

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA- IG
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA**

**MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO NATIVA DO MUNICÍPIO DE MONTE
CARMELO - MG**

LARISSA LARA PAIVA DA SILVA CASTRO

Monte Carmelo

2023

LARISSA LARA PAIVA DA SILVA CASTRO

**MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO NATIVA DO MUNICÍPIO DE MONTE
CARMELO - MG**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para
obtenção do título de bacharel em
Engenharia de Agrimensura e
Cartográfica da Universidade
Federal de Uberlândia-Campus
Monte Carmelo.

Orientador: Dr. Ricardo Luís
Barbosa

Monte Carmelo

2023

LARISSA LARA PAIVA DA SILVA CASTRO

**MAPEAMENTO DA VEGETAÇÃO NATIVA DO MUNICÍPIO DE MONTE
CARMELO - MG**

Trabalho de Conclusão de
Curso aprovado para obtenção do
título de bacharel em Engenharia de
Agrimensura e Cartográfica da
Universidade Federal de
Uberlândia pela banca examinadora
formada por:

Dr. Ricardo Luís Barbosa (UFU)- Orientador

Me. Marcelo Araújo de Faria (UFU)

Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis (UFU)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a Nossa Senhora da Abadia, por ter me direcionado, protegido, abençoado, guardado com teu manto sagrado, me dando força e saúde no decorrer desta etapa e nos dias difíceis eles sempre estiveram presente na minha vida.

Ao meu esposo Diego, pelo amor, pelo apoio, pela paciência e por sempre cuidado de mim, nesta etapa da minha vida.

Aos meus pais Odair e Maria, pela criação, pelo cuidado e educação, por todo amor e orações a meu favor. Principalmente a minha mãe, pela sua criação impecável, sua cobranças diárias, por seu esforço e dedicação, que se me tornei essa mulher que sou hoje, tudo que sou devo a ela.

A minha Avó Margarida por cuidar, zelar e seu carinho por minha trajetória. As minhas tias, tios e primos pelo apoio nas minhas conquistas.

Aos meus sogros Batista e Vera por todo apoio. Ao Weder, Michelle, Hércio, que são pessoas que contribuíram com melhor de si.

Aos meus colegas e amigos que fiz no curso que dividiram tempos difíceis, mas também tempos bons ao longo desta trajetória.

Ao meu orientador Prof. Dr. Ricardo Luís Barbosa pela orientação, dedicação, atenção e por ter me auxiliado neste trabalho. E à todos meus professores por compartilhar experiência e conhecimento nas disciplinas cursadas.

À Universidade Federal de Uberlândia por ter me proporcionado a graduação.

A todos meu muito obrigada!!!

RESUMO

O Cerrado é considerado um dos maiores biomas brasileiros, responsável pela manutenção dos recursos hídricos e contém uma grande variedade na sua fauna e flora, por conta dessa diversidade e recursos, seu solo é propício para vários cultivos e fontes de exploração de minerais. Localizado na parte oeste do estado de Minas Gerais, o município de Monte Carmelo, inserido neste bioma de rica diversidade, e sua posição geográfica considerada estratégica e privilegiada, situado no centro do país, próximo aos grandes polos comerciais. Uma das principais características do solo nesta região é o barro viscoso, conhecido como argila, um mineral de fácil separação e que permite moldagem, podendo ser encontrado em rochas brandas de fratura terrosa em ambientes que contêm grande quantidade de água. Com isso se estabeleceu uma das maiores fontes da economia do município, a Indústria de Cerâmicas que tinham como principal produção, telhas e tijolos. Outra fonte de economia do município é a agricultura, de forma mais específica o cultivo de café, com o clima favorável, sua topografia é adequada e sua altitude média é de 950 metros, sendo propício para a instalação desse cultivo. Dentro deste contexto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma análise temporal da vegetação nativa neste município, por meio de imagens orbitais dos anos de 2017, 2019, 2021 e 2023. Para alcançar o objetivo proposto foram realizadas metodologias utilizando imagens orbitais dos satélites *Landsat 8* e *Landsat 9*, técnicas do Sensoriamento Remoto, Processamento Digital de Imagens, através dos softwares (*Envi*, *Arcgis*) que possibilitaram verificar e mapear a vegetação nativa que ainda resta no município. Para realizar o mapa de uso e ocupação do solo, foi feita uma classificação supervisionada com o auxílio do classificador de máxima verossimilhança, onde se podem quantificar as classes de uso do solo. E também foi verificada a mudança da cobertura da vegetação para os quatro anos estudados por meio do cálculo do índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI).

Palavras chaves: Meio Ambiente. Sensoriamento Remoto. Análise temporal. Processamento Digital de Imagens. *Landsat*.

ABSTRACT

The Cerrado is considered one of the largest Brazilian biomes, responsible for maintaining water resources and contains a wide variety in its fauna and flora, due to this diversity and resources, its soil is conducive to various crops and sources of mineral exploration. Located in the western part of the state of Minas Gerais, the municipality of Monte Carmelo, inserted in this biome of rich diversity, and its geographic position is considered strategic and privileged, located in the center of the country, close to the main commercial centers. One of the main characteristics of the soil in this region is the viscous clay, known as clay, a mineral that is easy to separate and allows molding, and can be found in soft rocks with earthy fractures in environments that contain a large amount of water. With that, one of the biggest sources of the economy of the municipality was established, the Ceramics Industry whose main production, tiles and bricks. Another source of the municipality's economy is agriculture, more specifically the cultivation of coffee, with the favorable climate, its topography is suitable and its average altitude is 950 meters, being conducive to the installation of this crop. Within this context, the objective of this work was to carry out a temporal analysis of the native vegetation in this municipality, through orbital images of the years 2017, 2019, 2021 and 2023. To achieve the proposed objective, methodologies were carried out using orbital images from the Landsat 8 satellites and Landsat 9, Remote Sensing techniques, Digital Image Processing, through software (Envi, Arcgis) that made it possible to verify and map the native vegetation that still remains in the municipality. In order to create the land use and occupation map, a supervised classification was made with the aid of the maximum likelihood classifier, where the land use classes can be quantified. And the change in vegetation cover for the four years studied was also verified by calculating the normalized difference vegetation index (NDVI).

Keywords: Environment. Remote sensing. Time analysis. Digital Image Processing. Landsat.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espectro Eletromagnético.....	17
Figura 2 - Curva espectral da vegetação, água, e solo.....	17
Figura 3 – Mapa de espacialização das indústrias de cerâmica.....	37
Figura 4 - Localização do município de Monte Carmelo - MG.....	42
Figura 5 - Fluxo Metodológico.....	44
Figura 6 – Mapas de Uso e Ocupação anos 2019 e 2017.....	50
Figura 7 – Mapas de Uso e Ocupação 2023 e 2021.....	51
Figura 8 – Gráfico do percentual do uso e ocupação da terra.....	52
Figura 9 – Mapas de NDVI anos 2019 e 2017.....	53
Figura 10 – Mapas NDVI anos 2023 e 2021.....	54
Figura 11 – Mapas de Uso e Ocupação ano 2019 e 2017 e Localização das Barreiras de Extração de Argila.....	55
Figura 12 – Mapas de Uso e Ocupação ano 2023 e 2021e Localização das Barreiras de Extração de Argila.....	56
Figura 13 – Mapas NDVI anos 2019 e 2017e Localização das Barreiras de Extração de Argila.....	57
Figura 14 – Mapas NDVI anos 2023 e 2021 e Localização das Barreiras de Extração de Argila.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Satélites que pertencem ao programa Landsat.....	19
Tabela 2 - Características Espectrais e Espaciais do Sensor Mss.....	20
Tabela 3 - Características Espectrais e Espaciais do Sensor TM.	21
Tabela 4 - Características Espectrais e Espaciais do Sensor ETM+.....	22
Tabela 5 - Características Espectrais e Espaciais dos Sensores OLI e TIRS.....	23
Tabela 6 - Características Espectrais e Espaciais dos Sensores OLI e TIRS2.	25
Tabela 7 - Índice <i>Kappa</i> relacionado com a qualidade do mapa temático.	28
Tabela 8 – Indústria de cerâmica com seus respectivos dados cadastrais.....	38
Tabela 9 – Cenas usadas.....	43
Tabela 10 – Amostragem.....	46
Tabela 11 – Amostragem NDVI.....	49
Tabela 12 – Áreas de uso e ocupação.....	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACEMC	Associação dos Ceramistas de Monte Carmelo
ANICER	Associação Nacional da Indústria Cerâmica
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CCB	Centro de Cerâmica Brasileiro
CPTEC	Centro de Previsões de Tempo e Estudos Climáticos
ENVI	<i>Environment for Visualizing Images</i>
ETM+	<i>Enhanced Thematic Mapper Plus</i>
FUCAMP	Fundação Carmelitana Marcos Palmério
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LEMC	Laboratório de Ensaios de Monte Carmelo
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPF	Ministério Público Federal
MSS	<i>Multispectral Scanner</i>
NASA	Programa de Monitoramento da Terra da NASA
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>
NIR	<i>Near Infrared</i>
OLI	<i>Operational Earth Imager</i>
RGB	<i>Red – Green- Blue</i>
RPCs	<i>Rational Coefficients of Polynomials</i>
TIRS	<i>Thermal Infrared Sensor</i>
TM	<i>Thematic Mapper</i>
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVO	14
3. JUSTIFICATIVA	15
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
4.1 Sensoriamento Remoto	17
4.1.1 LANDSAT.....	18
4.1.1.1 Satélites Landsat 1,2, 3, 4-MSS.....	19
4.1.1.2 Satélites Landsat 4-TM, 5.....	20
4.1.1.3 Satélites Landsat 7 ETM+.....	21
4.1.1.4 Satélites Landsat 8.....	22
4.1.1.4 Satélites Landsat 9.....	23
4.2 Processamento Digital de Imagens (PDI)	25
4.2.1 PRÉ-PROCESSAMENTO.....	25
4.2.1.1 Correção Radiométrica.....	26
4.2.1.2 Correção Atmosférica.....	26
4.2.1.3 Correção Geométrica.....	26
4.2.1.4 Composição Bandas.....	26
4.2.2 PROCESSAMENTO DE IMGENS.....	27
4.2.3 PÓS-PROCESSAMENTO.....	28
4.2.4 VALIDADE DA CLASSIFICAÇÃO.....	28
4.2.5 MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	29
4.2.6 SÉRIE TEMPORAL.....	29
4.2.7 NDVI (<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>).....	29
4.3 Cerrado	30
4.4 Economia	33
4.4.1 INDÚSTRIA DE CERÂMICA.....	33
4.4.2 CAFÉ.....	40
5. MATERIAL E MÉTODO	42
5.1 Área de Estudo	42
5.2 Material	43
5.3 Métodos	44
5.3.1 PRÉ-PROCESSAMENTO.....	45

5.3.2 PROCESSAMENTO.....	45
5.3.3 PÓS-PROCESSAMENTO.....	47
5.3.4 NDVI.....	48
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	50
7. CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIAS.....	60

1. INTRODUÇÃO

O município de Monte Carmelo já foi conhecido como Arraial do Carmo da Bagagem, localizado na parte oeste do estado de Minas Gerais, na região do Alto Paranaíba, sendo sua posição geográfica considerada estratégica e privilegiada, situado no centro do país, próximo aos grandes polos comerciais. Com população estimada de 47.267 habitantes em 2022 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), tendo como principal fonte de renda a produção agrícola e a indústria ceramista. Por muito tempo a cidade foi conhecida como Capital Nacional da Telha, pela sua grande quantidade de empresas e pela qualidade do produto, que é comercializado para todo país.

A história da Indústria Ceramista, uma das principais fontes de economia da cidade, começa aproximadamente a partir de 1930 com uma pequena produção realizada de forma artesanal e familiar na fazenda Araras. Entre os anos de 1950 a 1960 ocorreu um impulso na expansão da Indústria, ainda de forma artesanal, e grande parte da produção era vendida para Brasília, que se encontrava em construção. Em meados dos anos 70 houve a mecanização de alguns processos de produção, ainda uma fonte de emprego para a população da cidade e região, porém a produção teve um grande crescimento, chegando ao ano de 2000 a 49 (quarenta e nove) indústrias de grande porte, empregando em torno de quatro mil pessoas de forma direta (SILVA, 1998).

A indústria tem como matéria prima para a produção o barro viscoso, conhecido como argila, um mineral de fácil separação e que permite moldagem, podendo ser encontrado em rochas brandas de fratura terrosa em ambientes que contêm grande quantidade de água. A argila moldada e levada para secagem em fornos tem como fonte de calor a queima de madeira, que por sua vez era retirada do mesmo local onde se encontrava a argila e causou desmatamento desenfreado de áreas de vegetação nativa.

Houve uma grande degradação do meio, sem um estudo prévio sobre a recuperação do ambiente, ou planejamento de extração da matéria prima utilizada na produção de cerâmicas em geral. Além de utilizar a argila para a produção da telha, a madeira que era extraída para a retirada do mineral e também de outras áreas não destinadas à extração do minério, foi empregada na queima em fornalhas para a secagem da telha. Como em muitas áreas não houve reflorestamento, aliado à falta de fiscalização e normas de controle, houve a destinação das áreas para agricultura, de forma que gerou impactos no meio ambiente possibilitando a ocorrência de mudança no meio (MARIANO, 2010).

Outra fonte de economia do município é o cultivo de café, sendo um dos maiores produtores de café da região, investindo na qualidade e certificação de seus produtos, com isso gera-se emprego alavancando o mercado econômico da região, uma prova disso que no município possui um polo filial da maior cooperativa de produtores de café, participando direta e indiretamente da economia da região (Cooxupé).

A importância de se estudar o meio ambiente, reside, por exemplo, na necessidade de buscar controlar as mudanças climáticas globais, como forma evitar desastres naturais futuros. Um fator que afeta as mudanças climáticas é o desmatamento para extração de recursos naturais. Com a crescente preocupação com a degradação do planeta Terra causada pelo uso impróprio do solo e a grande importância em sua preservação, mostra a necessidade de pesquisas e desenvolvimento das técnicas de medição, previsão e controle de erosão, conservação e recuperação do solo (LIU, 2006).

Para o estudo dessas áreas degradadas, utilizam-se várias ferramentas, mas neste caso se utilizará o sensoriamento remoto. O Sensoriamento Remoto que busca a coleta de dados através de sensores, sem a necessidade de contato com a área e a partir dessa coleta é realizado o refinamento dos dados, assim podendo retirar os produtos desejados. A fase de aquisição dos dados contempla elementos para uma compreensão correta para a interpretação dos dados, tais elementos são a radiação eletromagnética, fonte de radiação, efeitos atmosféricos, comportamento espectral do alvo e o sistema de sensor (ROSA, 2009).

Através dos dados adquiridos pelo satélite *Landsat*, utilizando ferramentas de Processamento Digital de Imagens (PDI) é possível analisar as áreas onde ocorre desmatamento, utilizando os processos de classificação de imagens que permite atribuir aos pixels, categorias que permitirão uma análise, assim podendo calcular as regiões de estudo conforme o decorrer dos anos mostrando seu efeito no ambiente. A classificação das imagens de satélite pode ser dividida em supervisionada, que requer conhecimentos prévios das classes de alvos, a fim de classificar a imagem nas classes de interesse pré-fixadas pelo analista, e a não supervisionada, o próprio algoritmo realiza o agrupamento dos pixels com características espectrais semelhantes, determinando assim os grupos de pixels juntos nas classes geradas automaticamente (ALMEIDA et al., 2012).

2.OBJETIVO

Mapear a vegetação nativa do município de Monte Carmelo, nos anos de 2017, 2019, 2021,2023, visando à importância dessa cobertura vegetal para a estabilidade climática, a preservação dos recursos naturais e suas essências.

3. JUSTIFICATIVA

O mapeamento da vegetação nativa tem como principal papel a conscientização da importância da preservação do meio ambiente, para garantir a biodiversidade do bioma, resguardar as reservas de água (açudes, mananciais, rios) evitando sua falta, a vegetação mantém a estabilidade e qualidade do solo e encostas, tem também como principal importância o equilíbrio climático (METZGER et al, 2019).

