste da América do Sul, indo da Colômbia até o Chile. Dentre as grandes obras construídas por esses povos pode-se destacar um grande conjunto de vias que interligava as comunidades, e um sistema de aproveitamento das águas muito avançado na época (REYES-KNOCHE 2009).

Devido à localização geográfica dessa comunidade, que em sua quase totalidade era em áreas montanhosas da cordilheira dos Andes, necessitava-se do uso mais adequado possível dos recursos naturais aos quais eles tinham acesso. Do ponto de vista de planejamento do uso desses recursos os Incas tiveram processos estruturais que foram essenciais para o desenvolvimento dessa civilização. Mediante a realidade presente naquele período os estudiosos conseguiram elaborar estruturas de alta engenharia, como Canais de irrigação (figura 01) que se interligavam por grandes áreas passando por relevos diferenciados (REYES-KNOCHE, 2012).

Figura 1 – Canal de irrigação com águas vinda das montanhas até as comunidades Incas.



Fonte: Reyes-Knoche de (2009).

Na agricultura, eles construíram terraços nas encostas das montanhas, estruturas que hoje são comparadas como sistemas de curvas de nível, (Figura 2) tendo por objetivo o maior aproveitamento do solo e aliado a isso o uso mais consciente da água para a agricultura. Toda essa estrutura possibilitou o desenvolvimento do império Inca face a adversidades naturais da sua região (REYES-KNOCHE, 2012).

Figura 2 – Sistemas de drenagem das águas das montanhas no império Inca, através de terraços.



Fonte: Reyes-Knoche, (2009).

É possível observar que além das civilizações americanas pré-colombianas, outras várias civilizações ao redor do mundo em períodos simultâneos, na sua grande maioria, pensaram e construíram sistemas que supriram as necessidades hídricas das populações, a exemplo de povos de diversos países europeus, como identificado na Espanha (SALGOT e ANGELAKIS, 2019) Grécia, (CHIOTIS e CHIOTIS 2012), Itália (MARTINI e DRUSSIANI, 2019) e Chipre (KAMBANELLAS, 2019).

Na perspectiva dos mecanismos de captação é perceptível que a necessidade é presente nas mais diversas áreas do globo terrestre. Na Espanha, os reservatórios (*Aljibes*) eram construídos em quase todas as áreas do território, tanto em áreas rurais como também nos ambientes urbanos. Em várias regiões do país é possível observar a presença de cisternas ou outros modelos de captação de água, bem como, sua relação com as comunidades e sua construção histórica, ocorrendo o seu uso ainda nos dias atuais (BRANCO *et al.* 2007).

Observando estas estruturas na perspectiva urbana é necessário destacar, no caso específico da Espanha, a grande influência da cultura árabe, devido a todo o seu

processo de formação que tinha como características em suas comunidades o maior aproveitamento de água possível (AYUSO,2001).

O processo de expansão árabe se deu por volta do século VII depois de Cristo, e na perspectiva que ocorria a expansão de domínio da cultura, ocorria também seu avanço territorial. Os árabes consolidavam suas culturas e tradições, as quais em grande parte podem ser descritas quanto a formação das cidades e sua relação com a importância da criação dos sistemas de captação de água nas mesmas (BODE, 2018).

Essas estratégias de aproveitamento de água estavam presentes também em grande parte do Oriente Médio até o Extremo Oriente, a exemplo de mecanismos criados na China por civilizações que tinham esse mesmo objetivo de suprir as carências naturais deste elemento de grande necessidade para as populações (DU e KUENIG, 2012; MAHMOUDIAN e MAHMOUDIAN 2012; VOUDOURIS, 2012).

2.2 CRIAÇÃO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO

Atualmente boa parte da população carente não tem acesso a água de qualidade nas comunidades em qual residem, e existem uma série de problemas diplomáticos que tem por base o acesso ou não a água. É plausível destacar que existem áreas que naturalmente tem menos acesso a este elemento, entretanto com o aumento populacional e por consequência da necessidade maior de água, pode ocorrer um aumento desses problemas (PINTO, 2017).

Os principais problemas de escassez hídrica no Brasil resultam principalmente da combinação do crescimento exagerado das demandas localizadas, e da degradação da qualidade das águas. Esse quadro decorre do modelo de crescimento industrial concentrado, do aumento e da concentração populacional, da exclusão social, do processo de industrialização e expansão agrícola, verificado a partir da década de 1950 (CARVALHO, 2011).

Com a necessidade de proporcionar água para a população nordestina (em especial as situadas em áreas rurais) buscou-se maneiras que gerassem uma oferta de água relativamente rápida, sendo um dos modelos de captação de água que foi bastante implantado foi o de perfuração de poços. Entretanto essa proposta tende a ter algumas limitações que variam desde a sua vazão, como na qualidade água, até

a própria constituição morfológica do solo que podem influenciar nas diferenças da composição e qualidade da água (CIRILO *et al*, 2008; DE SOUSA e FERREIRA 2017).

A região Nordeste (principalmente o Semiárido) tem como meios de captação de água mais recentes as cisternas rurais, modelo que, apesar de não ser característico da localidade, tem mostrado uma boa aceitação na região como é abordado por Gnadlinger (2000). Modelos de captação de cisternas são utilizados há milênios, a exemplo da China e em Israel, no deserto de Negev, sendo a construção delas intuitiva e espontânea.

No caso do Semiárido brasileiro, podemos levar em consideração a quantidade de cisternas rurais que foram construídas nessa região em dois momentos, antes dos projetos governamentais, quando já existiam cisternas, porém em pequena quantidade, e após os projetos governamentais, em que demonstrou-se drástica mudança, tendo papel importante no processo de universalização ao acesso e de convivência com a seca (DE CARVALHO, 2017).

Nesse contexto, o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) se caracterizou como o principal propagador do modelo, e com a demonstração da sua melhoria na qualidade da vida dos nordestinos foi planejada sua ampliação posteriormente com o Programa Uma Terra Duas Águas (P1+2) (ASA, 2003).

Partindo de uma lógica semelhante ao dos outros modelos de captação em relação a sua historicidade, outro modelo utilizado há muito tempo em outras localidades é o das barragens subterrâneas, que demorou a ser implantada no Nordeste, mesmo sendo de certo modo uma modalidade de captação de água que provém uma gama de qualidades superiores a outras modalidades presentes nos mesmos locais. Essas barragens têm como pontos positivos a outros modelos, como barreiros e açudes, uma menor perda de água perante a evaporação e a salinização do solo (BRITO, 2014).

Cirilo *et al.* (2008) descrevem que as barragens subterrâneas são interessantes de se trabalhar nas regiões do semiárido mediante a sua própria proposta hídrica que se caracteriza por chuvas de curta duração e de rápida intensidade, que mediante a dificuldade de infiltração da água propiciam um escoamento dessa água que, por muitas vezes, se perdem sem nenhuma utilização do homem.

Correlacionado a outros aspectos, mas principalmente o econômico, outro modelo de gerenciamento de águas presente no semiárido é o de agricultura irrigada,

que apesar de ter uma influência profunda do aspecto econômico como destaca Heinze (2002), essa se encontra dotada de uma série de fatores que porventura geram agravantes na utilização dessa água, que pode ser contaminada com a utilização de produtos tóxicos, como serem utilizadas com uma quantia que chegue a ultrapassar o necessário de água para o plantio, causando um desperdício, como afirma BRASILEIRO (2009).

Ligado diretamente com o pensamento de Montenegro e Montenegro (2012), o setor agrícola é aquele que demanda maiores volumes de água pressionado, inclusive, pelas metas de aumento da oferta de alimentos frente ao incremento populacional. Nesse caso, ocorre uma dicotomia, já que temos uma demanda, pois é uma das principais fontes de renda, todavia o seu uso de forma inadequada pode vir a causar muitos problemas ambientais, além de econômicos.

Dentre algumas das outras formas restantes de captação de água, que porventura podem ser observadas são as de captação e reserva de água em açudes, que surgiram junto com a própria formação das civilizações. Na Região Nordeste, conforme Cirilo (2008), os açudes se caracterizam principalmente em dois tipos: os de grande e médio porte, onde tem uma retenção de água de bilhões de metros cúbicos, e os de pequeno porte também chamados como barreiros, que se encontram presente em sua maioria nas propriedades rurais.

O modelo de dessalinização de água apesar de não ser um modelo de captação e sim de aproveitamento de água é bastante presente no território nordestino, que, como é caracterizado pelo seu próprio nome, busca retirar a maior quantidade possível de sal da água buscando produzir um produto de qualidade acessível para a população. Montenegro e Montenegro (2012) ressaltam que esse projeto tem uma adequação relevante na região do semiárido em relação ao aproveitamento da água de subsolo que predominantemente é salobra e nesse processo de dessalinização a água se torna potável para o consumo humano. Porém, vale ressaltar que o alto custo se torna um empecilho na disseminação desse modelo.

Atrelado também ao alto custo deste sistema, necessita-se o desenvolvimento de estudos que busquem minimizar os possíveis danos gerados a partir dos rejeitos provenientes da melhoria da água do Semiárido, que tendem normalmente a conter altos valores salinos. Deste modo todo esse processo acaba trazendo custos mais elevados em relação a esse sistema (PINHEIRO et.al 2018).

Remetendo-se à necessidade de procurar as maneiras adequadas que busquem um desenvolvimento sustentável da utilização de água na região Semiárida evidentemente visando a menor quantia de água sendo desperdiçada, as diversas localidades demonstram a busca por essas vantagens presentes nesses sistemas, podendo ser ainda maximizada quando possa ocorrer a junção de até mais de um tipo abordado anteriormente, desde que busque essa diminuição no desperdício da água.

Tendo em vista essas abordagens, é possível trazer duas divisões quanto aos mecanismos de captações de água de chuva. Em um primeiro momento pode-se destacar as obras em grande escala como as hidrelétricas, açudes e barragens, e como exemplo atual a transposição do rio São Francisco, dividida nos eixos Norte e Leste que foi construído com o intuito de suprir a carência hídrica em alguns centros urbanos no interior do semiárido (TUCCI, 2001; SOARES, 2013)

Em outra perspectiva é possível o destaque para as tecnologias sociais hídricas, importantes como mecanismos de disseminação do acesso a água prioritariamente nas zonas rurais, objetivando a distribuição das populações rurais torna-se inviável o uso de grandes obras (FONSECA et al., 2018).

Corroborando com essa afirmativa Dias (2013) disserta a respeito das tecnologias sociais como sendo um conceito de tecnologia baseado no saber e na cultura local, e as formas de implementação de uma política pública baseada em tecnologias sociais variam de acordo com as técnicas e os recursos locais, resultando em uma política que, na prática, se adapta à realidade do beneficiado e que conta com o envolvimento da comunidade.

2.3 O USO DA ÁGUA NO SEMIÁRIDO

As atividades humanas consomem e poluem muita água. Em escala global, a maioria dos usos da água ocorre na produção agrícola, mas também há volumes substanciais de água consumidos e poluídos nos setores industrial e doméstico (WWAP, 2009). Consumo de água e poluição podem ser associados a atividades específicas, como irrigação, banho, lavagem, limpeza, refrigeração e em processamento. Deste modo ao observar essa relação consumo de água e essas atividades é possível relacionar o aumento gradativo do uso inadequado da água assim como o aumento do uso de poluentes, causando então o maior desperdício da água presente no planeta (ALDAYA, et al., 2012).

As questões ambientais hoje estão no centro das discussões, não apenas no âmbito da Academia, mas também nos mais diversos setores da sociedade. Esta preocupação tem sua razão de ser, pois, diz respeito não apenas a finitude dos recursos advindos da natureza, bem como causa sérios impactos à qualidade de vida da população de menor poder aquisitivo (PEREIRA; BARBOSA, 2009).

Os recursos hídricos são importantes e indispensáveis para a sobrevivência da espécie humana, embora a ação antrópica tenha sido uma das principais causas de toda a degradação ambiental ocorrida ao longo dos anos. Desta maneira é imprescindível a construção de discussões quanto ao aproveitamento e manuseio da água no Mundo e no Brasil, conseqüentemente (ARAÚJO 2011).

Nas áreas áridas e semiáridas do planeta, por exemplo, as principais características naturais são em geral: concentração de chuvas em períodos curtos do ano, um nível pluviométrico muito baixo e um alto processo de evaporação e evapotranspiração. Estes processos naturais em tese poderiam se tornar um impasse na formação de civilizações nestas áreas (ROSS, 1996; MARENGO, 2010), embora em comentários anteriores já tenhamos deixado claro que essa característica natural não seja um empecilho.

Do ponto de vista hidrológico, seu aspecto mais proeminente é a contínua interrupção na disponibilidade natural de água. Em contraponto, nas regiões áridas há constante indisponibilidade natural, enquanto nas regiões úmidas há disponibilidade natural contínua. Devido a essa caracterização, tornou-se ainda mais necessário o avanço de mecanismos que propiciassem a captação e aproveitamento da pouca água fornecida no ambiente, nas regiões áridas e semiáridas, e por isso os sistemas de captação foram e são de grande importância no desenvolvimento destas comunidades (ARAÚJO, 2012).

No caso do Brasil, o país é detentor de aproximadamente 12,0 % da água doce do planeta, distribuídos em rios predominantemente, todavia a disponibilidade hídrica não ocorre de forma homogênea entre as suas regiões. Enquanto a região Norte, que compreende a bacia amazônica, tem 68,5% da disponibilidade hídrica e 6,98% da população brasileira, a região Nordeste possui 3,3% da disponibilidade hídrica e 30,91% da população. Essa região engloba o chamado Semiárido Brasileiro (DNAEE, 1992).

Atualmente pode-se observar no mundo de um modo geral uma modificação na visão a respeito do semiárido na questão econômica. Ao analisar a estrutura natural tornou-se perceptível que com uma estratégia mais sustentável estas regiões passariam a ter um aumento na produção. Todavia essa ampliação na produção deve sempre ser analisada com estudos que busquem a sustentabilidade e compreensão da dinâmica hídrica, pois desta forma não ocorrerão problemas futuramente (VIEIRA, 2003; REBOUÇAS, 1997).

Pode-se observar incontáveis trabalhos em áreas semiáridas que buscam compreender e melhorar o uso da água. Na China por exemplo, segundo Deng et al., (2011), a escassez de água, particularmente no Norte e Noroeste é muito séria. A região representa uma grande parte da área total do país, mas tem menos de 20% do total de recursos hídricos disponíveis nele. No entanto existem estudos que buscam maximizar o uso coerente da água para o mínimo desperdício.

No Semiárido brasileiro já existem propostas que objetivam analisar a criação de sistemas de captação, como na adaptação e melhoria destes sistemas. Furtado et al. (2014) trazem uma análise descritiva de vários sistemas de captação que foram ou podem ser implantados e difundidos no Semiárido. Cisternas de placas, cisternas de tela barragens subterrâneas dessalinizadores caseiros são alguns de vários sistemas de captação presentes no Semiárido que podem ser implantados, e mais que isso disseminados na região (FURTADO *et al.*, 2014).

Na perspectiva de uso da água se torna necessário frisar dois aspectos importantes: o primeiro é o processo de evaporação e depois, o seu uso na agropecuária. A respeito da evaporação é preciso compreender que este processo natural se acentua com mais força no Semiárido. Mediante isso é interessante valorizar mecanismos que apresentem o máximo de armazenamento de água, mas também que possam buscar uma menor perda pela evaporação (JENSEN, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Quanto a pluviosidade dessa região brasileira, diferente do que é disseminado, o problema da água no Semiárido não é a sua falta por si só, mas principalmente a má distribuição, que apesar de irregular há áreas em que esta pode chegar a 800 mm no ano. A partir disso Malvezzi (2007), afirma que “é o Semiárido mais chuvoso do mundo”. Entretanto boa parte desse volume se perde e não é armazenado em razão

da baixa porosidade do subsolo e dos altos níveis de evapotranspiração (MALVEZZI, 2007).

Tendo em vista essa questão da perda de água surge um desafio: como guardar a água no período chuvoso e evitar a evaporação, principalmente em áreas como o Semiárido brasileiro em que existe uma grande evaporação uma baixa pluviosidade, acrescido a isso há um aumento gradativo do contingente populacional dessa área, que acaba acarretando uma gama de atividades que dependem desse elemento (SANTOS *et al.*, 2012).

A respeito da agropecuária esta atividade é essencial e se encontra ligada de forma intrínseca com a formação do semiárido nordestino, e por isso se tornam essenciais mecanismos hídricos que favoreçam um uso consciente e uma produção constante de alimento. Mediante essa necessidade novos mecanismos são fundamentais para a manutenção do sistema de criação de forragem animal. Deste modo é possível afirmar que o conjunto dos modelos de captação são indispensáveis para a convivência no semiárido (BRITO e CAVALCANTI 2014; SANTOS *et al.*, 2014).

No semiárido brasileiro já se verifica a existência de tecnologias que possibilitam, com sucesso, a captação e o armazenamento de água da chuva para consumo humano, para criação de animais e produção de alimentos, cada uma com suas particularidades e adaptações feitas pelos próprios agricultores da região. Pode-se destacar, dentre as tecnologias existentes, sobretudo a água para produção familiar, quais sejam: as Barragens Subterrâneas, Barraginhas, Cisterna Calçadão e Cisterna Enxurrada (SANTOS *et al.*, 2012).

Outra forma de captação de água de chuva que foi muito utilizada em épocas anteriores, mas que ultimamente se tornou menos utilizada foi a captação e armazenamento de água de chuva através de tanques de pedra. Apesar de ainda encontrarmos exemplos de uso e benefícios nos dias atuais, essa prática acabou deixando de ser utilizada devido à proximidade adquirida através de outros sistemas de captação. No entanto é possível repensar esta lógica, pois a possibilidade de captação nos lajedos e tanques de pedra é de grande valia para os moradores do semiárido nordestino (LUNGUINHO, SOUZA, SOUZA, 2016).

Neste sentido é perceptível o quanto esta ideia de produção, ampliação e melhoria de sistemas de captação tanto para a agropecuária quanto para a própria sobrevivência é essencial no Nordeste, em que o índice pluviométrico é baixíssimo e

com características muito irregulares (NIMER, 1979; SOUZA *et al.*, 1994; LIMA *et al.*, 2011; SILVA, 2006).

2.4 AS GEOTECNOLOGIAS NA CIÊNCIA GEOGRAFIA

A Geografia é a ciência que estuda a correlação do homem e suas ações na natureza e os impactos destas modificações nas alterações do meio ambiente (SANTOS, 2002). Esta definição embora muito simplificada pode demonstrar a importância da ciência geográfica na compreensão da formação do espaço ao qual o homem está inserido, o Espaço Geográfico.

A respeito deste Espaço Geográfico, pode-se afirmar que se constitui como conceito no momento em que é definido a influência do homem no espaço natural (SUERTEGARAY, 2017). O desenvolvimento do espaço geográfico é caracterizado pelo processo de formação das primeiras comunidades humanas, estes observam a importância de elementos essenciais para as formações das comunidades (BERTRAND, 2004).

Quaisquer que sejam as concepções que adotemos de espaço geográfico, em todas elas fica evidente a dimensão material da superfície da Terra como objeto de investigação e reflexão geográfica. Não sendo uniforme nem homogênea, em função de sua dinamicidade em distintas temporalidades, a superfície do planeta sempre suscitou questionamentos aos homens e suas sociedades, fundamento principal da constituição do pensamento e do conhecimento geográfico (MENDONÇA, 2009).

Dessa maneira, ao entender a Geografia como sendo esse elo de ligação entre os aspectos naturais e as relações sociais, pode-se descrever, portanto, que todas as maneiras de analisarmos o espaço em que vivemos se configura como um estudo geográfico (MENDONÇA, 2015).

Em consonância com essa afirmativa é plausível dar ênfase que para um geógrafo todas as técnicas de análise do espaço são importantes para o seu trabalho, muito embora em boa parte dos casos essas técnicas não são exclusivamente geográficas ou criadas pelos geógrafos, mas sendo utilizadas por esses nos seus diversos estudos (JENSEN, 2009).

Nessa busca diária de construir mecanismos mais completos de análise do espaço geográfico, surgiram várias técnicas que se tornaram importantes no estudo

do espaço, dentre essas, pode-se destacar modelos que se utilizavam da tecnologia como apoio na aquisição das informações, são as “geotecnologias” (ROSA, 2005).

As geotecnologias são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica. Dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia. O Sensoriamento remoto, em especial, se apresenta como uma das técnicas mais popularizadas nos estudos geográficos (ROSA, 2005).

O Sensoriamento Remoto pode ser definido como um conjunto de técnicas que permite, através de captação e registro de energia refletida ou emitida, adquirir dados e informações acerca da superfície terrestre. Outra definição para o sensoriamento remoto seria, obtenção a distância de dados, por meio de sensores instalados em plataformas terrestres aéreas (aeronaves, balões) e os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT's), e orbitais (satélites) (FLORENZANO, 2007).

