

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
ENGENHARIA FLORESTAL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

GUSTAVO ALEXANDRE DE MELO SANTOS

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DA CULTURA CAFEIEIRA NO MUNICÍPIO DE
ALFENAS - MG E SUA RELAÇÃO COM O ZONEAMENTO ECOLÓGICO
ECONÔMICO**

São Gabriel

2018

GUSTAVO ALEXANDRE DE MELO SANTOS

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DA CULTURA CAFEIEIRA NO MUNICÍPIO DE
ALFENAS - MG E SUA RELAÇÃO COM O ZONEAMENTO ECOLÓGICO
ECONÔMICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Florestal da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para a
obtenção do Título de Engenheira
Florestal.

Orientadora: Prof^a Aline Biasoli Trentin

São Gabriel

2018

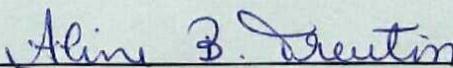
GUSTAVO ALEXANDRE DE MELO SANTOS

**AVALIAÇÃO TEMPORAL DA CULTURA CAFEEIRA NO MUNICÍPIO
DE ALFENAS - MG E SUA RELAÇÃO COM O ZONEAMENTO
ECOLÓGICO ECONÔMICO**

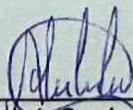
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Florestal da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para a
obtenção do Título de Engenharia
Florestal.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 07 de dezembro de
2018

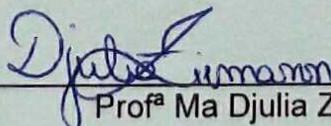
Banca examinadora:



Prof^a Dr^a Aline Biasoli Trentin
Orientadora
UNIPAMPA



Prof^o Dr. André Carlos Cruz Copetti
UNIPAMPA



Prof^a Ma Djulia Ziemann
UNIPAMPA

Ofereço: A Deus, por me tornar Seu instrumento me guiando nos diferentes caminhos estando sempre ao meu lado, vencendo comigo cada dia de minha vida;

Dedico: Aos meus familiares e amigos, em especial a minha namorada, que acompanha cada momento da minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me concedido a vida e a graça de ter chegado até aqui. Pela conclusão desta fase e por sempre me manter perseverante nos momentos de dificuldade. Por me tornar Seu instrumento me guiando nos diferentes caminhos estando sempre ao meu lado, vencendo comigo cada dia de minha vida.

A toda minha família, razão da minha existência, força, meu porto mais seguro, que nunca negou esforços para que eu alcançasse os meus objetivos. A minha namorada que teve papel importante, sempre que eu achava que as coisas não dariam certo, ela estava lá para me levantar e me apoiar.

À Professora Aline Trentin, pelo conhecimento passado, pela ajuda, pela paciência e apoio que ajudaram bastante no desenvolvimento deste trabalho. Obrigado pela dedicação em minha orientação, pelo exemplo de competência e excelência profissional, e por toda a colaboração em meu crescimento. A senhora sempre se mostrou pronta para me ajudar a resolver toda dificuldade acadêmica que eu pudesse ter, muito obrigado!

A todos os professores da Universidade Federal do Pampa, que contribuíram para o meu aprendizado e crescimento pessoal e profissional. Pelas conversas nos corredores, nas salas de aula. Pelas festas e comemorações, pois cada palavra dita serviu de grande colaboração para meu engrandecimento pessoal.

Finalizo reforçando o agradecimento a todos aqueles que marcaram minha graduação, desde a coordenação acadêmica até os que prestam de serviço à Universidade, facilitando minha caminhada, tornando-a uma época tão especial e importante em minha vida.

Dê ao mundo o melhor de você. Mas isso pode não ser o bastante. Dê o melhor de você assim mesmo. Veja você que, no final das contas, é tudo entre VOCÊ e DEUS. Nunca foi entre você e os outros.