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

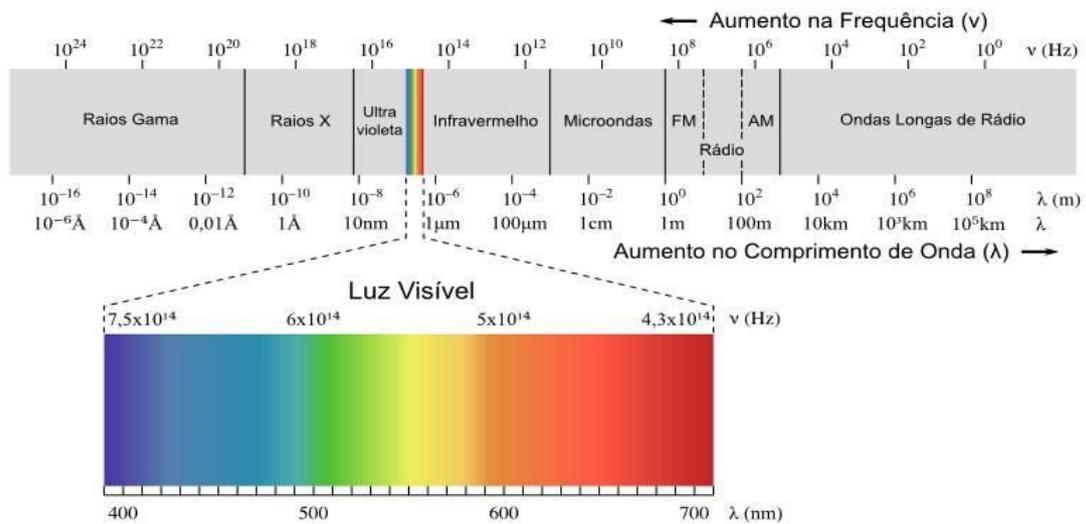
Nessa seção é apresentada uma breve descrição teórica dos conceitos gerais ao tema abordado, conceitos relacionados ao Sensoriamento Remoto e aos métodos de Processamento Digital de Imagens e Série Temporal, conceitos históricos do Cerrado e a economia, na área de estudo, analisados nesse estudo.

4.1 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto é um meio de aquisição de dados sem que haja interação com o alvo, seu sistema é composto por sensores e fases de processamento e a sua utilização conjunta dos sensores das diferentes formas de processamento, permite estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície da Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que compõe os alvos em suas mais diversas manifestações. O fluxo de radiação eletromagnética se propaga pelo espaço, interagindo nas superfícies ou objetos, podendo ser refletido, absorver ou também transmitido. A propagação de ocorrências destes processos depende das propriedades físico-químicas dos elementos irradiados, uma valiosa fonte de informações (ROSA, 2009).

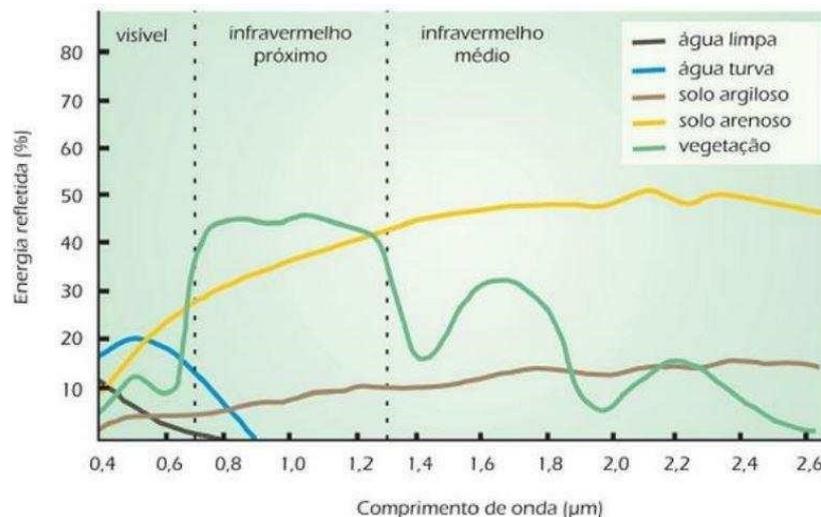
A radiação eletromagnética se propaga por meio de ondas eletromagnéticas. Estas ondas possuem frequência que é medida em Hertz (Hz), de acordo com a quantidade de vezes que a onda se repete. Também pode ser medida pelo comprimento de onda (λ) com o micrômetro como unidade de medida, considera a distância entre dois picos de ondas sucessivas. A variação da radiação eletromagnética é representada pelo espectro eletromagnético, em cada região que se propaga segundo o comprimento de ondas e a frequência (FLORENZANO, 2011).

Como se observa na Figura 1, o espectro eletromagnético é dividido em faixas de regiões que possuem características específicas. A região entre os comprimentos de onda de 400nm a 700nm é a região do espectro visível, onde olho humano pode distinguir as cores (energia) do violeta ao vermelho (MOREIRA, 2011).

Figura 1 – Espectro Eletromagnético

Fonte: Madeira, 2010.

O comportamento espectral dos alvos tem como definição a medida de reflectância, que consiste na fração refletida da radiação eletromagnética pelos alvos da superfície terrestre. Esta energia refletida pelos alvos pode ser representada por curvas, como observado na Figura 2. Estas variações permitem distinguir os objetos da superfície terrestre nas imagens de sensores remotos (FLORENZANO, 2011).

Figura 2 – Curva espectral da vegetação, água, e solo.

Fonte: Florenzano, 2011.

Segundo Rosa (2009), a reflectância é uma característica intrínseca dos alvos que por sua vez dependem de sua constituição e por isso é possível discriminá-los. A relação entre o fluxo da radiação refletida e o fluxo incidente, varia de 0 a 1. Portanto uma imagem pode ser considerada resultante da reflectância, por meio destas características os sensores buscam detectar as diferenças em tonalidade entre os alvos. A radiância é a medida feita pelo sensor da densidade de fluxo radiante que deixa um elemento de área da superfície do alvo, este fluxo se propaga em uma direção e forma um ângulo sólido com o alvo.

Os alvos possuem comportamentos espectrais diferentes a isso se chama de assinatura espectral, podendo variar conforme a época do ano. Por exemplo, gramas têm alta reflectância na faixa de 0,75 a 0,90 μm e baixa reflectância na faixa de 0,4 a 0,68 μm com uma ligeira alta ao redor de 0,55 μm . No caso do solo arenoso, a reflectância aumenta linearmente na faixa de 0,4 a 0,90 μm (LIU,2006).

Além da assinatura espectral, outros atributos são utilizados em Sensoriamento Remoto: resolução espacial, resolução temporal e resolução radiométrica. A Resolução espacial em resumo depende da faixa de visada do sensor e a relação entre o tamanho do alvo na imagem, sua principal importância é parâmetro do sensor para determinar o tamanho do menor objeto que pode ser identificado (NOVO, 2010).

Resolução radiométrica é a capacidade de um sensor detectar e registrar as diferenças de reflectância ou emitância dos alvos. Determina o intervalo de valores que são associados aos níveis de cinza que representa a imagem digital (FLORENZANO, 2011).

A resolução temporal tem como característica o período de revisita de uma mesma área durante seu período de funcionamento. Por exemplo, o satélite Landsat 8 possui uma resolução temporal de 16 dias (ALMEIDA et al, 2012).

4.1.1 LANDSAT

O programa Landsat possui 40 anos de funcionamento, composto por 8 satélites como pode-se observar na Tabela 1, onde são apresentadas as características das imagens e sistema sensores, dados com resolução espacial média, com uma variedade de aplicações em áreas como pesquisa de mudança global, agricultura, silvicultura, geologia, mapeamento de cobertura de terras, gestão de recursos e estudos de água e litoral (USGS,2018).

Tabela 1 – Satélites que pertencem ao programa Landsat.

Sistema	Operação	Sensores	Resolução (m)	Comunicação	Altura da órbita (km)	Revisita (dias)	Faixa Imageada (km)
Landsat 1	Julho de 72 a Junho de 78	RBV MSS	80	Telemetria Gravador de bordo	917	18	185
Landsat 2	Janeiro de 75 a Junho de 82	RBV MSS			917	18	185
Landsat 3	Maio de 78 a Março 83	RBV MSS	30		917	18	185
Landsat 4	Julho de 82 a Agosto de 93	MSS TM	80 30	Telemetria TDS	705	16	185
Landsat 5	Março de 84	MSS TM	80 30		705	16	185
Landsat 6	Maio de 93 não entrou em funcionamento	ETM	15 (pan) 30 (ms)		705	16	185
Landsat 7	Abril de 99 a 2007	ETM +	15(pan) 30(ms)	Telemetria Gravador de bordo	705	16	185
Landsat 8	Fevereiro de 2013	OLI	15 (pan) 30(ms)		705	16	185
Landsat 9	30 de setembro de 2021	OLI 2	30(ms)		705	8	185

Fonte: Adaptado de Novo, 2010 e USGS.

4.1.1.1 Satélites Landsat 1,2, 3, 4-MSS

Os sensores das primeiras missões da série possuem um conjunto de subsistemas com funções específicas de ajuste da órbita, controle da posição do satélite em relação ao plano orbital, e medição constante da posição do satélite. Têm como característica órbita circular, com inclinação em relação ao Equador realizando trajetória semelhante à polar ao redor da Terra. Têm como sistema imageador o Multi Spectral Scanner (MSS-Sistema de Varredura Multiespectral) que permite a varredura da superfície da Terra por meio de um conjunto de espelhos oscilatórios focalizados em um sistema de difração que permite a radiação do alvo ser decomposta em seus vários comprimentos de ondas, incidindo diretamente no sensor. O MSS foi colocado em órbita a uma altitude de 920 km e dá uma volta em torno da Terra em 103 min e 27 s, totalizando, ao final de um dia,

14 faixas imageadas com largura de 185 km. A configuração da órbita dos três primeiros satélites foi estabelecida de tal modo que o sistema MSS imageava a mesma região da superfície terrestre, atribuindo resolução temporal ao sistema de 18 dias e resolução radiométrica de 8 bits. A Tabela 2 abaixo descreve a aplicação de cada banda e suas características (NOVO, 2010).

Tabela 2 – Características Espectrais e Espaciais do Sensor Mss.

Banda	Faixa espectral (μm)	Região do Espectro	Principais características e aplicações das bandas
4	0,5 a 0,6	Verde	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
5	0,6 a 0,7	Vermelho	Permite o mapeamento da drenagem através da visualização de floresta de galeria e entalhe dos cursos dos rios em regiões com pouca cobertura vegetal. É a banda mais utilizada para delimitar a mancha urbana, incluindo identificação de novos loteamentos. Permite a identificação de áreas agrícolas.
6	0,7 a 0,8	Infravermelho Próximo	A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas
7	0,8 a 1,1	Infravermelho Próximo	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico.

Fonte: Adaptado de INPE, 2018.

4.1.1.2 Satélites Landsat 4 e 5-TM

Com o aperfeiçoamento da tecnologia o sistema passou por atualização e ficou conhecido como Thematic Mapper (TM- Mapeador Temático) permitindo melhoramento nas características de suas resoluções, resolução espacial (30m), fidelidade geométrica aperfeiçoada, maior detalhe radiométrico e melhor definição das bandas espectrais contendo 7 bandas. O sensor possui uma faixa de coleta de 185 km, orbita a uma altitude 705 km em relação á superfície terrestre no Equador. Para dar uma volta em torno da Terra estes satélites gastavam 98 minutos e 12 segundos. Sua passagem pelo equador é às 9h27min. O sistema de recobrimento da superfície é realizado a cada 16 dias. As 16 órbitas são deslocadas alternativamente para aprimorar a revisita da mesma área com maior frequência. O espelho do sensor TM adquire 16 linhas por banda em cada varredura, exceto a banda 6 que adquire somente quatro

linhas. A largura de uma varredura consiste em 30 m por linha e 16 linhas que resultam em uma varredura de uma faixa de 480 m. Os sensores TM têm resolução espacial de 30 m e resolução radiométrica de 8 bits, com exceção da banda 6 (banda termal), com 120 m. A Tabela 3 abaixo pode-se identificar a aplicação de cada banda resultante do mapeamento do sensor e suas características (LIU, 2006).

Tabela 3 – Características Espectrais e Espaciais do Sensor TM.

Banda	Faixa espectral (μm)	Região do Espectro	Principais características e aplicações das bandas
1	0,45 - 0,52	Azul	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares.
2	0,52 - 0,60	Verde	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade.
3	0,63 - 0,69	Vermelho	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação
4	0,76 - 0,90	Infravermelho Próximo	A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas (dossel florestal).
5	1,55 - 1,75	Infravermelho	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico.
6	10,4 - 12,5	Infravermelho Termal	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	2,08 - 2,35	Infravermelho Médio	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia.

Fonte: Adaptado de INPE, 2018.

4.1.1.3 Satélite Landsat 7 ETM+

O satélite possui o sensor Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+, Mapeador Temático Avançado Superior), encontra-se em uma órbita de 705 km de altitude. Para dar uma volta em torno da Terra estes satélites gastavam 98 minutos e 54 segundos, resolução temporal ao sistema de 16 dias e resolução radiométrica de 8 bits, resolução espacial de 30 m. A imagem é composta por oito bandas espectrais (Tabela 4), que podem ser combinadas em varias possibilidades de composições coloridas e opções de processamento. Comparando-se ao seu antecessor, destacam-se como as principais melhorias técnicas, a adição de uma banda espectral, Banda Pancromática (PAN), com a

resolução espacial de 15 m, as melhorias nas características geométricas e radiométricas e o aumento da resolução espacial da banda termal para 60 m (NOVO, 2010).

Tabela 4 – Características Espectrais e Espaciais do Sensor ETM+.

Banda	Faixa espectral (μm)	Região do Espectro	do Principais características e aplicações das bandas
1	0,45 - 0,52	Azul	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares.
2	0,52 - 0,60	Verde	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
3	0,63 - 0,69	Vermelho	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação. Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal.
4	0,76 - 0,90	Infravermelho Próximo	A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas.
5	1,55 - 1,75	Infravermelho	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico.
6	10,4 - 12,5	Infravermelho Termal	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
7	2,08 - 2,35	Infravermelho Médio	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia.
8	0,53-0,90	Pancromática	-

Fonte: Adaptado de INPE, 2018.

4.1.1.4 Satélite Landsat 8

O satélite possui sensor *Operational Land Imager* (OLI- Imageador de Terra Operacional), encontra-se em órbita a uma altitude de 705 km. Para dar uma volta em torno da Terra, esse satélite gasta 98 minutos e 54 segundos, resolução temporal ao sistema de 16 dias e resolução radiométrica de 12 bits. O sensor possui bandas espectrais para coleta de dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, além de uma banda pancromática (USGS,2018).

Além do sensor OLI o Satélite Landsat 8 possui também um sensor *Thermal Infrared Sensor* (TIRS- Sensor Infravermelho Térmico) possui bandas espectrais na faixa do infravermelho termal. Oferece continuidade à aquisição de dados captados pela

banda 6 do TM e ETM+. Os dados do sensor TIRS possuem 100m de resolução espacial, com resolução radiométrica de 12 bits. Na Tabela 5 abaixo descreve as bandas e suas aplicações (USGS,2018).

Tabela 5– Características Espectrais e Espaciais do Sensor OLI e TIRS.

Banda	Faixa espectral (μm)	Região do Espectro	Principais características e aplicações das bandas
1	0,43 - 0,45	-	-
2	0,45 - 0,52	Azul	Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares.
3	0,52 - 0,60	Verde	Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
4	0,63 - 0,69	Vermelho	A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação. Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal.
5	0,76 - 0,90	Infravermelho Próximo	A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas.
6	1,55 - 1,75	Infravermelho	Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico.
7	10,4 - 12,5	Infravermelho Termal	Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades termais de rochas, solos, vegetação e água.
8	2,08 - 2,35	Infravermelho Médio	Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia.
9	0,53 - 0,90	Pancromática	-
10	1,360 – 1,390	Cirrus	-
11	10,30 - 11,30	TIRS - 1	-
12	11,50 – 12,50	TIRS -2	-

Fonte: Adaptado de USGS, 2018.

4.1.1.5 Satélite Landsat 9

Lançado no dia 21 de setembro de 2021, tem como papel importante o monitoramento de recursos terrestre para a sobrevivência humana. O satélite possui o sensor *Operational Land Imager* (OLI- Imageador Operacional da Terra), que permite

detectar a luz visível, infravermelho próximo e infravermelho, contendo nove bandas, possui também o sensor *Thermal Infrared Sensor 2* (TIRS 2- Sensor Infravermelho Térmico 2) que detecta radiação térmica em dois comprimentos de onda usado medir as temperaturas da superfície da Terra e suas mudanças, encontra-se em órbita a uma altitude de 705 km .(USGS,2023). Na Tabela 6 abaixo descreve as bandas e suas aplicações (USGS,2023).

Tabela 6– Características Espectrais e Espaciais do Sensor OLI e TIRS 2.

Banda	Faixa espectral (μm)	Região do Espectro	do	Principais características e aplicações das bandas
1	0,43 - 0,45	-	-	-
2	0,45 - 0,52	Azul		Apresenta grande penetração em corpos de água, com elevada transparência, permitindo estudos batimétricos. Sofre absorção pela clorofila e pigmentos fotossintéticos auxiliares.
3	0,52 - 0,60	Verde		Apresenta grande sensibilidade à presença de sedimentos em suspensão, possibilitando sua análise em termos de quantidade e qualidade. Boa penetração em corpos de água.
4	0,63 - 0,69	Vermelho		A vegetação verde, densa e uniforme, apresenta grande absorção, ficando escura, permitindo bom contraste entre as áreas ocupadas com vegetação. Permite análise da variação litológica em regiões com pouca cobertura vegetal.
5	0,76 - 0,90	Infravermelho Próximo		A vegetação verde, densa e uniforme, reflete muita energia nesta banda, aparecendo bem clara nas imagens. Apresenta sensibilidade à rugosidade da copa das florestas.
6	1,55 - 1,75	Infravermelho		Apresenta sensibilidade ao teor de umidade das plantas, servindo para observar estresse na vegetação, causado por desequilíbrio hídrico.
7	10,4 - 12,5	Infravermelho Termal		Apresenta sensibilidade aos fenômenos relativos aos contrastes térmicos, servindo para detectar propriedades térmicas de rochas, solos, vegetação e água.
8	2,08 - 2,35	Infravermelho Médio		Apresenta sensibilidade à morfologia do terreno, permitindo obter informações sobre Geomorfologia, Solos e Geologia.
9	0,53 - 0,90	Pancromática		-
10	1,360 – 1,390	Cirrus		-
11	10,30 - 11,30	TIRS - 2		-
12	11,50 – 12,50	TIRS -2		-

Fonte: Adaptado de USGS, 2023.

