

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ANDREIA PEREIRA DE SOUSA

**ANÁLISE DE ILHAS DE CALOR DA FLORESTA NACIONAL DE BRASÍLIA E SEU
ENTORNO UTILIZANDO IMAGENS DE SATÉLITE LANDSAT 8**

DOIS VIZINHOS

2022

ANDREIA PEREIRA DE SOUSA

**ANÁLISE DE ILHAS DE CALOR DA FLORESTA NACIONAL DE BRASÍLIA E SEU
ENTORNO UTILIZANDO IMAGENS DE SATÉLITE LANDSAT 8**

**Analysis of heat islands of the National Forest of Brasília and its surroundings
using Landsat 8 imagery**

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): Prof. Dr. Raoni Wainer Duarte Bosquilia.

DOIS VIZINHOS

2022



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

ANDREIA PEREIRA DE SOUSA

**ANÁLISE DE ILHAS DE CALOR DA FLORESTA NACIONAL DE BRASÍLIA E SEU
ENTORNO UTILIZANDO IMAGENS DE SATÉLITE LANDSAT 8**

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: 7 de novembro de 2022

Raoni Wainer Duarte Bosquilia (<http://lattes.cnpq.br/0935587157912389>)
Titulação (Doutorado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos

Fabiani das Dores Abati Miranda (<http://lattes.cnpq.br/5127529978041729>)
Titulação (Doutorado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos

Álvaro Boson de Castro Faria (<http://lattes.cnpq.br/2218303416814256>)
Titulação (Doutorado)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos

DOIS VIZINHOS

2022

AGRADECIMENTOS

A Deus que é o autor de toda ciência, sabedoria e entendimento. Sem Ele, nada do que foi feito se fez.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo incentivo a pesquisa, e o berço de toda a minha caminhada acadêmica.

Ao meu professor e orientador, Raoni Bosquilia, por ter aceito fazer parte deste projeto e me instruir com seu vasto conhecimento e diretrizes necessárias para que esta pesquisa fosse possível.

A professores Alvaro Boson, Fabiani Miranda e Maria Madalena por ter aceito o convite de participar da minha banca avaliadora e contribuir com este trabalho.

Ao meu pai Evaldo Rodrigues e minha mãe Tina Pereira, por acreditarem, apoiaram e caminharam comigo, mesmo quando eu mesma achava impossível.

Aos meus irmãos, Rafaela Pereira, Diego Pereira, Raquel Pereira e Jéssica Pereira, que com leveza e companheirismo me animaram e motivaram a realizar este sonho.

A minhas amigas Carla Marins, Carina Carvalho, Patrícia Ramos, Keliane Carolino e Wanderson Rosa, que conheci ao longo dessa jornada e se tornaram parte da minha família. Minha companhia diária que levarei para o resto da vida.

RESUMO

Com o êxodo rural no século XX o Brasil que tinha a sua população concentrada principalmente na área rural, passa a receber grande quantidade de pessoas nos centros urbanos. Vegetações, rios e áreas naturais sofreram impactos significativos com o desordenado crescimento urbano. Com o elevado grau de urbanização, as cidades passam a sofrer com um fenômeno climático chamado de Ilhas de Calor, onde, a temperatura média nas cidades é mais elevada que nas áreas rurais. Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar a formação de Ilhas de Calor na Floresta Nacional de Brasília e no seu entorno urbano, comparando as temperaturas de ambas e verificar a influência que a floresta exerce sobre seu entorno. Diante disso, foi utilizado o algoritmo TST para estimar a temperatura de superfície do terreno a partir de imagens do satélite Landsat 8. A floresta e seu entorno foi classificada por uso e ocupação do solo. Sendo eles: Área Urbana Densa, Área Urbana não Densa, Chácaras, Pastagem, Galeria, Eucalipto, *Pinus*, Murundum, Cerrado e Vereda. Após análises, a classe de ocupação do solo que obteve a maior temperatura média foi a Área Urbana Densa, com 35 °C na estação verão e 28,3°C no inverno. Enquanto a menor temperatura média foi as áreas de *Pinus*, verão com 25,2°C e no inverno 22,6°C. Essa diferença de TST deve-se as características de cada uso. Áreas de vegetação possuem maior poder de refletância de energia, enquanto áreas construídas retêm mais energia e conseqüentemente, apresentam a formação de Ilhas de Calor. Por meio do estudo de Ilhas de Calor, foi possível verificar a importância da floresta em um contexto de urbanização ascendente, além dos riscos do aumento de temperatura para saúde e qualidade de vida dos moradores.

Palavras-chaves: sensoriamento remoto; uso e ocupação do solo; microclima.

ABSTRACT

With the rural exodus in the 20th century, Brazil, whose population was concentrated mainly in rural areas, began to receive large numbers of people in urban centers. Vegetations, rivers and natural areas suffered significant impacts with the disorderly urban growth. With the high degree of urbanization, cities begin to suffer from a climatic phenomenon called Heat Islands, where the average temperature in cities is higher than in rural areas. Thus, the objective of this work was to analyze the formation of Heat Islands in the National Forest of Brasília and in its urban surroundings, comparing the temperatures of both and verifying the influence that the forest exerts on its surroundings. Therefore, the TST algorithm was used to estimate the land surface temperature from Landsat 8 satellite images. The forest and its surroundings were classified by land use and occupation. They are: Dense Urban Area, Non-Dense Urban Area, Farms, Pasture, Gallery, Eucalyptus, Pinus, Murundum, Cerrado and Vereda. After analyses, the land occupation class that obtained the highest average temperature was the Dense Urban Area, with 35°C in the summer season and 28.3°C in the winter. While the lowest average temperature was in the Pinus areas, with 25.2°C in summer and 22.6°C in winter. This TST difference is due to the characteristics of each use. Vegetation areas have greater energy reflectance power, while built areas retain more energy and, consequently, present the formation of Heat Islands. Through the study of Heat Islands, it was possible to verify the importance of the forest in a context of rising urbanization, in addition to the risks of increased temperature for the health and quality of life of residents.

Keywords: remote sensing; land use land cover; microclimates.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Comparação da resolução da imagem em relação ao tamanho dos pixels	16
Figura 2 - Tipos de Orbitas dos Satélites	17
Figura 3 - Espectro Eletromagnético	18
Figura 4 - Comparação entre área urbana e área rural	20
Figura 5 - Mapa de localização da área de estudo – (FLONA)	24
Figura 6 - Gráfico de Normais Climatológicas Temperatura Média Mensal e Anual °C - Brasília	25
Figura 7 - Gráfico comparativo de Umidade Média Relativa do Ar (%) - Estação: Brasília 83377	26
Figura 8 - Fluxograma geral das etapas do trabalho.....	27
Figura 9 - Comparação de TST entre estação de Inverno e Verão	29
Figura 10 - Fitofisionomia do Uso e Ocupação do Solo na área de estudo	30
Figura 11 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo - FLONA	31
Figura 12 - Gráfico representando os Tipos de Uso e Ocupação do Solo por hectare.....	32
Figura 13 - Comparação da Temperatura Média entre as estações de Verão e Inverno de acordo com o Uso e Ocupação do Solo - 2013 a 2021 - FLONA	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados comparativos da Umidade Média Relativa do Ar (%) - Estação: Brasília (83377)	26
Tabela 2 - Landsat 8, bandas termais: comprimento de onda, resolução espacial e período de tempo coberto.	28
Tabela 3 - Tipos de Uso e Ocupação do Solo da FLONA e suas respectivas áreas (ha).....	32
Tabela 4 - Dados Comparativos de Temperaturas Médias °C para Uso e Ocupação do Solo - 2013 a 2021 - FLONA	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Área de Preservação Permanente
DF	Distrito Federal
DV	Dois Vizinhos
EAB	Agência Espacial Brasileira
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
FLONA	Floresta Nacional de Brasília
GEE	Google Earth Engeni
GDF	Governo do Distrito Federal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LANDSAT	Programa de Satélites de Observação da Terra de Origem Norte Americana
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Sensor Multiespectral
NASA	Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço
PAN	Câmera Pancromática Multiespectral
PR	Paraná
RA	Região Administrativa
RGB	Vermelho, Verde e Azul
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SR	Sensoriamento Remoto
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TST	Temperatura de Superfície do Terreno
UC	Unicidade de Conservação
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	1
RESUMO	2
ABSTRACT	3
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	4
LISTA DE TABELAS	5
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	6
1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	11
2.1. Objetivo Geral	11
2.2. Objetivos Específicos	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1. SENSORIAMENTO REMOTO	13
3.1.1. Landsat	14
3.1.2. Imagens de satélites	15
3.1.3. Bandas termais	17
3.2 Ilhas de Calor	19
3.3 Cerrado	20
3.3.1 Floresta Nacional de Brasília	22
4 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	23
4.1. Localização	23
4.2. Clima	24
4.3. Metodologia	27
4.3.1. Obtenção das imagens	27
4.3.2. Classificação de uso e ocupação do solo	29
4.3.3. Fitofisionomia de uso e ocupação do solo e morfologia urbana.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
6 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país novo que começou o seu processo de intensificada urbanização nos últimos cinquenta anos. A acelerada ocupação da área urbana trouxe como consequência uma grande retirada de áreas verdes, causando alteração da paisagem, fragmentações e degradação ambiental. Com o adensamento de construções e de pessoas, ocorreram mudanças climáticas em micro, meso e macro escala, também conhecidas como Ilhas de Calor (LOMBARDO, 2009).

A formação de Ilhas de Calor está associada ao material que contém no ambiente e quanto este material consegue absorver e armazenar energia solar. Quanto maior retenção de energia dos materiais, a temperatura será maior nesses ambientes, enquanto as áreas verdes conseguem refletir maior quantidade de energia solar, e assim minimizar o efeito da incidência de radiação solar e desconforto térmico causado nas cidades com maior adensamento de veículos, construções e pessoas (COSTA, 2009).

Ao entorno da Floresta Nacional de Brasília (FLONA), onde foi feito o estudo, encontram-se áreas urbana-metropolitanas que sofrem com o efeito das alterações climáticas de forma local e regional.

