

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

LUIZ GUILHERME DE ALMEIDA MENDES

**USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE
ÁREAS VERDES DO BAIRRO CENTRO, NO MUNICÍPIO DE MOCAJUBA – PARÁ**

DOIS VIZINHOS

2023

LUIZ GUILHERME DE ALMEIDA MENDES

**USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE
ÁREAS VERDES DO BAIRRO CENTRO, NO MUNICÍPIO DE MOCAJUBA – PARÁ**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Florestal da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador (a): Alyne Raminelli Siguel Gemin.

DOIS VIZINHOS

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

LUIZ GUILHERME DE ALMEIDA MENDES

**USO DO SENSORIAMENTO REMOTO PARA DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE
ÁREAS VERDES DO BAIRRO CENTRO, NO MUNICÍPIO DE MOCAJUBA –
PARÁ.**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Florestal da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 22 de junho de 2023

Alyne Raminelli Siguel Gemin
Doutorado em ciências geodésicas
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Emilene Frazão Capoia
Mestra em Engenharia Urbana
Universidade Federal de São Carlos

Flavia Alves Pereira
Doutora em Ciência Florestal
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

DOIS VIZINHOS

2023

Aos meus pais, irmãs, professores e amigos, dedico este trabalho. Vocês foram essenciais na minha conquista. Agradeço por todo apoio até aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por me permitir ter inteligência emocional, para não desistir.

Agradeço a minha orientadora Profa. Dra. Alyne Raminlli Siguel Gemin, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Sou grato à minha família pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida.

Também quero agradecer à Universidade Tecnológica Federal do Paraná e a todos os professores do meu curso pela elevada qualidade do ensino oferecido.

Enfim, a todos os meus amigos e as pessoas que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

Área verde conceitua-se como local onde há um predomínio de vegetação arbórea, e neste sentido, a arborização desempenha um papel de importância na qualidade de vida no meio urbano, pois proporciona um ambiente natural agradável. Com o intuito de estudar e quantificar as áreas verdes do bairro centro do município de Mocajuba – PA, realizou-se um estudo baseado em imagens orbitais do satélite CBERS4A e conhecimentos de sistemas de informações geográficas (SIG). Após produzir um mapa de uso e ocupação do solo para a área de interesse, foi calculado os índices de áreas verdes (IAV) para demonstrar a quantidade de metros quadrados de área verde pública e particular existente neste bairro por habitante. A partir da geração deste mapa também foi possível calcular outro índice, o índice de cobertura vegetal (ICVAU) além do índice verde por habitante (IVH). Nota-se que a área verde do Bairro Centro está abaixo da ideal obtendo um baixo IAV. O ICVAU do bairro também foi abaixo do ideal. Já o IVH ficou acima do ideal demonstrando que tem bastante árvores porém não o suficiente no espaço público.

Palavras-chave: Arborização; imagem orbital; geoprocessamento.

ABSTRACT

Green area conceptualized as a place where there is a predominance of arboreal vegetation, and in this sense, afforestation plays an important role in the quality of life in the urban environment, as it provides a pleasant natural environment. In order to study and quantify the green areas of the central neighborhood of the city of Mocajuba - PA, a study was carried out based on orbital images from the CBERS4A satellite and knowledge of geographic information systems (GIS). After producing a map of land use and occupation for the area of interest, the Green Area Index (IAV) was calculated to demonstrate the amount of square meters of public and private green area per inhabitant in this neighborhood. From the generation of this map it was also possible to calculate another index, the Urban Vegetal Coverage Index (ICVAU) in addition to the Green Index per Inhabitant (IVH). It is noted that the green area of neighborhood Center is below the ideal, obtaining a low IAV. The neighborhood's vegetation cover index was also below ideal. The IVH was above the ideal, demonstrating that there are a lot of trees but not enough in the public space.

Keywords: afforestation; orbital image; geoprocessing.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Espectro Eletromagnético.....	19
Figura 2 - Imagens de acordo com sua resolução espacial	20
Figura 3 - delimitação do bairro centro da cidade de Mocajuba - PA.....	22
Figura 4 - Fluxograma ilustrativo das etapas de desenvolvimento	23
Figura 5 - Perímetro do Bairro Centro de Mocajuba - Pará.....	25
Figura 6 - Uso do Solo do Bairro Centro de Mocajuba - Pará	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classes do Uso e Ocupação do Solo e Suas Porcentagens	26
Tabela 2 - Índice de Cobertura Vegetal e Índice de Verde Por Habitante	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SBAU	Sociedade Brasileira de Arborização Urbana
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE SÍMBOLOS

IAV	Índices de Áreas Verdes
ICVAU	Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana
IVH	Índice de Verde Por Habitante

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	OBJETIVO GERAL	14
2.1	Objetivos Específicos	14
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Áreas Verdes.....	15
3.2	Índices de Áreas Verdes	16
3.3	Sensoriamento Remoto	18
3.3.1	Espectro Eletromagnético	19
3.3.2	Resoluções espaciais, radiométricas, temporal e espectral	19
3.4	Geoprocessamento Remoto Aplicado a Áreas Verdes.....	20
4.	METODOLOGIA	22
4.1	Área de estudo.....	22
4.2	Fluxograma de Trabalho	22
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1	Índice de Áreas Verdes (IAV).....	26
5.2	Índice de Cobertura Vegetal	28
5.3	Índice de Verde Por Habitante.....	28

1. INTRODUÇÃO

Em cenários urbanos, a arborização urbana, desempenha um papel de extrema importância na qualidade de vida no meio urbano, devido às suas diversas funções, contribuindo diretamente para o microclima, qualidade do ar, níveis de ruído, paisagem, além de constituir um abrigo indispensável para fauna remanescente na cidade (SBAU, 2007).

Áreas verdes atribuem-se um papel importante nas cidades na qualidade do ambiente, pois servem de equilíbrio entre a vida urbana e o meio ambiente quando esses espaços são utilizados e preservados para esta finalidade (AMORIM, 2001).

A importância da arborização urbana tem seus efeitos positivos, pois pode melhorar a qualidade de vida da população urbana, essa ligação pode ser demonstrada através de diversos estudos técnico-científicos entre áreas arborizadas, e auxilia na saúde física e mental da cidade (MENEZES, 2016). São exemplos os estudos realizados por Faria (2007), Tomasini (2022), que relatam que a temática se revela de suma importância visto que as áreas verdes têm influência direta na qualidade de vida das pessoas que habitam nesses locais.