4.2 Processamento Digital de Imagens (PDI)

Uma imagem digital é a representação matricial dos valores que correspondem à intensidade de energia refletida ou emitida pela superfície terrestre. Cada elemento da imagem representa a intensidade de energia e um nível de cinza (FLORENZANO, 2011). O resultado da alteração ou interação espectral da radiação solar incidente ou da radiação emitida por cada elemento é a tonalidade ou cor em cada ponto da superfície (NOVO, 2010).

As imagens digitais têm características que são essenciais para seu processamento, elas são resolução radiométrica que representa o brilho de cada *pixel*, resolução espacial que é o tamanho do *pixel* no terreno (em metros), resolução espectral que refere-se ao número de bandas e o comportamento espectral de cada uma (NOVO, 2010). O processamento digital de uma imagem é dividido em três etapas o pré-processamento, processamento, e pós-processamento.

4.2.1 PRÉ-PROCESSAMENTO

Com o tempo de utilização dos meios de aquisição dos dados e eventos adversos da natureza que ocorrem durante a obtenção de imagens, pode causar contaminação por ruído, algum tipo de espalhamento de luz ou degradação da imagem. Portanto são usados métodos de restauração com objetivo de calibrar a radiometria da imagem, remover ruídos e corrigir distorções geométricas (MOREIRA,2011).

A aquisição das imagens de sensoriamento remoto possui grande distância da superfície terrestre. Como consequência, há um percurso atmosférico substancial que a radiação eletromagnética precisa atravessar antes de chegar ao sensor. Dependendo do comprimento de onda e das condições atmosféricas, a radiação que atinge o sensor pode ser modificada. O sensor pode mascarar a radiação que incide sobre ele, uma vez que combina uma variedade de componentes óticos, mecânicos e elétricos, ocorrendo modificações geométricas da imagem (ROSA,2009).

4.2.1.1 Correção Radiométrica

A correção radiométrica tem como objetivo a remoção ou diminuição de distorções originadas quando do registro da radiação eletromagnética por parte de cada detector. Os erros são provenientes da configuração, operação e depreciação do sensor, prejudicando a extração das informações. O erro mais conhecido é *striping*, caso não ocorra correção antes do processo de classificação, faz com que um único objeto seja classificado em classes diferentes (NOVO, 2010).

4.2.1.2 Correção Atmosférica

O efeito da atmosfera provoca a redução do contraste entre os alvos, reduzindo a possibilidade de detecção dos alvos pequenos e não ocorre a separação das reflectâncias próximas. A intensidade da influência depende do comprimento de onda, que varia de banda para banda (ALMEIDA et al, 2012).

4.2.1.3 Correção Geométrica

Para realizar a correção geométrica é necessário aplicar um modelo matemático que define a relação física entre coordenadas de imagem e coordenadas de solo, e que são diferentes para cada sensor (ALMEIDA et al, 2012).

4.2.1.4 Composição Bandas

Realizar a composição de bandas é necessário para discriminar os objetos nas imagens de satélite. Cada banda é associada a uma cor de modo para que os diferentes atributos tenham uma cor associada. A composição de bandas pode ser apenas para visualização das imagens para facilitar algumas operações simples, seleção de amostras de áreas para uma classificação supervisionada, e também propicia uma alta qualidade de extração de informações, para fins de mapeamentos temáticos (ROSA,2009).

Entre as composições de bandas, RGB, tem como qualidade a liberdade para o analista explorar as várias combinações de bandas, para obter a imagem colorida de melhor contraste. As cores são dependentes da qualidade de contraste de cada banda, é controlado pela escolha adequada das bandas em função do comportamento espectral dos alvos presentes na imagem (ALMEIDA et al, 2012).

4.2.2 PROCESSAMENTO DE IMAGENS

O processamento de imagem é uma operação que tem como dado de entrada uma imagem, e que realiza sobre ela operações (processamento) e tem como resultado outra imagem. Nesse trabalho o principal processamento de imagens será a classificação.

A classificação de imagens digitais consiste no reconhecimento de objetos, agrupando em classes os objetos que apresentam similaridade em suas respostas espectrais. O resultado de uma classificação digital de imagens é um mapa temático, no qual cada pixel ou grupo de pixels da imagem é classificado em uma das várias classes definidas (FLORENZANO, 2011).

A classificação supervisionada consiste em um processo no qual o analista precisa ter um conhecimento prévio das amostras que serão utilizadas para treinamento de um algoritmo classificador. Para realizá-la é necessário um conhecimento prévio sobre a localização espacial das amostras de treinamento. Para realizar uma boa classificação é necessário decidir o melhor conjunto de bandas espectrais para evidenciar a área de interesse, obter a localização precisa das amostras de treinamento, determinar o relacionamento entre o objeto em análise e o nível digital das bandas escolhidas, a extrapolação do relacionamento para toda cena e a avaliação da precisão da classificação realizada (NOVO, 2010).

O algoritmo mais utilizado para classificação supervisionada é o *Maximum Likelihood Classification* (Classificação Máxima Verossimilhança) tem como fundamento em classificar a imagem *pixel a pixel* com critério de máxima verossimilhança por meio das classes pré-determinadas pelo analista (amostras). O algoritmo realiza a classificação por meio da Função Gaussiana de Densidade de Probabilidade Condicional que estima o valor médio do vetor de cada classe e a matriz da covariância usando o padrão do treinamento (MOREIRA, 2011).

O método realiza estimativas do valor médio do vetor de cada classe e a matriz da covariância usando o padrão do treinamento. As amostras de treinamento são representadas por *pixels* com a reflectância distinta e área de referência dos níveis de cinza de uma determinada classe. Para um melhor resultado é necessário maior o número de *pixels* em uma amostra de treinamento para programar a matriz de covariância (LIU, 2006).

4.2.3 PÓS-PROCESSAMENTO

Após realizar a classificação tem-se como resultado as classes são formadas por conjuntos de *pixels*, sendo possível gerar mapas temáticos, porém antes disso é necessário minimizar alguns ruídos gerados pelo classificador através de algoritmos. Para minimizar estes ruídos podem ser agrupando áreas classificadas similares adjacentes usando operadores morfológicos. Combinado com uma triagem remove *pixels* classificados isolados usando o agrupamento em suas classes pertencentes próximas (LIU, 2006).

4.2.4 VALIDADE DA CLASSIFICAÇÃO

Após realizar uma classificação é necessário validar, um método que pode ser utilizado é o coeficiente *Kappa*, que é método estatístico que analisa o nível de concordância ou reprodutividade entre os conjuntos de dados (ALMEIDA *et al*, 2012). O índice varia de 0 (concordância nula) a 1 (concordância perfeita), conforme a Tabela 6.

Tabela 7 - Índice *Kappa* relacionado com a qualidade do mapa temático.

Kappa	Qualidade da Classificação
<0	Péssima
0,00 – 0,20	Ruim
0,20 – 0,40	Razoável
0,40 – 0,60	Boa
0,60 – 0,80	Muito Boa
0,80 – 1,00	Excelente

Fonte: Landis e Koch (1977).

4.2.5 MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Com o tempo cada vez mais surge a necessidade de se estudar a forma de compreensão dos padrões de organização do espaço. Este estudo consiste em buscar o conhecimento de toda área destinada para a utilização dos seres humanos, de forma a caracterizar tudo que se encontra como vegetação natural, agricultura, e área urbana em suas respectivas localizações (ROSA,2009).

O processo de desenvolvimento da região é fundamental para medir o mau uso que causa a degradação do meio, como os processos de erosão, assoreamento e desertificação. Para isso é necessário realizar o mapeamento de forma que ocorra sempre a atualização, possibilitando o controle das informações sobre a proporção das mudanças (ROSA,2009).

4.2.6 SÉRIE TEMPORAL

As séries temporais são usadas para verificar como o ambiente se comporta com o passar dos anos, através de observações de fenômenos e objetos. Ao se realizar a análise de como os fenômenos ocorrem no tempo, podem-se realizar previsões sobre esses eventos, para isso, é necessário que o processo observado seja estacionário. O processo estocástico é chamado estacionário se a média e a variância forem constantes ao longo do tempo e o valor de covariância entre os períodos de tempo depender apenas da distância, do intervalo ou da defasagem entre os dois períodos e não do tempo real ao qual a covariância é computada (MACHADO, 2018).

4.2.7 NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

O Índice de Vegetação por diferença Normalizada é cálculo da diferença da reflectância espectral da banda do sensor na faixa do infravermelho e reflectância espectral da banda do sensor na faixa vermelho e dividido pela soma da reflectância espectral da banda do sensor na faixa do infravermelho e reflectância espectral da banda do sensor na faixa do vermelho, calculado através da Equação 3 (ROSA,2009).

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

(3)

Onde:

NIR = Comportamento espectral na banda infravermelho próximo.

Red = Comportamento espectral banda vermelho.

O estudo da refletância espectral da vegetação tem como a importância no comportamento à clorofila verde absorve luz vermelha, assim reduzir a quantidade de luz vermelha refletida, porém as células do mesófilo nas folhas são excelentes refletores de energia próxima do infravermelho. Portanto pode-se concluir que a vegetação verde tem baixa refletância de luz vermelha e alta refletância de luz infravermelha próxima (LIU, 2006).

4.3 Cerrado

O Cerrado possui uma ampla extensão e heterogeneidade de ecossistemas, abrigando uma enorme biodiversidade, representando uma importante oportunidade para investimentos no seu desenvolvimento sustentável. Não possui um levantamento completo e exaustivo de toda a variedade biológica, mas indica a ocorrência de pelo menos 6 mil espécies de plantas lenhosas, com elevado grau de endemismo, e mais de 800 espécies de aves, agregadas a uma variedade de peixes, abelhas e outros invertebrados. Gramíneas são mais de centenas, nas maiores endêmicas, perdendo espaço para os capins exóticos utilizados na formação de pastagens. A biodiversidade do Cerrado representa em torno de 5% da biodiversidade do Planeta (MMA, 2006).

Conforme o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) o Bioma Cerrado possui extensão de 2.036.448 Km², corresponde a 24% do território brasileiro, localizado nos estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Distrito Federal, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná e São Paulo. A região exibe enorme diferença espacial, possui grande diversidade de solos e climas que se refletem numa biota diversificada. Os solos são antigos, profundos e bem drenados predominantemente homogêneos vermelhos e amarelos.

A grande diversidade de sua vegetação possui características como formações campestres abertas, campos limpos, e cerradões com fisionomias relativamente densas. Entre esses aspectos extremos fisionômicos, encontra-se gama de formas intermediárias,

com fisionomia de savana, e carrasco, como os campos sujos, os campos cerrados (DURIGAN, 2010).

O Cerrado possui relevo bastante plano ou suavemente ondulado, contém imensos planaltos ou chapadões. Possui 50% de sua área em altitudes que ficam entre 300 e 600 m acima do nível do mar. Suas maiores elevações são o Pico do Itacolomi (1797 m) na Serra do Espinhaço, o Pico do Sol (2070 m) na Serra do Caraça e a Chapada dos Veadeiros, que pode atingir 1.676 m (MMA, 2006).

Os solos se caracterizam pela heterogeneidade e importância do Cerrado, geralmente ácidos e de baixa fertilidade natural, porém apresentando relevos relativamente suaves e aptos à mecanização agrícola. Uma boa variedade de solos foi incorporada rapidamente ao processo de agricultura comercial, sobretudo nas chapadas, a partir das tecnologias aplicadas nas últimas décadas no Bioma. Este processo, cuja expansão se dá a partir do desmatamento indiscriminado de rica vegetação, resulta em sistemas produtivos de monoculturas em larga escala, mecanizados e altamente dependentes de insumos químicos (MMA, 2006).

Segundo o Ministério de Meio Ambiente (MMA) o bioma tem como característica a grande quantidade de água em seu solo já que em seu território se encontram várias nascentes de rios como as bacias do Amazonas, Tocantins, Parnaíba, São Francisco, Paraná e Paraguai. Encontra se também na região do bioma um dos maiores reservatórios naturais, o Aquífero Guarani, fundamental para o equilíbrio natural hidrológico. A preservação dos recursos hídricos é de extrema importância, pois as degradações destas áreas afetam diretamente na sobrevivência dos meios biológicos e humanos dependentes desse recurso.

O Cerrado é alvo da destruição humana através da agricultura e a pecuária, além das áreas já utilizadas desde as décadas de 60 e 70, há o desmatamento diuturno e constante de novas áreas, constituindo a mais recente “fronteira agrícola” do desenvolvimento econômico. A “fronteira agrícola” foi expandida para quase todas as terras restantes no Cerrado. Devido aos preços proporcionalmente baixos das terras e com boas condições de mecanização e melhoramento da fertilidade, apresenta os maiores índices de desmatamento, justamente em razão de uma política desenvolvimentista predatória e alheia às consequências socioambientais (BOLSON, 2018).

O cerrado possui cerca de 2 milhões de km² que foram transformados em pastagens plantadas, culturas anuais e outros tipos de uso da terra. São destinados 100.000km² a monoculturas cultivadas, principalmente a soja. E somente 33.000km² de

área total para conservação, claramente insuficiente quando comparada com os principais usos da terra no Cerrado (KLINK e MOREIRA, 2005).

As transformações ocorridas no Cerrado causaram grandes danos ambientais, a desintegração de habitats, extinção da biodiversidade, invasão de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição de aquíferos, degradação de ecossistemas, alterações nos regimes de queimadas naturais, desequilíbrios no ciclo do carbono e modificações climáticas regionais. O Cerrado embora seja um ecossistema adaptado ao fogo, às queimadas utilizadas para incentivar a rebrota das pastagens para abrir novas áreas agrícolas causam perda de nutrientes, compactação e erosão dos solos, um problema grave que atinge enormes áreas, especialmente nas regiões montanhosas do leste goiano e oeste mineiro. A eliminação total pelo fogo causa degradação da biota nativa, devido ao acúmulo de material combustível (biomassa vegetal seca) e à baixa umidade da época seca. Uma eventual queimada nessas condições tende a gerar temperaturas extremamente altas que são prejudiciais à flora e à fauna do solo (KLINK e MOREIRA, 2005).

Para prevenção de danos ambientais no bioma em questão foram criados códigos florestais de âmbito federal e estadual, a mais antiga é a Lei Nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965 que estabelece as primeiras normas de preservação do meio ambiente, como as de preservação de áreas permanentes, parques nacionais, estaduais, municipais e reservas biológicas. Determina a conservação de áreas de preservação permanentes nas margens de rios, entorno de nascentes, em topos de montes e montanhas, nas encostas declividade superiores a 45°. Essas áreas de preservação são importantes para atenuar a erosão das terras; fixar as dunas; formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias; auxiliar a defesa do território nacional a critério das autoridades militares; proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico ou histórico; asilar exemplares da fauna ou flora ameaçados de extinção; manter o ambiente necessário à vida das populações silvícolas; assegurar condições de bem-estar público, conforme o artigo 3º da lei citada.

Como forma de garantir todos os meios de preservação o artigo 20º prevê no paragrafo único “O não cumprimento do disposto no artigo, além das penalidades previstas no Código, obriga os infratores ao pagamento de uma multa equivalente a 10% (dez por cento) do valor comercial da matéria prima florestal nativa consumida além da produção da qual participe.” O Código Florestal é uma forma de determinar condições mínimas de preservação do meio e punir o indivíduo que descumprir estas leis por meio de multas e apreensões.

Com passar do tempo surgiu a necessidade de atualizar o Código Florestal, por conta das mudanças do meio ambiente, ocupação desordenada e falta de fiscalização. Assim em Maio de 2012 foi sancionado o Novo Código Lei Nº 12.651. Com essa nova lei alterou-se a dimensão das áreas de preservação permanente nas margens de rios entorna de nascentes, em topos de montes e montanhas, nas encostas com declividade superior a 45°. Foi criado o CAR – Cadastro Ambiental Rural, que é um cadastro eletrônico que deve conter os dados das propriedades rurais. O cadastro é obrigatório para todas as propriedades rurais e os dados informados são declaratórios de responsabilidade do proprietário rural. A principal característica é integrar informações ambientais das propriedades rurais.