Dessa forma, o objetivo da presente pesquisa foi verificar, por meio do sensoriamento remoto, utilizando imagens do satélite Landsat 8, a diferença de formação de Ilhas de Calor na FLONA e o seu entorno metropolitano e comparar a diferença de temperatura entre as duas áreas de estudo e a influência que a floresta exerce na cidade positivamente (JUNIOR, 2011).

2 OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a influência que a floresta exerce na formação de Ilhas de Calor na Floresta Nacional de Brasília (FLONA) e o seu entorno por meio de ferramentas de sensoriamento remoto.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir as classes de uso e ocupação da FLONA e seu entorno;
- Elaborar mapa de uso e ocupação do solo da FLONA;
- Realizar sazonalmente a temperatura na FLONA e no seu entorno, comparando a temperatura em duas estações do ano (verão e inverno), entre o período de junho de 2013 a dezembro de 2021;

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. SENSORIAMENTO REMOTO

O sensoriamento remoto é uma técnica utilizada para obter informações a distância de uma determinada área, fenômeno ou objeto de interesse (IBGE, 2020). Também pode ser definido como um conjunto de atividades que gera acesso a informações e dados presentes na superfície terrestre sem a necessidade de ter contato físico direto com o objeto em estudo (MORAES, 2002).

Segundo Santos (2009), o sensoriamento remoto se dá pela utilização de diversos equipamentos modernos capazes de captar, processar e transmitir dados com a finalidade de estudar inúmeros ambientes terrestres por interdependência da radiação eletromagnética.

De acordo com Moraes (2002) a quantidade e qualidade de energia eletromagnética emitida ou refletida por um objeto, está relacionada a interação que o objeto tem com a radiação eletromagnética. É por meio dessa interação que é possível capturar e analisar a quantidade de energia espectral que está sendo refletida ou emitida. O que torna possível a identificação e caracterização de um determinado objeto.

A aplicação do sensoriamento remoto é diversa, sendo muito comum sua utilização em projetos que avaliam os aspectos físico-bióticos, como, formação geológica, uso e ocupação do solo, distribuição da vegetação, dentro outros estudos que englobam os aspectos do solo. O sensoriamento remoto também é aplicado para áreas que avaliam a temperatura da atmosfera, topografia, tipo de vegetação, precipitação e avaliação da distribuição demográfica das cidades, além de outras diversas aplicações (LIMA, 2003).

Os resultados e análises obtidos dos estudos com sensores remotos são confiáveis devido a sua resolução temporal, que permite captura de informações em diferentes épocas do ano. Também permite ver uma vasta extensão de área em uma mesma imagem, visão sinótica. Além da resolução espectral que permite informações de um alvo separadamente e a resolução espacial, que gera informações em várias escalas distintas (INPE, 2020). O sensoriamento remoto permite um monitoramento contínuo, com baixo custo e com um diagnóstico eficiente. Sua aplicação é extensa, podendo ser aplicado desde estudos em

áreas convencionais como o planejamento urbano regional e áreas não convencionais como o estudo de rochas vulcânicas (ALMEIDA, 2010).

3.1.1. Landsat

De acordo com a Agência Espacial Brasileira, satélite é qualquer objeto que gravita em torno de um corpo celeste. Existem os satélites naturais, que não foram criados pelo ser humano, como a lua que orbita em torno da Terra. E existe também os satélites artificiais que foram construídos pelo homem e depois colocados em órbita (AEB, 2018).

O satélite é uma construção complexa composta por materiais resistentes para orbitar em volta da Terra. Além da estrutura física, também dispõe de uma infraestrutura especializada para obter dados que serão transformados em informações úteis. Cada satélite lançado no espaço tem uma missão, uma funcionalidade específica que irá determinar o seu tempo de vida e o tipo de órbita (AEB, 2018).

O Landsat é um satélite que foi desenvolvido pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA). Ele foi projetado com o objetivo exclusivo de observar os recursos naturais terrestres. Desde o lançamento do primeiro satélite Landsat em 1972 até os dias atuais, temos o total de oito satélites Landsat. Todos eles tinham imagens multiespectrais. Alguns foram retirados de órbita com o passar do tempo e a cada novo lançamento eram aperfeiçoados e incrementados para melhor desempenho do satélite (INPE, 2020)

O Landsat 8 foi lançado em 2013 e está ativo ainda hoje. Com altitude de 705 Km, inclinação de 98,2°, faixa imageada de 185 Km, seu período de revisita é de 16 dias, horário de passagem às 10h/12h, tempo de duração da órbita de 99 minutos, órbita circular/polar/heliossíncrona e instrumento sensor OLI e TIRS (INPE, 2020).

O satélite Landsat 8 possui a resolução de 15 metros no PAN (Câmera Pancromática Multiespectral) e 30 metros no MS (Sensor Multiespectral). Gera imagens de 15 metros colorida por fusão digital. Tem grande abrangência de um cenário para obter uma imagem com escalas, por exemplo, de 1:25.000 (ENGESAT, 2020).

Uma das principais diferenças entre o Landsat 8 e os satélites anteriores a ele, é o fato de no Landsat 8 ter um número adicional de bandas espectrais e combinações variadas dessas bandas que permitem a construção de composição Vermelho, Verde e Azul, denominada RGB no Inglês (ENGESAT, 2020).

3.1.2. Imagens de satélites

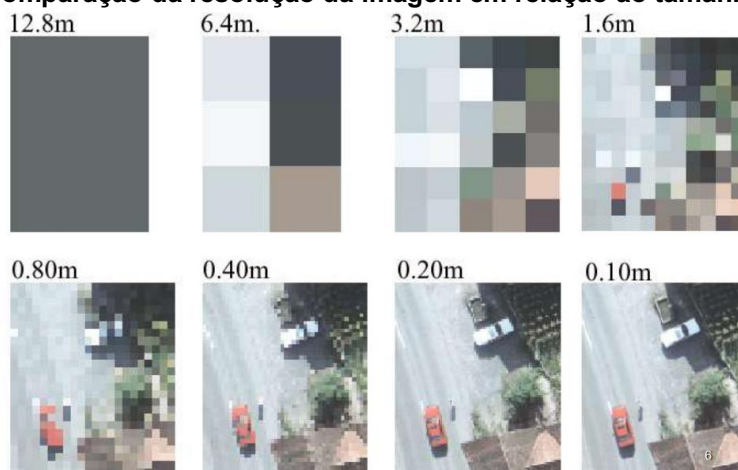
A imagem de satélite nada mais é que a obtenção de uma fotografia da Terra por meio de sensores remotos (arquivo de imagens). Esses sensores imageadores digitais são acoplados a um satélite artificial. Assim, essas imagens de satélite capturadas no espaço são recebidas em estações receptoras por meio de sinais eletromagnético (SEED, 2020).

As imagens de satélites podem abranger a totalidade da Terra ou apenas obter uma parte dela. Isso é possível devido dois tipos de visão que as imagens de satélites possuem. A visão sinóptica, que permite ver de uma vez só as diversas partes do conjunto. E a visão multitemporal, que é obtenção da imagem em diferentes datas, permitindo assim uma visão mais extensa de uma determinada área da superfície terrestre (AEB, 2018).

As imagens registradas pelos sensores remotos são em sua composição, pequenos quadrados, chamados de pixel. De acordo com o sensor do satélite, essa imagem irá representar uma área quadrada de lado na superfície terrestre. Dentro da resolução espacial, quanto maior o pixel, melhor é a visualização da imagem em áreas muito extensas, mas com baixo detalhamento da imagem e dos objetos contidos nela. (INPE, 2020).

Já para a visualização de detalhes de uma imagem, os pixels menores são mais recomendados e úteis, mas capturam áreas menores. Assim também, escalas maiores tem maior abrangência e menor detalhamento. Escalas menores são mais detalhadas e possuem uma menor quantidade de cobertura de área. O tamanho do pixel bem como o tamanho da escala, são ambos escolhido de acordo com o tamanho da área e a finalidade do estudo (FIDALGO, 2005). A (Figura 1) explica visualmente a comparação entre resolução da imagem e o tamanho do pixel.

Figura 1 – Comparação da resolução da imagem em relação ao tamanho dos pixels

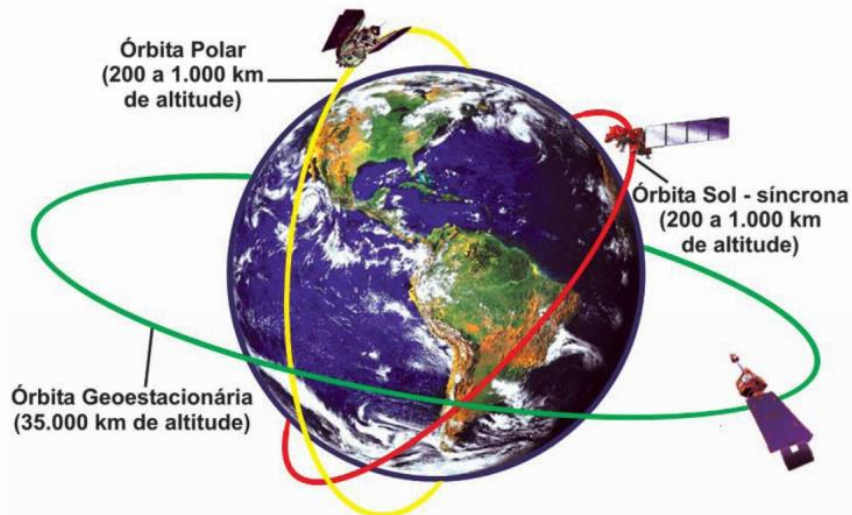


Fonte: Laboratório de Geoprocessamento Aplicado – UFJF, 2011, p.6.