Esses benefícios podem ser estéticos e estão relacionados principalmente ao efeito paisagístico que as plantas proporcionam visualmente, oportunizando uma conexão entre o homem e a natureza, criando um efeito harmonioso através de suas linhas, formas, cores e texturas suaves e orgânicas, criando diversidade de tipos de paisagens e proporcionando identidade às ruas (LEAL; BIONDI; ROCHADELLI, 2008).

Com ajuda dos sistemas de informações geográficas (SIG), que possibilitam combinar bases de dados alfanuméricos e gráficos (FITZ, 2008) é possível realizar análises espaciais e quantificar as áreas verdes através de imagens de satélites. Neste sentido, realizou-se um estudo para avaliar as áreas verdes do bairro centro do município de Mocajuba – PA e assim verificar o acesso da população a ambientes naturais agradáveis e de boa qualidade. Os dados adquiridos servirão como base para aos órgãos públicos verificarem se existem dificuldades no ambiente, por exemplo, poluição sonora e visual, ou ainda estresse da população, que podem ser causados por um ambiente não arborizado.

2. OBJETIVO GERAL

Quantificar índices de áreas verdes para o Bairro Centro, Mocajuba – PA, utilizando imagem orbital CBERS.

2.1 Objetivos Específicos

- Comparar Índices de Áreas Verdes (IAV), Públicas e Privadas;
- Obter dados de Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana (ICVAU);
- Obter dados de Índice de Verde por Habitante (IVH).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Áreas Verdes

Área verde conceitua-se como local onde há um predomínio de vegetação arbórea que irá englobar as praças, os jardins públicos, parques urbanos, os canteiros centrais e trevos de vias públicas, podendo ter função estética e ecológica ou de lazer (ROSSET, 2005).

Desde os anos de 1970 as cidades do Brasil têm se submetido as mais intensas transformações. A busca pela compreensão das diversidades dos aspectos do espaço urbano, relacionados aos seus tamanhos socioambientais, tornou-se uma preocupação gradativamente presente para os planejamentos e as gestões urbanas (BARGOS; MATIAS, 2011).

Ao decorrer do tempo o papel desempenhado por estes espaços de vegetação nas cidades tem sido consequências das necessidades de experiências para cada momento, ao mesmo tempo em que é um reflexo dos gostos e costumes da sociedade em que essas áreas se encontram (LABODA; ANGELIS, 2005).

Rubira (2016) pode descrever as áreas verdes de diversas formas, incluindo praças, jardins, parques urbanos, etc., que consistem em alguma cobertura vegetal e de alguma forma proporcionam equilíbrio ambiental e qualidade de vida. Essas áreas têm muitas vantagens quando se vive em um ambiente urbanizado.

As contribuições ambientais ocorrem quando esses elementos naturais que compõem as cidades minimizam o impacto da industrialização (VIERO E BARBOSA FILHO, 2009). O planejamento para criação dessas áreas é de extrema importância, para assim saber tecnicamente onde existe a necessidade destes locais (HERNANDEZ et al., 2020).

No contexto descrito, o sistema de áreas verdes é entendido como integrante do sistema dos espaços ao ar livre. Esta ideia é sustentada também por Nucci (2008), que denomina as áreas verdes como espaços livres de construção, onde tem-se a predominância de áreas com vegetação, cuja vegetação e solo com permeabilidade devem ocupar no mínimo 70% da área e ainda desempenhar função estética, ecológica e lazer. Morero; Santos; Fidalgo (2007) sugerem ainda, que a distribuição dessas áreas deve servir a toda população, sem privilegiar classe social e atender as suas reais necessidades de lazer.

Embora acredite-se na existência e manutenção das áreas verdes urbanas, o que se observa com frequência é que essas áreas não têm apresentado crescimento proporcional e com a mesma intensidade em que se dá o crescimento populacional e crescimento de infraestruturas nas cidades. Na história das cidades no Brasil, as áreas com arborização sempre se apresentaram como uma expressão do desenho paisagístico e das características locais como, por exemplo, os jardins botânicos do Rio de Janeiro, de Porto Alegre, Brasília, São Paulo, entre outros exemplos (VIEIRA, 2004).

Diante dessas considerações descritas, torna-se necessária a realização de estudos que discutam o papel das áreas verdes nos espaços urbanos, bem como suas contribuições para a qualidade ambiental das cidades e para a qualidade de vida populacional, além de reflexões acerca da importância do planejamento municipal e de políticas públicas, na construção de cidades ambientalmente saudáveis e sustentáveis (LONDE et al. 2014).

Áreas verdes podem ser mensuradas como a área coberta por vegetação visível por imagens feitas através de satélite, drones, aviões, onde é possível calcular a área, englobando área com gramíneas, cobertura de dossel arbóreo, plantas arbustivas e qualquer tipo de vegetação significativa o suficiente para ser percebida nas imagens (BARBOSA, 2016).

Portanto, a mensuração de áreas verdes através de imagens e a relação entre área verde e população torna-se importante pois as áreas verdes minimizam os efeitos da excessiva impermeabilização, regulam o microclima, amenizando as altas temperaturas produzidas pela concentração de áreas edificadas ou pavimentadas (FILHO; COSTA, et al. 2013).

3.2 Índices de Áreas Verdes

Os elementos urbanos, especialmente a vegetação contida na cidade, são considerados, como importantes indicadores para qualidade de vida e saúde pública (CAPOROSSO; MATIAS, 2008). Os índices são indicadores utilizados para analisar a distribuição espacial da vegetação urbana, que comparam as quantidades de áreas verdes em diferentes espaços da cidade como bairros, praças ou setores censitários da mesma cidade (LUCON; FILHO, 2013).

Os índices verdes de um determinado espaço são definidos através de um conjunto de parâmetros utilizados para estudo da arborização presentes nas áreas verdes, à medida que se realiza a aferição destas áreas, com base nestes índices se obtém uma melhor ou pior condição da arborização desse local de estudo esses índices influenciaram na qualidade áreas verdes sendo ela propicia ou não para a população que se encontra naquela região estudada (NETO et al. 2009).