Jensen (2009) corrobora com a temática da definição do Sensoriamento remoto ao destacar que esta técnica se consolida como o ato de processar, analisar e interpretar os dados coletados. Demonstrando a importância da utilização deste processo nos dias atuais, mediante as necessidades atuais da sociedade.

A radiação eletromagnética tem papel fundamental para o desenvolvimento dos estudos de sensoriamento remoto, pois a partir dessa energia emitida ou refletida, captada pelos sensores remotos, possibilitando o dimensionamento dos objetos terrestres, tornando dessa forma possível dimensionar com precisão as áreas de interesse de pesquisa (DE MORAES, 2002).

A quantidade e qualidade dessa energia refletida e emitida a partir dos objetos localizados na Terra resulta das interações entre a energia eletromagnética (FLORENZANO, 2007). A partir dessa interação de emissão e reflexão de radiação dos objetos é possível mensurar e transformar esse processo em base de dados para todos os processos de identificação, passando a ser possível quantificar a energia espectral, e deste modo avaliar as principais características desses objetos (STEFFEN, 2016; LIU, 2015).

No que diz respeito aos avanços nessa área, é possível afirmar que o século XX foi a época de criação e disseminação dessas técnicas, embora em primeiro momento praticamente todas essas técnicas tenham sido criadas para fins de uso

militares. Após a sua concretização como técnicas de análises espaciais tornou-se possível sua utilização nas mais diversas áreas do conhecimento (IEEE, 2009 apud LONGHITANO, 2010; OLIVEIRA, 2009)

Neste contexto, percebe-se que dois períodos dividem a história do sensoriamento remoto. O primeiro, anterior a 1960, baseado exclusivamente no uso de aeronaves para captura de fotografias aéreas, e outro, a partir de 1960, fortemente caracterizado por imagens provenientes de satélites (FLORENZANO, 2007).

2.5 O desenvolvimento da aerofotogrametria e os Veículos Aéreos Não Tripulados (vant's)

A fotogrametria aérea ou Aerofotogrametria, é uma subdivisão da fotogrametria, na qual as fotografias do terreno são tomadas por uma câmara de precisão colocada em uma aeronave (DIAS, 2019).

Em torno de 1930 é que a fotogrametria aérea passou a ser usada regularmente e em 1934 foi fundada a Sociedade Americana de Fotogrametria (American Society of Photogrammetry). Nos anos seguintes a aerofotogrametria se consolidou como método ideal para grandes áreas até os dias atuais, incorporando os avanços tecnológicos na fabricação das câmeras, filmes, aeronaves e recursos computacionais (DA SILVA, 2015).

A ideia de construção de artefatos voadores não tripulados é antiga e até mesmo anterior aos vôos tripulados. Um dos primeiros registros é do padre brasileiro Bartolomeu Lourenço de Gusmão que projetou e construiu um balão de ar quente e o demonstrou em 1709 em Lisboa, Portugal, sob a presença do rei João Quinto e de toda a corte portuguesa (BRANDÃO, 2007).

Posteriormente na França em 1858, o francês Gaspard Felix Tournachon conseguiria a primeira fotografia aérea conhecida, concebendo o que hoje é descrito como aerolevanteamento e por consequência sendo um pioneiro do sensoriamento remoto. Antes mesmo dos balões, as pipas já existiam e estas também podem ser consideradas Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). As primeiras aplicações registradas de VANTs foram com balões e pipas (LONGHITANO, 2010).

O primeiro registro histórico relacionado aos VANTs, foi o trabalho realizado por Douglas Archibald. Por volta de 1,883, Archibald instalou um anemômetro ao fio de uma pipa para medir a velocidade dos ventos em altitudes de até 1200 pés. Cinco anos depois, no dia 20 de junho de 1888, o francês Arthur Batat acoplou uma câmera

fotográfica novamente em uma pipa, realizando então, o primeiro voo aerofotografado registrado (MEDEIROS, 2007; FAHLSTROM e GLEASON, 2012).

Para discutir a respeito dos VANTs é preciso entender o que são esses aparelhos. Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs) são pequenas aeronaves que de forma remota realizam múltiplas funções como mapeamento, monitoramento, vigilância entre outras. Também sendo denominados pelos termos em inglês *Unmanned Aerial Vehicle* ou *Unmanned Airbone Vehicle* – (UAV) (MEDEIROS, 2007).

No que diz respeito a definição na perspectiva dos órgãos governamentais, pode-se destacar a definição do Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DOD, 2005) entendida como:

Um veículo aéreo motorizado que não possui um operador humano, usa forças aerodinâmicas para ganhar altitude, pode voar de forma autônoma ou ser pilotado remotamente, pode ser descartável ou recuperável e pode carregar uma carga letal ou não letal (DOD, 2005, p.1).

Na esfera nacional o órgão regulamentador é Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), determina como definição VANT:

Aeronave projetada para operar sem piloto a bordo e que não seja utilizada para fins meramente recreativos. Nesta definição, incluem-se todos os aviões, helicópteros e dirigíveis controláveis nos três eixos, excluindo-se, portanto, os balões tradicionais e os aeromodelos (ANAC, 2012, p.3).

Em termos legais, a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC) ressalta que:

Pelo regulamento da ANAC, Aeromodelos são aeronaves não tripuladas utilizadas para lazer. RPA são aeronaves não tripuladas usadas para outros fins, como corporativo ou comercial. Aeronaves Não Tripuladas Autônomas, nas quais não há interferência do piloto durante o voo, não estão contempladas na norma e sua utilização continua proibida no Brasil (ANAC, 2017, p.7).

Em linhas gerais cada país tem sua própria classificação quanto aos VANTs, ou seja, cada país tem uma regulamentação própria. Quanto as nomenclaturas além das citadas em parágrafos anteriores uma das mais difundida na população de modo geral é o “drone”. Este termo tem origem do inglês, em português significa “zangão” (LONGHITANO, 2010; VIANA, 2017).

Para pilotar aeromodelos não existe limite de idade mínima, mas para pilotar Aeronaves Não Tripuladas (RPA), os observadores e pilotos remotos devem ter no mínimo 18 anos. Os voos com RPA e aeromodelo da Classe 3 não precisam ser registrados, já voos com as demais aeronaves tripuladas das Classes 1 e 2 devem ser registrados. Para pilotos de operações com Aeronaves Não Tripuladas (RPA) das classes 1, 2 ou 3 que pretendam voar acima de 400 pés, é exigido licença e habilitação emitidas pela ANAC, em contrapartida operadores de aeromodelos e de aeronaves

RPA de até 250g e voando até 400 pés, são considerados licenciados, não havendo necessidade de possuir documento emitido pela ANAC (BARCELO 2017).

Na medida em que ocorria o desenvolvimento da aerofotogrametria, simultaneamente ocorre o desenvolvimento da tecnologia de VANT. Este aparelho se sobressaía em comparação aos demais sistemas, pois detinha um baixo custo em comparação as modalidades distintas de obtenção de imagens (orbitais por exemplo) facilitando desta forma o acesso a imagens de alta resolução espacial (OLIVEIRA, 2009).

Desta maneira, com os esforços empregados no desenvolvimento tecnológico da criação dos VANTs, tornou-se possível que estes dispositivos pudessem voar em altitudes, distâncias e velocidades diferenciadas. Aprimorando vários equipamentos de apoio e maximização da qualidade de precisão das imagens adquiridas. Podendo ser destacados, estabilizadores automáticos para câmeras, câmeras com maior resolução e menor peso, transmissores de vídeo de alta qualidade e longo alcance e módulos de posicionamento global de alta precisão (MATSUO, 2011; CERBARO, 2016).

Em decorrência da qualidade de resultados adquiridos por VANTs, principalmente nos últimos anos foi possível contemplar a utilização deste aparelho nas mais diversas áreas de execução de projetos que visam à extração de informações atualizadas da superfície terrestre, exigindo a elevada resolução espacial das imagens, associada com a necessidade de avaliações frequentes (MITISHITA et al., 2014)

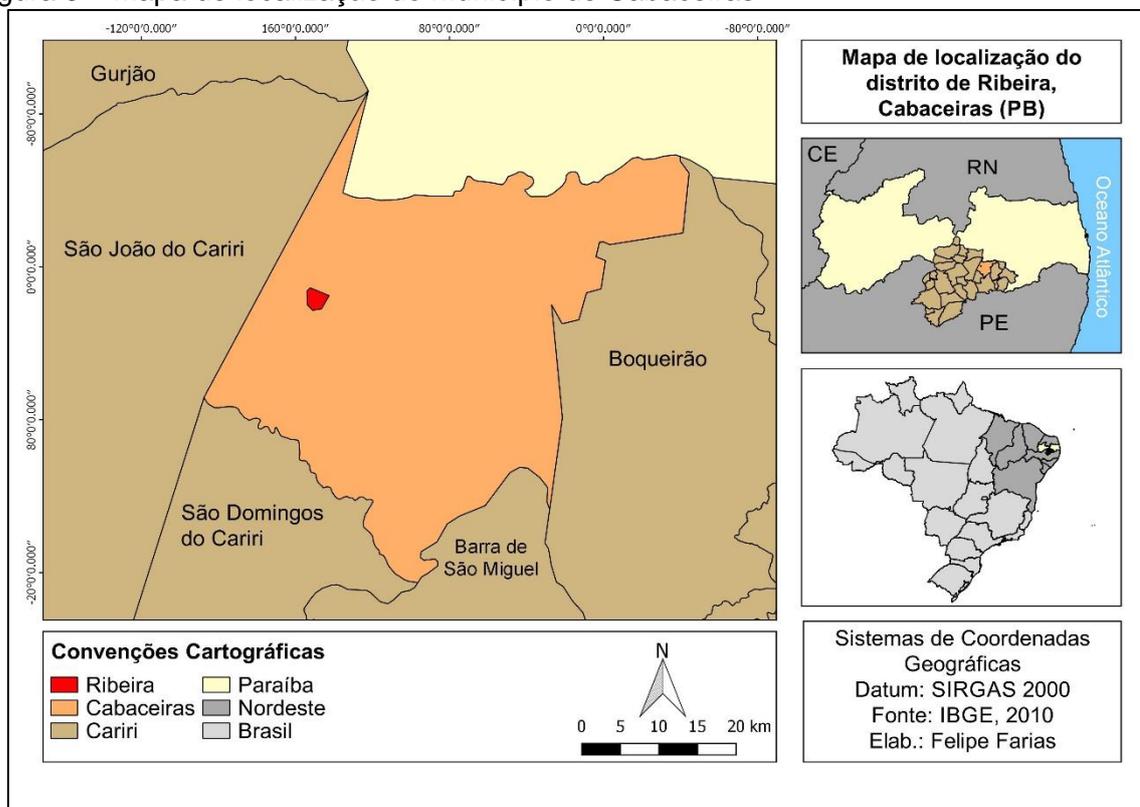
Buffon et, al (2017) destaca os resultados que podem ser adquiridos a partir do VANT, esse aparelho se mostra eficaz para auxiliar o aumento no nível de aproximação da realidade. Além disso, é importante a continuidade de estudos com a aplicação do VANT, a fim de demonstrar a simplicidade e o baixo custo atrelado a essa ferramenta e sua relevância para pesquisas socioambientais.

3 METODOLOGIA

3.1 CARACTERIZAÇÃO ÁREA DE ESTUDO

O município de Cabaceiras está localizado no interior da Paraíba, na Mesorregião da Borborema, na microrregião do Cariri paraibano (Figura 3). Conta com uma população estimada de 5.661, em uma extensão territorial de 452,922 Km² (BRASIL, 2010). Cabaceiras possui um clima quente e seco, popularmente conhecido como semiárido, com uma pluviometria de aproximadamente 330 mm/ano. Essa característica climática propicia no município a ocorrência de uma diversidade florística baseada fundamentalmente na Caatinga hiperxerófila (ANDRADE, 2016).

Figura 3 – Mapa de localização do município de Cabaceiras



Fonte: Elaborada pelo autor, 2019.

O distrito de Ribeira está localizado no município de Cabaceiras e está situado a aproximadamente 14 quilômetros da sede do município. Esse distrito tem um importante papel no processo de formação do município tanto no aspecto histórico-cultural, como também, atualmente, no aspecto econômico. Seu nome tem origem por conta de sua localização, às margens do rio Taperoá, o principal afluente do rio Paraíba.

A localização dessa localidade exerce papel fundamental na compreensão dos baixos índices pluviométricos aí dominantes. O Cariri está situado no fim do percurso dos fluxos úmidos que se direcionam para o semiárido nordestino e em situação de sotavento, fazendo parte da diagonal mais seca do Brasil (NIMER, 1979).

Na Paraíba, devido à sua localização geográfica, a estrutura hídrica do interior naturalmente tem um índice baixo de pluviometria, no entanto, na área-alvo da pesquisa, a média pluviométrica se encontra em níveis mais baixos ainda, com a média histórica por volta dos 330 mm/ano, caracterizando-se como a área mais seca e com problemas mais evidentes nos períodos de grande estiagem (AESÁ, 2010).

A partir disso, tem diversos problemas característicos da área do município de Cabaceiras e, por consequência, no distrito de Ribeira. Reforçando essa ideia, Almeida e Farias (2017) destacam essa área do município e o município vizinho, Riacho de Santo Antônio, que faz parte da microrregião do Cariri oriental, como sendo os municípios com as médias pluviométricas mais baixas.

A despeito dessa média, é possível descrever dois pontos que dificultam a compreensão das chuvas, que são a análise dessa média em nível temporal e espacial. Em relação ao primeiro, existe uma concentração das chuvas nos meses de fevereiro a maio, contudo, dentro desse período, sua distribuição não se dá de modo igualitário, ocorrendo em algumas localidades chuvas que fornecem toda a pluviosidade da área esperada para o mês, durante algumas horas, até enquanto a chuva seguinte ocorra, após dias ou mesmo semanas (SOUZA et al., 2009).

3.2 A FORMAÇÃO DO DISTRITO DE RIBEIRA

O distrito de Ribeira tem em seu processo de formação uma ligação direta com a questão hídrica, entretanto houve mudanças importantes na relação entre o rio e o distrito. E como já mencionado anteriormente, o rio teve e tem papel importante na questão hídrica da comunidade. A sua localização passa a ser importante, pois a água

é elemento essencial na formação socioeconômica de qualquer aglomerado populacional, e por muito tempo no processo de uso do solo a agricultura teve papel fundamental na região (GRABOIS et al., 1991).

Na agricultura, ocorreram culturas que se alternavam como principais no entorno do rio Taperoá, entretanto eles apresentavam uma estrutura quase que idêntica em relação à sua localização. Grabois et al. (1991) explicam que a lógica era muito semelhante nas áreas mais próximas do leito. No “balcão”, fazia-se o plantio de capim; na várzea, por muito tempo, no século XX, existia o plantio de alho; e, na área mais afastada, havia a plantação de palma, que era plantada nas áreas em torno das casas nas zonas rurais.

Posteriormente, essa lógica se modificou e foi acrescentado o milho, enquanto e o feijão e o alho foram deslocados para mais próximo do rio, sendo tal mudança provocada provavelmente pela diminuição da produção devido à exigência que a cultura do alho exige, pois, mesmo adubada, a área não consegue produzir em quantidade significativa (PRIMAVESI, 1984).

Nesse tipo de cultura, foram característicos alguns sistemas de captação de água. Por muito tempo, utilizavam-na de modo que não maximizava o uso adequado, desperdiçando uma quantia considerável e causando outros possíveis problemas que viriam a inutilizar o solo, impossibilitando seu uso por mais tempo para as culturas que eram cultivadas na área.

Dentre os vários modelos, pode-se destacar alguns mais utilizados. *A priori*, os plantios eram irrigados de modo rústico com os agricultores retirando a água de poços perfurados de dentro do leito do rio, chamados de cacimbas. Posteriormente, seu transporte era feito de forma manual com uma lata de água. Essa era a irrigação a lata. Todavia, com a necessidade de aumentar a produção, foi implantado o sistema de motobomba, sistema que fazia uma maior retirada de água do leito do rio, aumentando o aporte hídrico em um primeiro momento, o que ampliou a produção (GRABOIS et al., 1991).

Apesar da agricultura ter importante destaque para a formação da comunidade, cabe o destaque a outra produção de grande influência no âmbito econômico e ambiental que é a produção de peças feitas a partir do couro do bode. No aspecto econômico, ele tem importante papel, pois, desde o processo de formação do distrito,

a produção e o aprimoramento do couro tiveram papel fundamental. E no ambiental porque, no processo, há etapas que exercem influência ao meio ambiente.

Em detrimento de todos esses processos socioeconômicos (a agricultura no leito do rio e o artesanato com couro de bode) presentes no distrito, foi possível observar uma série de transformações que paulatinamente modificaram a Ribeira para o estado atual, construindo, assim, uma comunidade com estruturas minimamente urbanas, obviamente na perspectiva dos modelos urbanos presentes nas cidades no Semiárido (Figura 4).

Figura 4 – Imagem atual da área urbana do distrito de Ribeira.

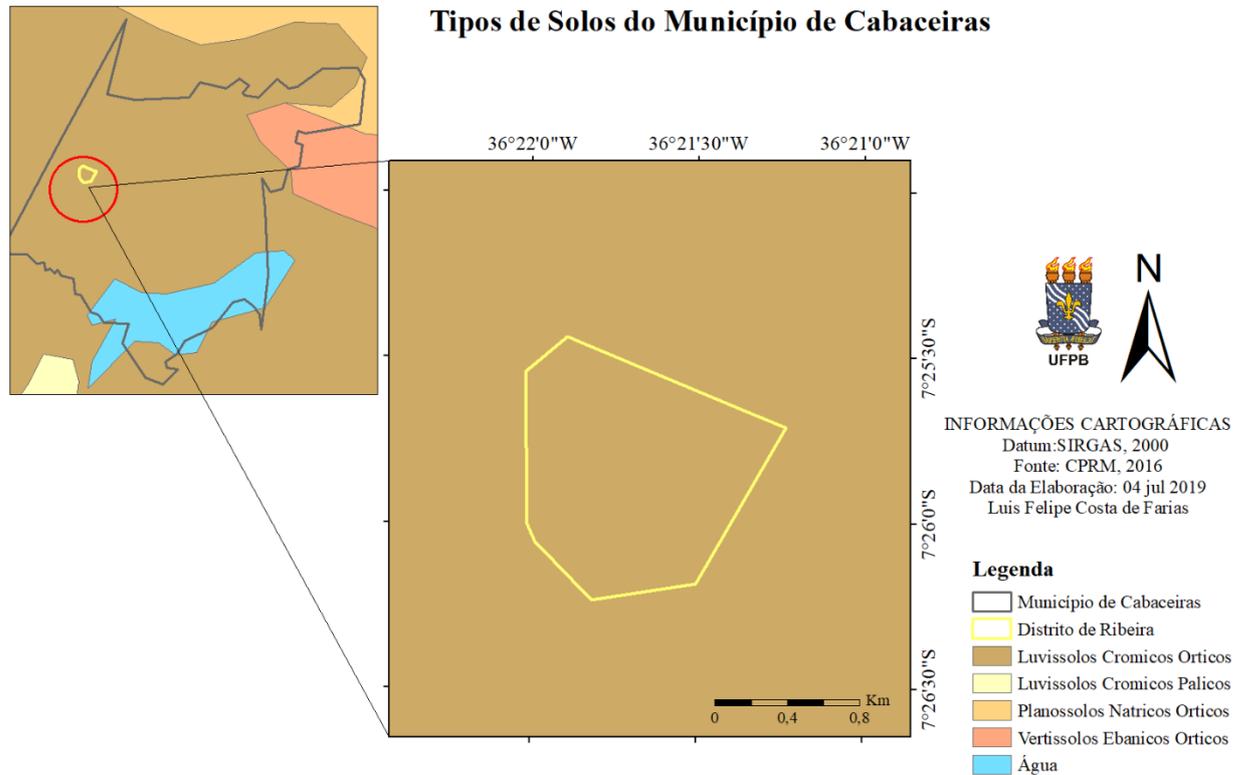


Fonte: Luis Felipe Costa de Farias 2019.

3.3 Caracterização física

Quanto à estrutura pedológica do município de Cabaceiras, é possível observar na Figura 5 a descrição dos tipos de solos existentes na área em que o município está situado. É evidenciada uma predominância dos Luvisolos Crômicos Órticos em quase toda a delimitação municipal, com aparições de Planossolos Natricos Órticos e Vertissolos Ebanicos Órticos. Esses últimos solos com incidência na região nordeste do município.

Figura 5 – Mapa de pedológico do município de Cabaceiras



Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2019.

Os Luvisolos são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural com argila de atividade alta e saturação por bases alta na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte A (exceto A chernozêmico) ou sob horizonte E, e satisfazendo ao seguinte requisito (SIBCS, 2018).

Enfatizando os Luvisolos Crômicos Órticos, pode-se destacar como sendo solos com caráter crômico na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA), entretanto ele recebe a denominação órtico por não se encaixar nas demais classes anteriores, que são os Luvisolos Crômicos Carbonáticos e Luvisolos Crômicos Pálicos (SIBCS, 2018).