Outro fator importante sobre imagens de satélites, é levar em consideração a resolução espectral. Esse tipo de resolução, está relacionado a quantidade de bandas que o sensor do satélite consegue dividir em partes menores e menos complexas. A resolução espectral ocorre pela interação da energia solar que chega à terra. Parte dessa energia é dissipada e outra parte é refletida através de ondas eletromagnéticas. Cada sensor tem uma faixa específica em que trabalha essas ondas (UFJF, 2011).

A resolução radiométrica indica o nível de cinza de uma imagem, e sua variação entre o branco e o preto em função dos pixels. Essa resolução é definida pelo processador acoplado no satélite e a quantidade de bits que a energia eletromagnética quantifica. Já a resolução temporal refere-se ao tempo em que o satélite leva para recobrir a mesma área novamente. É o tempo de revisita do satélite. Cada satélite tem um tempo de rotação de acordo com o tamanho da área imageada e o tipo de órbita que ele executa. As órbitas podem ser polares, síncronas e geoestacionárias (INPE, 2016). A (Figura 2) demonstra os tipos de órbitas que existem e a rotação que cada órbita executa.

Figura 2 - Tipos de Orbitas dos Satélites



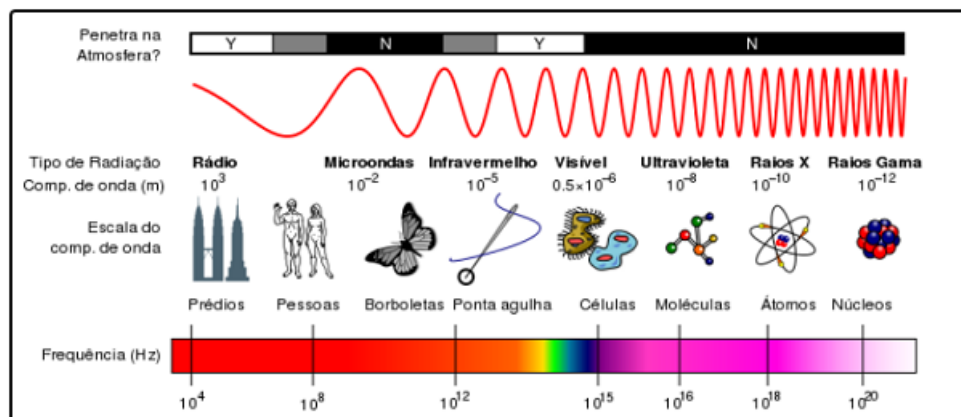
Fonte: Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE 2016, p 2

Melhora de previsões e planejamento urbanístico, estudo de impactos ambientais, monitoramento de desastres ambientais, estimativa de áreas plantadas, fiscalização de crédito agrícola, monitoramento de dispersão de afluentes, levantamento de recursos naturais, realização de mapas para obtenção de informações de bacias de drenagem, florestas, agricultura, minerais, e análise de Ilhas de Calor são algumas das inúmeras aplicações e utilização do estudo e interpretação de imagens de satélites nos dias atuais (INPE, 2020).

3.1.3. Bandas termais

Dentro do espectro eletromagnético tem-se uma divisão chamada de regiões ou bandas. As bandas referem-se ao intervalo entre dois comprimentos de ondas dentro do espectro eletromagnético. O nome que é dado a cada banda do espectro tem relação com a fonte emissora (BARROS, 2018). Abaixo, (Figura 3) do espectro eletromagnético:

Figura 3 - Espectro Eletromagnético



Fonte: Thepalerider, 2012

Cada banda do espectro eletromagnético tem uma característica e aplicação específica. A ordem do espectro é dividida de acordo com suas frequências. Variando entre frequências mais baixas até frequências mais altas. Começando pelas ondas de rádio, microondas, infravermelho, visível, ultravioleta, raios-x e indo até raio gama, que possui maior frequência. Os sensores acoplados nos satélites também trabalham de acordo com o intervalo correspondente das ondas eletromagnéticas (BARROS, 2018).

A onda eletromagnética do infravermelho tem uma frequência menor que a luz do visível (300GHz a 430 THz), de forma que o olho humano não consegue enxergar. Essa banda é gerada em grande quantidade pela luz do sol, por ser a fonte de energia de possui maior temperatura. Mas a energia gerada também pode vir de objetos aquecidos, ou ainda da energia que os seres vivos emitem. A radiação térmica encontra-se na faixa de 10^{11} a $4 \cdot 10^{14}$ Hz (SILVEIRA, 2017).

O comprimento de onda varia entre 1nm e 750nm. É através da vibração ou oscilação dos elétrons que se encontram nas camadas mais externas de átomos que é gerado energia. Dentro da banda do infravermelho, ainda existe subdivisões, como infravermelho próximo, infravermelho médio, infravermelho longínquo. (CEPEL, 2018)

No caso do satélite Landsat 7 e 8, ambos também operam na região do infravermelho termal. O infravermelho termal possibilita estimar valores de temperatura dos objetos observados na superfície terrestre. Bem como gerar mapeamento de estresse térmico em plantas, mapas de temperatura de superfície de águas e estudo de Ilhas de Calor (PIRES, 2015).

3.2 Ilhas de Calor

As Ilhas de Calor referem-se à irregularidade da temperatura formada em áreas urbanas e em lugares suburbanos. Essas ilhas são formadas devido ao material utilizado na construção das cidades. Todo material irá ter uma quantidade de absorção e de retenção de energia. Essa energia produz maior ou menor quantidade de calor de acordo com a composição dos materiais que compõe as áreas urbanas (GARTLAND, 2011).

As Ilhas de Calor são também caracterizadas pela diferenciação entre o fluxo de temperatura elevada registrada no interior da cidade, ou seja, no seu centro. Enquanto à temperatura observada nas redondezas, mais externamente, onde existe uma maior quantidade de vegetação, apresentam temperaturas mais amenas (JUNIOR, 2011).

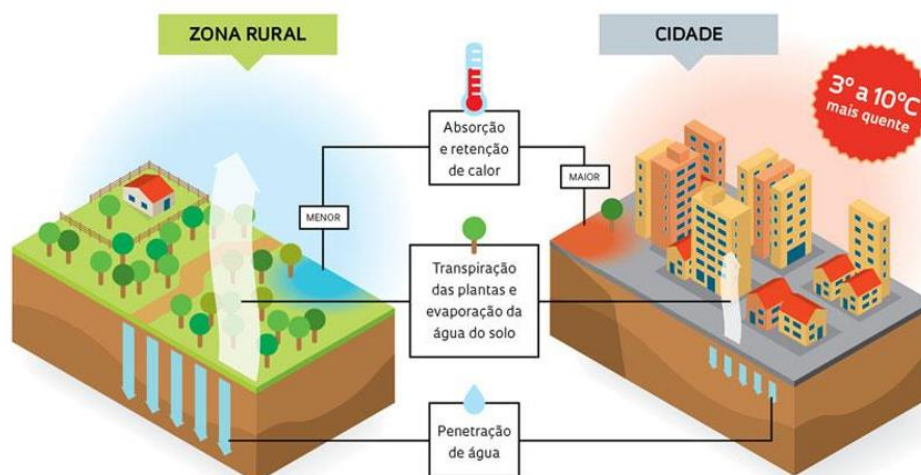
Mas as Ilhas de Calor não se resumem apenas em relação ao material utilizado na construção dos grandes centros urbanos. Referem-se também ao fluxo de pessoas, veículos e indústrias. Essa interferência da ação humana, causa a expansão de uma mancha de radiação possível de dimensionar, identificar e medir por meio de imagens de satélites, capazes de gerar informações para estudos termodinâmicos (FIALHO, 2012).

De acordo com Lombardo (2009), nas áreas urbanas, a formação de Ilhas de Calor está inteiramente ligada as mudanças climáticas locais. Os índices de mudanças climáticas são indicados por fatores como a modificação do balanço energético, redução da velocidade média dos ventos, aumento da temperatura das superfícies e do ar, além do aumento da poluição atmosférica. (LOMBARDO, 2009)

As áreas verdes tem um papel fundamental na mitigação das Ilhas de Calor, elevando o conforto térmico e contribuindo para melhoria das condições microclimáticas. A vegetação tem uma maior capacidade de refletir a energia emitida pela radiação solar e por consequência menor retenção e absorção de calor. A vegetação também contribui para uma maior evapotranspiração e melhor infiltração de água no solo, além da capacidade de assimilação de carbono e outros poluentes atmosféricos, redução da poeira, aumento da umidade relativa, e conseqüentemente melhoria na qualidade do ar (FERREIRA,

2015). A (Figura 4) expressa a diferença de temperatura entre zona rural e cidade.

Figura 4 - Comparação entre área urbana e área rural



Fonte: FAPESP, 2012.

As Ilhas de Calor estão presentes em todos os lugares e biomas, inclusive no bioma Cerrado. O Cerrado possui características peculiares entre os demais biomas do Brasil, essas características vão influenciar na formação de IC.

3.3 Cerrado

O Brasil é constituído de um total de seis biomas. Sendo o Cerrado o segundo maior bioma dentre estes. O Cerrado é detentor de 5% da biodiversidade de todo o planeta, com uma ocupação total de 22%, equivalente ao total de 2.036.448 Km², correspondente a aproximadamente 204 milhões de hectares do território nacional, ficando atrás apenas das áreas ocupadas pelo bioma Amazônia (MMA, 2020; EMBRAPA, 2020).

O vocábulo Cerrado é empregado para designar o conjunto de ecossistemas. Faz parte desse ecossistema as matas, savanas, campos e matas de galeria. Apesar de ser um bioma com grande expansão, concentra-se em sua maior parte na porção central do Brasil. Estados como Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal e Mato Grosso do Sul. O Cerrado também está distribuído na região nordeste, nos estados de Maranhão, Piauí e Bahia. Região norte nos estados de Tocantins, Rondônia e alguns enclaves em Roraima, Amapá e Amazonas. Região Sudeste nos estados de São Paulo e Minas Gerais. Também

ocorre na região Sul no estado do Paraná (MMA ,2020), (KLINK; MACHADO, 2005).