Na maioria dos trabalhos científicos a técnica utilizada para quantificação e avaliação da vegetação urbana tem sido a elaboração de índices. Os cálculos destes índices verdes são feitos conforme os interesses e finalidade do estudo. Assim, os índices como: Índice de Áreas Verdes (IAV), de Cobertura Vegetal em Área Urbana (ICVAU), de Verde por Habitante (IVH), são calculados. O que gera medidas para quantificar espaços livres urbanos (BARGOS; MATIAS, 2011).

As áreas verdes são representadas predominantemente por vegetação, onde seu predomínio é a arborização, que são elementos vegetais predominantemente de porte arbóreo. A cobertura vegetal se confunde muito com áreas verdes, o que dificulta a comparação com índice de áreas verdes em uma mesma cidade. Geralmente são confundidos o índice de áreas verdes com o índice de verde, também conhecido como cobertura vegetal, pelo fato de ambos serem dependentes da demografia, que no caso são calculados através da função da população, que expressa a oferta de serviços per capita. Cobertura vegetal é toda vegetação que contempla três sistemas: espaços livres de construção, espaços de integração urbana e espaços com construções, e as encontradas nas unidades de conservação e na zona rural (COSTA; FERREIRA, 2009).

O método mais utilizado para calcular o IAV ou índice de áreas verdes é o produto da divisão entre o somatório das áreas verdes e o número de habitantes do local estudado, demonstrado na equação (1). No Brasil se utiliza o valor de 12 m² de área verde por habitante como o valor do IAV, sendo recomendado da Organização das Nações Unidas (ONU) (LUCON; FILHO, 2013).

$$IAV = \sum \text{area verde pública (m}^2 \text{ ou Km}^2) /$$

$$\sum \text{habitantes no perímetro avaliado (hab)} = (\text{m}^2 / \text{hab})$$

(1)

Lucon, Filho e Sobreira, (2013), propõem a fórmula para o Índice de Cobertura Vegetal em Área Urbana (ICVAU). Esta, representa a proporção (%) de área coberta por vegetação em função da área total representada (equação 2).

$$ICVAU = \frac{\sum \text{area verde (m}^2\text{)}}{\sum \text{area total estudada (m}^2\text{)}} \times 100 = (\%)$$

(2)

O Índice de Verde por Habitante (IVH): expressa a quantidade de cobertura vegetal dividido pelo número de habitantes da localidade (m²/hab.). Neste índice é mensurado a quantidade da vegetação, sendo esta composta por árvores, arbustos ou até mesmo gramados e correlaciona com o número de habitantes presentes neste perímetro (equação 3). (LUCON; FILHO; SOBREIRA, 2013)

$$IVH = \frac{\sum \text{area verde (m}^2\text{)}}{\sum \text{habitantes no perímetro avaliado (hab)}} = (\text{m}^2/\text{hab})$$

(3)

3.3 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto é definido como uma tecnologia que possibilita a aquisição de informações de objetos que não necessitam de contato físico para a sua coleta. Ele utiliza para tanto um conjunto de sensores e equipamentos para processar os dados obtidos, tendo como objetivo o estudo de ambientes terrestres por meio de registros e análises das interações entre a radiação eletromagnética e a diversidade de coberturas que fazem parte da superfície terrestre (SOUZA, 2007).

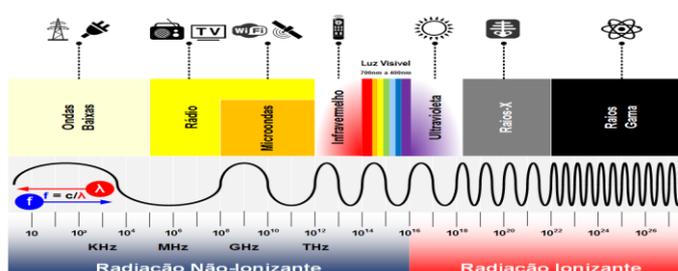
O sensoriamento remoto é uma tecnologia que se obtém através dos satélites orbitais que estão em operação, por exemplo: LANDSAT, SPOT, CBERS, IKONOS,

QUICKBIRD e NOAA. Os cinco primeiros satélites são direcionados para monitoramento e levantamento de recursos naturais terrestres, e os satélites NOAA são satélites meteorológicos, utilizados para estudos climáticos e atmosféricos, mas que também se destinam ao sensoriamento remoto (FIGUEIREDO, 2005).

3.3.1 Espectro Eletromagnético

A energia eletromagnética pode ser ordenada de maneira contínua em função de seu comprimento de onda ou de sua frequência, sendo esta disposição denominada de espectro eletromagnético. Essas ondas, conhecidas como radiação eletromagnética (REM), desempenham o papel de termômetros-mensageiros, capturando informações cruciais e características fundamentais das feições terrestres. Esses comprimentos de onda variam desde 0,38 μm até 100 μm (JENSEN, 2009).

Figura 1 - Espectro Eletromagnético



Fonte: BRITO (2018)

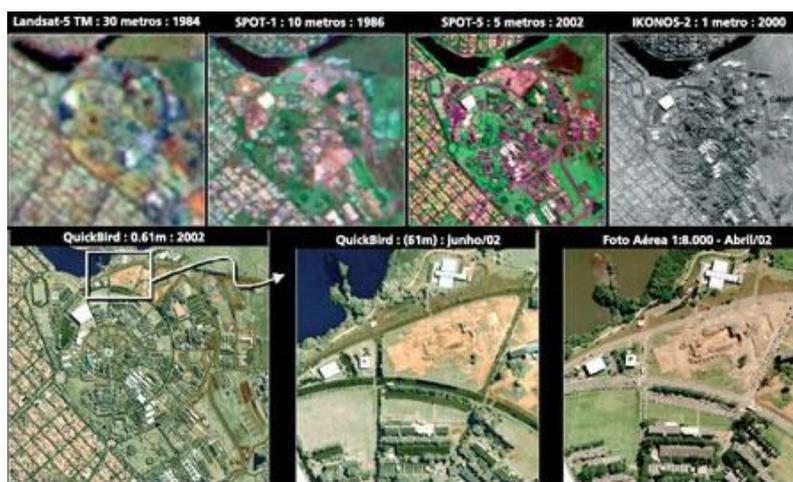
3.3.2 Resoluções espaciais, radiométricas, temporal e espectral

Os objetos da superfície da terra refletem energias em comprimento de ondas, essas reações físicas são registradas pelos sensores na forma de valores radiométricos associados aos pixels das imagens, traduzindo em valores de cinza (NASCIMENTO, 2010).