Posteriormente, podem-se destacar os Vertissolos Ebânicos Órticos. Esses são constituídos por material mineral com horizonte vértico iniciando dentro de 100 cm a partir da superfície e relação textural insuficiente para caracterizar um horizonte B textural. Como subclasse, destacam-se os Vertissolos Ebânicos, os quais apresentam caráter ebânico na maior parte dos horizontes B e/ou C (inclusive BA ou CA) dentro de 100 cm da superfície. Ele recebe essa caracterização como Órtico por

não se encaixar nas classes anteriores, que são Vertissolos Ebânicos Carbonáticos e Sódicos (SIBCS, 2018).

Por fim, observa-se o terceiro e último solo presente no município, em menor extensão territorial, localizado ao extremo nordeste: os Planossolos Natricos Orticos, os quais solos constituídos por material mineral com horizonte A ou E seguido de horizonte B plânico. Horizonte plânico sem caráter sódico, perde em precedência taxonômica para o horizonte plântico (SIBCS, 2018).

Direcionado especificamente à área da pesquisa, é possível observar que o distrito de Ribeira, encontra-se numa área em que são encontrados apenas os Luvisólos Crômicos Órticos. Apesar de existirem quatro tipos de solos em Cabaceiras.

3.4 Etapas metodológicas da pesquisa

Do ponto de vista metodológico, para uma pesquisa poder ser caracterizada como científica, são essenciais a definição e a presença de um método científico e de uma metodologia que têm relação com esse método, todavia a ciência difunde-se e expande-se para as mais diversas áreas, buscando compreender as mais variadas transformações presentes no meio em que o homem está inserido, fazendo com que, dessa forma, possam existir várias formas de ciência, ou “várias ciências” (LATOURETTE 1994; CHAUÍ 2000; LAKATOS 2003).

Partindo desse pressuposto, é possível construir a relação entre a expansão do pensamento científico e a ampliação dos diversos contextos sociais, fazendo com que, assim, surjam novas questões que visam compreender todas as novas peculiaridades existentes naquele determinado período. É característico de cada ciência procurar observar ao seu modo as peculiaridades de determinada área (CRISTOFOLETI, 1982).

Inicialmente, a ciência dividiu-se em ciências naturais (Química, Biologia entre outras) e ciências sociais (Sociologia, Psicologia, entre outras), cada uma dessas com conceitos sólidos e particulares que visavam à compreensão dos seus problemas. Entretanto, a Geografia surge como uma ciência que buscava a compreensão dos elementos de forma conjunta, não apenas naturais ou sociais. O seu diferencial é a análise conjunta e integrada desses aspectos, e sua relação de impacto e resposta (CHAUÍ, 2000).

Partindo desse cerne central da Geografia, que é relação de integração de aspectos físicos e naturais definidos por determinado tempo e determinado espaço, surgem trabalhos que vão desde Sochava, com um estudo mais físico da geografia, até Milton Santos com uma análise da geografia com tendência mais social, demonstrando-se toda essa pluralidade em seu cerne.

É possível definir também a Geografia como sendo a ciência que constrói suas análises tendo em vista uma perspectiva sistêmica, que observa todos os elementos modificadores de modo conjunto, fazendo, desse modo, com que ela se distanciasse da divisão (ciências sociais e naturais), o que causa um dilema, pois, na perspectiva que isso poderia vir a ser um privilégio, poderia causar certa exclusão nos debates científicos (SUERTEGARAY, 2003).

Dentre as modalidades de pesquisa, podemos dividi-las entre quantitativas e qualitativas. Na Geografia, foram e são utilizadas ambas, sendo importante frisar que essas abordagens têm papel de importância nos estudos geográficos. A pesquisa quantitativa tem maior relação com a natureza numérica, enquanto a pesquisa qualitativa baseia-se numa natureza discursiva. Diante disso, o tipo de pesquisa o qual será construído deve estar em consonância com os seus objetivos (TURRA NETO, 2013).

Trazendo essa discussão para a temática deste trabalho, pode-se definir a abordagem quantitativa como a que pode se encaixar com mais adequação, apesar de buscar a relação de integração dos elementos físicos e naturais. É plausível que, devido aos procedimentos e técnicas utilizadas, o modelo quantitativo passe a ser mais coerente.

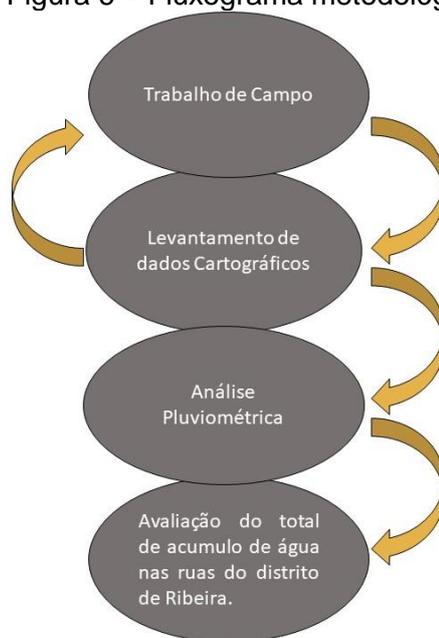
Partindo dessa perspectiva, pode-se afirmar que esta pesquisa está foi construída a partir de uma análise experimental integrada da avaliação do potencial de captação pluvial do perímetro urbano do distrito de Ribeira no período de 1998/2018.

3.5 Procedimentos metodológicos

Em relação à perspectiva metodológica, a pesquisa teve como base algumas etapas indispensáveis na construção do objeto da pesquisa. Em um primeiro momento, foram feitos levantamentos de dados cartográficos; simultâneo ao ponto anterior ocorreu as visitas a campo, tendo sido ferramenta indispensável para as

pesquisas; análise dos dados geomorfológicos. Posteriormente, a caracterização da análise pluviométrica da área; e por fim, mas não menos importante, a identificação de micro bacia de drenagem relacionada ao perímetro urbano do distrito de Ribeira (Figura 6).

Figura 6 – Fluxograma metodológico da pesquisa



Fonte: Luis Felipe Costa de Farias, 2019.

3.5.1 Trabalho de campo

O momento do trabalho de campo representa o contato direto com a realidade, seja como extensão da sala de aula (aula de campo), seja para a realização da pesquisa científica. Esse contato pode ser de observação imediata ou intermediado pelo de técnicas de instrumentalização (VENTRUI, 2011).

O campo é onde a complexidade de realizações é revelada e conduzida à compreensão do geógrafo, munido de seus principais conceitos, como paisagem, espaço, região, e lugar, por exemplo, os quais se materializam na realidade, dão sentido a ela e dela obtêm sentido (VENTRURI, 2011).

O trabalho de campo em Geografia requer a definição de espaços de conceituação adequados aos fenômenos que se deseja estudar. É necessário recortar adequadamente os espaços de conceituação para que sejam revelados e tornados visíveis os fenômenos que se deseja pesquisar e analisar na realidade (SERPA, 2006).

Durante o decorrer da pesquisa, foram feitos campos que tinham por objetivo demonstrar as características que eram essenciais para a pesquisa. Esses campos ocorreram de forma previamente agendada entre os anos de 2018/2020. Com intenções de reconhecimento de áreas e devido ao uso do VANT, ocorreram atividades de captação e aquisição das imagens aéreas da área-alvo.

Foram feitas, em média, três visitas anuais, que tinham seus objetivos pré-programados e pré-agendados em conjunto com o orientador. É possível observar essa etapa da pesquisa no quadro no ANEXO 1.

3.5.2 Levantamento de dados cartográficos

O primeiro procedimento metodológico foi o levantamento de dados cartográficos, como mecanismos de reconhecimento das áreas, sendo utilizado o VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado) – ou como é popularmente conhecido, o drone. O aparelho utilizado foi *Phantom 4 pro/plus*.

A área-alvo tem como peculiaridade sua dimensão pequena, o que causou dificuldades na delimitação, utilizando-se os sistemas tradicionais de levantamento cartográficos. Justamente por essa dificuldade, foi essencial na pesquisa a utilização do *Phantom 4 pro/plus*, que demonstrou ser um produto de extrema qualidade e acurácia (Figura 7).

Figura 7 – Phantom 4 pro/plus utilizado no voo



Fonte: Luis Felipe Costa de Farias, 2019.

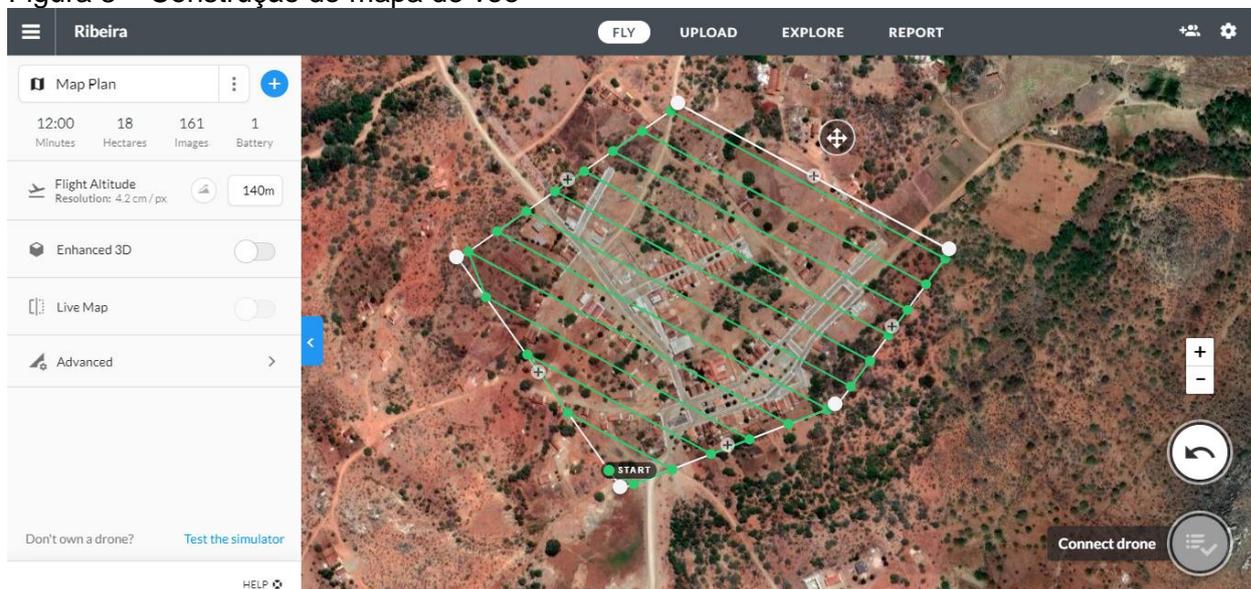
Após a descrição do aparelho, é importante destacar como ocorre a aquisição dos dados cartográficos, os quais são obtidos a partir de algumas etapas: planejamento de voo, execução do voo, pós voo e avaliação (SILVA et al., 2015).

3.5.2.1: planejamento de voo

A primeira etapa para o uso do VANT consiste no planejamento anterior ao seu uso na prática. Inicialmente, é definido o local a ser sobrevoado, fazendo-se a análise das condições de voo (luminosidade, possibilidade de chuva, força do vento, presença de nuvens), e, posteriormente, é feito o pedido formal frente aos órgãos competentes (SILVA et al., 2016). Com todas, as condições de voo adequadas, foi realizado o plano voo, sendo executado pelo aparelho.

A *posteriori*, foi feito o planejamento de voo, etapa essa que na referida pesquisa foi feita no site *Drone deploy*, em que é possível gerar todos os processos e descrições das informações do ato de voo, facilitando todo o processo de planejamento (Figura 8).

Figura 8 – Construção do mapa de voo



Fonte: *Site Drone Deploy*, 2019.

3.5.2.2 b). Execução do voo

A segunda etapa inicia a partir da realização da decolagem, inicialmente, ocorre o deslocamento do VANT até a altura preestabelecida, que é feita de forma automática, no momento em que se chega à altura pré-programada, o piloto

automático desloca-se para o ponto de start pré-programado. Nesse momento, todo o voo é feito de forma automática, entretanto todo o controle do voo é feito na base em solo por um piloto, que em tempo real assiste o vídeo da câmera frontal do VANT, em conjunto com os dados gerais do voo (velocidade, altitude, localização, número de satélites captados pelo GPS, e carga na bateria). Após o plano de voo ser finalizado, a aeronave sobrevoa a base em círculo até que o operador realize o pouso de forma manual (SILVA *et al.*, 2016).

Na imagem anterior do site de planejamento do voo (Figura 8), podem ser observadas todas as informações-chave (altitude, tempo de voo, uso de bateria, percurso do VANT), o que, no caso específico do trabalho, facilitou o decorrer da atividade. O voo foi efetuado na altitude de 140 metros num tempo aproximado de 12 minutos, gerando um total de 161 imagens, usando apenas 1 bateria.

3.5.2.3 c). Pós-voo

Após a etapa de execução do voo, é feita a avaliação dos dados coletados, com o objetivo de verificar a qualidade da imagem quanto ao contraste e nitidez. Também foi verificada a trilha de voo registrada sem interrupções, para que o vento não deslocasse o aparelho para fora das linhas de voo pré-programadas, acarretando a perda no recobrimento lateral das fotografias. Sem nenhum problema ocorrido no processo, iniciou-se a etapa de processamento, em que é gerada uma nuvem de pontos, produzidos MDS (Modelo Digital de Superfície), MDT (Modelo Digital de Terreno) e ortoimagens, utilizando-se o software de pós-processamento (SILVA *et al.*, 2016).

Para o processamento e a construção desses produtos, foi utilizado o software *Agisoft Metashape Professional*, versão teste, o qual propiciou a obtenção dos produtos que foram indispensáveis para a produção dos dados e mapas desta pesquisa.

3.5.2.4 d). Caracterização dos dados

A quarta e última etapa é a classificação dos produtos gerados quanto à qualidade cartográfica. Para isso, é necessária uma amostra de pontos coletados por uma técnica de coleta de dados posicionais mais precisa que o VANT (VIANNA, 2017).

3.5.3 Análise pluviométrica

Na terceira etapa do fluxograma como indicado na Figura 6, ocorreu a construção de uma análise a respeito da pluviometria da área, tendo em vista o objeto de estudo e a sua relação quanto ao fator pluviométrico. Mediante isso, foram utilizados os dados adquiridos pela estação da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba) existente no município.

O intuito dessa análise pluviométrica não foi a de definição da média histórica de chuvas do município apenas, e sim ser mecanismo de base para a avaliação da perspectiva de chuva e do possível potencial de captação do Distrito. Esses valores serão referentes aos anos de janeiro de 1998 a dezembro de 2018, ocorrendo a tabulação desses valores para a noção mais precisa da pluviometria do período estudado. Para a construção e tratamento desses dados, foi utilizado o Microsoft Excel.

3.5.4 Avaliação do total de acúmulo de água nas ruas do distrito de Ribeira

E na quarta e última etapa (Figura 6). Após a delimitação do perímetro urbano por meio do uso do *Drone*, e da definição da média pluviométrica dos anos de 1998/2018, no passo seguinte foi feita a classificação de todas as estruturas presentes no distrito de Ribeira, correspondentes a todos os elementos que compõem o distrito (ruas calçadas e não calçadas, edificações, áreas expostas).

Essa divisão torna-se essencial, pois cada uma dessas áreas sofre um processo de impermeabilidade distinta, fazendo com que ocorra o escoamento superficial de água de maneira singular e criando Áreas de Captação (AC) diferenciadas. Essas áreas de captação (AC, em m²) foram simuladas para que fosse possível estimar todo o Volume Potencial de Captação (VPC, em m³), tendo por base a seguinte equação (FARIAS, 2015; PAIVA; 2017):

$$VPC = \text{chuva (mm)} \times AC \text{ (m}^2\text{)} \times C_e \text{ (1)}$$

C_e = coeficiente de escoamento (adimensional)

Para a utilização da fórmula, é indispensável o uso dos valores do C_e , e, como base desses valores, utilizamos o trabalho de Garroti e Barbassa (2010), no qual se podem observar os valores referentes ao escoamento superficial nas mais variadas

superfícies. Para este trabalho, são interessantes três valores em especial: sendo elas as áreas dos telhados, as ruas calçadas e as ruas não calçadas, como podemos observar na tabela a seguir.

Tabela 1 – Tabela dos valores de coeficiente das áreas-alvo do distrito

Estruturas com os seus Valores do coeficiente de coeficientes de escoamento escoamento

Telhados perfeitos sem fuga	0,70 a 0,95
Pavimentação de paralelepípedos, com juntas bem tomadas	0,70 a 0,85
Estradas e passeios de pedregulho	0,15 a 0,30

Fonte: Garroti e Barbassa, (2010).

Em conjunto com essa fórmula, deu-se a construção do modelo hidrológico da área de pesquisa, construído a partir do MDS, elaborado com resolução espacial de 84,1 cm, do qual foi extraída a rede de drenagem, com o uso da função *Hydrology* do software ARCGIS 10.2, versão teste, e posterior edição vetorial. Em seguida, foram delimitadas as estruturas hídricas dentro da área de estudo.

Em relação aos demais mapas, também se utilizando do software ARCGIS 10.2, versão teste foi possível construir os demais mapas, com o apoio para a formação do software para a direção de fluxo da área, assim como das ruas calçadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Foi possível construir a série histórica referente ao período de 1998-2018, descrevendo o total pluviométrico dos meses de cada ano nesse período, assim como o total mensal e, com esses valores, construíram-se os dados anuais junto com a média pluviométrica.

A Tabela 2 traz uma compreensão importante da distribuição pluviométrica da chuva, sendo possível analisar, durante um período de 20 anos, a pluviometria abaixo da média histórica, próximo à média, e anos com um índice atipicamente alto em comparação com a própria média histórica do município.

A partir desses dados, foi possível construir uma série de gráficos com o intuito de elucidar e apoiar a pesquisa. O primeiro deles é o gráfico referente ao total pluviométrico anual no período estudado entre 1998-2018. Nesse caso, é possível observar uma grande oscilação entre os anos estudados, havendo uma diferença de 631,51mm entre o ano mais chuvoso, ano de 2008, cujo total captado foi de 772,14 mm, e o ano de 2017, sendo o menos chuvoso, com o total de 140,63 mm. Além dessa diferença entre o máximo e o mínimo de chuva, é possível perceber uma grande oscilação entre os anos.

Essa oscilação mostra a importância de sistemas de suporte hídrico e de convivência com o Semiárido, pois é possível observar que, num período curto de tempo, temos um ano acima da média, fornecendo um superávit hídrico, e, no ano posterior, um ano com um sério déficit hídrico, trazendo, dessa forma, uma grande instabilidade.