(Madre Teresa de Calcutá)

RESUMO

Dentre os produtos agrícolas mais valorizados no território brasileiro, destaca-se o café, que vem sendo cultivado desde o período colonial espalhando-se pelo interior dos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Rio de Janeiro. Para a realização de levantamentos, mapeamento e monitoramento de culturas agrícolas e florestais uma ferramenta muito utilizada é o Sensoriamento Remoto (SR). Uma das suas principais aplicações é para o mapeamento da vegetação, sendo usado como uma alternativa para redução de custos na obtenção de dados. Este estudo objetivou realizar o mapeamento e a quantificação da ocupação de áreas cafeeiras utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, no município de Alfenas/Minas Gerais, e avaliar a correlação das características da cafeicultura com dados do meio físico disponibilizados pelo Zoneamento Ecológico e Econômico. Para a identificação de áreas cafeeiras foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 8/OLI (*Operational Land Imager*) dos anos de 2015, 2017 e 2018. Realizou-se o processamento digital das imagens com o *software* SPRING 5.4.3, utilizando a composição colorida RGB. Para o estudo do relevo, foram empregados dados da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), com resolução espacial de 30 metros, os quais possibilitaram a geração dos mapas de altimetria e declividade do município. Com os resultados obtidos observou-se que o uso de geotecnologias se apregoaram efetivos no mapeamento de uso e cobertura da terra, foi possível realizar a integração de dados da cafeicultura com declividade e vulnerabilidade do solo, assim identificando áreas de risco do cultivo da cultura cafeeira e possíveis áreas aptas para o plantio de lavouras cafeeiras.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Cafeicultura, Zoneamento Econômico Ecológico.

ABSTRACT

Among the products that are most valued in Brazilian space, coffee stands out, which has been cultivated since the colonial period in a dispersed manner throughout the interior of the states of São Paulo, Minas Gerais, Paraná and Rio de Janeiro. For surveying, mapping and monitoring of crops and forests is a widely used tool for Remote Sensing (SR). One of its main applications is the vegetation mapping, being used as an alternative for the reduction of costs in the search of data. This study aimed to map and quantify the occupation of coffee areas using remote sensing and geoprocessing techniques in the city of Alfenas / Minas Gerais, and an analysis of the characteristics of coffee to the environment provided by the Ecological and Economic Zoning. For the identification of coffee areas, images from the LANDSAT 8 / OLI (Earth Image) satellite of the years 2015, 2017 and 2018 were used. Digital image processing was performed with SPRING 5.4.3 software, using a RGB colored composition. For the relief study, data were obtained from the SRTM mission, with spatial resolution of 30 meters, which allow a generation of maps of altimetry and slope of the municipality. The results obtained were those that used the geotechnologies applied in the mapping of land use and cover, it was possible to integrate data of coffee cultivation with the slope and vulnerability of the soil, as well as areas at risk of cultivation of the coffee crop. Areas suitable for planting coffee plantations.

Keywords: Geoprocessing, Remote Sensing, Coffee Growing, Ecological Economic Zoning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Florada do café arábica no município de Alfenas-MG.....	21
Figura 2: Localização do município de Alfenas-MG	24
Figura 3: Mapa de uso e cobertura da terra do município de Alfenas/MG para o ano de 2015.	30
Figura 4: Mapa de uso e cobertura da terra do município de Alfenas/MG para o ano de 2017	32
Figura 5: Mapa de uso e cobertura da terra do município de Alfenas/MG para o ano de 2018.	34
Figura 6: Mapa Hipsométrico do município de Alfenas/MG	36
Figura 7: Mapa de declividade do município de Alfenas/MG	37
Figura 8: Mapa de vulnerabilidade do solo do município de Alfenas/MG	39
Figura 9: Mapa de conflito de Café/Declividade para os anos de 2015 (a), 2017 (b) e 2018 (c), no município de Alfenas/MG	40
Figura 10: Mapas de integração entre café/vulnerabilidade do solo para os anos de 2015 (a), 2017 (b) e 2018 (c), de Alfenas/MG	43
Figura 11: Ocupação da Cafeicultura no Município de Alfenas-MG.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 : Princípios Norteadores do ZEE	23
Tabela 2: Características espectrais e espaciais do sensor OLI do satélite Landsat 8	26
Tabela 3: Intervalo de aceitação dos resultados do índice Kappa	27
Tabela 4: Classes de declividade para análise do relevo.....	28
Tabela 5: Área das diferentes classes temáticas do uso e cobertura da terra do Município de Alfenas/MG no ano de 2015.	31
Tabela 6: Área das diferentes classes temáticas do uso e cobertura da terra do Município de Alfenas/MG no ano de 2017.	32
Tabela 7: Área das diferentes classes temáticas do uso e cobertura da terra do Município de Alfenas/MG no ano de 2018.	35
Tabela 8: Quantificação das classes de altitude no município de Alfenas/MG	36
Tabela 9: Quantificação das classes de declividade no município de Alfenas-MG ...	38
Tabela 10: Classes de declividade do município de Alfenas-MG.....	41
Tabela 11: Conflito das Classes temáticas de cafeicultura e vulnerabilidade do solo	42