A resolução espacial de uma imagem é uma medida que representa o tamanho real de uma área abrangida por um pixel. Essa medida varia entre diferentes satélites

e sensores, resultando em resoluções espaciais distintas. Essas variações influenciam a capacidade de capturar detalhes e a definição das imagens adquiridas (PEREIRA, 2012).

Figura 2 - Imagens de acordo com sua resolução espacial



Fonte: MundoGEO (2012)

A resolução espectral tem a ver com o número de bandas que os sensores existentes nos satélites conseguem discretizar. A resolução radiométrica está relacionada ao nível de sensibilidade do sensor em detectar pequenas variações radiométricas. E a resolução temporal corresponde ao tempo que o satélite leva para recobrir a mesma área novamente (BLASCHKE, 2005).

3.4 Geoprocessamento Remoto Aplicado a Áreas Verdes

As técnicas de sensoriamento remoto, aliadas aos sistemas de informação geográfica, permitem a identificação das características das modificações do espaço, reconhecendo e mapeando esse espaço, além de estimar a extensão e a intensidade das alterações que o homem provoca nas cidades, contribuindo para o monitoramento presente e futuro dos fenômenos analisados (GOMES, 1995).

O sensoriamento remoto com o passar dos anos possibilitou o monitoramento de fenômenos de mudanças climáticas, conservação e preservação ambiental. O sensoriamento remoto é uma ferramenta muito importante para se obter informações

sobre os recursos naturais como por exemplo recursos do solo, água e a vegetação (DANELICHEN, 2016).

O planejamento no setor florestal utilizando informações obtidas de dados remotos se faz comum, através de imagens de satélites e fotografias aéreas. Os satélites da série Landsat são os que mais se destacam quando o objetivo é o monitoramento florestal, por fornecer dados multiespectrais a cada dezesseis dias e um custo benefício satisfatório quando comparado a métodos alternativos (SOUZA, et al. 2007).

Através das informações adquiridas pelos sensores orbitais é possível fazer estudos da dinâmica da vegetação e através desses estudos saber as extensões das áreas verdes, utilizando a refletância da superfície vegetada em bandas espectrais do visível e infravermelho, por meio dos satélites ambientais (DANELICHEN, 2016).

O sensoriamento remoto é uma ferramenta que vem sendo utilizada para auxiliar na identificação e quantificação da distribuição das florestas e áreas verdes, podendo ser em escala local ou global (FREITAS; SHIMABUKURO, 2007).

As informações obtidas através de Sensoriamento Remoto ou pelo Geoprocessamento podem ajudar com planejamento urbano de diversas formas, contribuindo com a diminuição de incertezas sobre o ambiente e na tomada de decisões (PEREIRA; SILVA, 2001)

O monitoramento das áreas verdes se faz necessário, pelas constantes mudanças nos cenários das cidades. Essas análises são geradas através das imagens de satélites ou fotografias aéreas (FREITAS; SHIMABUKURO, 2007).

As imagens dos satélites CBERS estão disponíveis gratuitamente ao público no endereço da internet: www.cbbers.inpe.br. Esse tipo de imagem, no entanto, está sendo obtido por meio do programa de cooperação internacional com a China e tem como principal objetivo retransmitir dados (temperatura, índice de chuva, umidade, volume dos rios (FLORENZANO, 2008).

4. METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

O município de Mocajuba está situado a 200 km ao sul de Belém, capital do estado do Pará, na beira do rio Tocantins com a Latitude entre 02° 35' 03" S e Longitude entre 49° 30' 26" W. A altitude do município é de 30 m acima do nível do mar e com uma área 860,4 Km². A população é de cerca 31.917 habitantes (IBGE, 2021).

A região escolhida para o trabalho foi o centro de Mocajuba (figura 3), pois se tratando de uma região central atrai diariamente um número grande de habitantes, o que pode acarretar em poluição sonora, visual e aumento de temperatura, os efeitos destes fatores se minimizam pela presença de áreas verdes.

Figura 3 - delimitação do bairro centro da cidade de Mocajuba - PA

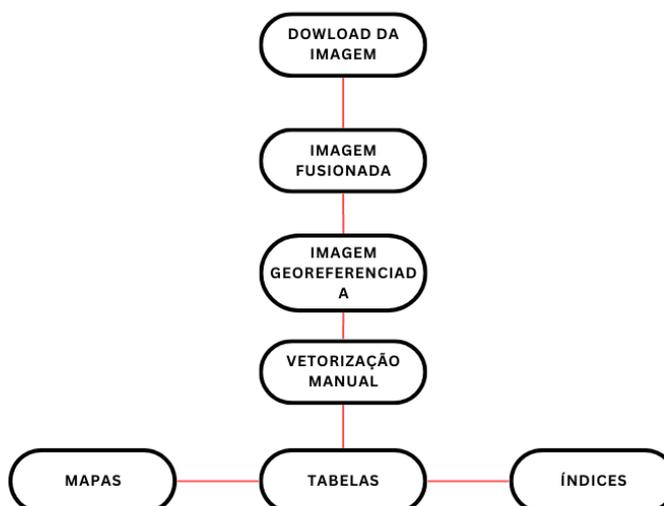


Fonte: Google Earth Pro (2023)

4.2 Fluxograma de Trabalho

A figura 4 descreve em forma de fluxograma os processos realizados para aquisição dos dados referentes ao bairro Centro de Mocajuba.

Figura 4 - Fluxograma ilustrativo das etapas de desenvolvimento



Fonte: Autoria própria (2023)

O download da imagem do satélite CBERS4A foi realizado através do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A imagem tem como características técnicas uma resolução espacial de 2 m pancromática, gerada no ano de 2019. Esta imagem orbital foi fusionada e georreferenciada e necessitou realizar procedimentos, para que o sistema geodésico de referência da mesma passasse de WGS-84 para SIRGAS 2000. O fuso da imagem é o 22 e o hemisfério Sul, com sistema de projeção cartográfica UTM.