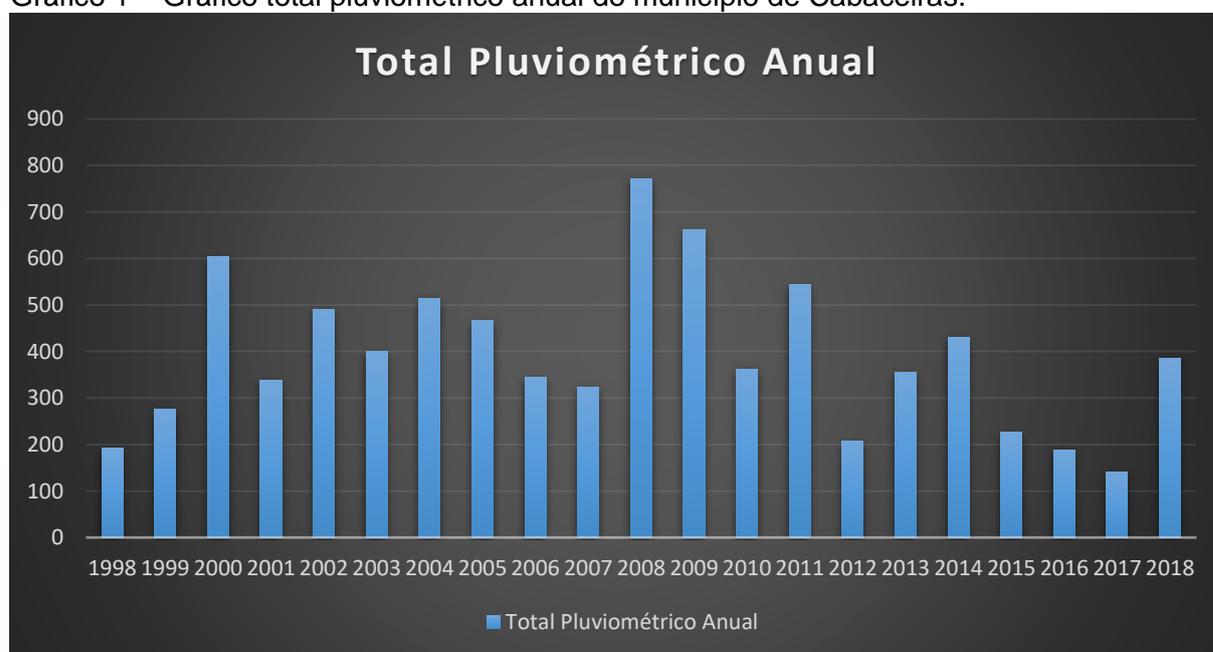
Tabela 2 – Média histórica pluviométrica de Cabaceiras

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual	Mediana Anual	Media Mensal
1998	38,4	0	22,5	16,9	34,6	13,2	29,7	36,4	0	0	0	0	191,7	15,05	15,975
1999	38,5	17,2	71,6	6,7	33,7	28,4	37,8	10,9	0	5,1	0	25,2	275,1	21,2	22,925
2000	38,6	97,2	43,8	54,6	37,7	63,2	110,4	36,6	40,2	4,3	2	75,8	604,4	42	50,367
2001	38,7	0	79,4	1	0	107	50	31,7	18,2	12	0	0	338	15,1	28,167
2002	38,8	179,2	48,6	0	90,2	51,8	20,9	5,7	7,4	3	5,2	39,5	490,3	29,85	40,858
2003	38,9	18,5	25,1	109,1	93,6	61,5	6,2	36,4	9,2	0	0	2,2	400,7	21,8	33,392
2004	38,1	160,4	36,4	38,3	39,3	74,8	97,6	18,6	5,2	0	0	6	514,7	37,25	42,892
2005	38,11	14	114,3	31,6	50,9	101,8	15,6	34,8	0	0	0	65,7	466,81	33,2	38,901
2006	38,12	71,2	39,4	23,5	20,6	124,8	20,7	1	0	0	5,2	0	344,52	20,65	28,71
2007	38,13	68,7	66,7	32,6	24,4	37,6	16	23,7	9,5	0	0	5,6	322,93	24,05	26,911
2008	38,14	72,4	386	61,6	133	54	16,1	10,1	0	0,8	0	0	772,14	27,12	64,345
2009	38,15	89,1	12,8	171,2	136,1	63,6	53,1	66,7	2,6	0	6,9	21,7	661,95	45,625	55,163
2010	38,16	9,3	32,4	38,6	5,8	124,9	21	12,9	5	44,9	0	29,5	362,46	25,25	30,205
2011	38,17	1,4	96,3	85,9	138,4	48,3	77,3	47,3	1	0	11,2	0	545,27	42,735	45,439
2012	38,18	64,8	34	1,7	18,4	28,9	18,7	0	1,2	1,2	0	0	207,08	10,05	17,257
2013	38,19	1,8	8	89,1	21,1	33,7	58,2	30,1	7,5	6,9	32,3	28,6	355,49	29,35	29,624
2014	38,2	106,5	2,9	55,9	112,9	36,8	38,1	13,3	10,3	13,5	0	2,7	431,1	25,15	35,925
2015	38,21	12,2	1,5	7,6	20,8	31,4	75,7	5,2	0	0	1,8	31,7	226,11	9,9	18,843
2016	38,22	28,2	3,3	68,2	9,2	12,5	2,6	6,5	2,5	0	0	17,9	189,12	7,85	15,76
2017	38,23	0	1,4	2,6	13,5	33,8	44,6	0	5,3	0	0	1,2	140,63	2	11,719
2018	38,24	65,6	81,8	119,3	52,9	6,3	2,1	0,4	0	0	15,2	4	385,84	10,75	32,153

Fonte: Adaptada de AESA, 2019.

O primeiro gráfico apresentado na pesquisa (Gráfico 1) vem evidenciar o total pluviométrico adquirido no período de 1998-2018, sendo possível observar uma oscilação profunda no total pluviométrico, perceptível em vários anos desse período estudado, por exemplo entre os anos 1999/2000 e os anos 2007/2008. Nesses dois casos, pode-se ver, em primeiro momento, anos com um índice relativamente baixo, na casa dos 300 mm/anuais, seguidos por dois anos com um elevado índice pluviométrico. Nesse caso, o ano 2000, com uma pluviometria de 604,4 mm/anuais, e o ano de 2008, como sendo o chuvoso desse período, com um valor de 772,14, tornando-se, assim, um ano com uma pluviometria duas vezes maior que a descrito na série histórica.

Gráfico 1 – Gráfico total pluviométrico anual do município de Cabaceiras.



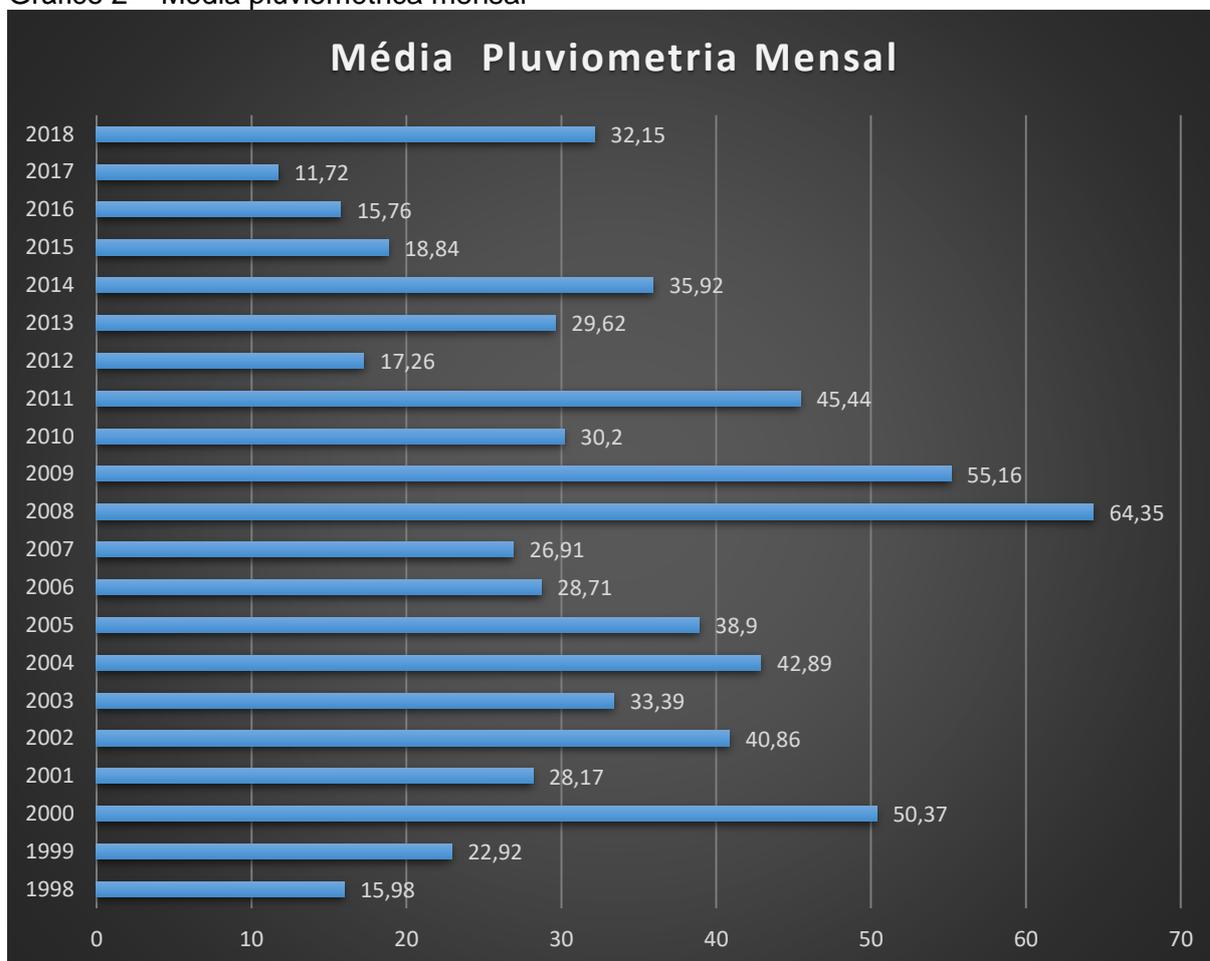
Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2019.

Ao analisar a oscilação pluviométrica nos dados referentes ao município de Cabaceiras, foi possível perceber que essa característica se faz presente em todos os valores subsequentes aos dados pluviométricos, onde foi possível observar um índice fundamentalmente baixo na maioria dos anos, tendo em vista a comparação entre as demais regiões do país e, inclusive, dentro da região, ao comparar a Zona da Mata e o Agreste (DA SILVA et al. 2011).

Essa oscilação da pluviometria, conseqüentemente, gera uma oscilação na média pluviométrica mensal das chuvas, podendo se observar no Gráfico 2 essa

oscilação ao comparar os anos mais chuvosos e os menos chuvosos. O ano de 2017, por exemplo, é o de menor média, com um valor de 11,72 mm por mês no ano todo. Em comparação com o ano de 2008, tem uma média de 64,25 mm, um valor quase seis vezes maior do que o ano de 2017.

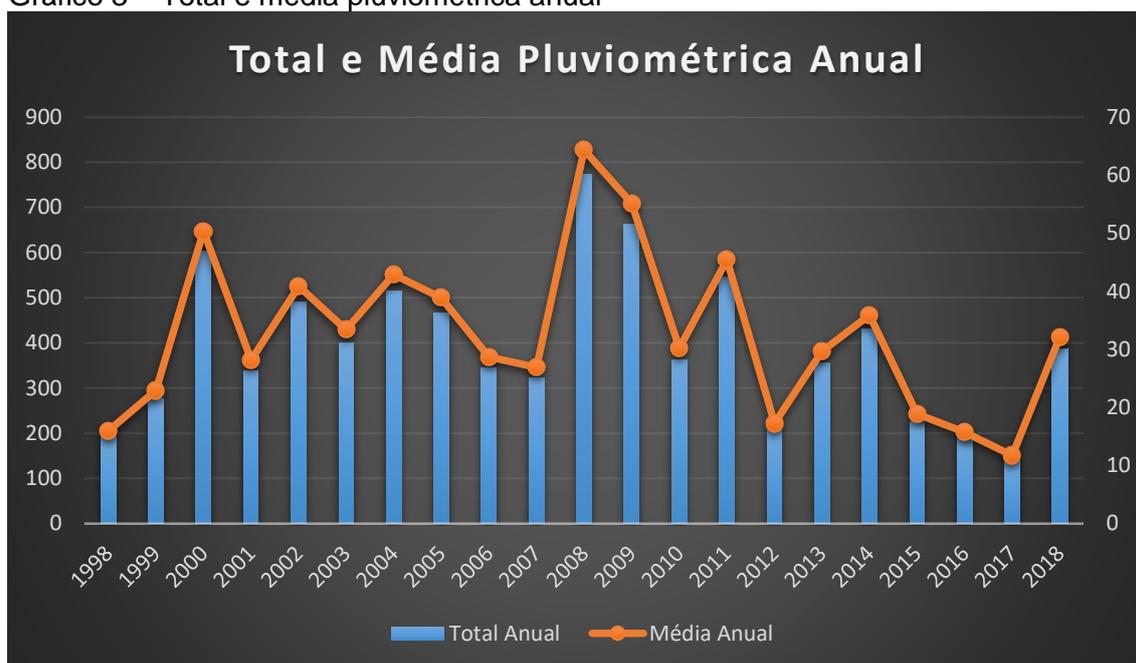
Gráfico 2 – Média pluviométrica mensal



Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2019.

Trazendo uma visão integrada, foi possível observar com acurácia a distribuição desses dois elementos no período escolhido para a análise pluviométrica. Mediante os valores, pode-se perceber uma oscilação que, por consequência, demonstra uma invariabilidade no que tange à questão pluviométrica, como demonstrado no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Total e média pluviométrica anual

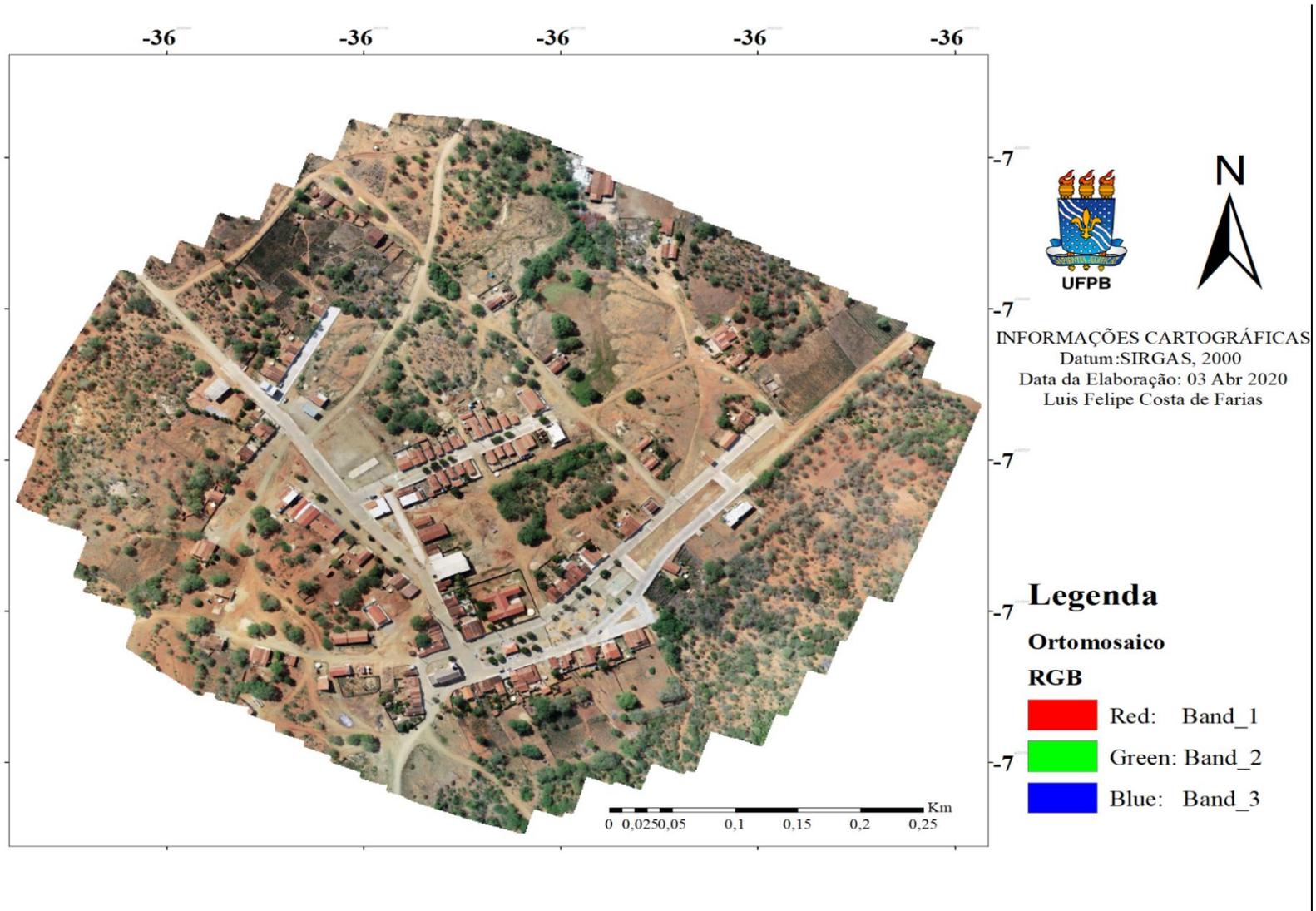


Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2019.

4.2 RESULTADOS PROVENIENTES DOS VANTS

A maioria das ruas do perímetro da Ribeira foi construída a partir do ano de 2016, fazendo com que não existam imagens atualizadas fornecidas pelos satélites. Entretanto, a partir dos resultados do VANT, essas informações tornam-se muito mais acessíveis (Figura 9).

Figura 9 – Ortomosaico da area



Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2019.

4.2.1 Apresentação dos elementos do distrito

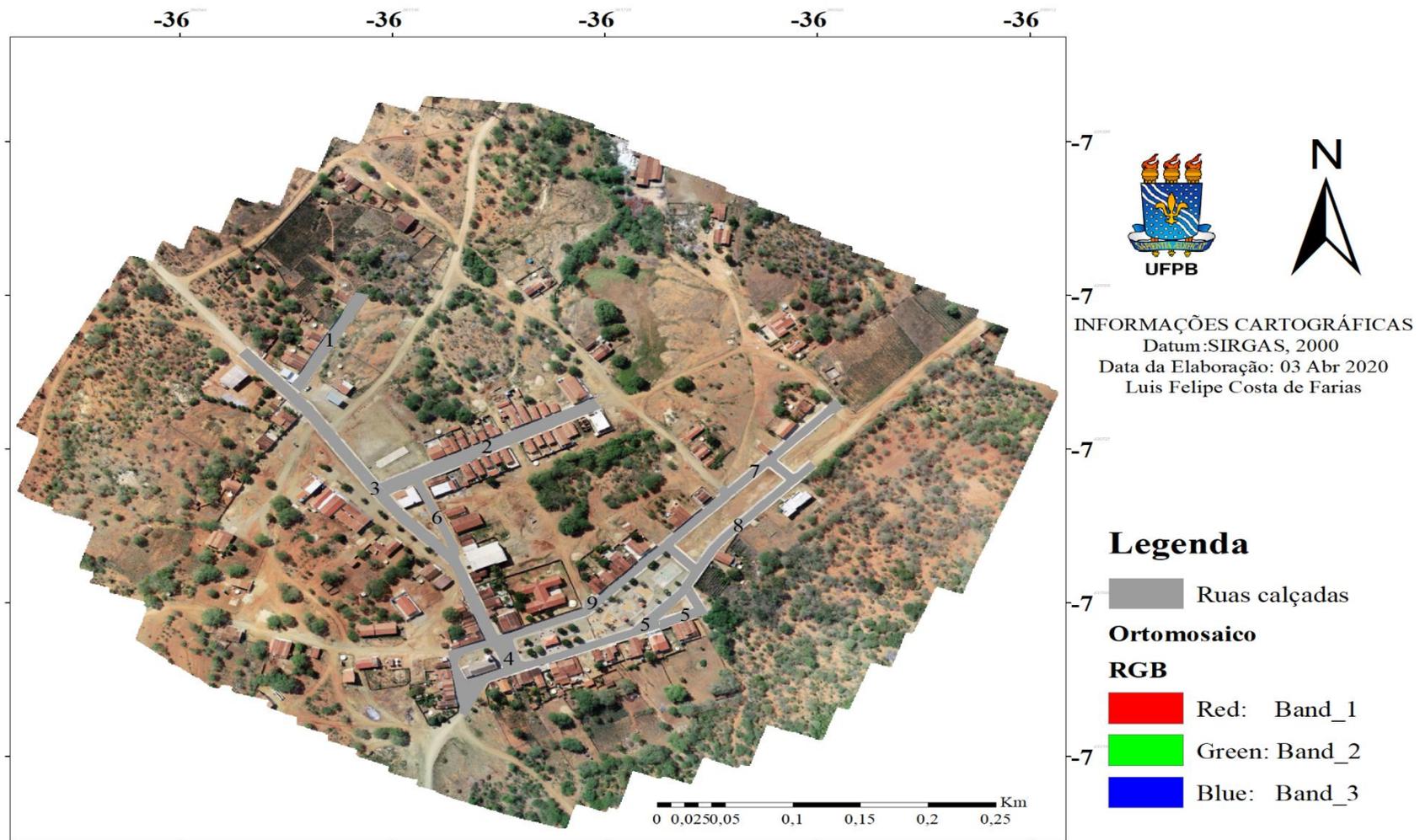
Após serem observados os produtos adquiridos a partir do VANT (Ortomosaico, MDS), foi possível construir elementos que pudessem trazer a compreensão aprofundada das características estruturais principais que formam o distrito de Ribeira. Esses elementos em especial são as ruas calçadas, ruas não calçadas e os telhados das estruturas presentes no distrito. Cada uma com as suas características e influências em relação ao escoamento superficial de água, e, a partir dessa lógica, puderam gerar uma série de dados que auxiliaram na construção de resoluções e possibilidades da pesquisa.

4.2.1.1 Ruas calçadas

Na Figura 10, é possível observar a descrição das ruas calçadas presentes no distrito de Ribeira. É importante averiguar toda a estrutura integrada entre as ruas do distrito, pois espacialmente existe uma concentração das ruas na área central. Partindo dessa constatação, é compreensível sugerir uma série de possíveis canais de captação e escoamento de água pluvial.

Inicialmente, foi plausível delimitar as ruas calçadas com um total de 12263,3 m², tendo a rua de menor área apresentado medida de 439,9m², e a maior, de 2799,5 m². Apesar dessas estruturas aparentemente serem pequenas em comparação às demais localidades do Semiárido, essas ruas se mostraram aproximadas às realidades das ruas de outros municípios de pequeno porte e capazes de fornecer um percentual considerável de água.

Figura 10 – Mapa das ruas calçadas do distrito de Ribeira



Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2019.