Outro marco que auxiliou o combate do desmatamento foi a Lei Nº 9.827, de 27 de Agosto de 1999 acrescentado o Decreto Nº 3.358 de 02 de Fevereiro de 2000, determina que qualquer tipo de extração de minerais deva-se realizar o registro de extração. Neste documento é necessário conter indicação da substância mineral a ser extraída; necessidade da utilização da substância mineral; dados sobre a localização e a extensão, em hectares, da área objetivada; indicação dos prazos previstos para o início e para a conclusão; planta de situação e memorial descritivo da área; além da licença de operação, expedida pelo órgão ambiental competente. Caso o não cumprimento o documento seja negado e se ocorrer extração indevida o proprietário será punido de acordo com a característica do minério e impactos na área de mineração.

4.4 Economia

4.4.1 Indústrias Ceramistas

A cerâmica é o material mais antigo produzido através da argila, utilizado para cobrir e revestir edificações. Do grego *Kéramos*, “terra queimada ou argila queimada” é um material de grande resistência. A indústria da cerâmica no Brasil iniciou na região sul, por volta do século XX, a partir das antigas fábricas de tijolos, blocos e telhas cerâmicas. Sua maior fixação ocorreu na região Sul e Sudeste, devido a condições mais favoráveis, como melhor logística para distribuição de sua produção (MARGARIDO, 2011).

No Brasil a produção de cerâmica vermelha teve momento de crescimento econômico, incentivado pela indústria da construção civil, responsável pela produção de tijolos furados e maciços, lajes, blocos de vedação e estruturais, telhas, manilhas e pisos

rústicos, produtos que são à base da construção civil. Segundo a Associação Nacional da Indústria Cerâmica – ANICER, as diferenças entre a “cerâmica vermelha” e a “cerâmica branca” estão nos tipos de produtos que são fabricados por elas e nas matérias-primas usadas, apesar de apresentarem algumas semelhanças no processo de fabricação. O segmento destacou pelas quantidades de atividades acrescentando ao seu ciclo de produção, questões sociais, e capacidade de aquisição da mão-de-obra (OLIVEIRA, 2011).

Em Monte Carmelo a instalação das Indústrias de Cerâmica Vermelha, responsável pela produção de telha, tijolos, entre outros, ocorreu em meados 1930 com uma pequena produção realizada de forma artesanal. A indústria de Cerâmica tomou impulso a partir dos anos de 1970, com a implantação do Sistema Financeiro Habitacional (Banco Nacional de Habitação), que tinha como propósito prover recursos que garantissem a execução do Plano Nacional da Habitação (SILVA, 1998).

Entre as décadas de 1970 a 1990 ocorreram aumento e desenvolvimento das cerâmicas. Durante este período, aconteceu êxodo rural na região, estimulado pelo processo de industrialização, conseqüentemente a urbanização do País, viabilizando, assim, o aumento de mão de obra disponível para as indústrias que começavam a expandir as atividades. Com isso aconteceu a “modernização” do setor com a agregação de maquinarias a partir de meados dos anos de 1980 (SILVA, 1998).

A qualidade da matéria prima e a sua abundância fez com que os produtos tivessem boa qualidade, gerou grandes vendas da produção. Segundo Silva (1998) toda produção era vendida para todo Brasil, a telha tinha grande saída e qualidade, o próprio consumidor fazia a propaganda. De forma que o investimento era lucrativo, proporcionando o surgimento de novas indústrias (SILVA, 1998).

Durante década de 1970 a 1980, o processo de trabalho era bem artesanal. Os trabalhadores contavam apenas com pás e enxadas para a retirada da argila e sua distribuição nos caminhões, para ser levada para a indústria; as prensas eram ligadas manualmente e o processo de secagem das telhas era feito ao Sol; depois eram levadas aos fornos de queima. Não havia secadores nem carrinhos para o seu transporte (MARIANO, 2010).

A partir da década de 1980 o processo de modernização da indústria, por meio de aquisição de máquinas, tornando o processo produtivo, composto por meio das seguintes etapas e equipamentos:

- Barreira local do qual é extraída a argila ou barro;
- Transporte feito em caminhões ou bitrens;

- Depósito nas cerâmicas, a argila é estocada em depósitos localizados tanto no interior quanto fora delas;
- Mistura é o primeiro passo a ser dado para distribuição da matéria-prima na linha de produção;
- Caixão dosador é local onde a argila misturada é colocada para que seja dosada a quantidade a ser transportada nas esteiras;
- Desintegrador é a máquina onde o barro transportado pela esteira é colocado para que sejam fragmentados os torrões de barro;
- Laminador é a máquina que corta, transforma a matéria prima em pequenas porções de massas bem finas;
- Misturador é novamente misturado para que fique mais homogêneo e umedecido de acordo com a exigência para se houver homogeneidade;
- Maromba é compactação da matéria em forma de cilindros;
- Cortador realiza corte o barro compactado em cilindros de acordo com o tamanho necessário;
- Prensa é a máquina que comprime o cilindro de barro, dando a forma de telha;
- Vagoneta é vagão realiza o transporte da telha após ser retirada da prensa;
- Local de secagem é o local onde o processo de secagem da telha, os ventiladores encarregam-se de espalhar o ar quente resultante dos fornos de queima, por meio de canais construídos no solo.
- Fornos, onde realiza a queima da telha visando dar resistência e impermeabilidade ao produto;
- Pátio ou depósito é espaço reservado para armazenar as telhas após o esfriamento até que sejam transportadas ao local de comercialização (MARIANO, 2010).

Segundo a ACEMC, em 2000, o município possuía 49 cerâmicas, elas geravam em torno de 4.000 empregos diretos. Porém a maioria das empresas consideradas de médio porte fechou entre 2003 e 2008, em decorrência das dificuldades enfrentadas pelo parque cerâmico de Monte Carmelo no início da década. Uma dessas dificuldades surgiu em 2001 com a chamada “crise da lenha” já que sempre houve lenha com abundância, porque o cerrado foi, em grande parte, desmatado para a plantação de café e de soja. A empresa fornecedora de matéria para queima dos produtos foi vendida a um grupo que não se interessou mais pelo fornecimento às cerâmicas. Os ceramistas então

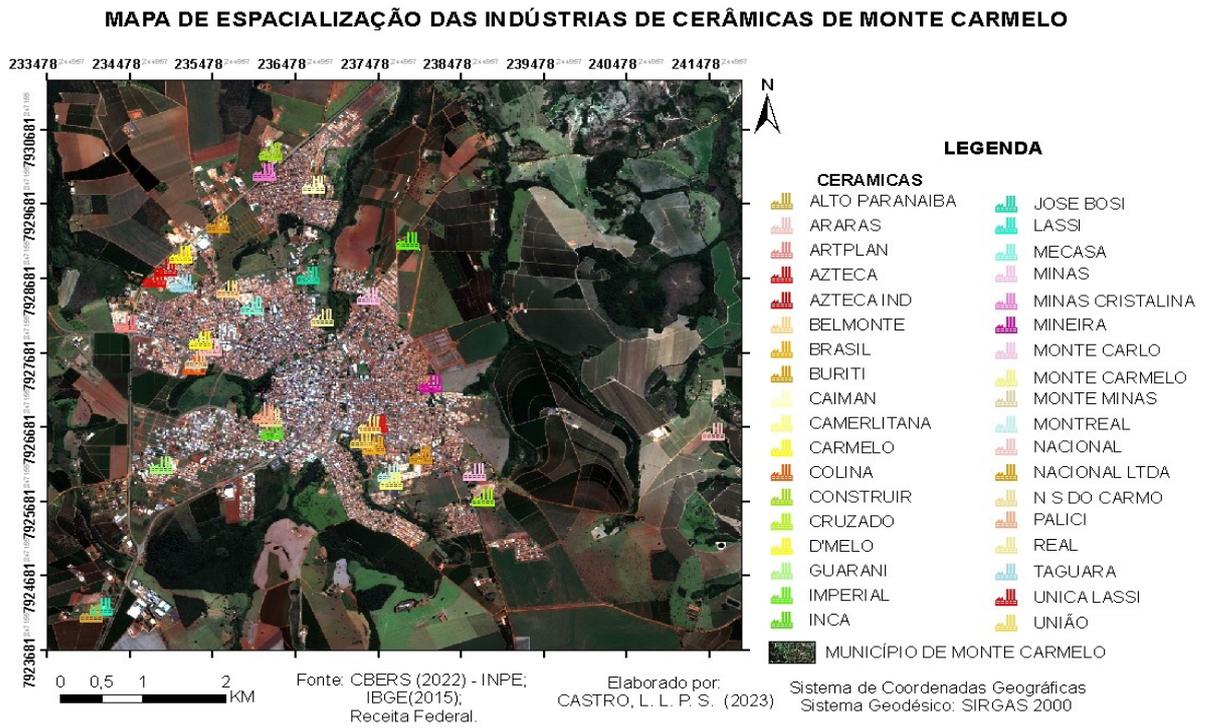
começaram a pensar no uso dos subprodutos da madeira (cavaco e serragem) como combustíveis de queima. Em paralelo com a crise da lenha ocorreu também o “embargo das barreiras”, que atrasou bastante o processo de produção. Esse embargo aconteceu, pois as jazidas não eram legalizadas, gerando impactos no meio ambiente por conta da extração sem a mínima preocupação em recuperar a área tanto em relação à retirada de lenha, quanto em relação à retirada da argila, levando a multas bastante altas (MARIANO, 2010).

Para enfrentar a crise os ceramistas e a ACEMC foram à busca de mais qualidade para o produto. Em 2002, começou o trabalho para conseguir a certificação das empresas junto ao Centro de Cerâmica Brasileiro – CCB. Além disso, por meio de parceria com a Fundação Carmelitana Marcos Palmério – FUNCAMP, em 2004 ocorreu à construção do Laboratório de Ensaios de Monte Carmelo - LEMC, que faz análises da qualidade da argila e de produtos de cerâmica vermelha e possui certificação nacional (CCB) e, a partir de Junho/2009, internacional (Inmetro). Tais certificações eram obtidas após comprovações sistemáticas da qualidade da matéria-prima e da composição dos produtos de cerâmica (MERCADO, 2009).

A crise do setor cresceu por conta das constantes ações trabalhistas contra os ceramistas, movidas pelos trabalhadores nesse período. Melhor dizendo, a busca dos trabalhadores por seus direitos coincide com a crise vivida pela indústria no referido período. Outro fator que contribuiu para a crise foi a surgimento de cerâmicas em outras regiões que são fortes concorrentes do parque cerâmico carmelitano, além do surgimento da telha de Cimento como forte concorrente. Com tudo isso acontecendo, os empresários, para tentarem diminuir o custo do produto, começou a fabricar telhas de péssima qualidade. Com tudo que ocorreu às indústrias seguem em queda e muitas foram fechadas (MARIANO, 2010).

A Figura 3 apresenta o mapeamento das indústrias de cerâmica, com suas respectivas localizações.

Figura 3 – Mapa de espacialização das indústrias de cerâmica.



Elaboração: Autor

Tabela 8 – Indústria de cerâmica com seus respectivos dados cadastrais.

Indústria (Razão social)	Data de Abertura	Data de encerramento	Cpj	Endereço	Situação	Motivo
Alto Paranaíba	12/09/1979		20.674.701 /0001-13	Mg 190 s/nº Km 04 Zona Rural	Encerrada	5
ArtPlan	04/09/1989		26.064.287 /0001-07	Rodovia MG 190 s/nº Km. 32	Ativa	
Araras	14/07/1989	21/07/2014	25.932.849 /0001-24		Baixada	2
Azteca	17/06/1986		22.065.205 /0001-98	M G 190 s/nº Km 30	Ativa	
Azteca ind	16/02/1990		26.262.139 /0001-05	M G 190 s/nº Km 31	Ativa	
Belmonte LTDA	27/07/1990	28/03/2019	64.226.434 /0001-97		Inapta	1
Buriti	01/07/1992		42.828.988 /0001-21		Encerrada	5
Carmelitana	17/11/1977		19.925.270 /0001-31	Ronan Cardoso Naves 1685 s/nº de Fatima	Ativa	
Cruzado	07/08/1986		22.176.390 /0001-98	Romualdo Resende s/nº Prolongamento	Encerrada	5
Caiman LTDA	24/10/1996	02/08/2017	01.506.433 /0001-86		Suspensa	4
D'melo	10/04/2013		17.905.130 /0001-76	Quinze de Novembro 770 Letra B; Cidade Jardim.	Ativa	
Construir LTDA	07/05/2021		41.858.347 /0001-57	Dois, 190, Distrito Industrial	Ativa	
Colina	05/01/1996		00.993.358 /0001-62		Ativa	
Guarani	11/10/1993	04/09/2018	71.179.527 /0001-73		Inapta	1
Inca	15/09/1966		22.602.353 /0001-02	Eng Heladio Simoes 400 BATUQUE	Encerrada	5
Imperial	13/03/2023		49.907.862 /0001-91	Rod Mg 190 s/nº Km 27 Margem Esquerda 500M Faz Lambari	Ativa	

Indústria (Razão social)	Data de Abertura	Data de encerramento	Cpj	Endereço	Situação	Motivo
Jose Bosi	23/09/1986		22.334.38 7/0001-55	Riachuelo 800, Boa Vista.	Ativa	
Única Lassi	08/04/1988	25/06/2002	24.037.17 8/0001-75		Baixada	2
Lassi Artística	03/07/1978	26/07/1982	20.018.54 5/0001-32		Baixada	2
Lassi Artística LTDA	03/08/1982	07/06/2022	17.499.89 8/0001-97		Inapta	1
A Única Lassi	30/09/1966	31/12/2008	22.603.27 8/0001-96		Inapta	3
Única Lassi LTDA	11/12/1990	24/09/2002	64.429.14 5/0001-95		Baixada	2
Mecasa	01/09/1977		19.460.13 8/0001-00	Brasil Norte 119 Planalto	Ativa	
Mineira	31/05/1979		20.674.26 3/0001-93	Jose Avelino s/nº vila nova	Encerrada	5
Montreal	22/01/1986		21.619.20 0/0001-05	Ronan Cardoso Naves 1575, Nossa Senhora de Fatima.	Ativa	
Monte Minas	24/06/2002	28/08/2018	05.159.02 8/0001-90		Inapta	1
Minas	04/05/1990		38.599.25 4/0001-40	Rio Araguaia, 745, Vila Dourada.	Ativa	
Monte Carlo	05/05/1980	04/09/2018	21.773.92 4/0001-09		Inapta	1
Monte Carmelo	30/01/1986	28/08/2018	21.880.66 1/0001-29		Inapta	1
Minas Cristalina	18/11/2016	21/03/2018	26.562.18 0/0001-99		Baixada	2
Nacional	01/05/1998		02.532.09 8/0001-53	Castelhana de Baixo e Lambari s/nº Zona Rural	Ativa	
Nacional LTDA	10/10/1973	28/03/2019	18.159.36 8/0001-62		Inapta	1
N.S. do Carmo Real	30/09/1966	28/08/2018	22.603.29 4/0001-89		Inapta	1
	02/04/1998		02.465.25 9/0001-33	Dois s/nº Distrito Industrial	Ativa	
Taguara	03/07/1990		38.662.52 4/0001-10	Marajó 926 Lagoinha	Ativa	

Fonte: Receita Federal.

Legenda:

- 1 - Omissão De Declarações
- 2 - Extinções Por Encerramento Liquidação Voluntárias
- 3 - Inaptidões (Lei 11.941/2009 Art.54)
- 4 - Interrupções Temporárias Das Atividades
- 5 – Encerraram as atividades, porém o CNPJ continua ativo.

Conforme a Figura 14 foi mapeada 35 indústrias, responsável pela produção de telhas, dentre elas: 6 (seis) estão Inaptas por falta de declarações na Receita Federal; 1 (uma) Inapta conforme a Lei 11.941/2009 Art.54- Terão sua inscrição no Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica - CNPJ baixada, nos termos e condições definidos pela Secretaria da Receita Federal do Brasil, as pessoas jurídicas que tenham sido declaradas inaptas até a data de publicação desta Lei; 1 (uma) esta com situação Suspensa, porém essa interrupção pode ser somente por período de até 12 (doze) meses do seu exercício ,durante cinco anos; 5 (cinco) estão com cadastro na receita ativo porém não estão produzindo e já cortaram vínculos com os funcionários; e 15 (quinze) constam como ativas (JUSBRASIL, 2009).

A princípio nos primeiro anos de atuação da indústria economia era favorecida principalmente pela indústria que tinha como principal matéria prima argila, como processo de produção é preciso de lenha como combustível, mesmo com o melhoramento da qualidade e da produção, através da modernização dos equipamentos modernos, com maior eficiência e controle dos processos de produção, em compensação ainda ocorria desperdício de matéria prima e energia durante a fabricação (MARIANO, 2010).

4.4.2 Café

O município possui o clima favorável pra o cultivo de café, sua topografia é adequada e sua altitude média é de 950 metros, a região foi benéfica à expansão da cultura de café. E o avanço da cafeicultura em Minas, ocorreu após a migração de paranaenses e paulistas, alçou o estado à condição de maior produtor do grão do país. Ao analisarmos a historia da região a expansão da agricultura iniciou em 1972, que se iniciou com a modernização e através de programas especiais regionalizados de políticas públicas. Tornando o cerrado o principal cenário para expansão da agricultura, protagonizada pelos grandes empresários rurais que avança para várias regiões como Mato Grosso e Minas Gerais (OLIVEIRA, 2015).