A fusão da imagem orbital consistiu em utilizar a imagem pancromática (PAN) do sensor orbital, que possui uma resolução espacial de 2m com a imagem multiespectral (MS), caracterizada por possuir uma resolução espacial com 8m.

Para a confecção de mapas e a quantificação dos índices de vegetação do Bairro Centro, foram necessários *softwares* específicos, como o ArcGIS® e o Microsoft Excel®. Com ferramentas presentes nos *softwares* foram criados mapas temáticos referentes a quantificação, classificação e distribuição das áreas verdes, tabelas com as áreas verdes, áreas de edificações, áreas de vias, bancos de areias e área de rio, além de cálculos dos índices de áreas verdes.

A partir de um arquivo .shape do bairro centro, baixado do site do IBGE e um banco de dados criado, pode-se realizar a vetorização manual que consistiu em marcar polígonos, árvores, arbustos e gramas, caracterizados como classes de áreas

verdes. Já as casas, igrejas e escolas foram denominados como edificações, as ruas foram classificadas como vias, e como no perímetro do bairro também se localizou areia devido a praias e campo de futebol de areia, fez-se a classificação areia. Além disso, tem-se a classe rio por estar no bairro centro.

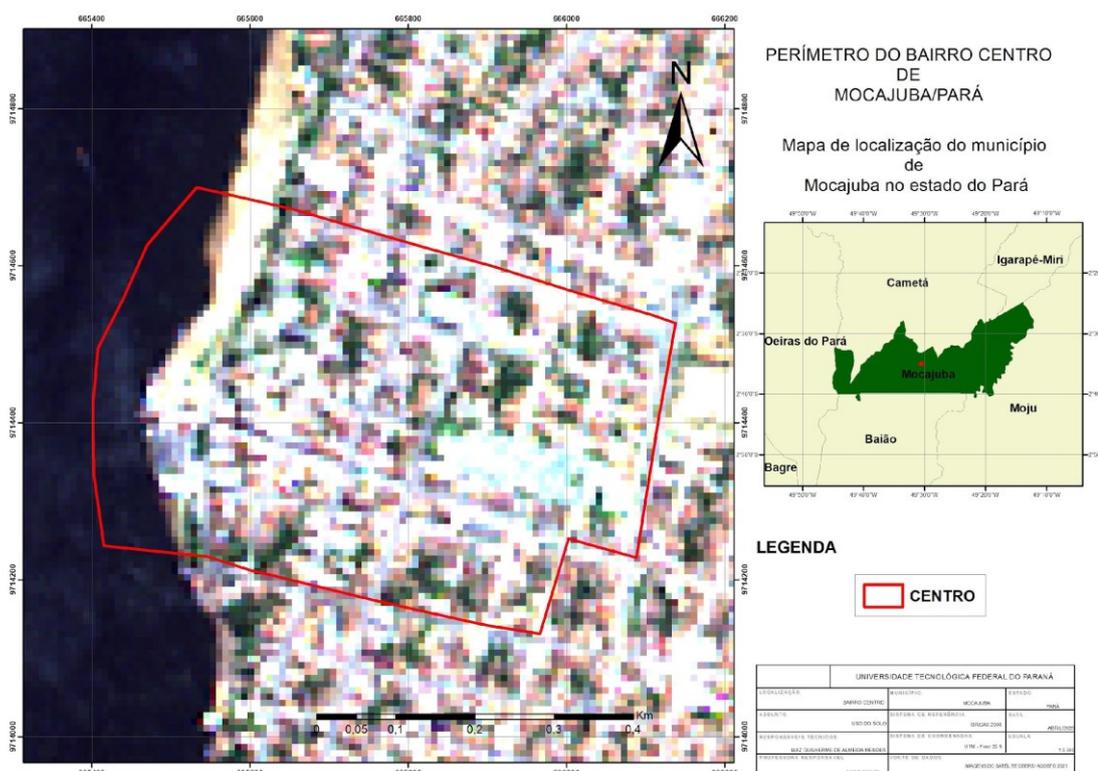
Depois das classes terem sido editadas, partiu-se para a elaboração de tabelas com os dados quantitativos, assim pode-se conhecer a área referente a arborização, vias, edificações, rio e areia no bairro.

A massa verde presente nas calçadas ao longo das vias e em outras áreas públicas são de responsabilidade municipal, diferentemente das áreas verdes privadas que são de patrimônio particular e de acesso restrito a população como um todo. Para as edificações foram considerados os telhados das residências.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a identificação do limite da área de trabalho e representar o bairro Centro, utilizou-se os dados disponibilizados pelo IBGE (2019).

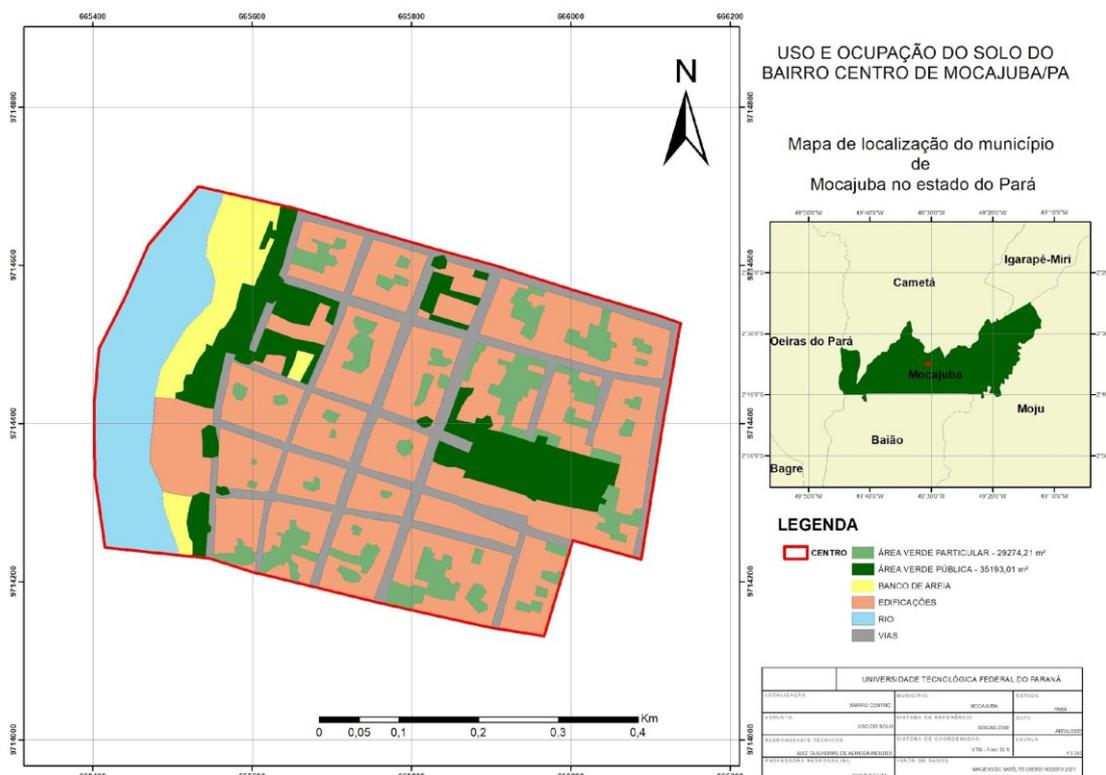
Figura 5 - Perímetro do Bairro Centro de Mocajuba - Pará