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	12
1.1 Objetivo geral	14
1.2 Objetivos Específicos	14
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Geoprocessamento	15
2.1.1 Sensoriamento Remoto	16
2.2 Processamento Digital de Imagens	17
2.3 Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto em Culturas Agrícolas	18
2.4 Cultura do Café.....	19
2.5 Zoneamento Ecológico e Econômico de Minas Gerais	22
3 - MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Caracterização da Área de Estudo	24
3.2 Identificação das Lavouras Cafeeiras	25
3.3 Declividade e Hipsometria.....	27
3.4 Vulnerabilidade do solo	29
3.5 Integração de dados pela ferramenta LEGAL.....	29
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1 Classificação do uso e cobertura da terra e identificação da cultura cafeeira	30
4.2 Declividade e Hipsometria.....	35
4.3 Vulnerabilidade do solo	38
4.4 Conflitos de áreas cafeeiras e declividade.	39
4.5 Conflitos de áreas cafeeiras e vulnerabilidade do solo	42
5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
6 - REFERÊNCIAS	46

1 - INTRODUÇÃO

Dentre os produtos agrícolas mais valorizados no território brasileiro, destaca-se o café, que vem sendo cultivado desde o período colonial. O café é uma planta de origem Etíope que chegou ao Brasil na segunda década do século XVIII, trazida pelo Sargento-Mor Francisco de Mello Palheta, e que posteriormente se espalhou pelo interior dos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (OLIVEIRA et al., 2012). O Brasil apresenta um clima propício e a terra fértil se tornou favorável para o crescimento e desenvolvimento de lavouras e novas espécies em diversas regiões (LOPES, 2013).

No início da introdução da espécie cafeeira no Brasil foram registradas significativas derrubadas das matas e posterior queima da madeira, sendo responsável pela erradicação de inúmeros hectares de mata atlântica e cerrado, em uma época em que o Código Florestal (Decreto nº 23.793/1934) não era respeitado e a necessidade de desenvolvimento era prioritária a qualquer custo (MARCONDES, 2015).

A cafeicultura foi e permanece sendo uma das principais culturas que estimulou o crescimento e o desenvolvimento de várias regiões brasileiras, como o Sul de Minas Gerais, onde a economia está embasada fortemente na agricultura. A cultura do café sempre participou de forma significativa na economia e no desenvolvimento do país. Hoje o Brasil é o maior produtor e exportador desta “*commodity*”, sendo responsável por 30% nas exportações mundiais, porém o segundo maior mercado consumidor (ABIC, 2018).

Minas Gerais é o maior estado produtor de café do Brasil, responde por cerca de 50% da produção nacional e é uma das principais fontes de cafés especiais do país. Praticamente 100% das plantações são de café Arábica, que é exportado pelo porto de Santos, Rio de Janeiro e Vitória (ABIC, 2018).