Em 1975 foi criado o Programa de Desenvolvimento do Cerrado, do Governo Federal, com incentivo era apoiar a ocupação racional das áreas de cerrados na a região do Centro Oeste brasileiro, este programa abrangeu uma área aproximada de 800 mil Km², em 202 municípios, onde o café foi inserido na grande maioria deles, este programa foi um grande impulso para a agricultura do café (SILVA, 1998).

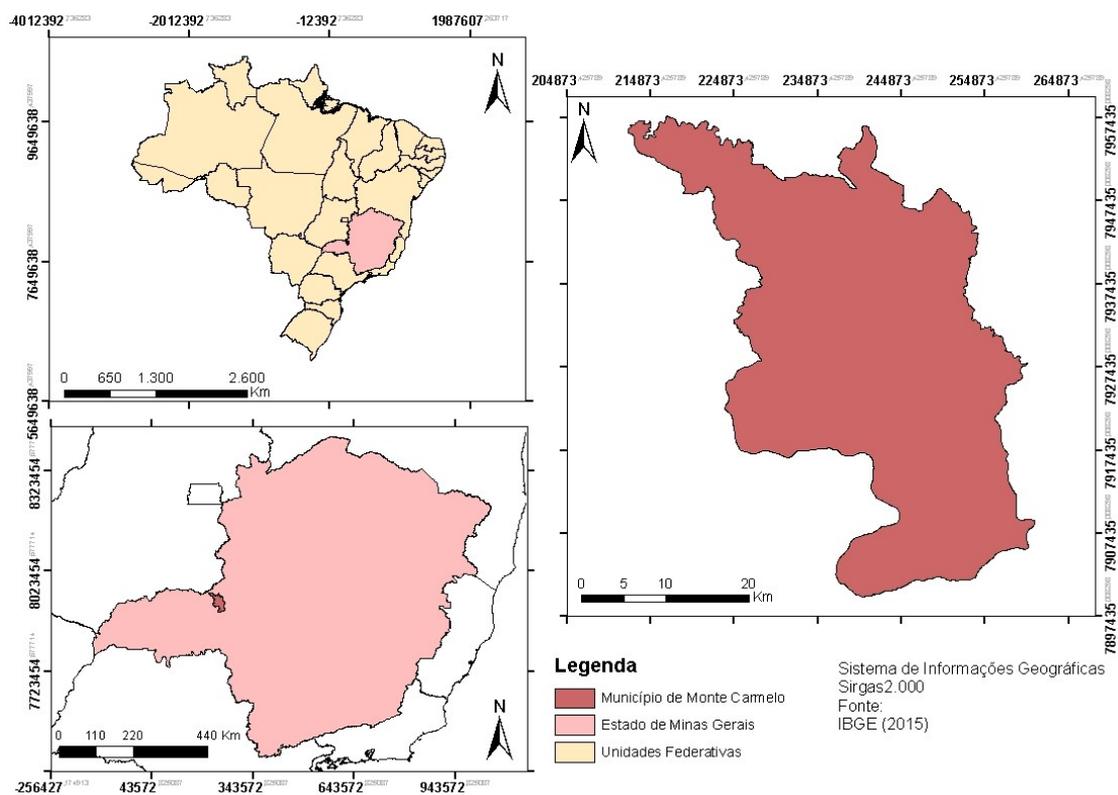
Para se produzir um bom café deve ser observar a cadeia produtiva que começa antes de se plantar o pé, passando pela aplicação dos insumos, maquinário, a após chegar à etapa de colheita. Por mais curta que parece a cadeia produtiva, nela se engloba varias fontes de produção de emprego, iniciando pelos fornecedores de insumos, setor de indústria na montagem e manutenção de maquinário, setor agrícola na produção direta do café, setor de processamento na área de beneficiamento, estocagem, torração e moía. Por fim a comercialização do produto final. Alguns fatores, que influenciam prejudicialmente a produção, estão ligados a mudanças climáticas, como geadas, diminui a oferta, como resultado o aumento dos preços, gerando uma variação no mercado econômico (MOURA, 2016).

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de Estudo

A área de estudo, observada na Figura 4, refere-se ao município de Monte Carmelo, localizada na parte oeste do estado de Minas Gerais, na região do Alto Paranaíba, com latitude de 18°47'25" e uma longitude de 47°31'27" W. O município tem área territorial de 1.343,04km², e altitude média de 890 metros, sua posição pode ser considerada estratégica situada na região central do país, e considerada polo em sua macrorregião, onde sua área de influência envolvendo as cidades de Iraí de Minas, Romaria, Douradoquara, Grupiara, Estrela do Sul, Abadia dos Dourados e Coromandel (IBGE,2017).

Figura 4- Localização do município de Monte Carmelo - MG



Elaboração: Autora

O bioma predominante na área de estudo é o Cerrado com clima predominante Tropical sazonal, de inverno seco. A temperatura média anual fica em torno de 22-23°C, médias mensais. As máximas absolutas mensais não variam muito ao longo dos meses do ano, podendo chegar a mais de 40°C. A precipitação média anual fica entre 1200 e 1800 mm, concentrada nos meses de primavera e verão (outubro a março), que é a

estação chuvosa. Curtos períodos de seca, chamados de veranicos, podem ocorrer em meio a esta estação, criando problemas para a agricultura. (CPTEC).

O município possui várias características em seu solo dentre elas a de maior importância para este estudo são os solos argilosos que possuem textura mais fina, sua reflectância diminui por causa dos aumentos de matéria orgânica e umidade do solo. Contém baixo nível de areia (10% a 30% de areia), assim possui baixa reflectância nas bandas 0,4 a 0,86 μm (LIU, 2006). A economia local se baseia na agricultura com destaque para a produção de café e na indústria de cerâmica (MARIANO, 2010).

5.2. Material

Para realizar o estudo foram utilizados os seguintes materiais:

- Dados vetoriais
 - Foram utilizados dados vetoriais do Município de Monte Carmelo, como base para delimitação da área de estudo nas imagens orbitais, e dados vetoriais dos limites do Brasil e dos estados para a localização da área disponibilizada no banco de dados vetoriais do IBGE.
- Imagens do satélite *Landsat 8* e *Landsat 9*
 - Anos 2017, 2019, 2021, 2022 disponibilizados pelo site USGS (United States Geological Survey).

Tabela 9 – Cenas usadas

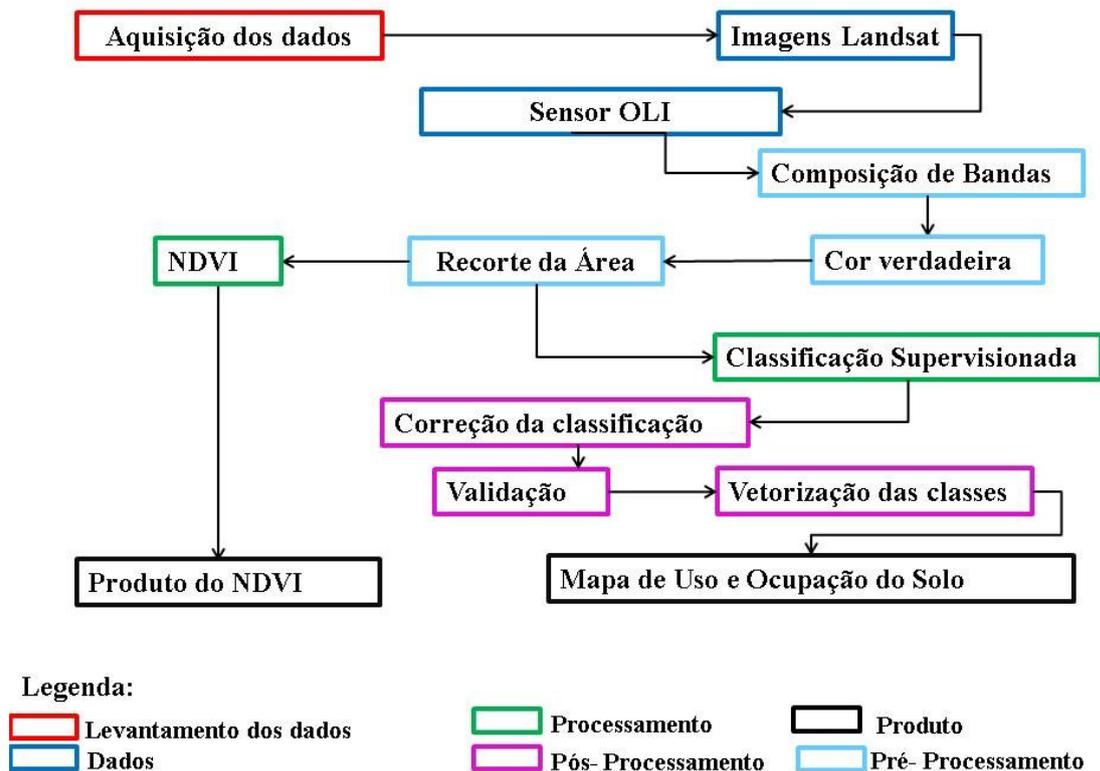
Sensor	Data de Aquisição	Bandas	Orbita	Resolução Espacial (m)
OLI	14/05/2017	2,3,4,5	220	30
	20/05/2019			
	26/06/2021			
	20/05/2023			

Elaboração: Autora /Fonte: USGS.

5.3. Métodos

A metodologia aplicada a estes estudos foi a detecção da vegetação nativa por meio de uma série temporal com imagens do satélite *Landsat 8* e *Landsat 9*, utilizando do método de classificação supervisionada. A Figura 5 abaixo demonstra o fluxo da metodologia que será aplicada.

Figura 5– Fluxo Metodológico



Elaboração: Autora

- *Software Arcgis*
 - Recorte da área de estudo
 - NDVI
 - Vetorização das classes da classificação realizada.
 - Cálculo da área dos polígonos que foram analisados.
 - Desenvolvidos mapas temáticos do estudo.
- *Software Envi (Environment for Visualizing Images)*
 - Composição de bandas.

- Coleta de amostras assim realizada classificação supervisionada das imagens.
- Gerado a classificação pelo algoritmo de Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood Classification*).
- Produzindo o índice *Kappa* para validar a classificação.

5.3.1 PRÉ-PROCESSAMENTO

Realiza a composição de bandas por meio do programa, no *Software Arcgis – ArcMap*, na ferramenta *add data* utiliza-se as bandas neste caso as bandas referente à composição cor verdadeira (RGB), para sensor OLI, , para isso na barra de ferramentas, na ferramenta *ArcToolbox*, abri-se um banco de ferramentas de processamento, na aba de *Data Management Tools > Raster > Raster Processing > Composite Bands* , seleciona-se as bandas em *input raster*, coloca-se em ordem da composição no caso decrescente, após foi selecionado a pasta desejada por meio do *output raster* para o qual foi salvo, gera o algoritmo por meio do botão *ok*, após o processamento do algoritmo a composição foi carregada na *layer*.

Após a composição realiza-se o recorte somente da área desejada através de um arquivo *shape* (vetor) ainda no *Software Arcgis – ArcMap* na ferramenta *ArcToolbox*, abri-se um banco de ferramentas de processamento, na aba de *Data Management Tools > Raster > Raster Processing > Clip* seleciona-se o arquivo de imagem salvo da composição de bandas em *input raster* , na ferramenta *output extent* seleciona-se o arquivo vetorial, porém para recortar na extensão desejada é necessário ativar a caixa de dialogo com a seguinte expressão *Use Input Features for Clipping Geometry*, após foi selecionado a pasta desejada por meio do *output raster dataset* para o qual foi salvo o processamento, gera o algoritmo por meio do botão *ok*, após o processamento do algoritmo o recorte foi carregado na *layer*.

5.3.2 PROCESSAMENTO

Depois de realizado o pré-processamento, já é possível realizar o processo de classificação supervisionada que necessita de um conhecimento prévio do operador sobre a região espacial das amostras das classes de interesse. O método é fundamentado a partir de classificadores que usam funções espectrais dos *pixels* com características de

uma determinada classe seguindo o padrão para classificar e delinear as classes da imagem (NOVO, 2010).

Para a classificação é necessário passar pela fase de treinamento, quando é essencial fornecer ao sistema um conjunto de *pixels* característicos de cada alvo de ocupação do solo da área a ser estudada. Realizado esse procedimento no *Software Envi* sucedeu-se a abertura do recorte, por meio da ferramenta *open*, área de estudo para coleta de amostras foi utilizado à ferramenta de seleção *Region of Interest* classificado, e coletou a amostragem, que foram divididas nas seguintes classes: vegetação nativa, agricultura, área urbana e solo exposto, pastagem, água (MOREIRA, 2011).

Tabela 10– Amostragem

Classes	Amostra	Quantidade de amostras (und/ imagem)
Vegetação Nativa		700
Agricultura		700
Água		350
Solo		700
Pastagem		700
Área Urbana		350

Elaboração: Autora

- Agricultura: Áreas destinadas para o plantio agrícolas, áreas com plantio de agriculturas em geral para fins comerciais ou de consumo.
- Água: represas, lagos e rios, podendo ser corpos d'água natural ou artificial.
- Pastagem: Área com vegetação esparsa e rala, algumas áreas com pastagem degradada, vegetação rasteira natural, com ou sem presença de animais e campos.
- Solo Exposto: solos nus que serão ocupados, para fins de atividades antrópicas (agricultura, pastagem, urbanização e etc.), áreas desprovidas de vegetação.

- Área Urbanizada: áreas que foram ocupadas com estradas (pavimentada e terra) áreas ocupadas com construções urbana e rural, edificações.
- Vegetação: Vegetação nativa, árvores com troncos tortuosos, arbustos e gramíneas típicas do bioma cerrado.

Para treinar o algoritmo foi coletado amostras conforme a Tabela 10, para cada classes, assim tentando ser mais preciso possível para se obter o melhor resultado. Após a coleta das amostras, aplicou-se o algoritmo Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood Classification*), quem tem como função localizar os demais pixels pertencentes às classes pré-determinadas, baseando-se em uma extração de parâmetros como média e variância ou covariância partindo da função gaussiana para calcular as funções densidade de probabilidade condicional de ocorrência de cada classe (NOVO, 2010).

No *Software Envi* na caixa *Toolbox*, ao localizar a pasta de processamento *Classificatinon > Supervised Classificatinon > Maximum Likelihood Classification*, em *Select Input File* selecionou-se o arquivo *raster* como base da classificação, na janela seguinte escolheu-se as classes por meio da ferramenta *Select All Items*, após nomeiar as pastas para guardar todo processamento, e rodou-se o algoritmo.

5.3.3 PÓS-PROCESSAMENTO

O pós-processamento iniciou-se com a ferramenta *Clump Classes* para agrupar áreas classificadas similares adjacentes usando operadores morfológicos. Imagens classificadas geralmente sofrem de falta de coerência espacial (manchas ou buracos em áreas classificadas), em seguida *Sieve Classes* para resolver o problema de pixels isolados ocorrendo em imagens de classificação. Classes de triagem removem pixels classificados isolados usando o agrupamento. Por fim *Majority / Minority Analysis* para aplicar a análise majoritária ou minoritária a uma imagem de classificação. Uso e análise majoritária para alterar os pixels espúrios de uma única classe grande para essa classe.

Para validar a classificação é método do Índice *Kappa* no mesmo *software* onde se realiza a classificação, será necessário coletar novas amostras de treinamento nas áreas que realmente há certeza a classe pertencente, pra coletar utiliza-se novamente a ferramenta de seleção *Region of Interest* após isso um processo chamado *Generate Random Sample Using Ground Truth Rois* (Gerar amostra aleatória usando a imagem da realidade do solo), após esta amostra gerada se gera a Matriz de Confusão pelo

algoritmo *Confusion Matrix Using Ground Truth Rois* (Matriz de confusão usando realidade do solo), a partir desse passo gera os valores do Índice *Kappa* e acurácia da classificação.

Depois de validada a classificação, realizou-se vetorização da classe, como o *Software Arcgis – ArcMap* na ferramenta *ArcToolbox*, abriu se um banco de ferramentas de processamento, na aba de *Conversion Tools > From Raster > Raster to Polygon*, em *input raster* selecionou o arquivo a ser vetorizado, em *output polygon features* para o qual foi salvo o processamento para a vetorização.

Para melhor refinamento e qualidade dos vetores, realizou-se a eliminação dos ruídos resultados do processo de classificação. Para isso usou-se ainda o *Software Arcgis – ArcMap* no banco de ferramentas *ArcToolbox*, em *Data Management Tools > Generalization > Eliminate* eliminou e mesclou os polígonos muito pequenos, que são observados no campo *Select by Attributes*, na tabela em *Open Attribute Table*, juntando-os com os polígonos de uma classe mais próxima com área maior.