Quanto à estrutura das ruas, foi possível evidenciar que, em sua maioria, elas se encontram com uma boa estrutura de conservação (Figura 11 A, B, C, D), sem danificações no calçamento, pelo fato de grande parte delas ter sido construída em período recente, como já ressaltadas anteriormente. Nesse caso, com exceção das ruas classificadas Figura 10, como as de números 4, 9, 5 e 6, que são as ruas mais antigas calçadas no distrito. as demais foram calçadas há menos de 10 anos, demonstrando, de certa forma, uma ampliação da parte calçada num período recente.

Figura 11 –Primeiras ruas calçadas do distrito de Ribeira.



Fonte: Luis Felipe Costa de Farias, 2020.

A estrutura do distrito não se difere das características presentes em várias cidades de pequeno e médio porte do interior do Cariri Paraibano, ou seja, uma concentração de prédio de maior importância na parte central, a presença de um templo religioso, normalmente uma Igreja católica, uma escola e uma praça pública (ALVES; CIDADE, 2017).

Corroborando os valores de escoamento, é possível observar certa inclinação nessas ruas (Figuras 12A e B), que, embora seja em valores numéricos pouco

expressivos, é suficiente para o deslocamento constante da água em um sentido similar, propiciando um possível local para a colocação de uma estrutura de captação de água.

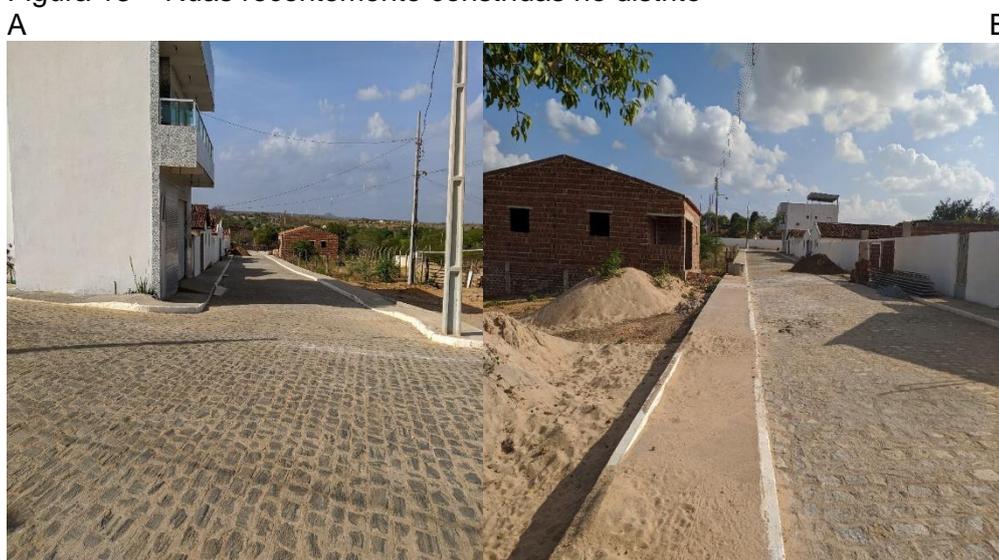
Figura 12 – Imagens das extensões de ruas calçadas do distrito



Fonte: Luis Felipe Costa de Farias, 2020.

Devido às suas estruturas, é possível evidenciar em específico três ruas (Ruas 1, 2 e 5) Figuras 13 e 14, que têm uma declividade que favorece ainda mais a colocação de um elemento de captação nas suas áreas mais baixas.

Figura 13 – Ruas recentemente construídas no distrito



Fonte: Luis Felipe Costa de Farias, 2020.

Figura 14 – Entrada da Rua 2, destacada no mapa.



Fonte: Luis Felipe Costa de Farias, 2020.

4.2.1.2 Ruas não calçadas

Um elemento de destaque para o trabalho foram as ruas não calçadas. Apesar de não terem a mesma impermeabilidade que as ruas calçadas, essas demonstram também ser um importante elemento para a captação das águas pluviais, ampliando ainda mais o potencial hídrico do distrito de Ribeira.

Quanto à dimensão dessas, elas se contituem com um total de 15703,9 m² com uma média aproximada de 845,1m², tendo a maior 1925,4m² e a menor 397,6 m². É possível observar uma certa irregularidade nessas vias ao compará-las com as ruas calçadas, mas isso é uma das características desse tipo de estrutura que se configura como não tão regular e organizada quanto a anterior.

Algumas dessas estrturas já se encontram em processo final ou inicial de pavimentação, ampliando o alcance de captação das ruas calçadas e o índice de captação das águas pluviais do distrito, como pode ser destacada na rua 11 (Figura 15 A e B), que está parcialmente pavimentada, tornando-se uma área de potencial de captação devido à sua declividade.

Ao analisar essas ruas espacialmente, é possível observar que elas se distribuem em duas formas predominantemente. Em um primeiro momento, foi perceptível observar sua estrutura mais periférica as ruas calçadas, ou seja, elas se encontram distribuídas fundamentalmente nos entornos da ruas calçadas. Há uma

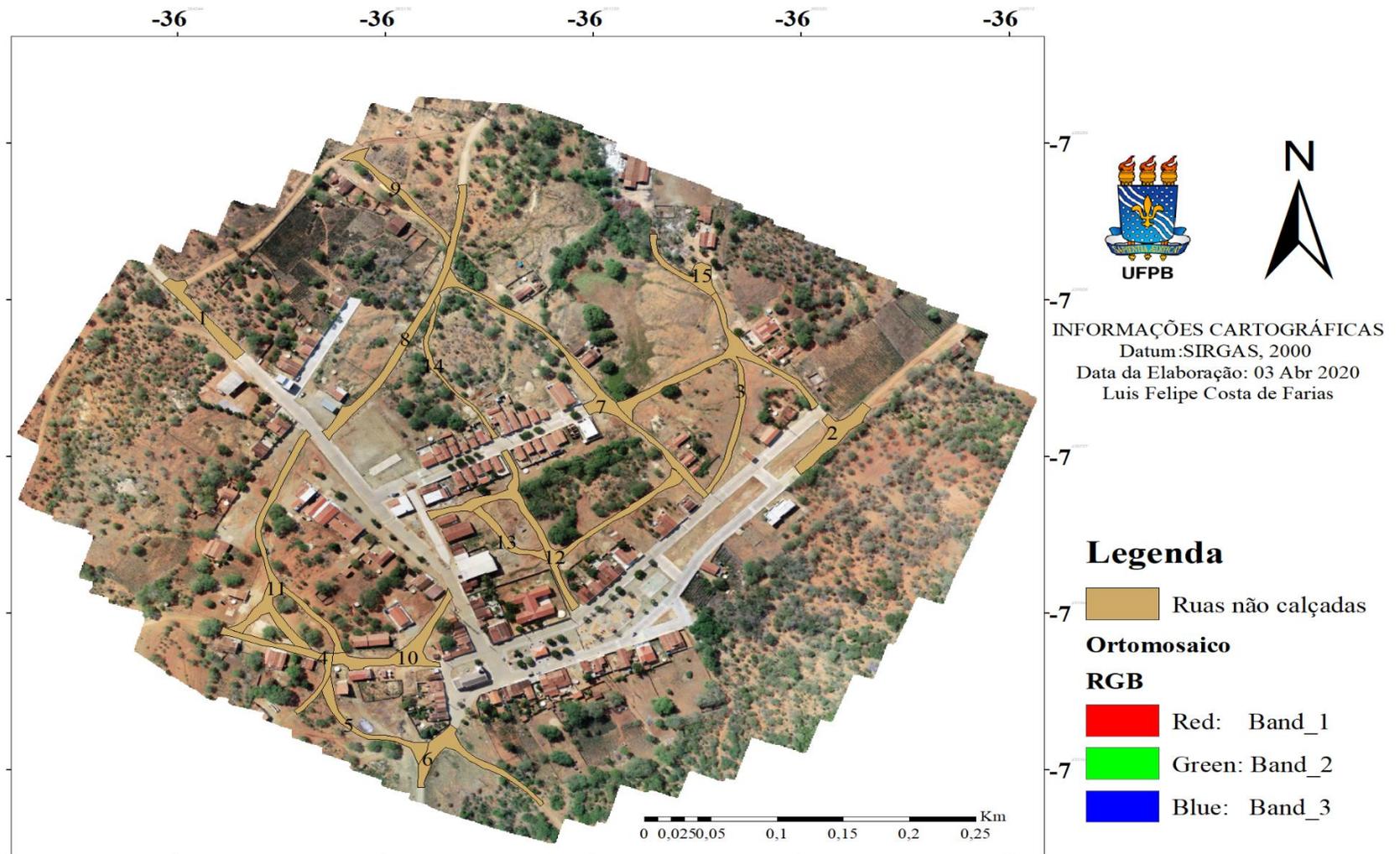
pequena ressalva a um conjunto de ruas entre as que formam o grupo 12 da Figura 16.

Figura 15 – Rua recém-finalizada do distrito



Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2020.

Figura 16 – Mapa das ruas não calçadas do distrito



Fonte: Luis Felipe Costa de Farias, 2019.

Dentre as estruturas demonstradas das ruas não calçadas, cabem algumas observações: as de números 1, 10 e 11, devido à sua declividade, transportam boa parte da água que não infiltra no solo para dentro do perímetro urbano, dentre as três ruas destacadas anteriormente a rua 10 está em processo de pavimentação, ampliando dessa forma a área de captação do distrito.

Em relação à localização e importância das ruas calçadas, a de número 7 merece o devido destaque, pois está localizada na união de ruas com um elevado potencial de captação de águas pluviais. Das ruas calçadas, ela recebe água das ruas 2 e 7, e das não calçadas, da rua 9, podendo ser, portanto, um dos locais mais promissores para a colocação de um sistema de captação.

Figura 17 – Ponto de união das ruas não calçadas



Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2020.

Figura 18 – Imagem ampla do local de convergência das ruas



Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2020.

4.2.1.3 Telhados

Por fim, o último elemento de evidência são os telhados das áreas residenciais, apesar de não estarem ligados diretamente com os termos iniciais desta pesquisa, tornou-se interessante o quanto esse elemento poderia propiciar um potencial hídrico em conjunto com os demais.

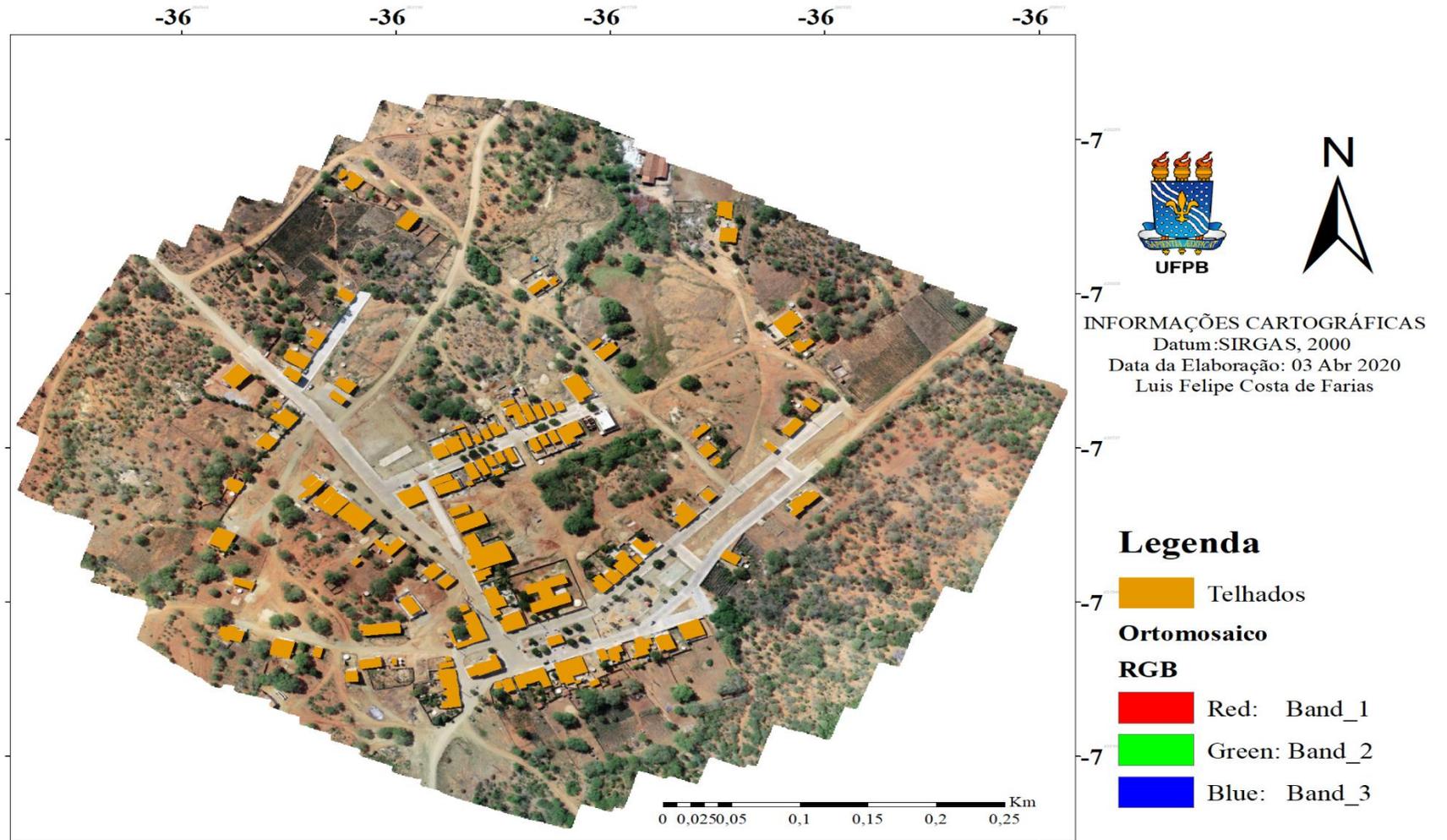
Em relação às estruturas presentes na área-alvo da pesquisa, foi possível observar uma quantidade relativamente interessante do conjunto de construções na área. Nesse caso, foram analisadas um total de 112 edificações, entre essas, estruturas residenciais, comerciais e públicas, espacialmente distribuídas (Figura 19).

Observou-se uma concentração no centro do distrito, alinhando-se o maior número das residências a presença das ruas calçadas, fato que pode ser explicado pela premissa que as ruas calçadas são aquelas que estão concentrados o maior número de casas e, por consequência, que abrangem o maior número de residentes no distrito.

Os telhados se distribuem em uma área de aproximadamente 14504,2m², com a menor edificação de aproximados 16m², e a maior, 600m², trazendo para o distrito um aporte hídrico considerável. Dentre alguns dos pontos que cabem um destaque, podemos enfatizar o conjunto habitacional localizado na rua 2, devido à sua estrutura com certa declividade que em tese possibilitaria um sistema que aproveitaria um considerável aporte hídrico.

Essa rua já tem por característica uma declividade que potencializa um possível sistema de captação de água. Aliado a esse fato, é possível observar que as residências foram construídas como suas localizações aproximadas e porventura podem vir a facilitar nessa área um possível sistema de captação.

Figura 19 – Mapa dos telhados do distrito



Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2019.

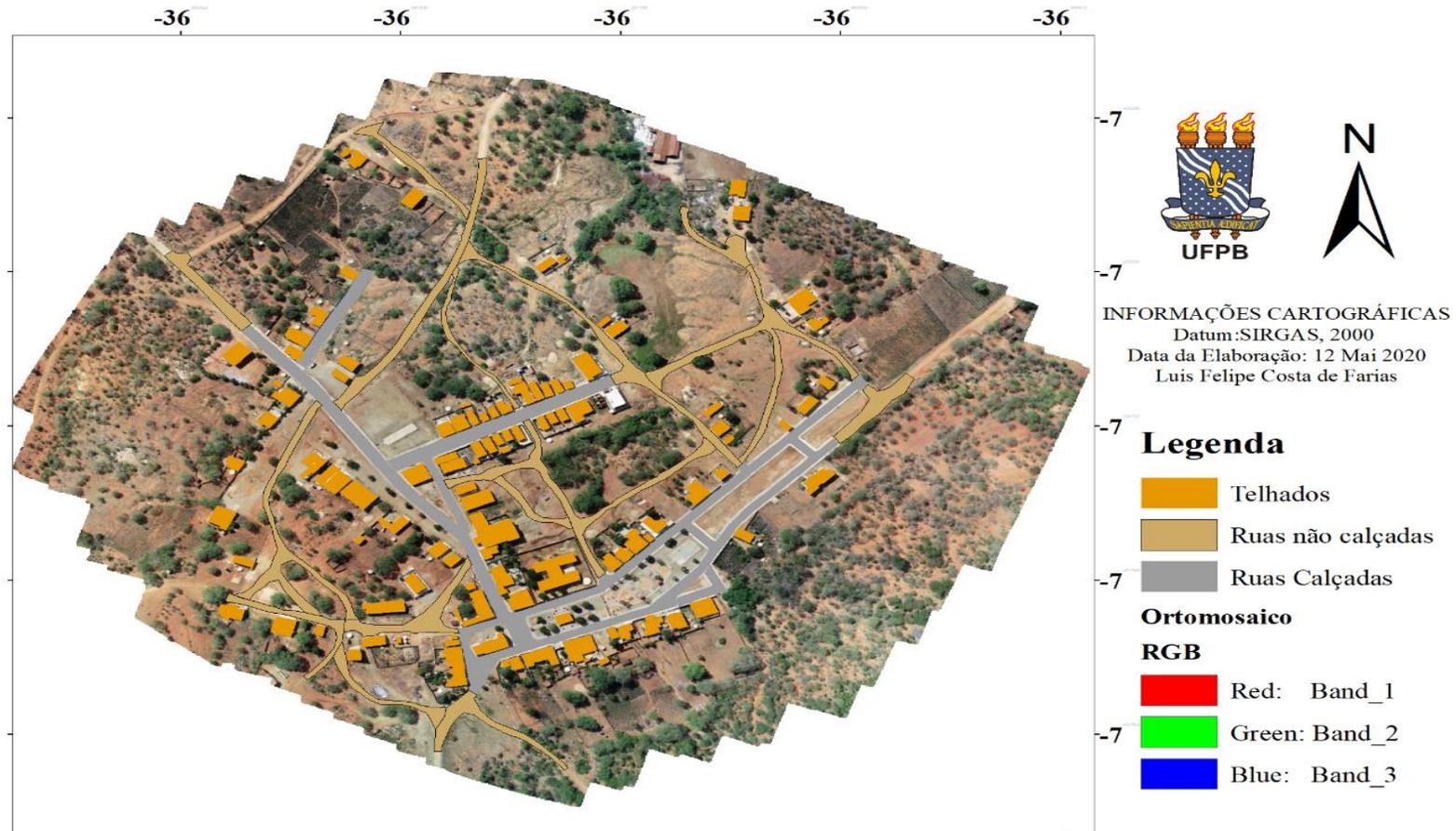
4.2.1.4 Mapa integrado

Em relação aos elementos analisados e suas localizações, foi possível observar a concentração das ruas calçadas no centro do distrito, bem como na concentração das estruturas residenciais. Entretanto, na medida em que ocorre um distanciamento da área central, pode-se observar a predominância das ruas não calçadas, bem como um espaçamento entre as estruturas residenciais.

Essa lógica estrutural não se difere da realidade presente nas cidades de pequeno porte do interior do Semiárido, onde, de modo geral, é possível observar essa tendência, e, a partir disso, conseguir encontrar as melhores maneiras de análise das possíveis estruturas de captação a serem projetadas nos aglomerados urbanos do interior, e, conseqüentemente, na área-alvo dessa pesquisa.

É possível observar toda estrutura integrada desses elementos, favorecendo, a partir da imagem, possíveis localidades do mapa integrado nº 20 em conjunto com o mapa nº 21 do Modelo Digital de Superfície (MDS), no qual se destacam algumas áreas que seriam, em tese, as principais para a localização de possíveis estruturas de captação de água.

Figura 20 – Mapa integrado dos elementos do distrito de Ribeira



Fonte: Luis Felipe Costa de Farias, 2019.