A estimativa de área plantada da cultura cafeeira, pode ser realizada utilizando-se dois métodos. O método convencional refere-se a um questionário aplicado a campo junto aos produtores, sendo economicamente inviável, pois tal atividade necessita de um período de tempo longo para ser concluída. Outra alternativa que pode ser aplicada é a utilização das técnicas de geoprocessamento, aliado ao sensoriamento remoto, que quando comparado ao método convencional, passa a ser muito mais rápido, de baixo custo e de grande confiabilidade (TRABAQUINI, 2009).

As tecnologias e equipamentos de coleta, processamento e transmissão de dados, como o Sensoriamento Remoto, permitem estudar o meio terrestre através da obtenção e análise de imagens de satélite, se tornando uma alternativa de custo baixo e altamente precisa, suprimindo o uso excessivo de mão de obra e dispensando deslocamento de pessoal e equipamentos (ANDRADE et al., 2013).

A utilização da informação do local em que o café está plantado possibilita um melhor planejamento e manejo da produção, possibilitando o desenvolvimento sustentável e assim adquirindo um produto de qualidade. Os produtos gerados com o auxílio de técnicas de geoprocessamento podem auxiliar tanto os pesquisadores quanto os produtores rurais, pois possibilita uma visualização do desenvolvimento da cultura, obtenção de estimativa para produção e até avaliações ambientais e climáticas.

1.1 Objetivo geral

Este estudo teve como objetivo analisar os impactos da cultura cafeeira sobre a vegetação nativa do bioma mata atlântica dos anos de 2015, 2017 e 2018 utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, no município de Alfenas, Minas Gerais, e avaliar a correlação das características da cafeicultura com o meio físico, o qual é considerado fator condicionador da capacidade de uso das terras de uma região.

1.2 Objetivos Específicos

- Analisar o uso e cobertura da terra no município de Alfenas - MG, a partir da análise temporal de imagens Landsat 8, considerando os anos de 2015, 2017 e 2018;
- Analisar as condições do relevo local, considerando a hipsometria e a declividade, a partir do produto SRTM.
- Avaliar o conflito ambiental entre a cultura cafeeira e as variáveis declividade e vulnerabilidade natural do solo, fornecida pelo Zoneamento Ecológico Econômico, na área de estudo.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Geoprocessamento

O Geoprocessamento no Brasil teve início na Universidade Federal do Rio de Janeiro pelo professor Jorge Xavier da Silva, na década de 80. Com a chegada do Dr. Roger Tomlinson, responsável pelo primeiro Sistema de Informação Geográfica, em 1982, houve um grande incentivo da criação de grupos interessados em trabalhar com essa tecnologia, como por exemplo, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em 1984 (INPE, 2001).

Geoprocessamento é compreendido com uma ciência que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o uso da informação geográfica que influencia nas áreas de Cartografia, análise de recursos naturais, transportes, planejamento urbano, entre outras. O uso de ferramentas computacionais para o Geoprocessamento, como o SIG (Sistema de Informações Geográficas), permite fazer uma análise mais detalhada ao associar dados de várias fontes e criar um banco de dados georreferenciados (CÂMARA et al.,2001).

Segundo Câmara e Ortiz (1999), SIG é um conjunto de “ferramentas” com o objetivo de adquirir, armazenar, recuperar, transformar e emitir informações espaciais. Informações geradas através de dados geográficos que representam objetos do mundo real em termos de posicionamento, relacionados a um sistema de coordenadas.

Produtos digitais gerados pelo Geoprocessamento podem ser inseridos dentro de um banco de dados digital com o objetivo de promover a interação dos diferentes dados, com a finalidade de extrair informações geográficas. A união desses dados irá compor o SIG que permite o agrupamento, manipulação e atualização dos diferentes dados gerados (SILVA, 2010).

Dentre os usos do SIG pode-se destacar a aplicação no meio ambiente e recursos naturais, seja na pesquisa da previsão de determinados fenômenos ou na tomada de decisões de planejamento, entendendo que os dados armazenados demonstram uma amostra do mundo real (CÂMARA et al. 1995)

Conforme IBGE (2018), o Brasil é o quinto maior país do mundo em extensão territorial, mas mesmo assim possui uma grande escassez de informações apropriadas para a tomada de decisões sobre os problemas urbanos, rurais e

ambientais. Isso mostra que o País tem um grande potencial, principalmente relacionado a tecnologias de baixo custo, para adquirir informações baseadas em tecnologias, de maneira rápida, fácil e eficaz.