O Cerrado é composto por diversos tipos de vegetação, variando desde florestas até fisionomias campestres. A relação da ocorrência de uma grande biodiversidade está alinhada com os diferentes tipos de solo que o cerrado possui, contando em sua maioria com 48% de Latossolo, que é um solo que apresenta boa profundidade e alta drenagem, além da topografia que varia de aproximadamente 200 até 1.600m de altitude. Essas características favoráveis, possibilitam elevada riqueza de espécies de flora e fauna neste bioma que é marcado com aproximadamente 44% de espécies endêmicas (SPF, 2010).

De acordo com o estudo feito por Campos (2010), a média de precipitação do Cerrado, a partir de um levantamento de 125 estações pluviométricas durante os anos de 1977 até 2010, foram de 1.486mm variando até 146,8mm na estação de seca. Cada região do bioma Cerrado apresenta uma precipitação diferente de acordo com as condições climáticas e ambientais em que está inserido. A precipitação do Cerrado aumenta de leste a oeste de acordo com a aproximação que do bioma Amazônia (SPF, 2010).

O clima no Cerrado é marcado por duas estações bem definidas, período de seca e um período chuvoso. Dentro da classificação tropical sazonal, é característico também baixa umidade relativa do ar e alto nível de evaporação. Devido a esta peculiaridade, a ocorrência de incêndios florestais é frequente. Os incêndios ocorrem por ação natural ou também por origem antrópica (MMA, 2018).

O bioma Cerrado está classificado como um hotspot mundial de biodiversidade. Ao longo do tempo vem enfrentando sérios problemas com o desmatamento. A abertura e ocupação de novas áreas para aproveitamentos agropecuários tem sido um dos principais fatores que leva o Cerrado a enquadrar-se como um dos biomas brasileiros mais ameaçados. O desmatamento tem provocado alteração da paisagem, exposição e compactação de solos, fragmentação da paisagem e fragmentação de habitats. A consequência tem sido a extinção de espécies singulares, crescimento de espécies invasoras, impacto nos recursos hídricos, modificação do clima e o desequilíbrio do ciclo de carbono (MMA 2018; PPC CERRADO, 2015).

3.3.1 Floresta Nacional de Brasília

A Floresta Nacional de Brasília está distribuída em quatro áreas distintas do Distrito Federal. Sendo respectivamente: Área 1 (Taguatinga) enquadrando-se na Região Administrativa III; Áreas 2, 3 e 4 estão localizadas no município de Brazlândia que compõe a IV RA (CODEPLAN, 2020).

Neste estudo, a análise aplicada será feita apenas na Área 1. Criada oficialmente em 10 de Junho de 1999. Possui o total de 3.353 hectares. Bioma pertencente ao Cerrado, dividido em formação florestal: Mata de Galeria. E formações não florestal: Vereda, Cerrado Típico, Campo Limpo e Campo sujo. A Área de Taguatinga pertence a APA (Área de Preservação Ambiental) da Bacia do Descoberto e também a Bacia do Rio Paranoá. Esta Bacia do Rio Descoberto tem uma abrangência de 39.100 ha e é responsável pelo abastecimento de todas as cidades do Distrito Federal e entorno. Por esta inserida neste contexto, a proteção desta floresta é extremamente importante (ICMBIO, 2016).

A FLONA também é uma Unidade de Conservação (UC), inserida em um contexto de características naturais relevantes e com o objetivo de preservação da biodiversidade e dos limites definidos. Está protegida legalmente sob o regime especial da administração pública e é definida como bens da União (MMA, 2020).

Outro fator que concretiza o papel da Floresta Nacional de Brasília são os serviços intangíveis prestados a cidade e seus habitantes. Como sequestro de carbono, regulação do clima, armazenamento de água, reservatórios aquíferos, regulação do ciclo hidrológico, equilíbrio de gases atmosféricos poluentes, ciclagem de nutrientes e preservação do ecossistema (SNIF, 2020).

Além disso, a Área 1 da Floresta Nacional de Brasília, faz parte da Zona de Transição da Reserva da Biosfera do Cerrado. Tendo funções básicas como a conservação da paisagem, ecossistemas, biodiversidade, cultura e desenvolvimento sustentável. Promovendo um melhor contato entre o meio ambiente e o ser humano (MACHADO, 2009).

Com 62 anos de existência, Taguatinga possui hoje, de acordo com o último censo do IBGE de 2010 o total de 15.051 moradores. Com uma densidade demográfica de 6,18 hab/Km². E é a região onde está inserido a Área 1 da FLONA. Localizada em uma área urbana, o acesso a floresta é fácil e perto. As estradas que dão acesso são todas asfaltadas e bem-sinalizadas (IBGE, 2020).

Em meado dos anos 50 e 60 o Distrito Federal ainda estava em expansão e tinha pouca ocupação populacional. Para solucionar esse problema, foi criado um Projeto de Integração de Colonização e Reforma Agrária Alexandre Gusmão (PICAG) que tinha como finalidade incentivar e atrair produtores rurais a fomentar a atividade agrária na região (ICMBIO, p. 24. 2016).

Nos primeiros dez anos do projeto PICAG, a área onde hoje é a FLONA ainda tinha grande quantidade de mata nativa e fauna preservados. Porém, no decorrer dos anos e com a criação da Bacia do Rio Descoberto, houve desapropriação de terras e um aumento de invasões clandestinas que acabaram por ocupar áreas de conservação ambiental. Para contenção dessas invasões, foi feito plantio de Eucalipto em larga escala para servir de cinturão e delimitação das reservas ambientais (ICMBIO, p. 24. 2016).

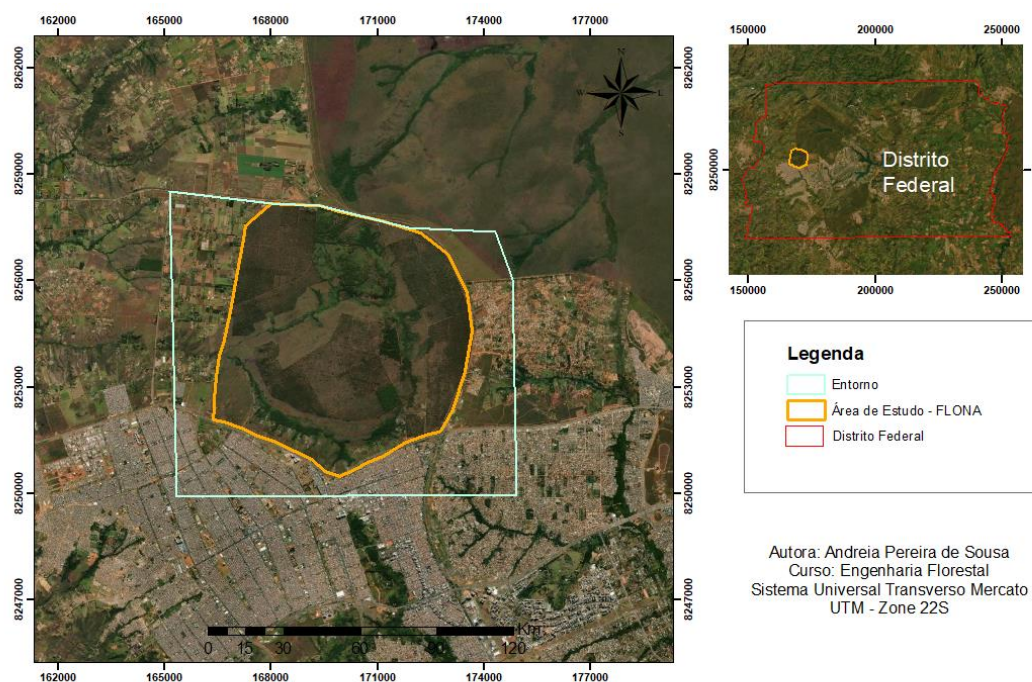
Esse projeto de reflorestamento foi implantado em 1973, tendo como base do plantio as espécies de Eucalipto e Pinus e ao mesmo tempo a recuperação de espécies nativas (ICMBIO, p. 25. 2016), o que explica a representação significativa do Eucalipto na FLONA.

4 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1. Localização

O local de pesquisa escolhido para análise de Ilhas de Calor foi a Floresta Nacional de Brasília (FLONA) e seu entorno metropolitano. Localizada no Distrito Federal, região administrativa de Taguatinga, latitude O 15° 78" e longitude S 48° 05", altitude com variação de 1.000 a 1.200 metros acima do nível médio do mar (ICMBIO, 2016). A (Figura 6) refere-se à localização da FLONA e a região metropolitana ao entorno.

Figura 5 - Mapa de localização da área de estudo – (FLONA)



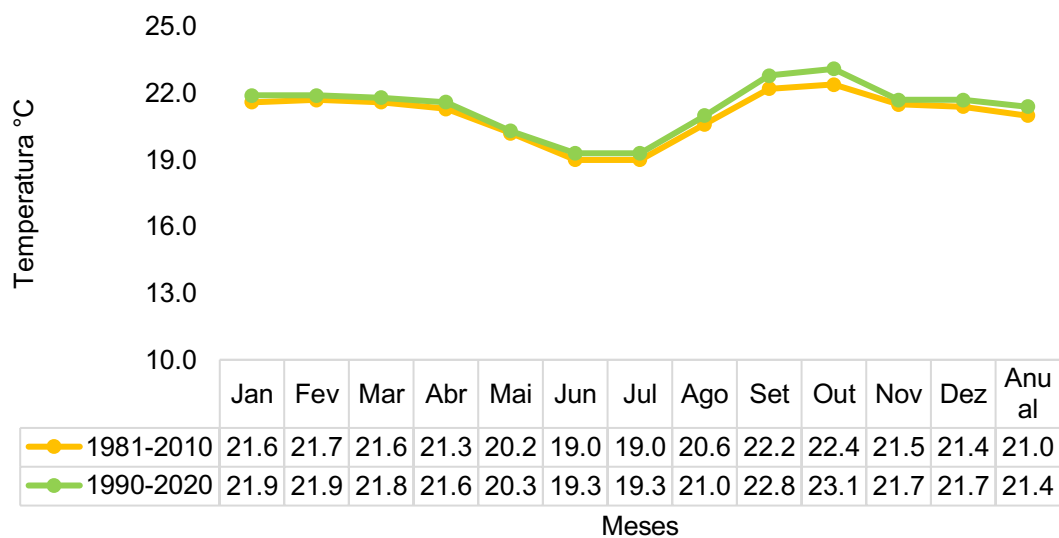
Fonte: A autora, 2022

4.2. Clima

De acordo com a classificação Köppen, o clima pode ser classificado como tropical (Aw), tropical de altitude (Cwa) e tropical de altitude (Cwb). Marcado por duas estações bem definidas, estação seca e estação chuvosa (ICMBIO, 2016).