5.3.4 NDVI

Para o NDVI foi utilizado *Software Arcgis* com as imagens referentes às bandas 4 (vermelho) e banda 5 (infravermelho próximo) para o satélite Landsat 8 e 9. Rouse et al. (1973) desenvolveram o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Este índice é efetuado pela expressão definida da Eq. (3):

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad (3)$$

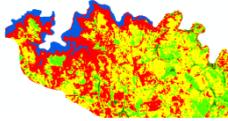
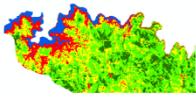
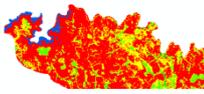
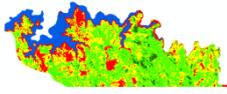
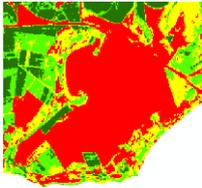
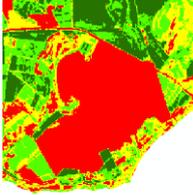
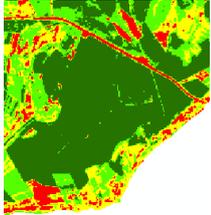
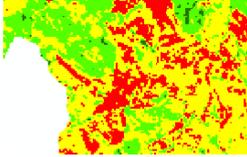
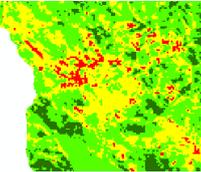
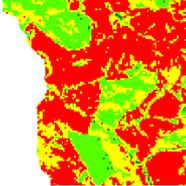
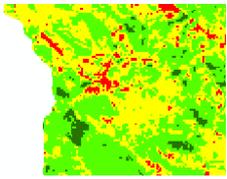
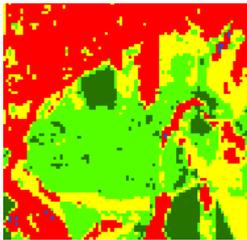
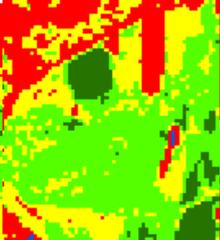
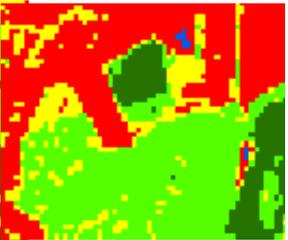
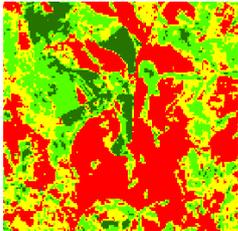
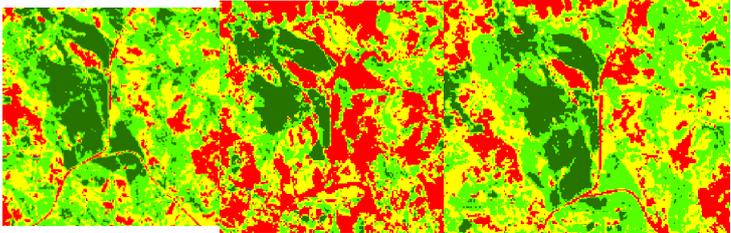
Onde:

NIR = Comportamento espectral na banda infravermelho próximo.

Red = Comportamento espectral banda vermelho.

A Eq. (3) foi realizada da seguinte forma, no programa *Arcgis* com as bandas carregadas, em *Arctoolbox > Spatial Analyst Tools > Map Algebra > Raster Calculator*, insere a Equação (3), conforme a especificação das bandas da seguinte forma *Float(NIR-Red)/Float(NIR+Red)* Logo após, foi realizado o cálculo, gerado uma nova imagem, que foi dividida em um intervalo de 5 classes para uma melhor interpretação. Como se observa na tabela (Tabela 11) abaixo

Tabela 11– Amostragem NDVI

ANOS CLASSES	2017	2019	2021	2023
ÁGUA				
SOLO EXPOSTO				
BAIXA DENSIDADE				
MEDIA DENSIDADE				
ALTA DENSIDADE				

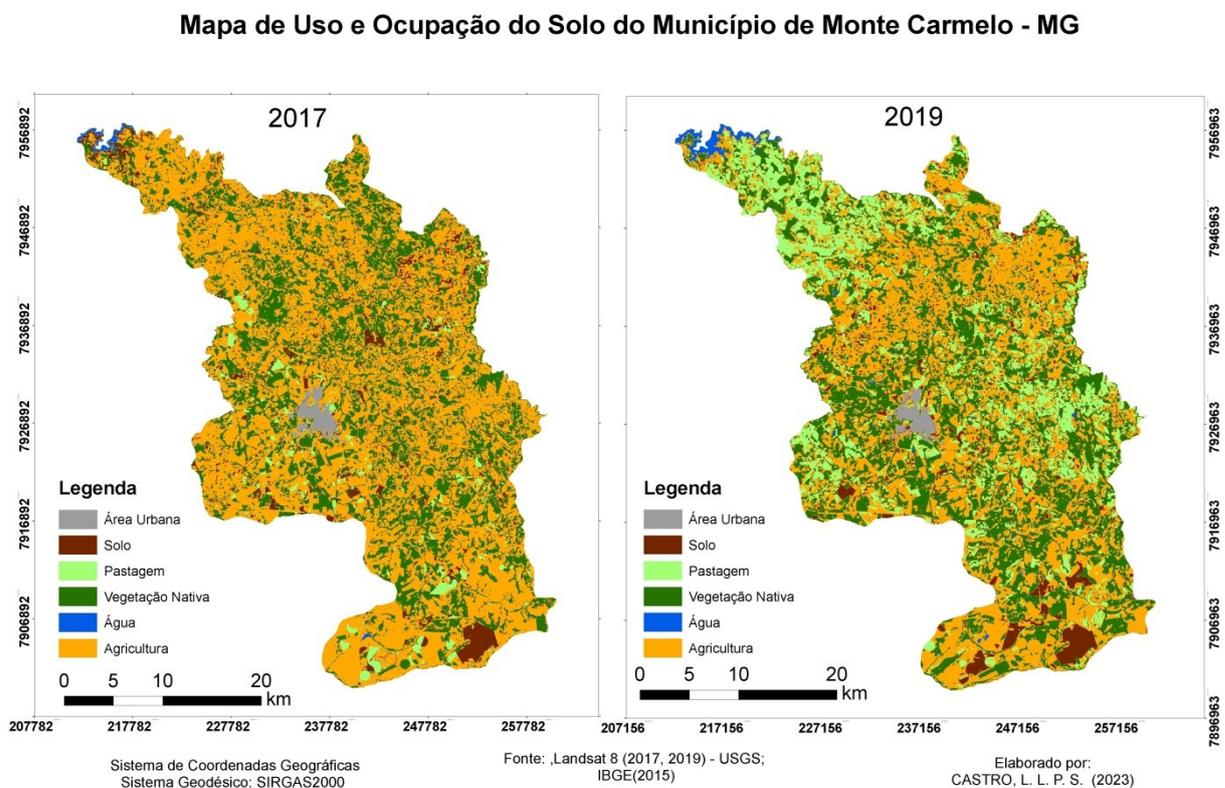
Elaboração: Autora

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

O processo de validação da classificação, que é uma etapa de extrema importância pra esse estudo, que foi realizado de forma a permitir a análise da precisão dos dados processados. O valor do índice Kappa estabelecido para esse estudo foi o intervalo de 0,60 a 0,80, sendo considerado bom pelo valor de referência (Tabela 7) de Landis e Koch (1977), e a acurácia gerou em média 70%. Esses resultados conferem confiança quanto ao resultado permitindo que o objetivo deste estudo de uso e ocupação do solo.

A aplicação do processamento digital de imagens unido com as plataformas de geoprocessamento possui a importância para análise da ocupação do solo e como principal objetivo a quantificação de áreas sem sua vegetação natural. E os resultados, Figura 6 e Figura 7, obtidas por meio destas ferramentas permitiu uma análise comparativa entre os períodos analisados.

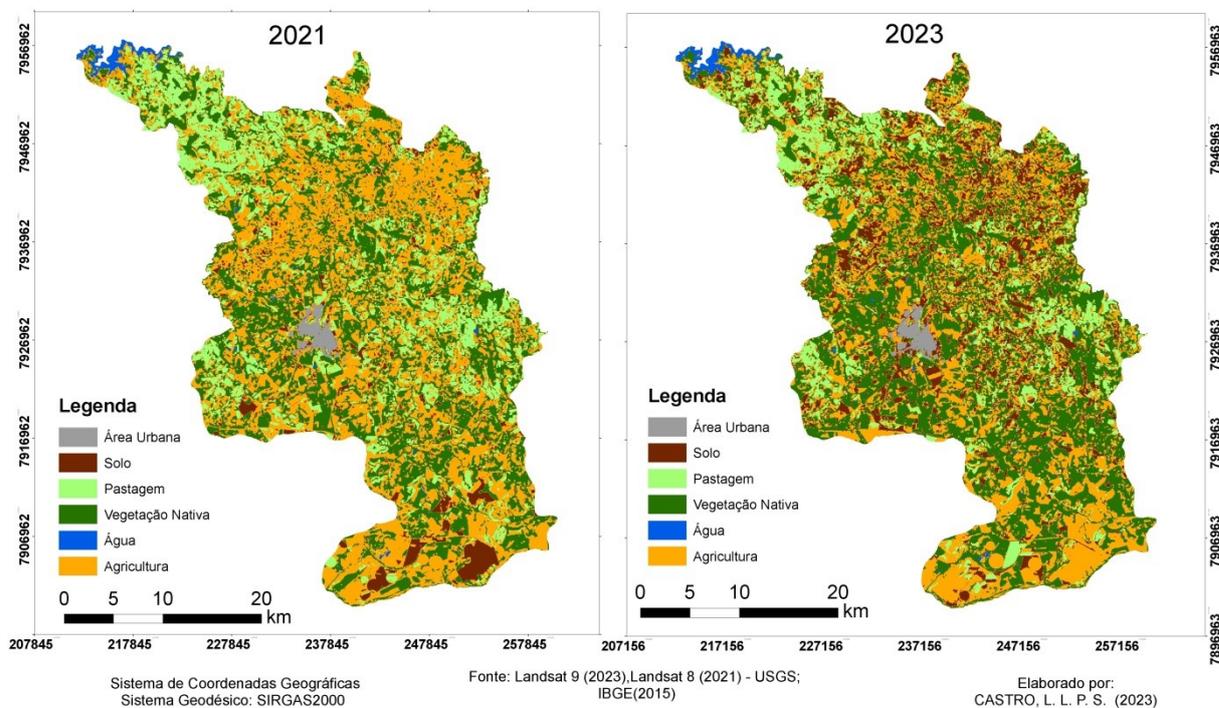
Figura 6– Mapas de Uso e Ocupação anos 2019 e 2017



Elaboração: Autora

Figura 7– Mapas de Uso e Ocupação ano 2021 e 2023

Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Município de Monte Carmelo - MG

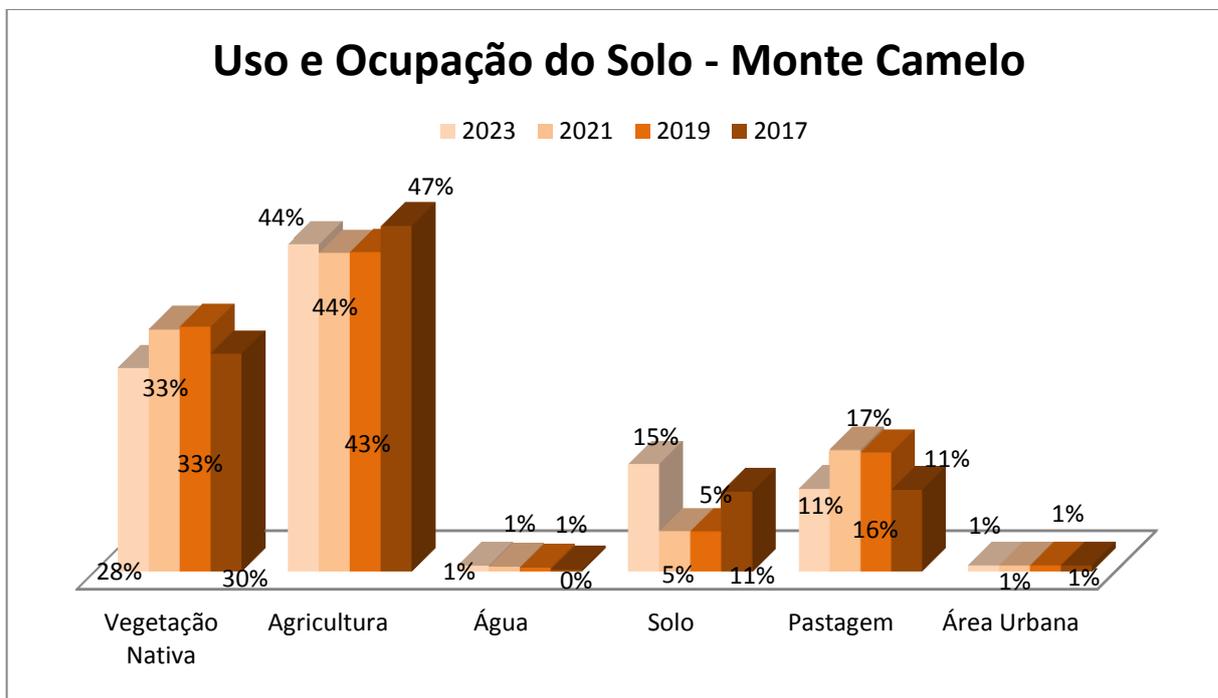


Elaboração: Autora

Tabela 12– Áreas de uso e ocupação

Classe	2023 Km ²	2021 Km ²	2019 Km ²	2017 Km ²
Vegetação Nativa	372,6	443,06	448,16	399,04
Agricultura	599,38	583,39	585,03	632,91
Água	11,6	9,45	7,85	3,74
Solo	196,7	73,69	73,65	146,73
Pastagem	152,18	222,87	217,77	150,04
Área Urbana	11,74	11,74	11,74	11,74

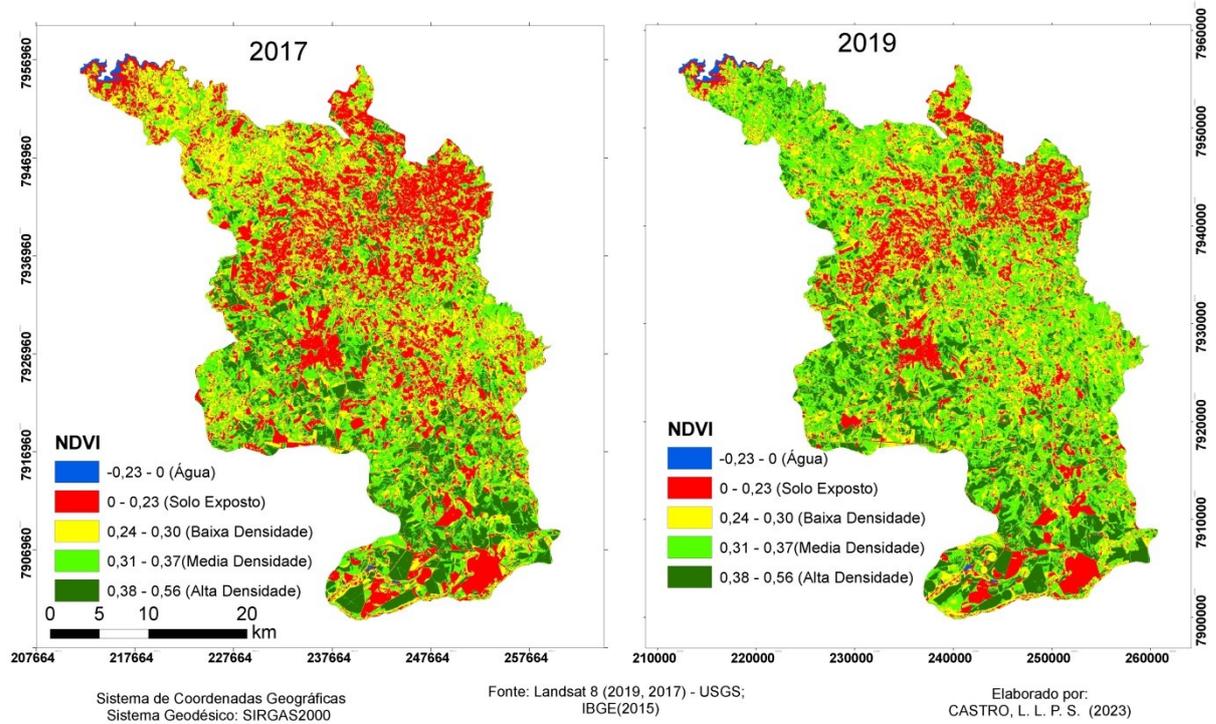
Elaboração: Autora

Figura 8 – Gráfico do percentual do uso e ocupação da terra

Elaboração: Autora

Ao observar todo o processamento é possível analisar por meio da Figura 8, as porcentagens de crescimento e queda das áreas analisadas, verificar se ao observar que a variação de 3% na classe de vegetação, porém no ano de 2023 ocorreu uma queda de 5% mesmo com grande volume de chuva no início do ano favoreceu o cultivo da safra e o aumento na quantidade de água no município, num total de 11,6 km² de área que ocupa no município.