Sendo assim, o uso correto da aplicação de geotecnologias se torna uma ferramenta importante especialmente por explorar as informações disponíveis e extrair os dados de interesse com facilidade, interpretando com eficiência e redução de tempo e custos (COSTA, 2005).

2.1.1 Sensoriamento Remoto

Dentro do campo da ciência tecnológica o sensoriamento remoto se destaca como uma das ferramentas mais usadas em pesquisa técnico-científica. Esta ferramenta é aplicada no planejamento agrícola, silvicultura, planejamento urbano, entre outros.

O Sensoriamento Remoto é uma ferramenta muito utilizada atualmente para a realização de levantamentos, mapeamento e monitoramento de culturas agrícolas e florestais. Uma das suas principais utilizações é para o mapeamento da vegetação, porém pode ser usado também como uma alternativa para redução de custos na obtenção de dados. É uma maneira de complementar os métodos tradicionais

As imagens utilizadas no sensoriamento remoto possuem características únicas que dependem da radiância do alvo, da radiância difusa da atmosfera e da configuração do sensor utilizado na aquisição. A radiação solar incidente na superfície terrestre irá interagir de modo diferente com cada tipo de alvo devido ao seu comportamento espectral (ALCÂNTARA, 2016).

A escolha do sensor na coleta de informações espectrais depende sobretudo de um conjunto de fatores relacionado com: objetivos da pesquisa, tamanho da área imageada, disponibilidade de equipamentos sensores, do custo e da precisão dos resultados a serem adquiridos. Dependendo das características que o objeto escolhido para estudo apresenta e a localização geográfica na qual se encontra, será determinado o tipo de sensor para ser utilizado para coleta de imagens em questão.

Conforme INPE (2006), para conhecer as características dos sistemas sensores, é preciso considerar algumas explicações sobre classificação em função da fonte de energia ou em função do tipo de produto que produz. Em função da fonte de energia os sensores podem ser 'passivos' ou 'ativos'. Os sensores passivos são os

que medem a radiação refletida ou emitida podendo ser nativo de uma iluminação externa, como o sol por exemplo. Já os ativos, são sensores que possuem sua própria fonte de radiação eletromagnética, esses sensores trabalham em faixas restritas do espectro interagindo com o alvo da superfície, captando assim a energia refletida, por exemplo os radares e câmeras fotográficas (INPE, 2006).

2.2 Processamento Digital de Imagens

O Processamento Digital de Imagens (PDI) é a utilização de técnicas para identificar, extrair e revelar a informação de interesse para um usuário. Tem o objetivo de auxiliar na identificação e na extração de informações contidas nas imagens, para que depois haja a interpretação. O que resulta desse processo é a produção de novas imagens com informações específicas e de melhor aplicação a partir das imagens brutas (CRÓSTA, 1992)

O primeiro passo do processamento é conhecido como pré-processamento, onde são realizados a filtragem de ruídos introduzidos pelos sensores e a correção de distorções geométricas causadas pelo sensor (QUEIROZ; GOMES, 2001).

O manuseio de imagens digitais acontece por meio de computadores, que busca melhorar a informação visual para posterior análise e interpretação humana, e para a percepção automática através de máquinas. Sendo assim, define-se que processamento digital de imagens compete à ciência da visão computacional (MELO JUNIOR, 2018).

O sistema ocular do ser humano tem uma grande capacidade de reconhecer padrões, mas ele encontra dificuldades em processar grandes volumes de informações que pertencem à uma imagem. A capacidade do ser humano é limitada na visualização e interpretação devido a vários tipos de distorções geradas nos processos de aquisição e transmissão de dados. O objetivo principal do processamento digital de imagens é o de retirar os impedimentos que limitam o sistema visual humano na interpretação, facilitando assim a extração de informações a partir de imagens (NEVES; PAVANELLI, 2014).