A temperatura média da região de Brasília é entorno de 20 a 21 °C devido a fatores como pouca influência marítima e relevo com altitude de até 1.200 m. A época mais quente do ano tem destaque na primavera-verão. Neste período do ano as temperaturas se mantem praticamente elevada e na primavera quase não se tem a presença de chuvas (INMET, 2022). A (Figura 6) demonstra o comportamento da temperatura média mensal e anual dos últimos 39 anos.

Figura 6 - Gráfico de Normais Climatológicas Temperatura Média Mensal e Anual °C - Brasília

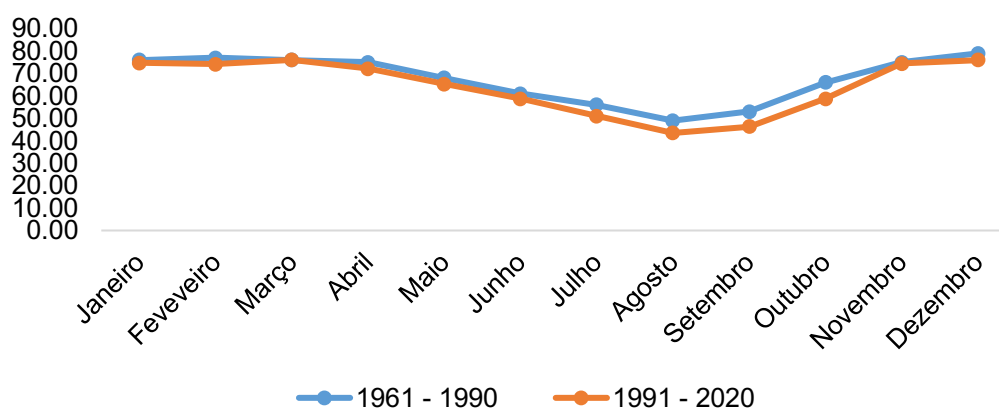


Fonte: Adaptado, INMET 2022

A umidade média relativa do ar é de aproximadamente 70% durante o ano, sendo agosto o mês mais seco e que apresenta menor umidade relativa em média nos últimos anos. A precipitação média é em torno de 1.500mm, sendo que os meses de maior precipitação vão de novembro a março, enquanto o período de menor precipitação são os meses de maio a setembro (VIANNA, O. E.; ROMERO, B. A. M, 2018).

A (Figura 7) demonstram os dados de Umidade Média Relativa do Ar coletados pelo INMET desde o ano de 1961 até 2020, com a finalidade de comparar a umidade relativa do ar ao longo do tempo, separando em dois períodos de tempo, 1961-1990 e 1991-2020, com intervalo de 29 anos em cada período.

Figura 7 - Gráfico comparativo de Umidade Média Relativa do Ar (%) - Estação: Brasília 83377



Fonte: Adaptado INMET, 2022

A (Tabela 1) refere-se à umidade média relativa do ar em Brasília, os dados históricos coletados do INMET comparam a diferença da UR nos primeiros 29 anos (1961-1990) com as umidades relativas dos últimos 29 anos (1991-2020). Identificou-se em praticamente todos os meses uma baixa na UR, com exceção apenas do mês de março em que a umidade média teve uma variação positiva em relação aos demais meses, mas com um percentual de aumento muito pequeno.

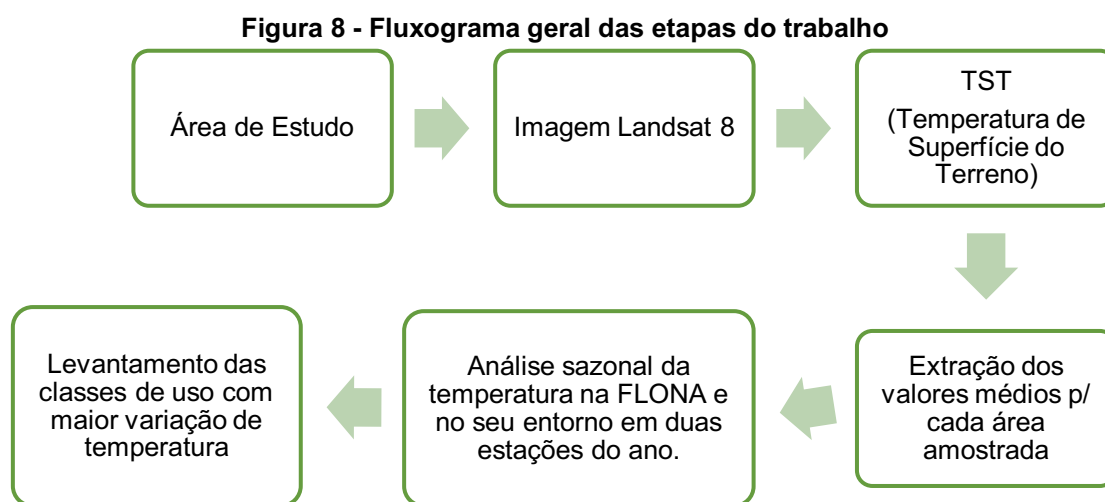
Tabela 1 - Dados comparativos da Umidade Média Relativa do Ar (%) - Estação: Brasília (83377)

Meses	Anos		Variação UR%
	1961 - 1990	1991 - 2020	
Janeiro	76,00	74,70	-1,3
Fevereiro	77,00	74,20	-2,8
Março	76,00	76,10	+0,1
Abril	75,00	72,20	-2,8
Maio	68,00	65,40	-2,6
Junho	61,00	58,80	-2,2
Julho	56,00	51,00	-5,0
Agosto	49,00	43,50	-5,5
Setembro	53,00	46,40	-6,6
Outubro	66,00	58,80	-7,2
Novembro	75,00	74,50	-0,5
Dezembro	79,00	76,00	-3,0

Fonte: Adaptado INMET, 2022

4.3. Metodologia

O fluxograma abaixo representa um resumo das etapas gerais da execução do trabalho para obtenção dos resultados, passando desde a escolha e caracterização da área de estudo até o levantamento das classes de Uso e Ocupação do Solo para analisar as temperaturas médias.



Fonte: A autora, 2022.

4.3.1. Obtenção das imagens

Para obtenção das imagens de satélite foi utilizado a ferramenta “*Landsat Land Surface Temperature*”, desenvolvida e recomendada pelos autores do artigo Online Global Land Surface Temperature Estimation from Landsat, publicado na revista MDPI em 2017 (PARASTATIDIS et al., 2017).

Os valores levantados foram obtidos com correção da influência da atmosfera por meio do Algoritmo (TST). Tanto a correção atmosférica quanto a estimativa do TST foram calculadas diretamente na ferramenta online “*Landsat Land Surface Temperature*”.

O satélite Landsat 8 possui capacidade de obtenção de cenas de duas bandas termais (bandas 10 e 11), com 100 metros de resolução espacial em cada banda (Tabela 2).

Tabela 2 - Landsat 8, bandas termais: comprimento de onda, resolução espacial e período de tempo coberto.

	Bandas termais	Comprimento de Onda (µm)	Resolução Espacial (m)	Período de tempo
Landsat 8	Banda 10 Banda 11	10,60-11,19 11,50-12,51	100	Abril 2013 – Dez 2021

Fonte: (PARASTATIDIS et al, 2017).

O algoritmo TST usa informações sobre emissividade de superfície de fontes externas. Nesse caso, a base de emissividade externa utilizada foi a do satélite Aster, pois de acordo com a pesquisa de criação do algoritmo TST, esta emissividade tem melhor desempenho para áreas sem mudanças significativas na cobertura de terra, aplicando-se ao caso da Floresta Nacional de Brasília que sofreu e sobre poucas modificações expressivas ao longo dos anos por ser uma Unidade de Conservação (PARASTATIDIS et al, 2017).

A partir da radiância no sensor em apenas uma única banda, é possível calcular o TST por meio da equação de transferência radiativa (Equação 1). Onde B é a função de Planck, L_{sen} é a radiância no sensor, L_{up} é a radiância do caminho térmico, L_{down} é a irradiância de afundamento, ϵ é a emissividade da superfície e τ é a transmissividade atmosférica (PARASTATIDIS et al, 2017).

Eq. (1)

$$B(LST) = \frac{L_{sen} - L_{up} - \tau \cdot (1 - \epsilon) \cdot \frac{L_{down}}{\pi}}{\tau \cdot \epsilon}$$

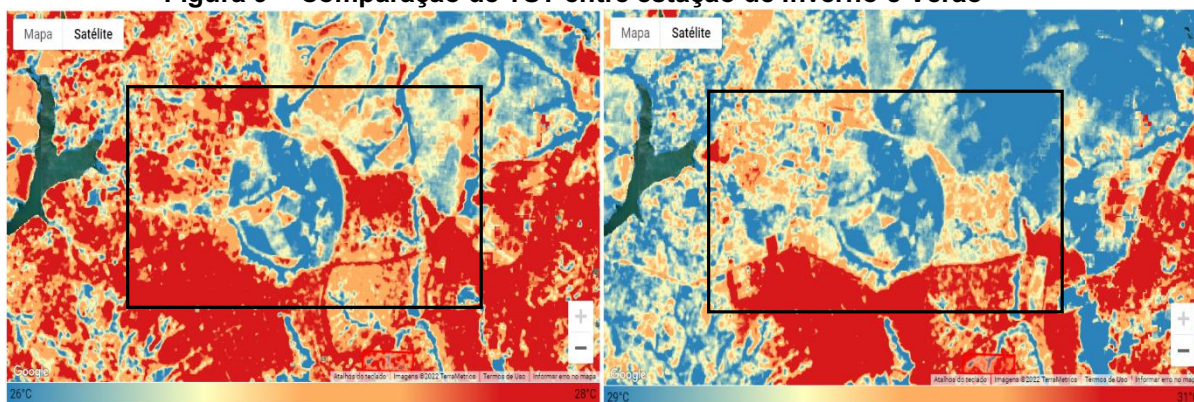
Fonte: (Parastatidis et al, 2017)

As imagens deste estudo foram adquiridas todas por meio do satélite Landsat 8. Podendo ser acessadas facilmente no catálogo do Google Earth Engeni (GEE). O processamento das imagens foi feito diretamente na plataforma do site *Landsat Land Surface Temperature*, onde foi extraído os dados de TST (Temperatura de Superfície do Terreno) já em Celsius. (PARASTATIDIS et al, 2017).