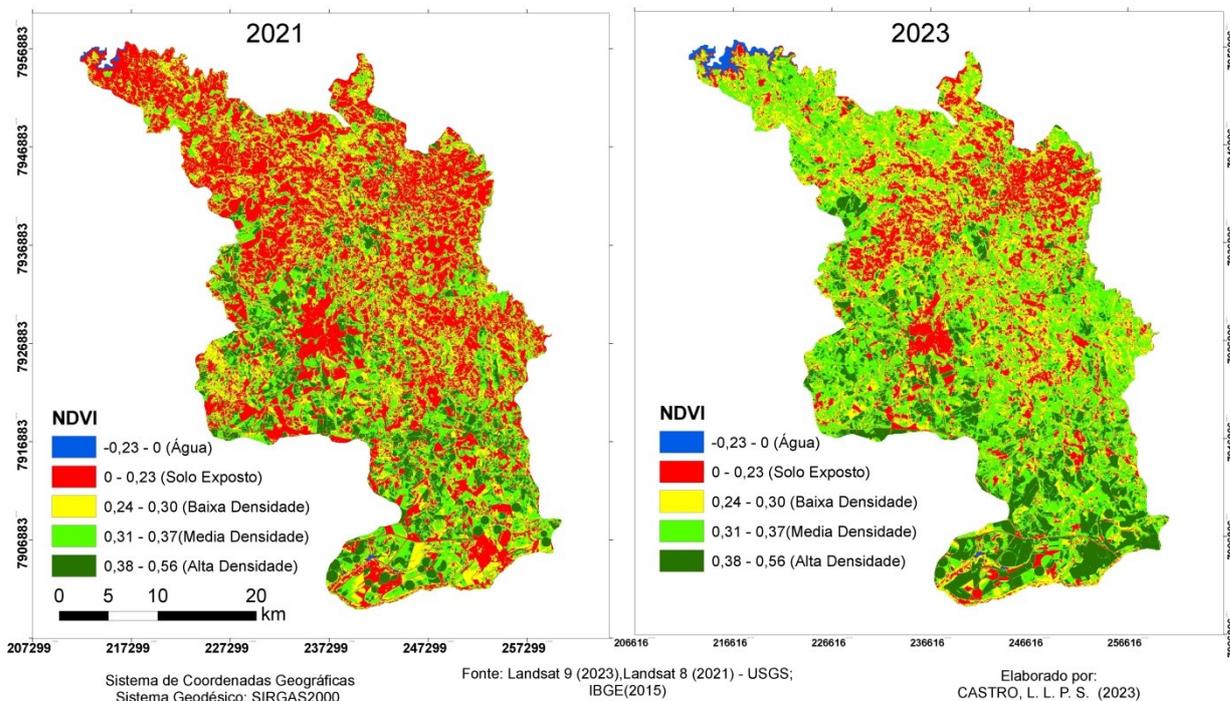
Analisando a classe agricultura, nota-se que sua variação é nitidamente mínima, pois as culturas do município é a do café, que pode definir como cultivo perene, portanto não sofre grandes variações em suas áreas, ao contrário das culturas sazonais, que são cultivadas nas épocas favoráveis seus melhores desenvolvimento e qualidade, portanto a classe agricultura está diretamente ligada ao comportamento da classe do solo, pois em determinadas épocas do ano algumas áreas podem parecer que estão sem cobertura, porém por conta das mudanças de estações coincidem com a mudança do cultivo aproveitando totalmente o que favorece a estação e o clima.

Figura 9– Mapas NDVI anos 2017 e 2019**Mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada de Monte Carmelo - MG**

Elaboração: Autora

Figura 10– Mapas NDVI anos 2021 e 2023

Mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada de Monte Carmelo - MG



Elaboração: Autora

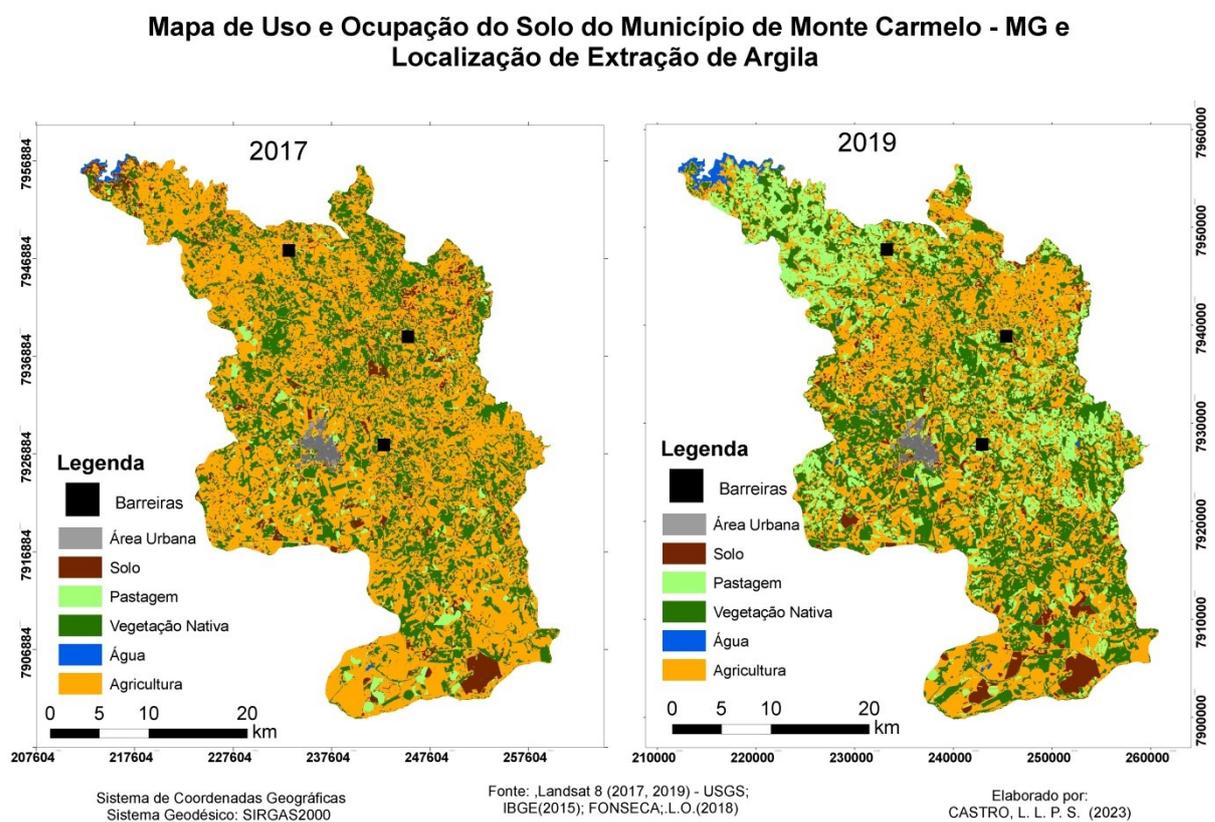
Ao analisar os mapas, da Figura 9 e Figura 10, observa-se os valores abaixo de 0 que se aproximam do valor de -1, identificados no intervalo de cor azul nos quatros mapas, significa que essa região possui ausência de vegetação e contém a presença de água. já os valores nas datas avaliada com intervalo de < 0 a 0,25, na cor vermelha, é classificado como solo exposto. Observa-se que tem algumas áreas que estão classificadas nessa classe, que são as áreas destinadas a cultivos agrícolas pertencentes à outra classe. Já os valores entre 0,26 a 0,32, de cor amarela, são áreas atribuídas como vegetação com baixa densidade é onde se classifica essa área como pastagem. O intervalo entre 0,33 a 0,37, de cor verde clara, possui área com vegetação de média densidade, essas áreas contêm vegetações naturais de meio porte e áreas com plantios de agricultura da área de estudo. E, conclui-se que, os valores do intervalo entre 0,38 a 0,6, na cor verde escuro, são as áreas com vegetação nativa, as vegetações típicas do bioma Cerrado.

A identificar as Figuras 11, Figura 12, Figura 13 e Figura 14 os lugares onde foram usados para extrair argila para fabricação de telhas ou tijolos conforme Fonseca,

2018, os principais impactos ambientais resultados do processo produtivo de extração da matéria-prima da indústria cerâmica, são a alteração do cenário da paisagem, alteração da estrutura do solo, afloramento dos lençõs freáticos, e alteração na qualidade do ar.

Pode concluir que esses impactos afetam de forma negativa o meio ambiente. Pois para extração é necessário retirar a vegetação nativa acarreta a exposição do solo e a alteração da paisagem (Fonseca, 2018). Portanto pode se observar tais mudanças nas figuras abaixo (Figuras 11, Figura 12, Figura 13 e Figura 14).

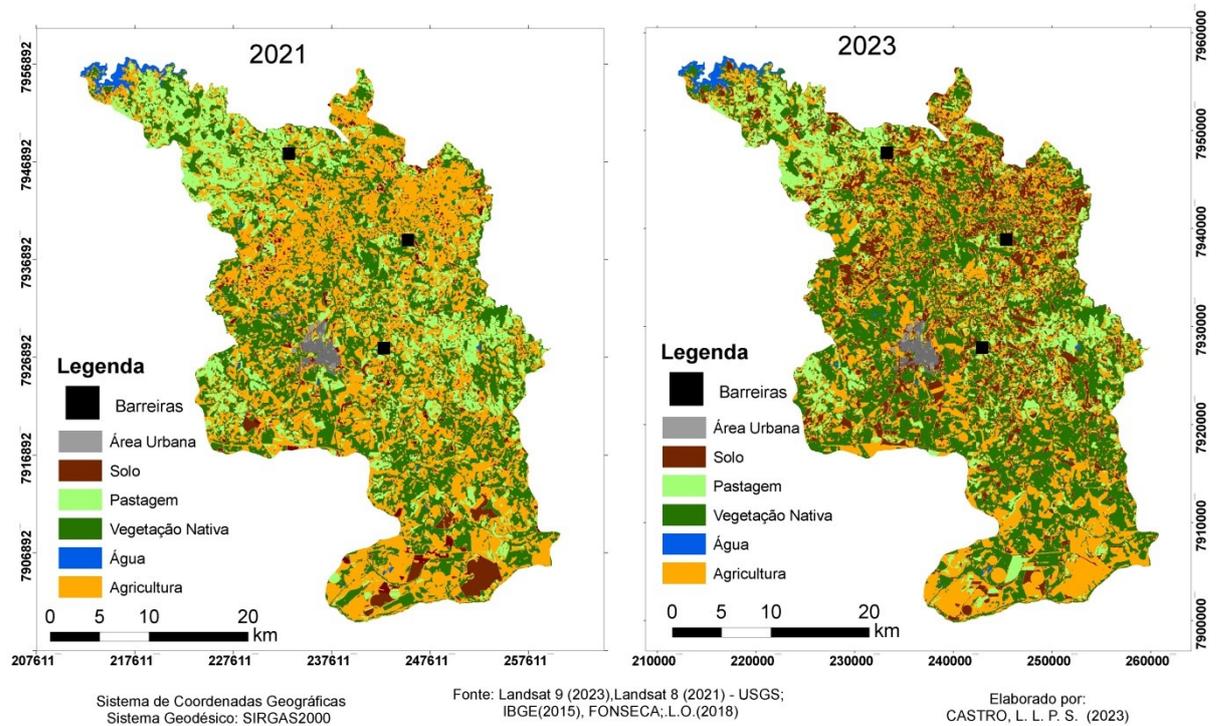
Figura 11– Mapas de Uso e Ocupação ano 2017 e 2019 e Localização das Barreiras de Extração de Argila



Elaboração: Autora

Figura 12– Mapas de Uso e Ocupação ano 2021 e 2023 e Localização das Barreiras de Extração de Argila

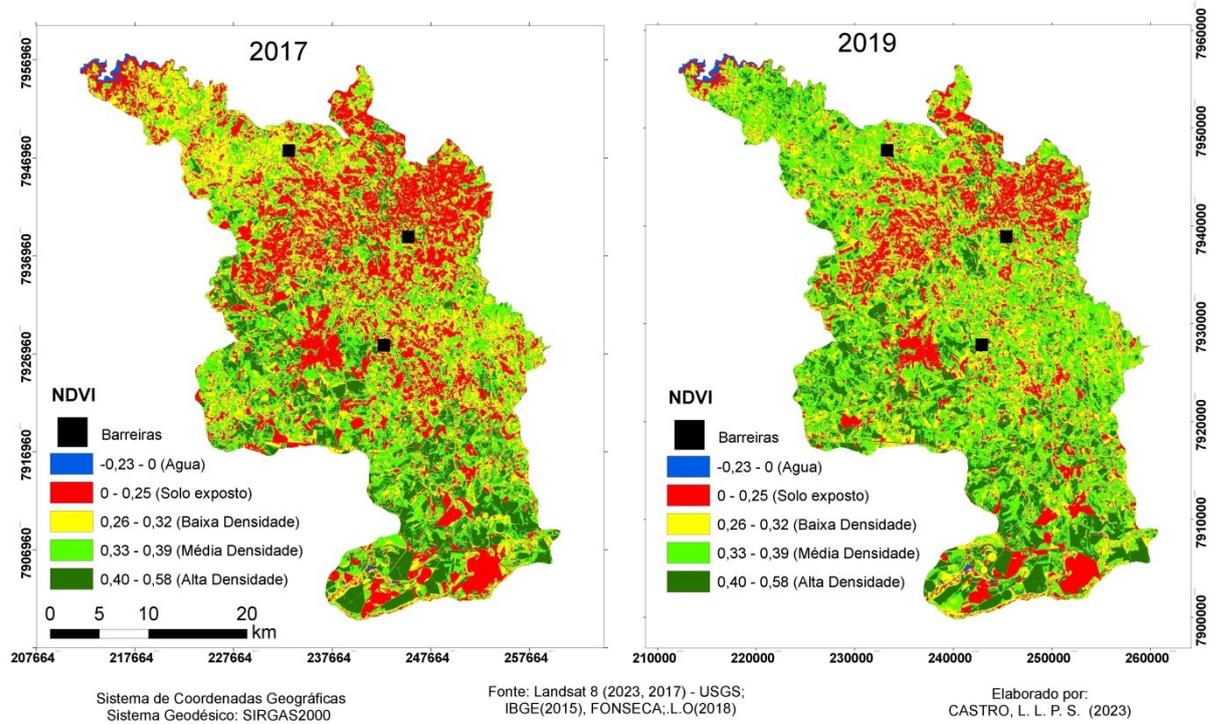
Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Município de Monte Carmelo - MG e Localização de Extração de Argila



Elaboração: Autora

Figura 13– Mapas NDVI anos 2017 e 2019 e Localização das Barreiras de Extração de Argila

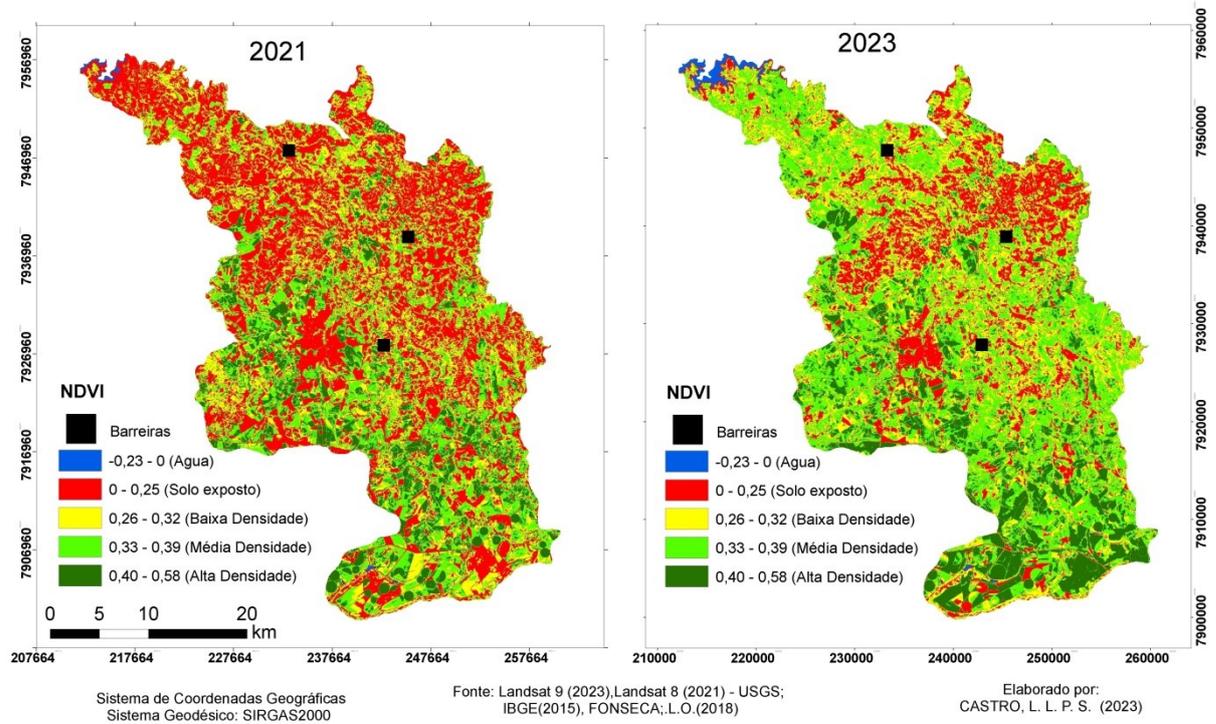
Mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada de Monte Carmelo - MG e Localização de Extração de Argila



Elaboração: Autora

Figura 14– Mapas NDVI anos 2021 e 2023 e Localização das Barreiras de Extração de Argila

**Mapa de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada de Monte Carmelo - MG
e Localização de Extração de Argila**



Elaboração: Autora

7. CONCLUSÃO

Com esse estudo pode-se observar a diminuição da vegetação nativa no município, considerando a economia da cidade e sua influencia diretamente na utilização dos recursos naturais e a necessidade de quantificar o que resta desses recursos para sua preservação. Por este motivo a escolha das datas do estudo, com intuito de uma análise mais recente da realidade dessa vegetação e buscar forma de reverter algumas situações de perda da vegetação.