A classificação é considerada como uma das etapas de maior relevância e tem como objetivo identificar, verificar ou concluir a identidade dos objetos a partir das suas características e representações. Os classificadores podem ser divididos em classificadores "*pixel a pixel*" e classificadores por regiões. Os classificadores "*pixel a*

pixel" utilizam apenas a informação espectral isoladas de cada pixel para localizar regiões homogêneas.

Dentre as técnicas de classificação "*pixel a pixel*" mais comuns são: máxima verossimilhança (MAXVER), distância mínima e método do paralelepípedo. MAXVER utiliza parâmetros da estatística para considerar a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes. É necessário realizar um treinamento de coleta de "*pixel*", para a classificação por máxima verossimilhança seja concisa. Os conjuntos de treinamento definem o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidade, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe do treinamento (INPE, 2006).

2.3 Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto em Culturas Agrícolas

Conforme Pino (2001), quando comparados o uso de geotecnologias no levantamento de dados agrícolas a partir do geoprocessamento, com outras formas de levantamento, tem-se como vantagens além da rapidez e precisão, um custo baixo quando se utilizado em larga escala. Outro fator importante é a periodicidade da aquisição de imagens dos satélites, possibilitando um periódico monitoramento da superfície de estudo, sendo uma ótima opção de ferramenta para a análise do uso e cobertura de áreas, e elaboração dos mapas.

Nesse sentido, o Sensoriamento Remoto permite a rápida identificação das modificações ambientais, através de do uso de informações como, características do plantio, tamanho da área utilizada, monitoramento temporal da cultura, estimativa de área plantada, produção agrícola, vigor vegetativo das culturas, além de auxiliar com o manejo agrícola em grandes áreas como o país, estado ou em pequenas limitações como município e até fazendas. Isto é possível devido à cobertura que os satélites realizam a partir da varredura da superfície terrestre de forma repetitiva e em um curto espaço de tempo (VIEIRA et al., 2000; RUDORFF; MOREIRA, 2002).

O mapeamento de uma área a ser trabalhada é de grande importância no uso técnica de planejamento sustentável dos recursos naturais, dentre elas a cafeicultura. Embora hoje conta-se com diversos métodos para aplicar o uso de geotecnologias e da importância econômica da cafeicultura para o Brasil, nesse setor ainda ocorre a falta de dados precisos e quantitativos da cultura em nosso território. De acordo com

Vieira et al. (2007) ainda não há informações precisas sobre a quantidade e a distribuição geográfica das áreas de cultivo.

Segundo resultados obtidos no trabalho de Souza et al. (2013), os autores afirmam que há grandes vantagens na utilização do geoprocessamento em culturas agrícolas, como: diminuição dos impactos ambientais, pois haverá cálculo de áreas apropriadas para o correto manejo e conservação do solo; maior eficiência na utilização de insumos e lucros com a cultura; melhor acompanhamento do produtor principalmente na tomada de decisões; podendo também auxiliar no controle de pragas e doenças.

Em função do aumento da demanda do café tanto no mercado interno quanto para a receita gerada na exportação, o aperfeiçoamento de métodos de previsão de safra é fundamental para evitar especulações de mercado e apoiar métodos para um melhor planejamento agrícola e tomada de decisões (MOREIRA et al., 2004). Dessa forma, o sensoriamento remoto representa uma das principais tecnologias de apoio aos estudos de culturas agrícolas, disponibilizando informações fundamentais a respeito da distribuição da área de cultivo, das condições biofísicas e da dinâmica dos cultivares (RAMIREZ, ZULLO, 2010).

Os produtos gerados através do sensoriamento remoto irão permitir aos produtores e pesquisadores uma melhor visualização e interpretação da atividade cafeeira, um planejamento mais preciso na aquisição de dados da produção e manejo elaborando assim uma melhor avaliação da cultura.