Fonte: Autoria própria (2023)

Com o perímetro pode-se delimitar o bairro e vetorizar manualmente o que se encontrava na imagem. A Figura 6 indica o uso e ocupação de acordo com as classes já estabelecidas.

Figura 6 - Uso do Solo do Bairro Centro de Mocajuba - Pará



Fonte: Autoria própria (2023)

As classes obtidas no uso e ocupação do solo foram áreas verdes particulares com 29274,21 m², áreas verdes públicas com 35193,01 m², edificações com 135270,23 m², vias com 45701,35 m², banco de areia 15786,88 m² e rio 36811,02 m².

5.1 Índice de Áreas Verdes (IAV)

A primeira classe avaliada neste bairro foi relacionada a vegetação pública, utilizados para o cálculo do Índice de Áreas Verdes (IAV), a vegetação característica deste índice localiza-se em regiões de acesso livre para a população e foram consideradas as árvores e arbustos ao longo das calçadas e quadras, além do cemitério municipal, sendo um lugar público.

Com a vetorização do dossel desta vegetação se mensurou a área ocupada pela copa destes indivíduos arbóreos e arbustivos, totalizando uma área verde pública de 35193,01 m², representando um total de 11,81% da área total do bairro.

A segunda classe foi a vegetação particular onde os resultados foram de área verde particular de 29274,21 m², representando o total de 9,82% da área total do bairro.

Com base nesta área de arborização pública do Bairro Centro e particular, o IAV foi calculado para demonstrar a quantidade de m² de área verde pública e particular existe neste bairro por habitante. Neste perímetro de estudo residem 3.214 habitantes, a partir da divisão da área verde pública pelo número de habitantes locais, obteve-se um IAV de 10,95 m² de área verde/habitante em áreas públicas e 9,11 m² de área verde/habitante em áreas particulares.

Esse índice representa apenas 73% em áreas públicas, o que está abaixo do ideal sugerido pela Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (SBAU), conforme citado por Matos e Queiroz (2009). Segundo eles, o Índice de Área Verde (IAV) deve ser de pelo menos 15m² de área verde por habitante. Já a área particular representou apenas 60,72% em comparação ao IAV ideal.

A Tabela (1) indica os resultados quantitativos encontrados com o mapa do uso e ocupação do solo e os IAV, calculados das áreas verdes pública e particular.

Tabela 1 – Classes do Uso e Ocupação do Solo e Suas Porcentagens

Descrição	Quantidade de área em (m²)	Porcentagens das áreas (%)	Índice de área verde em (m²/habitante)
Áreas verdes públicas	35193,01	11,81	10,95
Áreas verdes particulares	29274,21	9,82	9,11
Edificações	135270,23	45,39	
Vias	45701,35	15,33	
Banco de areia	15786,88	5,30	
Rio	36811,02	12,35	

Fonte: Autoria própria (2023)

Nota-se que a área verde do Bairro Centro está a baixo da ideal, sendo que este possui uma área de 64467,22m² de vegetação arbórea e arbustiva, ou 21,63% da área total do Bairro, porém quando se isola as áreas verdes públicas e privadas,

nota-se que a área pública é apenas 11,81% deste total da vegetação, obtendo um baixo IAV (Índice de Área Verde), ou seja, apenas 10,97m² /habitante, o que é abaixo do ideal sugerido na literatura (15m²/habitante).

O índice de área verde por habitante é um dos critérios para se identificar a qualidade ambiental urbana, pois representa a quantidade de áreas para o lazer disponíveis para uso da comunidade, um exemplo é o município de São Paulo que passou a adotar a proporção de 12m²/habitante como índice desejado (CAVALHEIRO; PICCHIA, 1992). Entretanto, uma das limitações do índice observados relaciona-se com a obtenção do número de habitantes da região pois desconsidera a população flutuante que frequenta esses espaços.

5.2 Índice de Cobertura Vegetal

O ICVAU (Índice de Cobertura Vegetal Urbana) considera a área compreendida pelo o dossel da vegetação pública e privada do Bairro Centro em relação a área total do Bairro, para assim obter o percentual de cobertura vegetal do bairro.

A área vegetada no bairro é de 64467,22 m², sabendo que a área total do Bairro Centro é 298036,7 m², este índice é expresso por 21,63% do bairro, ou seja, esse é o percentual de vegetação arbórea e arbustiva encontrada no Centro.

Sobre a quantificação, Lombardo (1985) estima que um índice de cobertura vegetal na faixa de 30% seja o recomendável para proporcionar um adequado balanço térmico em áreas urbanas, sendo que áreas com índice de arborização inferior a 5% determinam características semelhantes às de um deserto. O ICVAU obtido representou 72,10% do total desejado.

O índice de cobertura vegetal do bairro também foi abaixo do ideal. A área vegetada no bairro é de 64467,22 m², sabendo que a área total do Bairro Centro é 298036,7 m², este índice é expresso por 21,63%, o ideal seria de 30% nesse índice faltando assim 8,37%.