A (Figura 9) demonstra a diferença de Temperatura de Superfície do Terreno na estação do inverno e verão. Sendo o lado esquerdo da imagem correspondente ao inverno de 2018 e o lado direito da imagem correspondente

a estação de verão do mesmo ano. O polígono em preto refere-se ao local da área de estudo deste trabalho.

Figura 9 - Comparação de TST entre estação de Inverno e Verão



Fonte: A autora, 2022

4.3.2. Classificação de uso e ocupação do solo

A área de estudo foi dividida em 2 grupos. No grupo 1 (FLONA) foram classificados 7 tipos de uso e ocupação do solo. A classificação do uso e ocupação do solo foi feita com base na fitofisionomia da floresta, quais foram: Pinus, Galeria, Eucalipto, Murundum, Vereda, Cerrado e Pastagem.



Já o grupo 2 (entorno metropolitano) foi subdividido em 3 tipos de uso e ocupação do solo. Classificados como: Chácaras, Área Urbana Não Densa e Área Urbana Densa. Essa divisão entre florestas e as demais áreas ao redor da floresta foi feita para comparar a diferença de temperatura média, máxima e mínima entre os grupos. Totalizou-se 10 tipos de usos e ocupação do solo na área de estudo para análise.




A classificação foi feita em ambiente SIG, com sistema de coordenada UTM, SIRGAS 2000, zona 22 S. Utilizou-se apenas uma imagem de 2019 do satélite Landsat 8 de alta resolução. Com esta imagem de 2019, utilizou-se o Google Earth Pro para identificar e vetorizar cada uso e ocupação por meio de fotointerpretação.




4.3.3. Fitofisionomia de uso e ocupação do solo e morfologia urbana



O levantamento da fitofisionomia do uso e ocupação da área de estudo (Figura 10) serviu como embasamento teórico para explicar os resultados encontrados de Temperatura de Superfície do Terreno (TST) neste estudo.

Figura 10 - Fitofisionomia do Uso e Ocupação do Solo na área de estudo

ILUSTRAÇÃO	TIPOS DE USO E COBERTURA DO SOLO	DEFINIÇÃO
<p>A)</p>  <p>Fonte: R7 Meio Ambiente, 2020.</p>	<p>CERRADO</p>	<p>Ocorrência em formação Savânica, estrato com vegetação arbustiva e estrato com vegetação herbácea, composição florística diversificada, árvores e arbustos com alturas variadas de acordo com a fitofisionomia do estrato, mas em geral, porte arbóreo médio e baixo, solos em sua maioria bem drenados, profundos e ácidos (ICMBIO, 2016).</p>
<p>B)</p>  <p>Fonte: Google Earth Pro, 2022.</p>	<p>CHÁCARAS</p>	<p>Local rural com construção de poucas casas sem adensamento, solo não pavimento e com infiltração, alta presença de vegetação e proximidade da FLONA.</p>

<p>C)</p>  <p>Fonte: Florestal Brasil, 2019.</p>	<p>EUCALIPTO</p>	<p>Espécie de rápido crescimento e fácil adaptação no território brasileiro, menor retenção de água devido copa não densa, raízes profundas, fuste ereto, rápido crescimento em volume, facilidade de propagação vegetativa e muito utilizada no setor florestal (EMBRAPA, 2022).</p>
<p>D)</p>  <p>Fonte: Moreira, 2018.</p>	<p>MATA DE GALERIA</p>	<p>Formação de corredores fechados, acompanha rios de pequeno porte, apresenta superposição de copas, provendo cobertura de 70 a 95%, alta umidade relativa, fitofisionomia pereniforme, localiza-se geralmente em cabeceiras de drenagem ou fundo de vales. A altura média do estrato arbóreo é de 20 a 30 metros (EMBRAPA, 2022).</p>
<p>E)</p>  <p>Fonte: Instituto Jurumi, 2022.</p>	<p>MURUNDUM</p>	<p>Campos Murundus são caracterizados por elevações no terreno, formados por insetos xilófagos que formam um amontoado de terra para proteção contra períodos de alagamento, são encontrados nas planícies do Cerrado. E junto com os montes de terra percebe-se a presença de várias árvores lenhosas (SILVA, et al, p 251. 2016).</p>

<p>F)</p>  <p>Fonte: Embrapa, 2014.</p>	<p>PASTAGEM</p>	<p>Área separada para alimentação de gado, solo exposto e com alto grau de compactação pelo pisoteamento animal, baixa fertilidade do solo, em geral sem presença de árvores lenhosas e sombreada (SOARES, B. A.; et al, 2005).</p>
<p>G)</p>  <p>Fonte: A autora, 2019.</p>	<p>PINUS</p>	<p>Árvore com tronco retilíneo, lenho secundário, desrama natural, copas jovens possuem formato piramidal, árvores adultas tem o espalhamento dos ramos da copa. As folhas possuem a presença de queratina, que ajuda no controle de transpiração, madeira com baixa densidade, os pinus possuem vida longa e sistema de resistência contra fogo (ritidoma espesso), (VALERI, V.; PAULA. C. R. 2009).</p>
<p>H)</p>  <p>Fonte: Plano de Manejo FLONA ICMBIO, 2016.</p>	<p>VEREDA</p>	<p>Pertencente a formação Savânica, necessita de umidade para o desenvolvimento, ocorrência em cabeceiras ou nos cursos d'água. Comum encontrar lençol d'água perto da superfície ou próximo do afloramento. Presença de palmeira Buriti, mas sem a formação de um dossel fechado. (RIBEIRO et al, 2008).</p>

<p>I)</p>  <p>Fonte: Google Earth Pro, 2022.</p>	<p>ÁREA URBANA DENSA</p>	<p>Mistura edifícios e casas com alta proximidade, cobertura de solo pavimentada, dura, compacta, pouco ou não permeável, pouca presença de área verde.</p>
<p>J)</p>  <p>Fonte: Google Earth Pro, 2022.</p>	<p>ÁREA URBANA NÃO DENSA</p>	<p>Mistura de edifícios e casas com arranjo disperso, cobertura de solo não pavimentada e permeável, presença de área verde.</p>

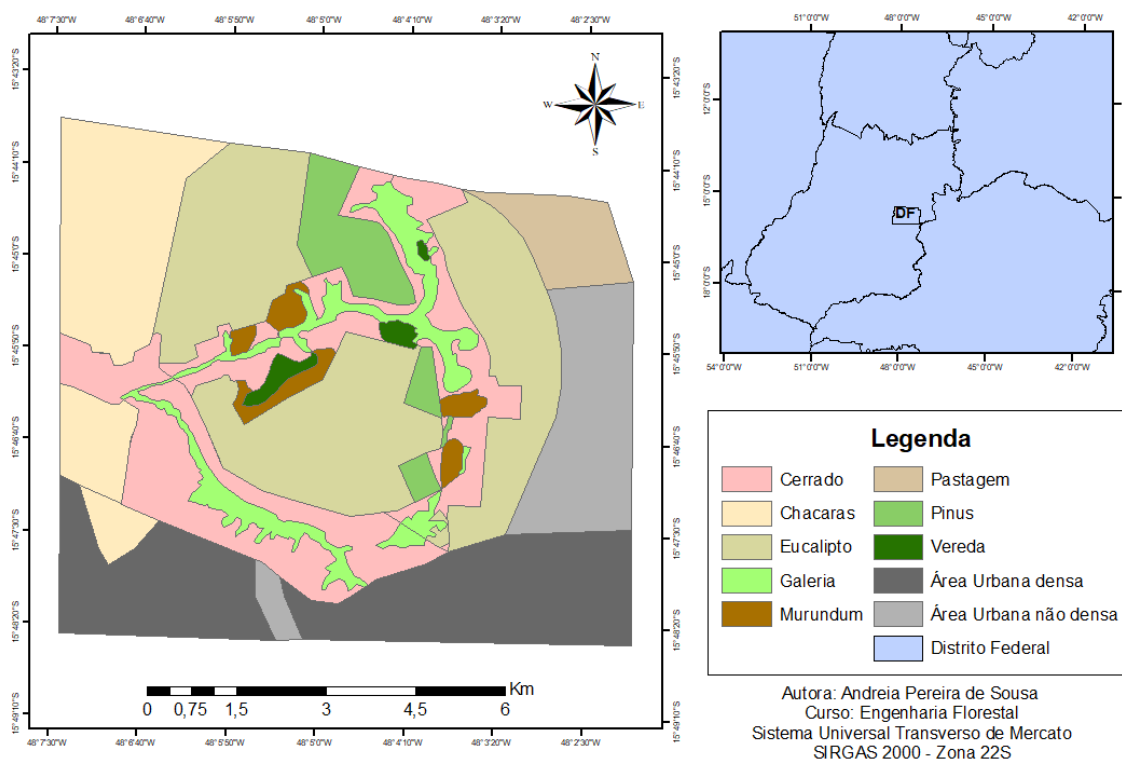
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise do resultado de Ilhas de Calor pode ser feita levando em consideração diversos fatores relevantes. Neste estudo específico da FLONA e seu entorno metropolitano levou-se em consideração os seguintes parâmetros:

- Levantamento das classes de uso e ocupação do solo (Figura 11);
- Fitofisionomia do uso e ocupação do solo e morfologia urbana (Figura 10);
- Temperatura de Superfície do Terreno (TST);

O mapa de uso e ocupação do solo (Figura 11) foi feito em ambiente SIG. Como a floresta teve poucas mudanças de fitofisionomia entre os anos de 2013 a 2021 por ser uma Unidade de Conservação (UC), foi feito um único mapa de uso e ocupação. Este mapa refere-se ao ano de 2014.