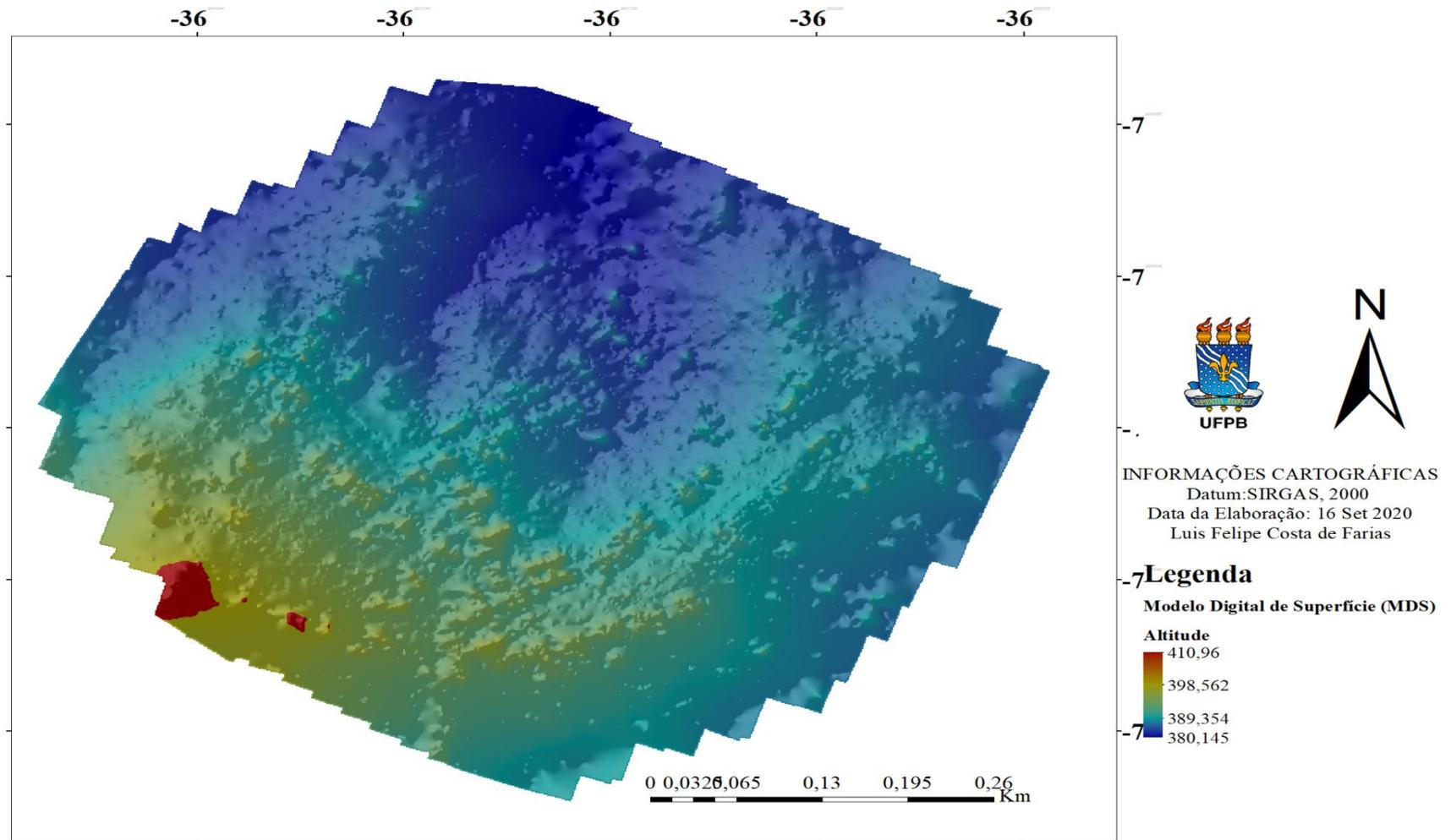
4.3 Modelo digital de superfície

O Modelo Digital de Superfície (MDS) é um elemento indispensável para análise e compreensão da altimetria, fluxo e drenagem presente na área, sendo possível observar, a partir dos resultados, um deslocamento evidente da altitude no sentido Sudoeste/Norte, com uma diferença altimétrica de 30,8 m com 410,9 m no local mais alto e 380,1 m nas áreas mais baixas (Figura 21).

Apesar de em metros não termos uma diferença grande do ponto mais alto ao mais baixo – aproximadamente, 30 m –, ao analisar essa diferença em relação à problemática da pesquisa, pode-se observar a possibilidade em certas áreas de existir uma possível de adequação a um modelo de captação hídrica.

Nesse contexto, ao correlacionar os dados do Ortomosaico (Figura 09), com o MDS (Figura 21), torna-se compreensível o entendimento de que em alguns pontos provavelmente seriam adequadas áreas de coleta de água para um sistema de captação. Portanto, é interessante a análise dessas informações.

Figura 21 – Mapa hipsométrico da área MDS



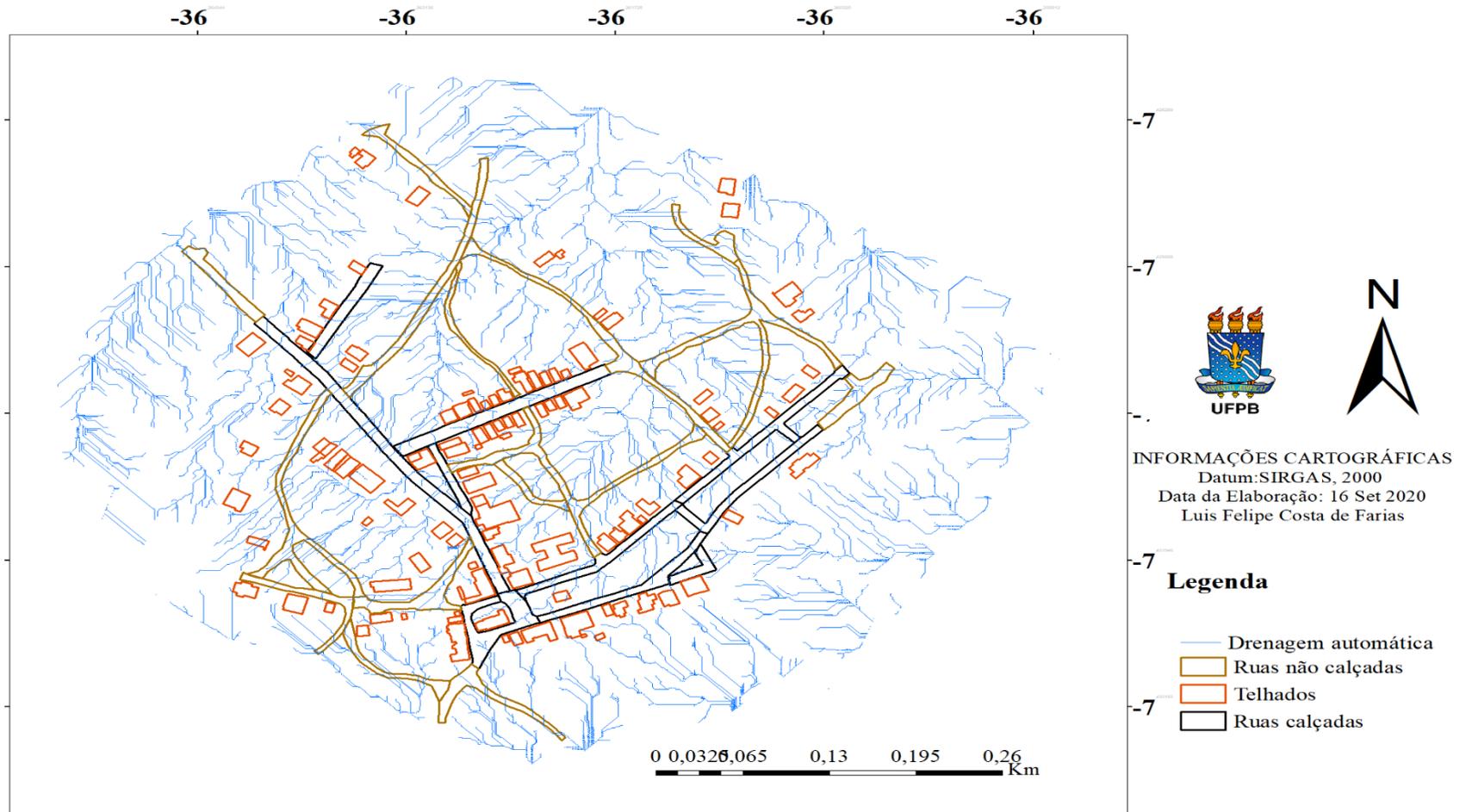
Fonte: Luis Felipe Costa de Farias, 2019.

4.4 Drenagem

Em conjunto aos elementos dispostos nas figuras anteriores, tornou-se essencial para a pesquisa compreender a distribuição e o escoamento da água presente na área-alvo do distrito. Tendo em vista essa necessidade, foi possível demonstrar de forma prática a drenagem e a direção de fluxos da área.

A partir da análise da Figura 22, foi possível observar a concentração de um fluxo de drenagem que se desloca entre as ruas e as casas, interligando-se em pontos que podem ser possíveis áreas de disposição de um sistema hídrico de captação das águas pluviais.

Figura 22 – Mapa de drenagem do distrito



Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2019.

4.5 Direção de fluxo

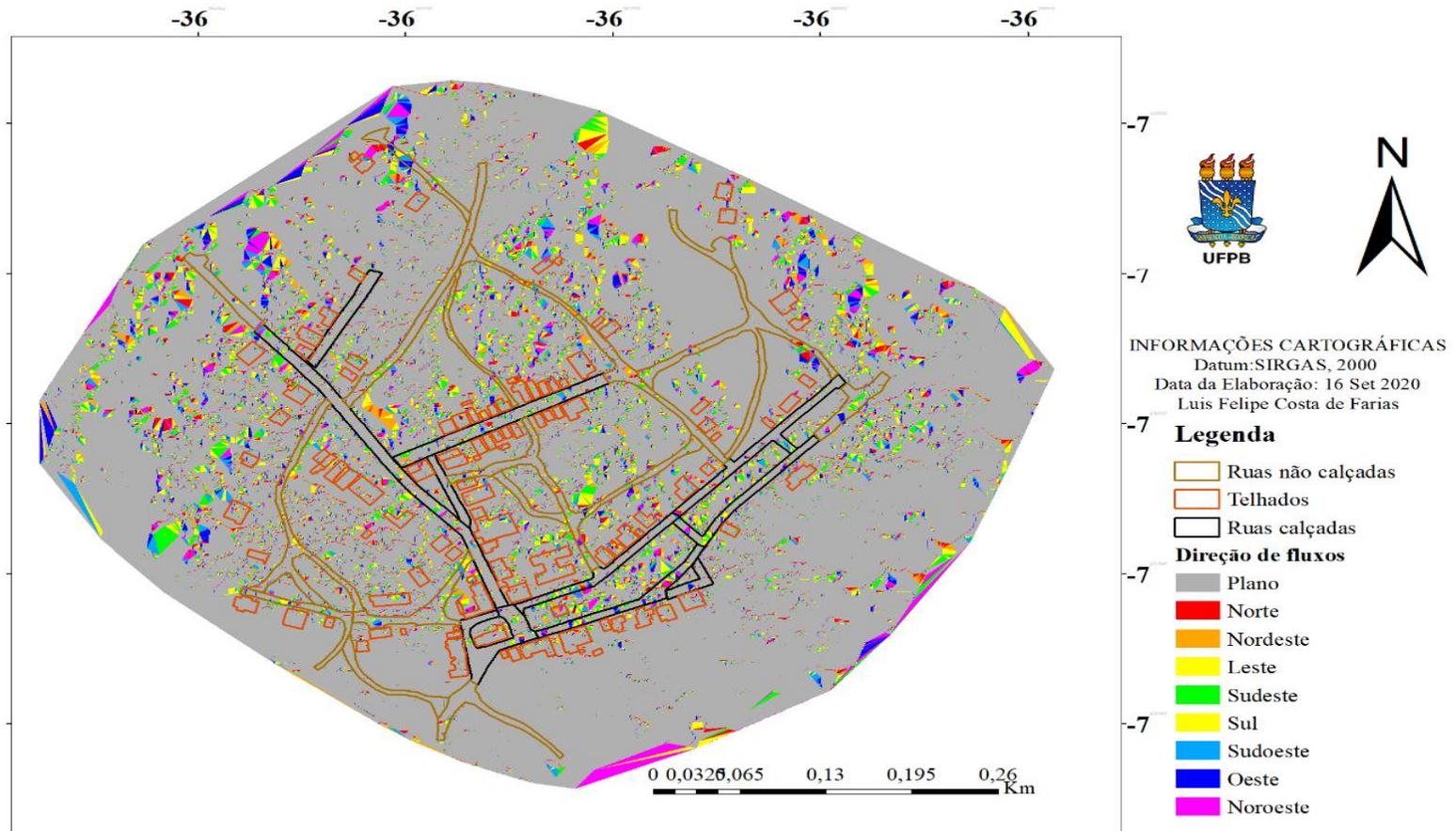
Elemento essencial no estudo, a direção de fluxo tem papel fundamental, pois ela demonstrou o sentido de todo o fluxo da área de estudo, tendo sido obtida com base no MDS.

Em relação ao direcionamento do fluxo hídrico (Figura 23), foi possível analisar que a área tinha por característica principal uma estrutura plana, entretanto, à medida que foi produzida essa análise do fluxo, percebeu-se um deslocamento variado na área de estudo de um modo geral.

Tendo em vista que essa informação está levando em consideração a área como um todo, e aliado à alta qualidade da resolução espacial proveniente do MDS produzido pelo VANT, possibilitou-se a compreensão desse fluxo e suas distintas características nos diversos pontos do distrito. Por exemplo, na área mais ao Norte do distrito existe uma prevalência do direcionamento do fluxo no sentido Oeste, direção essa que não se apresenta com tanto destaque nos outros setores do distrito.

Em relação às demais áreas do distrito, de modo geral conseguiu ser observada uma distribuição alta para as diversas áreas, no entanto, numa análise mais minuciosa, ocorreu um predomínio do fluxo nas direções Sudeste e Leste, demonstrando que tem ênfase em três direções, sendo as duas citadas anteriormente mais no sentido Norte, corroborando esse fluxo com a declividade demonstrada no MDS.

Figura 23 – Mapa de direção de fluxo



Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2019.

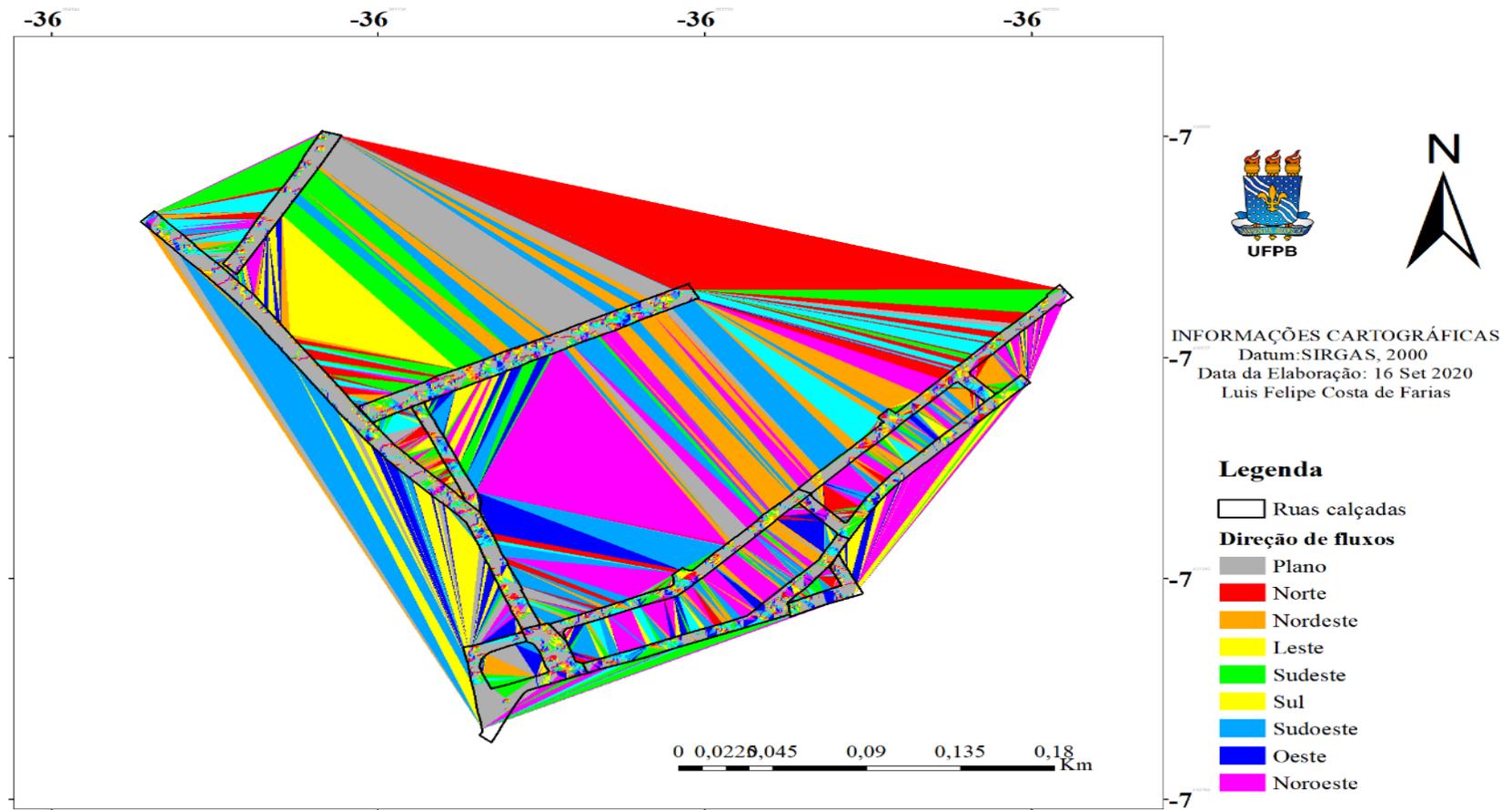
4.5.1 Mapa direção de fluxo das ruas calçadas

Assim como no material proveniente do ortomosaico (Figura 09), foi possível gerar a caracterização do fluxo de modo detalhado, tendo como relação algumas estruturas que foram de fundamental importância no objeto da pesquisa. Uma análise específica dele possibilitou o dimensionamento do fluxo, tendo como base as ruas calçadas do distrito.

Ao se observar a Figura 24, pode-se constatar a predominância do fluxo nas direções Noroeste e Nordeste, correlacionando-se, desse modo, com a direção aparentemente demonstrada no MDS (Figura 21) do trabalho, fortalecendo a ideia de que alguns desses locais podem vir a ser possíveis áreas para instalação de sistemas de captação de água. Dentre esses locais, podemos destacar o final das ruas 1 e 2, que têm uma direção semelhante.

Relacionado com os demais fatores citados anteriormente, deve-se levar em consideração a questão de impermeabilidade da área, que, por ter um nível elevado, apresenta potencial do aproveitamento das águas pluviais (CANHOLI 2015).

Figura 24 – Mapa de direção de fluxos ruas calçadas



Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2019.

4.6 Potencial hídrico do distrito

A partir dos dados de pluviometria, obtidos na área do distrito da Ribeira e dos valores de perda pelo escoamento superficial, foi possível adquirir os valores potenciais de captação, trazendo, dessa forma, uma compreensão do possível potencial de captação de água presente.

Essa projeção foi feita com a junção do potencial dos três elementos utilizados no trabalho, ou seja, foi construída uma estimativa dos valores potenciais. Como ferramenta nessa análise, inicialmente foram feitas análises individuais dos três elementos destacados no decorrer do trabalho.

4.6.1 Ruas não calçadas

É importante frisar que os valores das dimensões não são realmente referentes aos anos destacados na Tabela, mas funcionam como uma estimativa para o que pode ser acumulado para anos futuros, baseado na estrutura atual do distrito.

Tabela 3 – Perspectiva de valores de escoamento em ruas não calçadas

Ano	Dimensão ruas m²	Pluviometria m	Coefficiente de escoamento	Total em M³
1998	15703,9	0,19	0,25	745,9
1999	15703,9	0,27	0,25	1060,0
2000	15703,9	0,6	0,25	2355,6
2001	15703,9	0,33	0,25	1295,6
2002	15703,9	0,49	0,25	1923,7
2003	15703,9	0,4	0,25	1570,4
2004	15703,9	0,51	0,25	2002,2
2005	15703,9	0,46	0,25	1805,9
2006	15703,9	0,34	0,25	1334,8
2007	15703,9	0,32	0,25	1256,3
2008	15703,9	0,77	0,25	3023,0
2009	15703,9	0,66	0,25	2591,1
2010	15703,9	0,36	0,25	1413,4
2011	15703,9	0,54	0,25	2120,0
2012	15703,9	0,2	0,25	785,2
2013	15703,9	0,35	0,25	1374,1
2014	15703,9	0,43	0,25	1688,2
2015	15703,9	0,22	0,25	863,7

2016	15703,9	0,18	0,25	706,7
2017	15703,9	0,14	0,25	549,6
2018	15703,9	0,38	0,25	1491,9

Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2020.

Ao serem observados os anos mais secos – 1998, 2016 e 2017, com valores de escoamento de 745,9 m³, 706,7m³ 549,6m³, respectivamente –, temos números que, apesar de serem baixos em relação ao índice pluviométrico, ao correlacionar com o dimensionamento das áreas é possível ter compreensão de um valor considerável do aporte hídrico referente às ruas. A título de exemplo o número mais baixo que foi o referente ao ano de 2017 nós teríamos um aporte hídrico suficiente para encher 34 cisternas de 16 mil litros.