5.3 Índice de Verde Por Habitante

Utilizando a mesma área arbórea, calculou-se o Índice de Verde por Habitante (IVH), que relaciona as classes de vegetação pública ou privada, com a quantidade

de habitantes que vivem nesta determinada área. Com isto, o resultado do IVH fica em 20,06 m² /habitante.

Tabela 2 – Índice de Cobertura Vegetal e Índice de Verde Por Habitante

Descrição	Quantidade de áreas em (m²)	Índice de Cobertura Vegetal (%)	Índice de Verde Por Habitante (m²/habitante)
...
Áreas verdes públicas	35193,01	21,63	20,06
Áreas verdes particulares	29274,21		

Fonte: Autoria própria (2023)

Já o Índice de Verde por Habitante (IVH), ficou em 20,06 m² /habitante, onde o ideal é de 12m²/habitante, isso demonstra que existem árvores por habitante, porém nem todos podem usufruir. Isso se deu porque foram juntadas todas as vegetações do perímetro, tanto publica quanto particular.

1 CONCLUSÃO

Com base nos mapas e índices calculados, foi possível verificar que o sensoriamento remoto e o geoprocessamento foram essenciais para poupar tempo e investimentos financeiros quando o intuito é conhecer a área de estudo (mapa de uso e ocupação) e verificar situações específicas através de índices, como os calculados através das áreas vetorizadas para o ambiente de interesse.

No caso da arborização pública se nota que elas estão concentradas em algumas áreas como a praça da igreja matriz, orla e cemitério, nas calçadas dos quarteirões se nota pouca arborização pública. As quadras que estão sem árvores têm um grande potencial para abrigarem árvores e beneficiar as pessoas e até animais que por ali passam.

Apenas o índice de verde por habitante foi acima do esperado se comparado com a literatura, os demais índices foram a baixo dos valores ideais que deveriam ter no bairro. Os índices de áreas verdes tanto da pública quanto da área particular estão próximos, mas abaixo do recomendado na literatura, demonstrando que poderiam ser executadas políticas públicas e privadas para se plantar mais áreas verdes.

Por fim, deixo a sugestão aos órgãos públicos da cidade, que planejem e usem profissionais e técnicas adequadas, assim como mudas de qualidades, para uma possível arborização do bairro, buscando assim um melhor equilíbrio ambiental e qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Erica Caverzam. **Influência da Vegetação nas Condições Microclimáticas em Ambientes Urbanos-Estudo de Caso Ilha do Fundão**. Rio de Janeiro, 2016.
- BARGOS, Danúbia Caporusso; MATIAS, Lindon Fonseca. **Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011.
- BLASCHKE, Thomas; KUX, Hermann. **Sensoriamento remoto e SIG avançados: novos sistemas sensores, métodos inovadores**. Oficina de textos, 2005.
- CAPORUSSO, Danúbia; MATIAS, Lindon Fonseca. **Áreas verdes urbanas: avaliação e proposta conceitual**. VIII Seminário de Pós-graduação em Geografia da UNESP. Rio Claro–SP, 2008.
- CAVALHEIRO, Felisberto; DEL PICCHIA, P. C. D. **Áreas verdes: conceitos, objetivos e diretrizes para o planejamento**. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 4 Vitória-ES, de 13 a 18 de set/1992, Anais I e II, pp. 29-38, 1992
- COSTA, Renata Geryani S.; FERREIRA, Cácia Castro M. **Análise do índice de áreas verdes (IAV) na área central da cidade de Juiz de Fora, MG**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v. 4, n. 1, p. 39-57, 2009.
- DA SILVA, Rita de Cássia Ferreira et al. **ANÁLISE COMPARATIVA DE ÍNDICES ESPECTRAIS PARA A EXTRAÇÃO AUTOMÁTICA DA LÂMINA D'ÁGUA EM IMAGEM DO SATÉLITE LANDSAT 8/OLI**. 2019.
- DE LIMA NETO, Everaldo Marques et al. **Índices de densidade e sombreamento arbóreo em áreas verdes públicas de Aracaju, Sergipe**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v. 4, n. 4, p. 47-62, 2009.
- DE MORAIS DANELICHEN, Victor Hugo et al. **Uso do sensoriamento remoto na estimativa do índice de área foliar em floresta tropical**. Ciência e Natura, v. 38, n. 3, p. 1352-1360, 2016.
- DE OLIVEIRA FILHO, PAULO COSTA et al. **A importância das áreas verdes em uma cidade de pequeno porte: estudo de caso na cidade de Irati-PR**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v. 8, n. 1, p. 89-99, 2013.
- FARIA, José Luiz Guisard; MONTEIRO, Evoni Antunes; FISCH, Simey Thury Vieira. **Arborização de vias públicas do município de Jacaref–SP**. Revista da sociedade brasileira de arborização urbana, v. 2, n. 4, p. 20-33, 2007.

FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. São Paulo, 2005.)

FITZ, P. **Geoprocessamento Sem Complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Os satélites e suas aplicações**. Sindicato dos servidores Públicos Federais na Área de Ciências e Tecnologia do Vale do Paraíba-SindCT, 2008.

FREITAS, Simone Rodrigues; SHIMABUKURO, Yosio Edemir. **Diagnosticando Florestas Tropicais através do sensoriamento remoto**. In: Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2007. p. 6453-6460.

GUZZO, P. **Estudos dos espaços livres de uso público e da cobertura vegetal em área urbana da cidade de Ribeirão Preto SP**. 1999. 106f. Dissertação (Mestrado em Geociências) Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1999.

HERNANDEZ, Jessika Alexandra Zambrano et al. **Mapeamento da arborização de calçadas nas vias públicas de Ponta Grossa-PR com uso de sensoriamento remoto**. 2020.

Instituto brasileiro de geografia e estatística. Mocajuba. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/mocajuba/panorama>>. Acessado em: 11/10/22.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos naturais**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

LEAL, L.; BIONDI, D.; ROCHADELLI, R. **Custos de implantação e manutenção da arborização de ruas da cidade de Curitiba, PR**. Revista *Árvore*, v. 32, n. 3, p. 557–565, 2008.

LOBODA, Carlos Roberto; DE ANGELIS, Bruno Luiz Domingues. **Áreas verdes públicas urbanas: conceitos, usos e funções**. *Ambiência*, v. 1, n. 1, p. 125-139, 2005.

LOMBARDO, M.A. **Ilha de calor nas metrópoles. O exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 244p, 1985.