Ao realizar o processamento das imagens e resultados obtidos pode se considerá-los aceitáveis e os objetivos alcançados, e nos da à possibilidade de tomar medidas para a prevenção do meio ambiente preservando os recursos naturais, a biodiversidade do bioma, as reservas de água.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.; Baptista, G. M. M; Brites, R. S.; MENESES, P.R; ROSA, A. N. C. S; SANO, E. E; SOUZA, E. B. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UNB, 2012
- ARAGÃO, R.; ALMEIDA, J. A. P. **Avaliação Espaço Temporal do Uso do Solo na Área da Bacia do Rio Japarutuba -Sergipe através de imagens LANDSAT**. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 2009, INPE, p. 1231-1238.
- ARANTES, T. B. **Análise de Séries Temporais Compostas Por Imagens Sintetizadas a Partir Da Fusão de Dados Modis – Tm**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Florestal) Universidade Federal Lavras. Lavras – MG. 2014.
- BACIC, B. L. J. **Análise da Mancha Urbana a Partir de Series Temporais de Imagens de Landsat: Estudo de Caso nos Municípios do Trecho Oeste do Rodoanel Mário Covas**. Dissertação (Mestrado em Ciências) São Paulo. Escola Politecnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2018.
- BERNARDO, L. T. **Agricultura e Meio Ambiente: Um Estudo Comparativo Entre os Sistemas de Produção Patronal e Familiar em Monte Carmelo e Iraí De Minas (MG)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2001.
- BOLSON, S. H. **O Cerrado nas Metas Brasileiras do Acordo de Paris: A Omissão do Estado Brasileiro com o Desmatamento na Cumeieira da América do Sul**. Revista de Direito Ambiental E Socioambientalíssimo. Salvador-BA, v. 4 , n. 1 , p. 112 – 131. 2018.
- BRITO, J. L. S; PRUDENTE, T. D. **Análise Temporal Do Uso Do Solo E Cobertura Vegetal Do Município De Uberlândia-Mg, Utilizando Imagens Etm+ / Landsat 7**. Sociedade & Natureza. vol. 17, núm. 32. 2005. p. 37-46
- BRONDIZIO, E. S; MORAN, E. F.; MAUSEL, P.; W. U Y. **Dinâmica na Vegetação do Baixo Amazonas: Analise temporal do Uso da Terra integrando imagens Landsat TM, levantamentos florísticos, e etnográficos**. Anais do VII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto 2: 38-46. 1993.
- CARVALHO, I. M.; CUNHA, A. A; SOUZA, F.A; PEDRASSOLI, J.C. **Integração entre SR e SIG para a Modelagem e o Gerenciamento de Dados Espaço-temporais de Temperatura de Superfície Utilizando Imagens do Sensor ETM do LANDSAT 7**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 2015, INPE.
- CARVALHO, N. S.; CUNHA, C. G.; CARVALHO, L. M. T. **Influência da Área do Objeto no Comportamento Temporal de Áreas de Desmatamento, Utilizando Imagens MODIS/NDVI**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 2015, INPE
- CHAVES, P. V. A. **Caracterização Físico-Química da Argila Tipo Taguá e Implicações Para a Indústria Cerâmica de Monte Carmelo, Minas Gerais**.

Dissertação (Graduação em Geologia) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. 2021.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data**. New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2009. 27 p.

COOXUPÉ. **Notícias Cooxupé**. Disponível em<<https://www.cooxupe.com.br/noticias>> Acessado em: 2023.

COSTA, A. S.; SOUZA JR, C.M. **Comparação entre Imagens Landsat Etm+ e Modis/Terra para Detecção de Incrementos de Desmatamento na Região do Baixo Acre**. RBC - Revista Brasileira de Cartografia, N° 57/02, 2005.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. L. **Análise Temporal do Uso do Solo e Comparação Entre os Índices de Vegetação Ndvi e Savi no Município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP Usando Imagens Landsat-5**. O Espaço Geográfico em Análise. Curitiba, Departamento de Geografia – UFPR, 2011. p. 234-271.

DURIGAN, G. **Cerrado: o trade-off entre a conservação e o desenvolvimento**. Parc. Estrat. Ed.Esp., Brasília- DF, v.15, n°31, p.243-250. 2010.

EIPHANIO, J. C. N; FORMAGGIO, A. R; VALERIANO, M. M; OLIVEIRA, J. B; **Comportamento Espectral de Solos do Estado de Sao Paulo**. – São José dos Campos: INPE, 1992. 132p.

ENVI. **Environment for Visualizing Images**. Disponível em<<http://www.envi.com.br/>> Acessado em: 2018

FERREIRA, M. E; FERREIRA JR L. G.; FERREIRA, N. C.; ROCHA, G. F.; NEMAYER; M. **Desmatamentos no Bioma Cerrado: Uma Análise Temporal (2001-2005) com Base nos Dados MODIS - MOD13Q1**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 2007, INPE, p. 3877-3883.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo, Oficina de Textos, 2011.128p.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em<<https://www.ibge.gov.br/>> Acessado em: 2018

FONSECA, L. O. **Avaliação de Impactos Ambientais Causados Pela Indústria Ceramista na Região de Monte Carmelo- Mg**. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG. 2018.

GUERRA, A. F; SANTOS, J. F; FERREIRA, L.T; ROCHA, O.C. **Cafés do Brasil Pesquisa, sustentabilidade e inovação**. Tecnologias Poupa-Terra, 2021.p 2021.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em<<http://www.inpe.br/>> Acessado em: 2018

JUSBRASIL. Disponível em<<https://www.jusbrasil.com.br/>> Acessado em: 2023.

KAMPEL, M.; AMARAL, S.; SOARES, M. L. G. **Imagens CCD/CBERS e TM/Landsat para análise multi-temporal de manguezais no Nordeste brasileiro. Um estudo no litoral do Estado do Ceará.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 2005, INPE, p. 979-986.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. **A Conservação do Cerrado Brasileiro.** Megadiversidade, Volume 1, Nº 1, 2005.

KOZIEVITCH, V. F. J; VALENZUELA-DIAZ, F. R.; DIAS, J. F.; TOFFOLI, S. M. **Caracterização de Argilas Utilizadas para Fabricação de Cerâmica Estrutural na Região de Monte Carmelo, Mg.** Anais Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 14. São Pedro - SP. 2000.

LIMA JÚNIOR, R. M; SILVA, S. M. P. **Mapeamento da Cobertura da Terra Através de Imagens LANDSAT 5/TM em Assentamentos Rurais do Município de Apodi/RN, para fins de Estudos de Ocupação e Transformação do Território.** Sociedade e Território, Natal, v. 26, nº 2, p. 1 -17, 2014.

LIMA, A. A. X. **Análise Espaço-Temporal dos Impactos do Desmatamento no Município de Águas Vermelhas – Mg.** Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG. 2020.

LIU, W. T. H. **Aplicação de Sensoriamento Remoto.** Campo Grande. Ed.Uniderp. 2006. 908 p.

MACEDO, R. M. P. R.; DUTRA, R. P. S.; NASCIMENTO, R. M.; GOMES, U. U.; MELO, M. A. F. **Formulação de Massa Cerâmica para Fabricação de Telhas.** In: 49º Congresso Brasileiro de Cerâmica. São Pedro-SP, 2005.

MACHADO, S. L. D; SILVA, C. R.; ARAÚJO, A. A. **Descrição Temporal do Comportamento do Cerrado Sensu Strictu Usando Séries Temporais.** Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM. Santa Maria v.40, e30, 2018.

MADEIRA, D. **A relação da frequência com o comprimento de onda eletromagnética.** Dan Scientia. 2010. Disponível em< <http://dan-scientia.blogspot.com/2010/03/relacao-da-frequencia-com-o-comprimento.html>> Acessado em: 2018

MARIANO, C. A. M., **História, trabalho, educação: um estudo sobre a formação / qualificação dos trabalhadores da indústria de cerâmica de Monte Carmelo - MG 1970/2008.** Dissertação (Mestrado em História e Historiografia da Educação) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. 2010.

MARGARIO, A. **Estudo da Influência da Força de Corte da Usinagem a Verde nas Propriedades Mecânicas de Cerâmicas Sintetizada.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Mecânica e Área de Concentração em Projeto Mecânico) Universidade São Paulo. São Carlos – SP. 2011.

MARTINS, V. E.; SILVA, D. M.; GASS, S. L. B. **Correção Atmosférica de Imagens de Satélite para Fins de Mapeamento Temporal de Uso e Cobertura do Solo.** In: XXV Seminário de Iniciação Científica. 2017.

MARQUES FILHO, O; VIEIRA NETO, H.; **Processamento Digital de Imagens,** Rio de Janeiro: Brasport.1999.331p.

MAZUR, S; BRANDALIZE, M. C. B. Proposta de simbologia para mapas de uso e ocupação do solo no contexto dos assentamentos de reforma agrária. **Revista Brasileira de Geomatica,** v. 5, n. 3, p. 453-471, 2017.

MERCADO. **De Volta Ao Topo.** Revista Mercado, ano 4 n°22. 2009.

MENESES, R. P.; DE ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Brasília: UNB/CNPq, 2012.

METZGER, J. P.; BUSTAMANTE, M. M.C.; FERREIRA, J.; FERNANDES, G. W.; EMBID, F. L.; PILLAR, V. D.; PRIST, P. R.; RODRIGUES, R. R.; VIEIRA, I. C.G.; OVERBECKI, G. E. Why Brazil needs its Legal Reserves. **Perspectives in Ecology and Conservation.** v 17, n 3, p 104-116, 2019.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado - Conservação e Desenvolvimento.** Brasília-DF. 2010. 173p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Programa Nacional de Conservação e Uso Sustentável do Bioma Cerrado - Programa Cerrado Sustentável.** Brasília-DF. 2003. 56 p.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. **Roteiro de Atuação; Desmatamento.** Câmara de Coordenação e Revisão. Brasília-DF. 90 p. 2015.

MINERAIS DO PARANÁ. **A preparação de argilas para a produção de telhas e blocos cerâmicos.** MINEROPAR .Curitiba -PA .2007. 36 p.

MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. **Análise espectral e temporal da cultura do café em imagens Landsat.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.39, n.3, p.223-231. 2004.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologia de Aplicação.** Viçosa- MG Ed. UFV.4°ed.2011.

MOURA, E. F. **As Estratégias de Internacionalização das Cooperativas Agropecuárias de Café da Região do Cerrado Mineiro.** Dissertação (Mestrado em Administração) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG. 2016.

OLIVEIRA, F.E.M. **Acompanhamento da Produção Industrial em Cerâmica da Microrregião do Vale do Assu: Estudo de Caso.** Dissertação (Bacharel em Ciência e Tecnologia) Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Angicos – RN. 2011.

OLIVEIRA, M. **Os trabalhadores negros presentes no Congado em Monte Carmelo**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em História) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

NOVO, E.M.L. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo. Blucher. 4.ed.2010. 387p.

POLIDORO, M.; TAKEDA, M. M. G.; BARROS, O. N. F. **Análise Temporal do Processo de Conurbação na Região de Londrina-Pr por Meio de Imagens Landsat**. Rev. Geogr. Acadêmica v.3, n.1 .vi.2009.

REZENDE, A. V; SANQUETTA, C. R.; FIGUEIREDO FILHO, A. **Efeito do Desmatamento no Estabelecimento de Espécies Lenhosas em um Cerrado Sensu Stricto**. FLORESTA, Curitiba, PR, v.35, n. 1. 2005.

RIBEIRO, H. S. S. **Industria Ceramista Nacional, Sua Implantação e Seu Desenvolvimento, O Surgimento do Gres Porcelato, Suas Características Físicas e Geométricas**. Dissertação (Curso de Especialização em Construção Civil) Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2016.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia. Edufu. 7.ed. 2009. 262p.

ROSA, V. G. C. **Modelo agrometeorológico-espectral para monitoramento e estimativa da produtividade do café na região sul/sudoeste do estado de Minas Gerais**. 145 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São José dos Campos. 2007.

ROCHA , A. C. C.; ROCHA , A. L. O.; RIOS, J. J. F.; LIMA, L. B. **Caracterização da Extração Mineral de Argila no Município de Caxias - MA**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Fortaleza - CE. 2015.

ROCHA, G. F.; FERREIRA, L.G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, M. E. **Deteção de Desmatamentos no Bioma Cerrado entre 2002 E 2009: Padrões, Tendências e Impactos**. Revista Brasileira de Cartografia No 63/03, 2011.

ROUSE, J. W; HAAS, R. H; SCHELL, J. A; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **Earth Resources Technology Satellite Symposium**, 3., 1973, Washington. Proceedings. Washington: NASA, 1973. V.1, p.309-317.

SIAN. **Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentavel**. Disponível em< <http://www.siam.mg.gov.br/sla/action/Consulta.do> > Acessado em: 2018

SANTOS, M. M.; **Lutas, Organização e Experiências de Trabalhadores Cerâmicos: Monte Carmelo - 1970/1990**. Monografia (Curso de Graduação em Historia) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG. 1999.

SANTOS, J. G.; FERREIRA, V. O. A variabilidade pluviométrica na Mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. **GeoTextos**, vol. 12, n. 1, julho 2016.

SANTOS FILHO, A. **As Principais Consequências do Desmatamento e Uso do Solo no Estado do Paraná.** Revista Floresta

SANTOS, T. **Raízes do café no Brasil.** 2018. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/historia/o-cafe-no-brasil-suas-origens.htm> Acesso em: 19 jun. 2023

SILVA, A. H. A. **Classificação Supervisionada de Imagens de Satélite Pelo Método da Máxima Verossimilhança para Discriminação do Cultivo de Café (Coffea Spp.) No Município de Monte Carmelo – Mg** (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG. 2022.

SILVA, G. P. **A Implantação Da Cafeicultura No Cerrado Do Triângulo Mineiro E Alto Paranaíba: Análise De Jornais, 1972/1976.** Monografia (Curso de Graduação em Historia) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG. 1998

SILVA, P. R. **Construindo uma História: Trabalhadores Ceramista de Monte Carmelo- 1960/1997.** Monografia (Curso de Graduação em História) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG. 1998.

SILVA, P. R. **Construindo uma História: Trabalhadores Ceramista de Monte Carmelo- 1970/2000.** Dissertação (Mestrado em Historia) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG. 2001.

SILVA, W. G. **Avaliação de Concreto Auto- Adensável com Agregado Reciclado de Telha Cerâmica.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG. 2012.

SILVA, M. M.; FERREIRA, V. O; BRITO, J. L. S. Reconhecimento de Possíveis Influências dos Eventos El Niño e La Niña no Regime Pluviométrico da Bacia do Rio Araguari, Minas Gerais. **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.754 – 765, 2012.

SOARES, A. F.; **Mapeamento da Distribuição Média Mensal e Anual do Volume de Chuva de Monte Carmelo – MG** Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia-MG. 2022.

USGS. **Science for a phanging world.** Disponível: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso 2018.

VILELA, T. A. **Avaliação do Desmatamento e seus Possíveis Impactos nas Mudanças Climáticas da Bacia do Rio Turvo Sujo –MG.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa – MG.2009.

WECKMÜLLER, R.; SLOVINSCKI, N. C.; VICENS, R. S. Análise Multitemporal Como Subsídio à Identificação da Trajetória Evolutiva do Uso e Cobertura da Terra no Corredor Ecológico do Muriqui/Rj. **Revista Brasileira de Cartografia**, N^o 65/3: 467-477 2013.

WENG, Q. **Advances in Environmental Remote Sensing Sensors, Algorithms, and Applications**. New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2011. 600 p.

WENG, Q; **Remote Sensing Time Series Image Processing**. CRC Press Taylor & Francis Group New York. 2018. 255 p.

ZOUNGRANA, B. J. B; CONRAD, C; AMEKUDZI, L.K; THIEL, M.; DA, E.D.; FORKUOR, G.; LÖW, F. **Multi-Temporal Landsat Images and Ancillary Data for Land Use/Cover Change (LULCC) Detection in the Southwest of Burkina Faso, West Africa**. *Remote Sens.* 2015, 7, 12076-12102; doi:10.3390/rs70912076