Em relação aos anos mais chuvosos, temos um aporte hídrico considerável: 2000, 2008, 2009, com valores pluviométricos de 2355,6 m³, 3023,0m³, 2591,1m³, respectivamente. Utilizando o mesmo exemplo base anterior, as cisternas de placas, no ano de 2018 nós teríamos um aporte hídrico suficiente para encher 189 cisternas de placas.

4.6.2 Ruas calçadas

As ruas calçadas foram elementos de grande importância na nossa pesquisa. A partir da estrutura do distrito, foi possível ter a compreensão do possível potencial de captação das ruas calçadas (Tabela 4), e, assim como as ruas não calçadas, é necessário destacar que esses valores são estimativas que podem vir a acontecer com a estrutura atual e com a pluviometria ocorrida em anos anteriores.

Tabela 4 – Perspectiva de valores de escoamento em ruas calçadas

Ano	Dimensão ruas m²	Pluviometria m	Coefficiente de escoamento	Total em M³
1998	12263,6	0,19	0,8	1864,1
1999	12263,6	0,27	0,8	2648,9
2000	12263,6	0,6	0,8	5886,5
2001	12263,6	0,33	0,8	3237,6
2002	12263,6	0,49	0,8	4807,3
2003	12263,6	0,4	0,8	3924,4
2004	12263,6	0,51	0,8	5003,5
2005	12263,6	0,46	0,8	4513,0
2006	12263,6	0,34	0,8	3335,7
2007	12263,6	0,32	0,8	3139,5
2008	12263,6	0,77	0,8	7554,4
2009	12263,6	0,66	0,8	6475,2
2010	12263,6	0,36	0,8	3531,9
2011	12263,6	0,54	0,8	5297,9
2012	12263,6	0,2	0,8	1962,2
2013	12263,6	0,35	0,8	3433,8
2014	12263,6	0,43	0,8	4218,7
2015	12263,6	0,22	0,8	2158,4
2016	12263,6	0,18	0,8	1766,0
2017	12263,6	0,14	0,8	1373,5
2018	12263,6	0,38	0,8	3728,1

Fonte: Luís Felipe Costa de Farias,2020.

Existem alguns pontos que merecem ênfase devido à sua importância na pesquisa. Nesse caso, apesar de, em termos de dimensão de área, as ruas calçadas serem um pouco menores que as ruas não calçadas, devido ao seu valor de escoamento, é possível observar que o seu potencial de captação de água é bem maior. Tendo como comparação os anos menos chuvosos, seu aporte hídrico fica quase três vezes maior que o das ruas não calçadas, demonstrando, dessa forma, todo o seu potencial hídrico.

Tomando novamente como parâmetro as cisternas de placas no ano de 2017 ano com o menor resultado dentre todos os anos, 1373,5 m³ seria possível encher 85 cisternas de placa de 16 mil litros, em compensação ao analisar o total do ano de 2008 ano em que ocorreu a maior taxa de escoamento o seria possível

captar um total de água suficiente para 472 cisternas de placas com a capacidade padrão.

4.6.3 Telhados

O último elemento analisado na pesquisa diz respeito aos telhados das casas, os quais demonstraram ser um elemento com um grande potencial para a captação de água, tendo um grande percentual de escoamento, como demonstrado na Tabela 5.

Tabela 5 – Perspectiva de valores de escoamento nos telhados

Ano	Dimensão ruas m²	Pluviometria m	Coefficiente de escoamento	Total em M³
1998	14504,2	0,19	0,9	2480,2
1999	14504,2	0,27	0,9	3524,5
2000	14504,2	0,6	0,9	7832,3
2001	14504,2	0,33	0,9	4307,7
2002	14504,2	0,49	0,9	6396,4
2003	14504,2	0,4	0,9	5221,5
2004	14504,2	0,51	0,9	6657,4
2005	14504,2	0,46	0,9	6004,7
2006	14504,2	0,34	0,9	4438,3
2007	14504,2	0,32	0,9	4177,2
2008	14504,2	0,77	0,9	10051,4
2009	14504,2	0,66	0,9	8615,5
2010	14504,2	0,36	0,9	4699,4
2011	14504,2	0,54	0,9	7049,0
2012	14504,2	0,2	0,9	2610,8
2013	14504,2	0,35	0,9	4568,8
2014	14504,2	0,43	0,9	5613,1
2015	14504,2	0,22	0,9	2871,8
2016	14504,2	0,18	0,9	2349,7
2017	14504,2	0,14	0,9	1827,5
2018	14504,2	0,38	0,9	4960,4

Fonte: Luis Felipe Costa de Farias,2020.

Por ter a segunda maior área referente aos três analisados, e ter o maior coeficiente de escoamento, esses elementos fazem com que os telhados disponham de uma estrutura que fornece o maior valor de captação pluvial do distrito. Existem ressalvas quanto a esse elemento, pois, normalmente, essas

estruturas são vistas de forma individual, em que cada casa tem uma certa estrutura para captar. Entretanto, observando todo esse potencial disponibilizado, passa a ser interessante futuramente pensar em uma nova possibilidade, na qual teríamos um modelo mais integrado desses telhados.

Colocando todo o potencial de captação desse elemento, ao utilizar os anos de menor e maior escoamento superficial, foi possível observar valores com número interessantes. O ano de 2017 teve um escoamento estimado de 1827,5m³ seria possível encher 114 cisternas de placas, no ano de 2008 teria gerado um escoamento de 10051,4m³, trazendo o maior valor de escoamento de todos os elementos colocados para análise da pesquisa, só esse elemento encheria um total de 628 cisternas de placas com 16 mil litros em apenas 12 meses.

A título de caracterização foi feito um valor médio do escoamento tendo por bases todos os anos estudados, teria um escoamento médio de 4967,3m³ sendo possível captar um valor equivalente a 310 cisternas de placas anualmente.

4.6.4 Dados pluviométricos integrados

Tendo em vista a importância desses elementos, tornou-se necessária uma análise integrada do potencial hídrico do distrito. Essa análise passa a ter um papel de destaque, pois todos esses elementos em conjunto são essenciais para a pesquisa.

Tendo como base a somatória dos três elementos, foi possível delimitar o total pluviométrico possível do distrito de Ribeira. Observando os anos de maneira individual, pode-se dimensionar esse aporte hídrico, com os maiores valores para o ano 2000, com 16065,4 m³, 2008 com 20628,8m³, e 2009 com 17681,8 (Tabela 6).

Tabela 6 – Perspectiva de valores pluviométricos nos telhados

Ano	Total de acúmulo das Ruas Calçadas	Total de acúmulo das Ruas Não Calçadas.	Total de acúmulo dos telhados	Total em m³
1998	1864,1	745,9	2480,2	5090,2
1999	2648,9	1060	3524,5	7233,4
2000	5886,5	2355,6	7823,3	16065,4
2001	3237,6	1295,6	4307,7	8840,9
2002	4807,3	1923,7	6396,4	13127,4
2003	3924,4	1570,4	5221,5	10716,3
2004	5003,5	2002,2	6657,4	13663,1
2005	4519,0	1805,9	6004,7	12329,6
2006	3335,7	1334,8	4438,3	9108,8
2007	3139,5	1256,3	4177,2	8573,0
2008	7554,4	3023	10051,4	20628,8
2009	6475,2	2591,1	8615,5	17681,8
2010	3531,9	1413,4	4699,4	9644,7
2011	5297,9	2120	7049	14466,9
2012	1962,2	785,2	2610,8	5358,2
2013	3433,8	1374,1	4568,8	9376,7
2014	4218,7	1688,2	5613,1	11520,0
2015	2158,4	863,7	2871,8	5893,9
2016	1766,0	706,7	2349,7	4822,4
2017	1373,5	549,6	1827,5	3750,6
2018	3728,1	1491,9	4960,4	10180,4

Fonte: Luís Felipe Costa de Farias, 2020.

Embora esses valores possam ser pequenos em comparação às grandes obras que foram criadas com o intuito de abastecer os grandes centros urbanos, ao pensar em escala local esse valor hídrico poderia vir a ser aproveitado de modo mais adequado, tirando, assim, a sobrecarga dessas grandes obras de captação.

Colocando os anos mais e menos secos como elemento base novamente, nós podemos encontrar valores que pensando num uso preciso podem vir a ter uma grande valia o ano de 2008 teria um valor de escoamento de 20628,8m³ fornecendo água suficiente para 1289 cisternas de placa de 16 mil litros, e o ano de 2017 ano com o valor pluviométrico mais baixo nós teríamos um valor 3750,6m³ de escoamento que forneceria água suficiente para 234 cisternas de

placas de 16 mil litros. E trazendo o Escoamento médio desses elementos integrados teríamos um valor $10194,3\text{m}^3$ que abasteceriam um total de 637 cisternas de placas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O distrito de Ribeira possui uma estrutura que se assemelha as demais presentes nas cidades no Semiárido de um modo geral, embora a Ribeira não seja uma cidade ela se consolida com um perímetro que se apropria de estruturas das áreas urbanas. Proporcionando uma estrutura que propicia a possibilidade de efetuar a criação de um sistema hídrico de Captação.

Ao analisar a possibilidade de uma estrutura de captação hídrica num perímetro urbano, deve-se ressaltar que essa lógica foi pensada e utilizada com êxito em muitas comunidades antigas, essas existentes em áreas áridas e semiáridas no Mundo, mas como destacado no trabalho em boa parte dos territórios da América Latina.

Apesar de certa complexidade ao observar as antigas civilizações, sem a tecnologia existente naquele período em comparação a hoje, conseguiram sobressair e gerar estruturas complexas que propiciaram o fortalecimento e ampliação das civilizações. Demonstrando que há a possibilidade de pensar e construir estruturas no Semiárido Brasileiro que conseguissem minimizar os impactos da seca que é presente na Região.

O VANT demonstrou-se um mecanismo de grande importância para a pesquisa, pois a partir desta ferramenta pode-se suprir questões que foram empecilhos nos passos iniciais da pesquisa. Foi possível adquirir imagens com uma alta resolução espacial e com acurácia de detalhes que favoreceu a análise mais precisa e condizente com a realidade estrutural do distrito. Aliado aos dados obtidos do VANT, os valores de pluviometria possibilitaram a construção de projeções dos potenciais de captação dos elementos analisados no distrito.

Em relação aos elementos analisados evidenciou-se pontos de relevância, onde as ruas calçadas destacaram-se como elementos que propiciam um potencial elevado de impermeabilidade e por consequência uma estrutura que favorece para o aproveitamento das águas pluviais com um planejamento menos complexo que os telhados e as ruas não calçadas. Os telhados embora tenham uma taxa de impermeabilidade alta que pode vir a fornecer um bom aporte hídrico demandam maior complexidade na construção de um modelo de aproveitamento total da água, ademais algumas casas já tem um sistema particular de aproveitamento da água dos telhados. As ruas não

calçadas têm o menor índice de impermeabilidade e tornando-se o elemento de menos influência no balanço hídrico, entretanto como qualquer aglomerado urbano a tendência é que essas ruas um dia sejam pavimentadas, como está acontecendo no distrito.

Ao destacar no decorrer do trabalho a importância de sistemas de captação num perímetro urbano, tornou-se evidente na pesquisa a importância do apoio e do incentivo de políticas públicas que fomentem a criação de um sistema que visasse a dependência eminente das grandes obras de captação que sempre buscam subsidiar as grandes cidades localizadas no Semiárido.

As políticas públicas de convivência com o Semiárido foram um dos fatores determinantes para suprir uma das maiores carências da região a falta d'água, todavia em sua maioria essas estratégias foram voltadas para as áreas rurais gerando certa segurança hídrica. Esse trabalho tinha como intuito analisar se as áreas urbanas poderiam não ser apenas receptores da água proveniente dos reservatórios localizados nas áreas rurais, mas sim como áreas que possam fornecer parte da sua própria água. Mostrando-se a partir das análises possível o aproveitamento das águas pluviais advindas das ruas e telhados do Distrito de Ribeira.

Em relação a água que venha a ser armazenada é compreensível o destaque a respeito do seu uso, inicialmente deve-se destacar que essa água não poderia ser utilizada para o consumo direto das famílias sem que nessa estrutura tivesse em conjunto um sistema de melhoria da água. Entretanto esse aporte hídrico poderia ser suficiente para a irrigação de plantas colocadas para a arborização de praças, ou para criação de plantio irrigado de milho para a alimentação animal.

Por Fim, é importante frisar que esse estudo tem como o intuito trazer uma reflexão acadêmica por essa possível nova modalidade de captação, e que seja claro a relação importante que os governos nas mais variadas esferas para uma possível colocação em prática de estratégia similar, e que esse trabalho possa ser base de apoio para trabalhos similares em áreas que se assemelham a do Distrito de Ribeira.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDAYA, Maite M. ASHOK K. Chapagain, MAITE M. Aldaya, MESFIN M. Mekonnen. **The water footprint assessment manual: Setting the global standard**. Routledge, 2012.

ALVES, Adriana Melo. CIDADE, Lucia Cony Faria **Políticas de desenvolvimento regional e rede de cidades no semiárido: concentração, polarização e fragmentação**. Tese de Doutorado Universidade de Brasília, 2017.

ALMEIDA, Hermes Alves de. FARIAS, Porto Maysa. **Potencial de captação de água de chuva para a microrregião mais seca da Paraíba: Alternativas de abastecimento e desenvolvimento**. Práticas geográficas, experiências de pesquisa e ensino de Geografia no Estado da Paraíba. Eduepb p. 41-57. 2017.

ANDRADE, Luciano Guimarães et al. **Potencial geoturístico do município de Cabaceiras-PB**. Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade - Vol. 4: Congressistas 2016.

ANAC - Agencia Nacional de Aviação Civil. **Instrução suplementar - emissão de certificado de autorização de voo experimental para sistemas de veículo aéreo não tripulado**. 2012.

ANAC - Agencia Nacional de Aviação Civil. **Orientação para usuários de DRONES**. 2017

ARAÚJO, Taciana Gomes de. **Dinâmica dos processos produtivos coureiros e reflexões nos recursos hídricos- Distrito de Ribeira, Cabaceiras/PB**. Monografia Universidade Estadual da Paraíba- UEPB, 2011.

ARAÚJO, José C. de. **Recursos hídricos em regiões semiáridas**. In: Recursos hídricos em regiões semiáridas: Estudo e Aplicações. INSA p. 30-43 2012.

ARAÚJO, SMS de. **A Região Semiárida do Nordeste do Brasil: questões ambientais e possibilidades de uso sustentável dos recursos**. Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE. Ano, v. 5, 2011.

ASA – ARTICULAÇÃO DO SEMIÁRIDO. **Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido: Um Milhão de Cisternas Rurais**. Disponível em: http://www.asabrasil.org.br/Portal/Informacoes.asp?COD_MENU=1150 Acesso em 06 de setembro de 2018.

AYUSO, Alonso Gutierrez. **Contribución al conocimiento de los aljibes hispanomusulmanes extremeños. Tipología de un ejemplo de arquitectura del agua.** Norba-Arte (Cáceres) Volumen XX, año 2000-2001.

BARCELOS, Anna Carolina. **O uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) em monitoramentos de campo: aplicabilidades e viabilidades.** 2017.

BLANCO, Antonio González. BERMÚDEZ, Francisco López. BOTI, Alfredo Vera. **Los aljibes en la historia de la cultura: la realización en el Campo de Cartagena.** Revista Murciana de Antropología, n. 14, p. 441-478, 2007.

BODE, Celia Suárez. **Estudio de los aljibes musulmanes de Extremadura.** Reservas de agua. 2018.

BRANDÃO, Maurucio Pazini. **UAV activities in Brazil.** First Latin-American UAV Conference. Panama, 2007

BRASILEIRO, Robson S. **Alternativas de desenvolvimento sustentável no semiárido nordestino: da degradação à conservação.** Scientia Plena, v. 5, n. 5, 2009.

BRITO, Luiza Teixeira de Lima. CAVALCANTI, Nilton de Brito. **Produção de alimentos com água de chuva armazenada em cisterna.** In: Tecnologias Adaptadas para o Desenvolvimento Sustentável do Semiárido Brasileiro Volume 1 p. 36-42, 2014.

BUFFON, Elaiz Aparecida Mensch; DA PAZ, Otacílio Lopes de Souza; SAMPAIO, Tony Vinicius Moreira. **Uso de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT) para mapeamento das vulnerabilidades à inundação urbana: referenciais e bases de aplicação.** Revista do Departamento de Geografia, p. 180-189, 2017.

CANHOLI, Aluísio. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** Oficina de textos, 2015.

CARVALHO, R. S. Água um bem que precisa ser cuidado. 2011.

CHAUI, Marilena. A ciência na história. In: _____. Convite à Filosofia. São Paulo: Ática, 2000, p. 320 - 333. (13 p.).

CERBARO, Vinicius Andrei. **Crop Drone: uma plataforma para coleta, armazenamento e disponibilização de dados agrícolas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade de Passo Fundo, 2016.

CHIOTIS, E. D.; CHIOTI, L. E. **Water supply of Athens in the antiquity**, p. 407-442, 2012. *In Evolution of Water Supply through the Millennia*, ANGELAKIS, Andreas N. Mays, Larry W. KOUTSOYIANNIS Demetris, MAMASSIS Nikos, v. 11 (2015).

CHRISTOFOLETTI, Antonio. As perspectivas dos estudos geográficos. **Perspectivas da Geografia**. São Paulo: Difel, p. 11-36, 1982.

CIRILO, José Almir. Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008.

CIRILO, José Almir. MONTENEGRO, Suzana M.G.L. CAMPOS, José Nilson B. **A questão da água no semiárido brasileiro**. Cap 5. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-811.pdf> Acesso em 10 de setembro 2018.

DA SILVA, Vicente P. R. PEREIRA, Emerson R. R. AZEVEDO, Pedro V. de. SOUSA, Francisco de A. S. de. SOUSA, Inajá F. de. **Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 15, n. 2, p. 131-138, 2011.

DA SILVA, Bernardo Barbosa BRAGA, Alexandra Chaves; BRAGA, Célia Campos; OLIVEIRA, Leidjane Maria Maciel de; GALVÍNCIO Josiclêda Domiciano; MONTENEGRO Suzana Maria Gico Lima., **Evapotranspiração e estimativa da água consumida em perímetro irrigado do Semiárido brasileiro por sensoriamento remoto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 47, n. 9, p. 1218-1226, 2012.

DA SILVA, Daniel Carneiro. **Evolução da Fotogrametria no Brasil**. Revista Brasileira de Geomática, v. 3, n. 2, p. 16, 2015.

DA SILVA, Fábio Fernandes; DOS SANTOS, João Roberto. Imagens alos/palsar na classificação da cobertura vegetal da região semi-árida brasileira. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 63, 2011.

DE CARVALHO, Ronaldo Valentim; DE SOUZA LIMA, Francisca Elisonete; DA SILVA, Rafael Pereira. **O Programa um Milhão de Cisternas (p1mc): uma alternativa de convivência com o semiárido na comunidade Agreste de baixo- São Miguel/RN**. Caminhos de geografia, v. 18, n. 61, p. 136-149, 2017.

DE MORAES, Elisabete Caria. **CAPÍTULO 1 FUNDAMENTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO**. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS-INPE, 2002.

DE SOUSA, Ducio Hercules Neris; FERREIRA, Rafael Lopes. **Aproveitamento de águas pluviais no Estado do Ceará.** Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 5, n. 3, 2017.

DENG, Xi-Ping. SHAN, Lun. ZHANG, Heping. TURNER, Neil C. **Improving agricultural water use efficiency in arid and semiarid areas of China.** Agricultural Water Management, v. 80, p. 23-40, 2011.

DIAS, Rafael de Brito. **Tecnologia social e desenvolvimento local: reflexões a partir da análise do Programa Um Milhão de Cisternas.** Revista Brasileira de Desenvolvimento Regional, Blumenau, v. 1, n. 2, p. 173-189, set. 2013.

DIAS, Cendy Monteiro. **Modelagem tridimensional de patrimônio arquitetônico a partir de aerofotos obtidas por drone: Praça Brasil-Belém/PA.** 94 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Cartográfica e Agrimensura) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, PA, 2019.

DNAEE – Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica. **Plano nacional de recursos hídricos.** Brasília, documento preliminar, consolidação de informações já disponíveis, 1992.

DOD. **Unmanned aircraft systems roadmap – 2005-2030.** Office of the Secretary of Defense, 2005.

DU, P.; KOENIG, A. History of water supply in pre-modern China. p. 169-226, 2012. *in* **Evolution of water supply through the millennia**, ANGELAKIS, Andreas N. Mays, Larry W. KOUTSOYIANNIS Demetris, MAMASSIS Nikos, v. 11 (2015).

EHLERS, Eduardo. **O que é agricultura sustentável.** Brasiliense, 2017.

EMBRAPA-SIBCS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. 356 p. : il. Color.; 16 cm x 23 cm.

FABER, Marcos Emílio Ekman. **A importância dos rios para as primeiras civilizações.** História ilustrada, v. 2, 2011.

FAHLSTROM, P. G.; Gleason, T. J. **Introduction to UAV Systems**, John Wiley e Sons, 2012.