LONDE, Patrícia Ribeiro et al. **A influência das áreas verdes na qualidade de vida urbana**. *Hygeia-Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde*, v. 10, n. 18, p. 264-272, 2014.

LUCON, Thiago Nogueira; DO PRADO FILHO, José Francisco; SOBREIRA, Frederico Garcia. **Índice e percentual de áreas verdes para o perímetro urbano de Ouro Preto-MG**. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 8, n. 3, p. 63-78, 2013.

LUCON, Thiago Nogueira; DO PRADO FILHO, José Francisco; SOBREIRA, Frederico Garcia. **Índice e percentual de áreas verdes para o perímetro urbano de Ouro Preto–MG**. Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, v. 8, n. 3, p. 63-78, 2013.

MENEZES, T. S. B. **Avaliação do desenvolvimento de parte da arborização urbana do bairro de Campo Grande, Rio de Janeiro, RJ**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro, Rio De Janeiro, 2016

MORERO, A.M.; SANTOS, R.F.; FIDALGO, E.C.C. **Planejamento ambiental de áreas verdes: estudo de caso de Campinas-SP**. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v.19, n.1, p. 19-30, jun. 2007.

NASCIMENTO, Diego Tarley Ferreira et al. **Emprego de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na análise multitemporal do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia-GO (1986/2010)**. 2010.

NUCCI, T. C. **Qualidade Ambiental e Adensamento Urbano: um estudo de ecologia e planejamento da paisagem aplicada ao distrito de Santa Cecília (MSP)**. Curitiba: o autor, 2.ed. 2008. 150 p.

PEREIRA, Allan Arantes et al. **Validação de focos de calor utilizados no monitoramento orbital de queimadas por meio de imagens TM**. Cerne, v. 18, p. 335-343, 2012.

PEREIRA, Gilberto Corso; SILVA, Barbara-Christine Nentwig. **Geoprocessamento e urbanismo**. 2001.

PRUDENTE, T. D.; ROSA. R. **Geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicados no mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal do município de Tupaciguara-MG**. In: Anais. XII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Natal, Rio Grande do Norte, 2007

ROSSET, Franciele. **Procedimentos metodológicos para estimativa do índice de áreas verdes públicas. Estudo de caso**: Erechim, RS. 2005.

RUBIRA, Felipe Gomes. **Definição e diferenciação dos conceitos de áreas verdes/espços livres e degradação ambiental/impacto ambiental/Definition and differentiation of concepts green áreas/spaces free and environmental degradation/environmental impact**. Caderno de Geografia, v. 26, n. 45, p. 134-150, 2016.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ARBORIZAÇÃO URBANA. **Importância da análise de risco de queda em árvores urbanas**. Disponível em: <http://www.sbau.org.br>. Acessado em 20/08/2022.

SOUZA, Celso Coelho de et al. **Técnicas de sensoriamento remoto como subsídios aos estudos de florestas implantadas no Brasil-Uma revisão bibliográfica.** Ciência Florestal, v. 17, p. 409-417, 2007.

SOUZA, Celso Coelho de et al. **Técnicas de sensoriamento remoto como subsídios aos estudos de florestas implantadas no Brasil-Uma revisão bibliográfica.** Ciência Florestal, v. 17, p. 409-417, 2007.

TOMASINI, Sérgio Luiz Valente et al. Arborização urbana: paisagem cultural de Porto Alegre?. In: **Congresso Brasileiro de Arborização Urbana (24.: 2022: Campo Grande, MS). A floresta urbana viva [recurso eletrônico]. Campo Grande: SBAU, ISA, UFMS, 2022.** 2022.

VIEIRA, P. B. H. **Uma visão geográfica das áreas verdes de Florianópolis, SC: estudo de caso do Parque Ecológico do Córrego Grande (PECG).** Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis - SC, 2004.

VIERO, Verônica Crestani; BARBOSA FILHO, Luiz Carlos. **Praças públicas: origem, conceitos e funções. Jornada de Pesquisa e extensão.** Ulbra, Santa Maria, 2009.

APÊNDICE A - Mapa de Localização da Área de Estudo

Mapa do Perímetro do Bairro Centro de Mocajuba – Pará



PERÍMETRO DO BAIRRO CENTRO DE MOCAJUBA/PARÁ

Mapa de localização do município de Mocajuba no estado do Pará



LEGENDA



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ					
LOCALIZAÇÃO	BAIRRO CENTRO	MUNICÍPIO	MOCAJUBA	ESTADO	PARÁ
RESULTADO	USO DO SOLO	SISTEMA DE REFERÊNCIA	SIGMG 2000	DATA	ABRIL/2021
RESPONSÁVEL TÉCNICO	WILZ GUILHERME DE ALMEIDA HERDES	SISTEMA DE COORDENADAS	UTM - Fuso 22 S	ESCALA	1:3.000
PROFESSORA RESPONSÁVEL	ALTHE SODRÉ	FONTE DE DADOS	IMAGENS DE SATÉLITE OBSERVADAS EM AGOSTO 2021		

APÊNDICE B - Mapa De Uso do Solo da Área de Estudo

Mapa do Uso do Solo do Bairro Centro de Mocajuba – Pará



USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DO BAIRRO CENTRO DE MOCAJUBA/PA

Mapa de localização do município de Mocajuba no estado do Pará



LEGENDA

- CENTRO
- ÁREA VERDE PARTICULAR - 29274,21 m²
- ÁREA VERDE PÚBLICA - 35193,01 m²
- BANCO DE AREIA
- EDIFICAÇÕES
- RIO
- VIAS

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ			
LOCALIZAÇÃO:	BAIRRO CENTRO	MUNICÍPIO:	MOCAJUBA
		ESTADO:	PARÁ
ASSUNTO:	USO DO SOLO	SISTEMA DE REFERÊNCIA:	SIRGAS 2006
		DATA:	ABRIL/2025
RESPONSÁVEL TÉCNICO:	LUZ SILVIERE DE ALMEIDA MERDES	SISTEMA DE COORDENADAS:	ESUALA
		UTM - FUSO:	22 S
		DATA DE DADOS:	13/05
PROFESSOR RESPONSÁVEL:	ALTEI SOUZA	IMAGEM DO SATÉLITE:	CEERS/AGOSTO/2021