Figura 11 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo - FLONA



Fonte: A autora, 2022

A (Tabela 3) apresenta detalhadamente a quantidade de área em hectare por uso e ocupação do solo, com base no mapa de uso e ocupação da FLONA (Figura 11). O grupo 1 representou 60,02 % do total da área de estudo, enquanto o grupo 2, refere-se as áreas construídas que possuem um total de 39,98% de hectares.

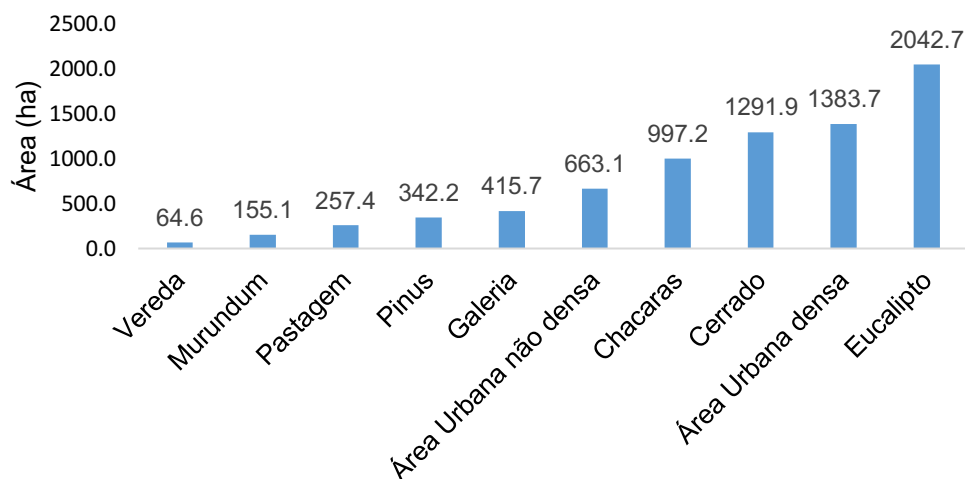
Tabela 3 - Tipos de Uso e Ocupação do Solo da FLONA e suas respectivas áreas (ha).

Grupo 1			Grupo 2		
Uso	Área (ha)	Área (%)	Uso	Área (ha)	Área (%)
Vereda	64,6	0,85	Chácaras	997,2	13,10
Murundum	155,1	2,04	Área não Densa	663,1	8,71
Pastagem	257,4	3,38	Área Densa	1383,7	18,17
Pinus	342,2	4,49	-	-	-
Galeria	415,7	5,46	-	-	-
Cerrado	1291,9	16,97	-	-	-
Eucalipto	2042,7	26,83	-	-	-
Total	4569,6	60,02	Total	3044,0	39,98

Fonte: A autora, 2022

Para melhor representação visual, a (Figura 12) expressa os tipos de uso e ocupação dos solos na Floresta Nacional de Brasília de maneira crescente, partindo do uso com menor ocupação de área (ha) até o uso de maior ocupação (ha), sendo importante ressaltar que as áreas construídas representam apenas uma porção da cidade que está no entorno da Floresta Nacional de Brasília.

Figura 12 - Gráfico representando os Tipos de Uso e Ocupação do Solo por hectare



Uso e Ocupação do Solo

Fonte: A autora, 2022

Com base na (Figura 12), dentre os 10 tipos de uso e ocupação do solo levantados na área de estudo, o uso que teve a maior ocupação de área foi o Eucalipto, com 2042,7 (ha), representando 26,83 % da FLONA.

A fitofisionomia do uso e ocupação da área de estudo (Figura 12) servirá como embasamento teórico para explicar os resultados encontrados de Temperatura de Superfície do Terreno (TST).

A (Tabela 4) é uma média dos resultados de temperatura extraídos dos anos de 2013 a 2021 por uso e ocupação do solo. Levou-se em consideração as estações de inverno e verão. A cálculo de variação de temperatura foi obtido pela diferença de temperatura média entre a estação de verão e inverno, chegando assim na variação em °C. A área Urbana Densa apresentou uma maior variação de temperatura em relação aos demais usos, 6,7 % a mais que no período de inverno.

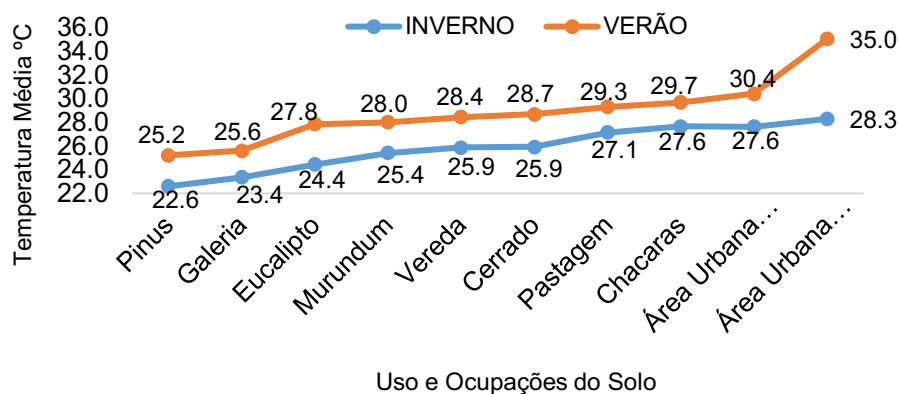
Tabela 4 - Dados Comparativos de Temperaturas Médias °C para Uso e Ocupação do Solo - 2013 a 2021 - FLONA

Uso e Ocupação do Solo	INVERNO	VERÃO	Variação °C
Pinus	22,6	25,2	2,6
Galeria	23,4	25,6	2,2
Eucalipto	24,4	27,8	3,4
Murundum	25,4	28,0	2,6
Vereda	25,9	28,4	2,5
Cerrado	25,9	28,7	2,8
Pastagem	27,1	29,3	2,2
Chácaras	27,6	29,7	2,1
Área Urbana Não Densa	27,6	30,4	2,8
Área Urbana Densa	28,3	35,0	6,7
Total Geral	25,83	28,82	-

Fonte: A autora, 2022.

A (Figura 13) faz um comparativo de temperatura do uso e ocupação do solo de maneira crescente, partindo do uso que teve a menor temperatura média °C para o uso que obteve a maior temperatura média entre 2013 a 2021. A extração da temperatura média foi feita através de uma ferramenta de análise estatística por zona (uso) em ambiente SIG.

Figura 13 - Comparação da Temperatura Média entre as estações de Verão e Inverno de acordo com o Uso e Ocupação do Solo - 2013 a 2021 - FLONA



Fonte: A autora, 2022.

Tanto a Tabela 4 quanto a Figura 13 demonstram a correlação entre os usos e ocupação do solo com o comportamento da Temperatura de Superfície do Terreno e a formação de Ilha de Calor. A área ocupada por *Pinus* apresentou a menor temperatura de superfície média no verão e inverno entre os demais usos da área de estudo.

De acordo com Valeri e Paula (2009), o *Pinus* possui um formato de copa piramidal, espalhamento dos ramos da copa e alta quantidade de deposição de serrapilheira no solo. A serrapilheira influencia diretamente na retenção de umidade e na maior capacidade de refletância em solos cobertos.

Já de acordo com Meneses (2019) quanto mais desprovido de cobertura vegetal um solo for, menor será o índice de área folhar (IAF). Além disso, o *Pinus* possui em sua composição a queratina que beneficia a regulação da transpiração. Esses fatores ajudam a mitigar a formação de Ilhas de Calor.

Já as áreas ocupadas por Chácaras, Área Urbana Não Densa e Área Urbana Densa apresentaram o maior gradiente de temperatura média de superfície. Segundo Lombardo (2016), as Ilhas de Calor são formadas nos usos e ocupação do solo como comércios, indústrias, residências horizontais de baixo, médio e alto padrão, adensamento urbano de casas, carros e pessoas, além de áreas com solos compactados e pavimentados.

Essas características da morfologia urbana influenciam na formação de Ilhas de Calor devido ao alto grau de absorção de temperatura que esses materiais possuem, enquanto as florestas e áreas de vegetação tem maior capacidade de

refletir a energia emitida pela radiação solar e por consequência menor retenção e absorção de calor (FERREIRA, 2015).

6 CONCLUSÃO

Ao analisar os dados extraídos neste trabalho, constatou-se que a formação de Ilhas de Calor tem correlação direta com os tipos de uso e ocupação do solo. O estudo da Floresta Nacional de Brasília e seu entorno metropolitano resultou em uma diferença significativa de Temperatura de Superfície do Terreno entre o grupo 1 (FLONA) e o grupo 2 (entorno metropolitano). O grupo 2 com TST bem mais elevadas que o grupo 1, tanto no inverno quanto no verão.

O *Pinus* destacou-se com a menor temperatura média e menor formação de Ilhas de Calor. Enquanto a Área Urbana Densa obteve a maior temperatura entre os usos do solo. A importância de áreas de florestas e áreas de vegetação são de suma importância para a mitigação de formação de Ilhas de Calor. Quanto menor for a formação das IC, melhor a qualidade de vida das pessoas que habitam os centros urbanos. Segundo o ICMBIO (2016), a FLONA tem sido extremamente relevante para Brasília, e principalmente na região administrativa de Taguatinga-DF onde a FLONA está inserida. A FLONA tornou-se um refúgio do efeito das IC, bem como para lazer, passeios, trilhas e turismo.