FARIAS, Mayse Porto. **Potencial de Captação de água de chuva como alternativa para o desenvolvimento das localidades mais secas da microrregião do Cariri da Paraíba.** Dissertação 87p. (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade Estadual da Paraíba, Pró-reitoria de Pós-graduação e pesquisa, 2015.

FONSECA, Marcelo Fernando et al. **Identificação de municípios prioritários para implantação de cisternas e outras tecnologias de acesso à água no Semiárido.** Embrapa Territorial-Documentos (INFOTECA-E), 2018.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto.** Oficina de Textos, 2007.

FURTADO, Dermeval Araújo. BARACUHY, José Geraldo de Vasconcelos. FRANCISCO, Paulo Roberto Megna. NETO, Silvana Fernandes. SOUSA, Verneck Abrantes de. **Tecnologias Adaptadas para o Desenvolvimento Sustentável do Semiárido Brasileiro.** Volume 2 1.a Edição Campina Grande-PB Epgraf 2014.

GAROTTI, Leonardo Monteiro; BARBASSA, Ademir Paceli. **Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 15, n. 1, p. 19-28, 2010.

GNADLINGER, João. **Coleta de água de chuva em áreas rurais.** In: Anais eletrônicos do 2º Fórum Mundial da Água, Holanda. 2000.

GRABOIS, José. MARQUES, Maria Inez Medeiros. SILVA, Mauro José da, **A organização do espaço no baixo vale do Taperoá: uma ocupação extensiva em mudança.** Revista brasileira de geografia, Rio de Janeiro 53(4): 81-114 out/dez. 1991.

HAUT, Benoît; VIVIERS, Didier. **Water supply in the Middle East during Roman and Byzantine periods.** p. 319-350, 2012. *In Evolution of Water Supply through the Millennia*, ANGELAKIS, Andreas N. Mays, Larry W. KOUTSOYIANNIS Demetris, MAMASSIS Nikos, v. 11 (2015).

HEINZE, Braulio Cezar Lassance Britto. **A Importância da agricultura irrigada para o desenvolvimento da Região Nordeste do Brasil.** Monografia

apresentada ao curso MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada da ECOBUSINESS SCHOOL/FGV. Brasília, 2002.

IEEE, **Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, vol 47, n. 3, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

JENSEN, M. E. **Estimating evaporation from water surfaces**. In: CSU/ARS Evapotranspiration Workshop, Fort Collins, 2010. Proceedings... Fort Collins: ARS, 2010. 26p.

JENSEN, J. R. et al. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Parêntese Editora, 2009.

KAMBANELLAS, C. A. **Historical development of water supply in Cyprus**. Evolution of Water Supply through the Millennia, p. 301, 2019.

Haland E. J. **Let it Rain or Rain Conceive: Rituals of Magical Rain – Making in Modern and Ancient Greece**. In: European Landscapes and Lifestyles: The Mediterranean and Beyond, Z. Roca, T. Spek, T. Terkeli, T. Plieninger and F. Höchtl (eds), Edições Universitárias Lusófonas, Lisbon, Portugal, pp. 285–304. (2007).

LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica** / Marina de Andrade Marconi, Eva Maria Lakatos. – 5. Ed. – São Paulo: Atlas 2003.

LATOUR, Bruno. **Jamais fomos modernos**. Editora 34, 1994.

LONGHITANO, George Alfredo. **VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

LIMA, Anna Erika Ferreira; DA SILVA, Danielle Rodrigues; SAMPAIO, José Levi Furtado. **As tecnologias sociais como estratégia de convivência com a escassez de água no semiárido cearense**. Conexões-Ciência e Tecnologia, v. 5, n. 3, 2011.

LIU, William Tse Horng. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Oficina de Textos, 2015.

LUNGUINHO, Rony Lopes; SOUZA, Jonas Otaviano Praça de; SOUZA, Bartolomeu Israel de. **Inselbergs, Dinâmica Hidrológica e Influência na Caatinga**. Anais do XI SINAGEO, 2016. 6p.

MACHADO, A. M. L. **O uso de veículos aéreos não tripulados (VANTs) em aplicações de mapeamento aerofotogramétrico**. In: XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia, Anais, Gramado, 2014.

MAHMOUDIAN, Seyed Ali; MAHMOUDIAN, Seyed Navid. **Water and water supply technologies in ancient Iran**. P 91-126, 2012. *In Evolution of Water Supply through the Millennia*, ANGELAKIS, Andreas N. Mays, Larry W. KOUTSOYIANNIS Demetris, MAMASSIS Nikos, v. 11 (2015).

MARTINI, P. DRUSIANI, R. **History of the water supply of Rome as a paradigm of water services development in Italy**. *Evolution of Water Supply through the Millennia*, 2019.

MALVEZZI, R. **Semiárido: uma visão holística**. Brasília, DF: Confea, 2007. (Pensar o Brasil e Construir o Futuro da Nação).

MARENCO, José Antônio. Water and climate change. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 83-96, 2008.

MARENCO, Jose A. **Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semi-árido do Brasil**. *Parcerias estratégicas*, v. 13, n. 27, p. 149-176, 2010.

MATSUO, C. A. S. **Projeto de um veículo aéreo não tripulado para pulverização aeroagrícola**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Campinas, 2011.

MAYS, Larry W. **Water supply sustainability of ancient civilizations in Mesoamerica and the American South-West**. p. 383-406, 2012. *In Evolution of water supply through the Millennia*, ANGELAKIS, Andreas N. Mays, Larry W. KOUTSOYIANNIS Demetris, MAMASSIS Nikos, v. 11 (2015).

MAYS, L. W. ANGELAKIS, A. N. **Ancient gods and goddesses of water**, P. 1-18, 2015, *in. Evolution of water supply through the millennia*, ANGELAKIS, Andreas N. Mays, Larry W. KOUTSOYIANNIS Demetris, MAMASSIS Nikos, v. 11 (2015).

MAYS, Larry W. **Use of cisterns during antiquity in the Mediterranean region for water resources sustainability.** Water Science and Technology: Water Supply, v. 14, n. 1, p. 38-47, 2014.

Matheny R. T., Gurr D. L., Forsyth D. W. Hauck F. R. **Investigations of Edzna, Campeche, Mexico.** The Hydraulic System Papers, 46. Brigham Young University. New World Archeological Foundation, Provo, UT, USA. (1983).

MEDEIROS, F. A. **Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão.** Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

MENDONÇA, Francisco. **Geografia socioambiental.** Terra Livre, v. 1, n. 16, p. 113-132, 2015.

MENDONÇA, Francisco. **Geografia, geografia física e meio ambiente: uma reflexão à partir da problemática socioambiental urbana.** Revista da ANPEGE, v. 5, n. 05, p. 123-134, 2009.

MITISHITA, E. A.; GONCALVES, J. E; GRAÇA, N. L. S. S; CENTENO, J. A. S.; OLIVEIRA, C. P. **Análise dos modelos para cálculo de níveis de segurança relacionados à operação de Veículos Aéreos não Tripulado.** Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MONTAÑA, Elma. **Las disputas territoriales de una sociedad hídrica. Conflictos en torno al agua en Mendoza, Argentina.** Revibec: revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica, v. 9, p. 001-17, 2008.

MONTENEGRO, Abelardo AA; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Recursos hídricos em regiões semiáridas: Estudos e aplicações. Campina Grande: Insa, 2012.**

NIMER, E. **Pluviometria e recursos hídricos de Pernambuco e Paraíba.** Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1979.

OLIVEIRA, Aureo S. FRANCISCO, A. de C. Pereira. OLIVEIRA, Greice X. S. BORGES, Valéria p. **Evaporação da água de reservatórios: Medição e estimativa por métodos micrometeorológicos.** In: Recursos hídricos em regiões semiáridas: Estudo e Aplicações. INSA p. 46-73 2012.

PAIVA, Leonardo Vinícius Queiroz de. **Potencial de Captação de água da chuva para o município de São João do Cariri como auxílio na convivência**

do semiárido. Monografia 53p. (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental), UFPB/ Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2017.

PEREIRA, R. A. BARBOSA, M. F. N. **Diagnóstico socioeconômico e ambiental de uma microbacia hidrológica no semiárido paraibano.** Engenharia Ambiental 2009.

PINHEIRO, Lidiane Gomes. FERREIRA, Douglasnilson Moraes. SILVA, Fernanda Lourenço da. MEDEIROS, Josimar Araújo. MEDEIROS, Luciana Castro. PEIXE, Paula Dorti. MOREIRA, Sueli Aparecida **SUSTENTABILIDADE DO PROCESSO DE DESSALINIZAÇÃO DE ÁGUA NO SEMIÁRIDO POTIGUAR: ESTUDO DA COMUNIDADE CAATINGA GRANDE.** Sociedade & Natureza, v. 30, n. 1, p. 132-157, 2018.

PINTO, E. Geopolítica da água. **Revista de Geopolítica**, v. 8, n. 1, p. 19–32, 2017.

PINSKY, Jaime. **As primeiras civilizações.** 25. Ed. – São Paulo: Editora Contexto, 2005.

PRADO, Daniel Porciúncula. **Facetas da práxis ambiental na antiguidade.** 2002.

PRIMAVESI, Ana. **Manejo Ecológico do Solo: a agricultura em regiões tropicais** 6. São Paulo, Nobel 1984, 549 p.

RAAB, L. Mark. **A prehistoric water reservoir from Santa Rosa Wash, southern Arizona.** Kiva, v. 40, n. 4, p. 295-307, 1975.

REBOUÇAS, Aldo da C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez.** Estudos avançados, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.

ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **Geografia do brasil.** Edusp, 1996.

REYES-KNOCHE, A. **Sustainable water supply in pre-Columbian civilizations in Ancient Peru and South America.** p. 271-300, 2012.

In Evolution of Water Supply through the MillEnnia, ANGELAKIS, Andreas N. Mays, Larry W. KOUTSOYIANNIS Demetris, MAMASSIS Nikos, v. 11 (2015).

REYES-KNOCHE A. Water supply and sanitation in ancient Peru: Pre-Columbian cultures and the Incas, **2nd IWA symposium on Water Technologies in Ancient Civilizations**, Bari, Italy. (2009).

ROSA, Roberto. **Geotecnologias na geografia aplicada.** Revista do Departamento de Geografia, v. 16, p. 81-90, 2005.

SALGOT, M.; ANGELAKIS, A. N. The historical development of water supply technologies in Barcelona, Spain. Evolution of Water Supply through the Millennia, p. 497, 2019.

SANO, Edson Eyji; DOS SANTOS, Elaine Marra; MENESES, Paulo Roberto. **Análise de imagens do satélite ALOS PALSAR para o mapeamento de uso e cobertura da terra do Distrito Federal.** Geociências (São Paulo), v. 28, n. 4, p. 441-451, 2009.

SANTOS, Delfran B. dos. SANTANA, Gessionei da S. AZEVEDO, Delka de O. SILVA, Alisson J. P. da. NETO, Manuel D. da Silva. **Captação de água de chuva para fins agropecuários no semiárido.** INSA. P. 76-99. 2012.

SANTOS, Luana de Fátima Damasceno dos. MAGALHÃES, Tamires da Silva. JÚNIOR, Sebastião Benício de Carvalho. FURTADO, Dermeval Araújo. **Produção de silagem para a agricultura familiar.** In: Tecnologias Adaptadas para o Desenvolvimento Sustentável do Semiárido Brasileiro Volume 1 p. 43-52, 2014.

SANTOS, Milton. A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção. Edusp, 2002.

SIEGERT, K. **Introduction to water harvesting: Some basic principles for planning, design and monitoring.** In: FAO, Rome. Water harvesting for improved agricultural production. 1994.

SICKERMANN, J. M. (2000). GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS DE HUVA – IMPRESCINDÍVEL PARA O FUTURO DAS GRANDES CIDADES DO BRASIL. IV Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Petrolina –PE. Jul. 2003.

SILVA, Roberto Marinho Alves da. **Entre o combate à seca e a convivência com o semi-árido: transições paradigmáticas e sustentabilidade do desenvolvimento.** 2006. 298 f., il. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável)-Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SILVA, C. A.; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S. SABADIA, J. A. B. **Utilização de VANT para geração de ortomosaicos e aplicação do Padrão de Exatidão Cartográfica (PEC).** Artigo apresentado no Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), Anais, João Pessoa, 2015.

SILVA, C. A.; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S. SABADIA, J. A. B. **Avaliação da acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito utilizando VANT, GNSS**

E LiDAR. BCG - Boletim de Ciências Geodésicas, Curitiba, PR, v. 22, nº1, jan-mar, 73-94 p., 2016.

SILVA, Virgínia Mirtes de Alcântara et al. **O desastre seca no Nordeste brasileiro.** POLÊMICA, v. 12, n. 2, p. 284-293, 2013.

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Humberto Gonçalves dos Santos et al. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa,. 356 p. : il. color. ; 16 cm x 23 cm. 2018

SERPA, Ângelo. O trabalho de Campo em Geografia: Uma abordagem teórico- Metodológica, pag 07-24. *In.* Boletim Paulista de Geografia / Seção São Paulo - Associação dos Geógrafos Brasileiros. - nº - 84 São Paulo- SP. 2006.

SOARES, Edmilson. **Seca no Nordeste e a transposição do rio São Francisco.** Revista Geografias, p. 75-86, 2013.

SOTCHAVA, Viktor Borisovich. O Estudo do Geossistema. Universidade de São Paulo. Instituto de Geografia, São Paulo, 1977.

Souza, H.R.; Figueiredo, A.P.; Machado, R. R T.; Ramos, A.S. **Agricultura irrigada e desenvolvimento sustentável no Nordeste do Brasil. Brasília: Secretaria de Planejamento, Orçamento e coordenação da Presidência da República,** 1994. GTIV-IV.3. Projeto ARIDAS. Uma estratégia de desenvolvimento sustentável para o Nordeste.

SOUZA, Bartolomeu Israel; SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes; DE LIMA, Eduardo Rodrigues Viana. **DESERTIFICAÇÃO E SEUS EFEITOS NA VEGETAÇÃO E SOLOS DO CARIRI PARAIBANO (desertification and its effects over the vegetation and soils of the cariri region of Paraíba– Brazil).** Mercator, v. 8, n. 16, p. 217 a 232, 2009.

STEFFEN, Carlos Alberto. **RADIAÇÃO SOLAR. Introdução ao sensoriamento remoto.** Divisão de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE, São José dos Campos São– SP. Disponível em:< http://www.geociencias.ufpb.br/leppan/disciplinas/sensoriamento/pos/download/apostila_sensoriamento.pdf >. 2016.

SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. **Delimitação do Semiárido.** 2020.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. Geografia e interdisciplinaridade. Espaço geográfico: interface natureza e sociedade. **Geosul**, v. 18, n. 35, p. 43-54, 2003.

SUERTEGARAY, Dirce Maria Antunes. **(Re) ligar a Geografia: Natureza e Sociedade**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2017. 180p.

TUCCI, Carlos E. M; HESPANHOL, Ivanildo; CORDEIRO NETTO, Oscar de M. **Gestão da água no Brasil**. 2001.

TURRA NETO, Nécio. Pesquisa Qualitativa em Geografia. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/236848335_Pesquisa_Qualitativa_em_Geografia acesso em 05 de janeiro de 2019, 2013.

VENTURI, L. A. B. A Técnica e a Observação na Pesquisa. In: Geografia: Práticas de Campo, Laboratório e Sala de Aula. 1a ed. São Paulo: Sarandi, 2011. p. 12–28.

VIANA, Diogenes carvalho. **Análise da qualidade cartográfica de mds e mde gerados por vant e refinados com uso de dados gnss rtk**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.

VIEIRA, V. P. P. B. **Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no semi-árido**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 8, n. 2, p. 7-17, 2003.

VOUDOURIS, K. **Diachronic evolution of water supply in eastern Mediterranean**. P. 77-89, 2012. In **Evolution of Water Supply through the Millennia**, ANGELAKIS, Andreas N. Mays, Larry W. KOUTSOYIANNIS Demetris, MAMASSIS Nikos, v. 11 (2015).

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. 2 ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil Ltda., 1980.

WWAP (World Water Assessment Programme) **The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World**, WWAP, UNESCO Publishing, Paris, and Earthscan, London 2009.

WOOLF G. (General Editor). **Ancient Civilizations**. Duncan Baird Publishers, London, UK (2005).

ANEXOS

ANEXO I

Valor da área dos polígonos das ruas não calçadas

FID	Shape	Id	área
0	Polygon	1	739,7
1	Polygon	2	845,1
2	Polygon	3	1925,4
3	Polygon	4	713,2
4	Polygon	5	631,0
5	Polygon	6	956,5
6	Polygon	7	1592,1
7	Polygon	8	1508,8
8	Polygon	9	596,3
9	Polygon	10	1155,0
10	Polygon	11	1747,8
11	Polygon	12	1875,9
12	Polygon	13	397,6
13	Polygon	14	440,7
14	Polygon	15	578,6

Valor total das áreas 15703,9 m²

ANEXO II

FID	Shape	Id	área
0	Polygon	1	871,9
1	Polygon	2	1885,2
2	Polygon	3	2799,6
3	Polygon	4	1462,5
4	Polygon	5	1479,0
5	Polygon	6	439,9
6	Polygon	7	1331,3
7	Polygon	8	998,4
8	Polygon	9	995,9

Valor total das áreas 12263,6 m²

ANEXO III

Valor da área dos polígonos dos telhados 14504,2 m²

FID	Shape	Id	area
0	Polygon	1	91,6
1	Polygon	2	135,4
2	Polygon	3	189,2
3	Polygon	4	107,3
4	Polygon	5	123,1
5	Polygon	6	188,1
6	Polygon	7	24,0
7	Polygon	8	126,9
8	Polygon	9	110,6
9	Polygon	10	242,7
10	Polygon	11	96,5
11	Polygon	12	197,9
12	Polygon	13	232,5
13	Polygon	14	56,2
14	Polygon	15	83,1
15	Polygon	16	127,5
16	Polygon	17	19,3
17	Polygon	18	267,1
18	Polygon	19	140,0
19	Polygon	20	80,6
20	Polygon	21	44,8
21	Polygon	22	136,3
22	Polygon	23	170,6
23	Polygon	24	347,1
24	Polygon	25	155,8
25	Polygon	26	33,2
26	Polygon	27	121,4
27	Polygon	28	33,6
28	Polygon	29	347,8
29	Polygon	30	59,4
30	Polygon	31	101,4
31	Polygon	32	263,8
32	Polygon	33	89,3
33	Polygon	34	93,1
34	Polygon	35	235,7
35	Polygon	36	224,0
36	Polygon	37	600,6
37	Polygon	38	90,0
38	Polygon	39	50,6
39	Polygon	40	394,2
40	Polygon	41	28,3

41	Polygon	42	85,5
42	Polygon	43	286,9
43	Polygon	44	371,4
44	Polygon	45	31,3
45	Polygon	46	63,1
46	Polygon	47	109,7
47	Polygon	48	172,5
48	Polygon	49	153,7
49	Polygon	50	229,7
50	Polygon	51	105,3
51	Polygon	52	81,0
52	Polygon	53	12,4
53	Polygon	54	45,9
54	Polygon	55	32,7
55	Polygon	56	103,2
56	Polygon	57	80,4
57	Polygon	58	134,2
58	Polygon	59	45,2
59	Polygon	60	101,4
60	Polygon	61	260,9
61	Polygon	62	271,5
62	Polygon	63	43,7
63	Polygon	64	70,8
64	Polygon	65	70,6
65	Polygon	66	96,1
66	Polygon	67	144,1
67	Polygon	68	41,0
68	Polygon	69	86,2
69	Polygon	70	52,2
70	Polygon	71	39,9
71	Polygon	72	19,1
72	Polygon	73	65,8
73	Polygon	74	223,8
74	Polygon	75	63,5
75	Polygon	76	56,9
76	Polygon	77	70,6
77	Polygon	78	75,9
78	Polygon	79	56,5
79	Polygon	80	57,3
80	Polygon	81	34,0
81	Polygon	82	82,7
82	Polygon	83	101,2
83	Polygon	84	16,5
84	Polygon	85	96,4
85	Polygon	86	157,4

86	Polygon	87	137,3
87	Polygon	88	120,0
88	Polygon	89	69,9
89	Polygon	90	206,7
90	Polygon	91	131,2
91	Polygon	92	29,1
92	Polygon	93	207,1
93	Polygon	94	103,0
94	Polygon	95	131,6
95	Polygon	96	95,0
96	Polygon	97	30,6
97	Polygon	98	161,2
98	Polygon	99	37,1
99	Polygon	100	132,6
100	Polygon	101	233,5
101	Polygon	102	247,1
102	Polygon	103	16,1
103	Polygon	104	86,7
104	Polygon	105	551,2
105	Polygon	106	47,0
106	Polygon	107	71,4
107	Polygon	108	183,4
108	Polygon	109	80,9
109	Polygon	110	235,8
110	Polygon	111	150,7
111	Polygon	112	146,9