Mesmo o *Pinus* tendo o uso e ocupação de solo com menor TST, isso não significa que a FLONA deve povoar a floresta com essa espécie ou implementar mais Eucalipto em suas áreas. Brasília está inserida no bioma Cerrado e é este tipo de floresta que deve ser preservado e restaurado. O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade já vem trabalhando em um plano de restauração ecológica para preservação da biodiversidade do Cerrado por meio de retirada das espécies exóticas invasoras, como o *Pinus* e o Eucalipto, o projeto prevê restauração da vegetação nativa, respeitando as fitofisionomias do bioma (ICMBIO; MMA, 2022).

Através deste trabalho foi possível constatar também a viabilidade que o sensoriamento remoto possui para fazer análises de Ilhas de Calor com precisão, confiabilidade dos dados e eficiência na obtenção dos resultados. O sensoriamento remoto permite desenvolver diversos trabalhos e análises à distância.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. Imagens de satélite. Disponível em: <http://www.aeb.gov.br/servicos/imagens-de-satelites/> Acesso em: 08 mai. 2020.
- AGÊNCIA ESPACIAL BRASILEIRA. Satélites. Disponível em: <http://www.aeb.gov.br/programa-espacial-brasileiro/satelites/> Acesso em: 06 mai. 2020.
- ALMEIDA, M.C. Aplicação do sistema de sensoriamento remoto por imagem e o planejamento urbano regional. 1p. Artigo – Universidade São Judas Tadeu, Butantã (SP), 2010.
- ALVES, E. D. L. Resenha do livro: Ilhas de Calor. Entre lugar, [S.l.], v. 2, n 3, p. 165-167, jun. 2011. ISSN 2177-7829. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/915/1264>. Acesso em: 31 mai. 2020.
- ALVES, E.; SOUZA, S. G.; MARRA, R. Êxodo e a sua contribuição à urbanização de 1950 a 2010, Brasília, DF. **Revista de Políticas Agrícola**, Brasília, DF, v.8, n.2, p. 80-87, abr./mai./jun. 2011.
- BARROS, H. R.; LOMBARDO, M. A. A ilha de calor urbana e o uso e ocupação e cobertura do solo em São Paulo. São Paulo, 2016. Disponível: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/97783>. Acesso em: 26 out. 2022.
- BARROS, L. L. A. Uma abordagem sobre espectro eletromagnético por meio de estudo de caso em Goytacazes no Rio de Janeiro 2018. 34p. Dissertação de Mestrado em Ensino de Física – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campo dos Goytacazes, RJ.
- CAMPOS, O. J. Variabilidade da precipitação no Cerrado e sua correlação com a mudança no uso da terra. 60 p. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais – Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- COELHO, V. INSTITUTO JURUMI. Microrrelevos do cerrado: os campos de murunduns. Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.institutojurumi.org.br/2022/02/microrrelevos-do-cerrado-os-campo-de.html>. Acesso em: 26 out. 2022.
- EMBRAPA CERRADO (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Mata de galeria. EMBRAPA, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/bioma-cerrado/mata-de-galeria>. Acesso em 26 out. 2022.

EMBRAPA FLORESTAS (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). O eucalipto. EMBRAPA, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/transferencia-de-tecnologia/eucalipto>. Acesso em: 26 out. 2022.

EMBRAPA. Cerrado. 2021. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

ENGESAT - SOLUÇÕES EM IMAGENS DE SATÉLITE E GEOPROCESSAMENTO. Landsat 8. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/landsat-8/> Acesso em: 07 mai. 2020.

FIALHO, S. E. Ilha de calor: reflexões acerca de um conceito, v. 10.5654, n.1, p 61-76.

FIDALGO, E.C.C; COELHO. M. R; ARAÚJO, F.O; SANTOS, H.G; BREFIN, M.S.M.L Uso de imagens de satélite para o estudo do uso da terra e sua dinâmica. Livro, cap 2, p. 39.

FLORESTA BRASIL. O eucalipto em relação ao uso da água. Disponível em: <https://florestalbrasil.com/2019/01/o-eucalipto-em-relacao-aos-uso-da-agua/>. Acesso em 26 out. 2022.

GONÇALVES, A. et al. (org.). Plano de manejo da floresta nacional de Brasília – Distrito Federal. Brasília: ICMBIO, 2016. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/flona-de-brasilia/arquivos/dcom_plano_de_manejo_flona_de_brasilia_diagnostico.pdf. Acesso em: 18 mai. 2021.

ICMBIO (Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade). Plano de restauração ecológica e controle de espécies exóticas invasoras na floresta nacional de Brasília. Brasília, 2022. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cbc/images/stories/Planj_restauracao_Flona_de_Bsb_vs_publicada_10_08_2022.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

ICMBIO (Instituto Chico Mendes da Conservação da Biodiversidade). Plano de manejo da flona de Brasília. Brasília, 2016. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/cerrado/lista-de-ucs/flona-de-brasilia/arquivos/dcom_plano_de_manejo_flona_de_brasilia_diagnostico.pdf. Acesso em: 2 out. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sensoriamento remoto. Disponível em: <https://atlascolar.ibge.gov.br/conceitos-gerais/o-que-e-cartografia/sensoriamento-remoto.html/> Acesso em: 14 abr. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Satélites e sensores. Disponível em: http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/3-Satelites_e_Sensores.pdf/ Acesso em: 13 mai. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAS. Satélite landsat. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/landsat/>. Acesso em: 06 mai. 2020.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAS. Sensoriamento remoto. Disponível em: <http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm/> Acesso em: 06 mai. 2020.

JÚNIOR, A. C. Ilhas de Calor Urbanas 2011. 12p. Dissertação (Física do Centro de Ciências e Tecnologias) – Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE.

KLINK, A.C.; MACHADO, B. R. Megadiversidade: a conservação do cerrado brasileiro. Brasília, v.1, n.1, 2005.

LABORATORIO DE GEOPROCESSAMENTO APLICADO – UFJF, 2016
Característica de imagens de satélites orbitais. Disponível em: <http://www.ufjf.br/lga/files/2011/03/10-Character%C3%ADsticas-da-Imagens.pdf>
Acesso em: 13 mai. 2020.

LIMA, C. E. Qualidade Multitemporal da paisagem: estudo de caso na floresta ombrófila mista em General Carneiro no Paraná 2003. 28p. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR.

MENESES, R. P.; ALMEIDA, T.; BAPTISTA, M. M.G.; Reflectância dos materiais terrestres: análise e interpretação. São Paulo, 2009. Disponível em: http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/de gustacao/reflectancia-dos-materiais-terrestres_deg.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, Plano de ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas no cerrado. 2014-2015. Disponível em: http://combateadodesmatamento.mma.gov.br/images/conteudo/PPCerrado_2aFase.pdf. Acesso em 07 jun. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Desmatamento no cerrado. 2018. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/component/k2/item/15309-desmatamento-no-bioma-cerrado-em-2018.html>. Acesso em: 07 jun. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. O bioma cerrado, 2021. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biomas/cerrado#content>. Acesso em: 01 jun. 2020.

MORAES, C. E. Fundamentos de sensoriamento remoto. São José dos Campos, INPE, 2p.;2002.

MOREIRA, M. A.; OLIVEIRA, H. Ameaças à conservação dos morcegos da savana mais biodiversa do mundo. São Paulo, p. 79. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-43-Mata-de-galeria-do-Cerrado-do-Planalto-Central-Fonte-Hernani-Oliveira_fig3_328980025. Acesso em: 26 out. 2022.

PARASTATIDIS, D; MITRAKA, Z; CHRYSOULAKIS, N; ABRAMS. M. **Remote sensing: online global land surface temperature estimation from landsat, California -USA**, MPDI, 2017, 9, 1208. 16p.

PAULA, C. R.; VALERI, V. S. Síntese das principais características do gênero pinus. São Paulo, 2009. Disponível em: https://www.fcav.unesp.br/Home/departamentos/producaovegetal/SERGIOVALIENG_OVALERI/sintese-principais-caracteristicas-genero-pinus1.pdf. Acesso em: 26 out. 2022.

PIRES, G. E; JUNIOR, F. G. L. **Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e 8 em Luiz Eduardo Magalhães, Tocantins 2015**. 1p. Artigo para Anais XVII Simpósio Brasileiro de sensoriamento remoto, João Pessoa, PB, 2015.

QUARTAROLI C. F, VICENTEML. E, ARAUJO, L.S. Sensoriamento remoto, Cap 4, Brasília – DF: Embrapa Territorial, 2014. 61-79 p.

R7 CULTURA MIX – MEIO AMBIENTE. Vegetação do cerrado: formação e características principais. Disponível em: <https://meioambiente.culturamix.com/natureza/vegetacao-do-cerrado-formacao-e-caracteristicas-principais>. Acesso em: 26 out. 2022.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma cerrado. In.: SANO, S. M; ALMEIDA, S. P; RIBEIRO, J. F. Ecologia e flora. Brasília: EMBRAPA, 2008. v. 1, p. 128-129.

SILVA, C. C.; ARRUDA, M. D.; FONSECA, S. B. Relação espécie-área em campos de murundum com diferentes históricos de perturbação. Revista Biologia Neotropical, Minas Gerais, v. 13, n. 1, p. 250-260, out./2016. DOI: <https://doi.org/10.5216/rbn.v13i1.36705>. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/RBN/article/view/36705>. Acesso em: 14 out. 2022.

SOARES, B. A.; CARVALHO, F. C. P.; NABINGER, C.; SEMMELMANN, C.; TRINDADE, K. J.; GUERRA, E.; FREITAS, S. T.; PINTO, E. C.; JUNIOR, F. A.; FRIZZO, A. Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000500025>. Acesso em: 21 out. 2022.

VIANNA, O. E.; ROMERO, B. A. M. O campo térmico urbano: Ilhas de Calor em Brasília-DF. Brasília, 2018. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/33012/1/2018_ElenOliveiraVianna.pdf. Acesso em 16 jan. 2021.