As variações no estado fenológico na cultura cafeeira podem influenciar diretamente no processo de classificação de imagens. Devido às características espectrais da cultura, que também envolve o ambiente em que está inserida, vigor vegetativo, espaçamento entre as plantas na lavoura e até os tratamentos culturais como espaçamento, culturas intercalares e sombreamento, são fatores que tornam o resultado bastante complexo (VIEIRA, 2006). Além disso, sua resposta espectral é semelhante ao da mata nativa, dificultando a sua identificação.

2.4 Cultura do Café

O café pertence à família das rubiáceas, do gênero *Coffea* que, juntamente com o gênero *Psephellus*, forma a subtribo *Coffeinae*. É uma planta perene, dicotiledônea, de porte arbustivo ou arbóreo, de caule lenhoso, folhas persistentes e flores

hermafroditas. Mais de sessenta espécies da cultura já estão classificadas. A maior parte se desenvolve em zonas silvestre da África, Insulíndia, Malásia (BRUGOS; STREIT, 2000). Dentre as espécies de maior importância está a *Coffea arabica*, que hoje segundo MAPA (2018), já é responsável por aproximadamente 80% da produção mundial.

A *Coffea arabica* pode ser encontrada com mais de 10 metros de altura, mas sua altura média fica em torno de 3 a 5 metros. Seu tronco tem de 8 a 10 centímetros de diâmetro e suas raízes podem chegar até 1,5 m de profundidade. A espécie produz flores com fragrância semelhante a flor jasmim, e seus frutos vão do verde ao vermelho, passando pelo amarelo. No Brasil são encontradas as variedades nacional, típica *Cramer*, típica *Cramer Krug* (amarela ou Botucatu) (BRUGOS; STREIT, 2000).

Para Matiello et al. (2005), a espécie que possui maior valor comercial é a arábica, pois seu aroma e paladar são exclusivos e agradáveis trazendo um tom adocicado a bebida; e por isso, a maior fração do parque cafeeiro nacional é ocupado por esta espécie. Quanto à fenologia, as lavouras de café apresentam floradas (Figura 1) principais no início de setembro em regiões com temperaturas elevadas, mas nunca são uniformes, pois o momento de chuva se inicia em épocas diferentes dependendo da região. Em regiões com temperaturas médias anuais inferiores a 20°C, como é o caso das regiões de Franca (SP) e Machado (MG), a florada principal é um pouco mais tardia, podendo ocorrer do final de setembro até o início de outubro (CAMARGO e CAMARGO, 2001).

FIGURA 1: Florada do café arábica no município de Alfenas-MG



Fonte: Notícias Agrícolas, Jhonatas Simião.

Segundo Camargo e Camargo (2001), para a planta atingir seu estágio fenológico de frutificação, o café necessita em média dois anos, uma diferença significativa da maioria das outras plantas da cultura agrícola, que podem completar esse mesmo ciclo produtivo em apenas um ano. De acordo com Matiello (1991), no período de vegetação e frutificação a água é de extrema exigência para o desenvolvimento da planta, e na fase de colheita essa necessidade se torna menor, podendo até acontecer em pequenas quantidades, sem gerar impacto negativo para a planta. Além disso, curtos períodos de déficit hídrico podem ser importantes para o desenvolvimento das raízes, maturação dos ramos gerados na estação chuvosa e principalmente para a diferenciação floral e maturação dos frutos.

No Brasil são mais de 2 milhões de hectares de café que são distribuídos para diferentes mercados consumidores, isso se dá pela diversidade brasileira de manter a liderança em ambientes de mercado competitivos (MESQUITA; MASSON, 2006).

Segundo a Embrapa *apud* Mesquita e Masson (2006), apesar do Brasil ter reduzido sua área de produção cafeeira em 210 mil hectares no período de 1977 até 2007, houve um aumento de 16 milhões de sacas em 1960 para 33 milhões em 2005,

um acréscimo de mais de 100% na produção. Isso se deve ao aumento da tecnologia integrada ao manejo, adensamento de lavouras e ao investimento em pesquisas de novos cultivares e controles fitossanitários (MESQUITA; MASSON,, 2006).

2.5 Zoneamento Ecológico e Econômico de Minas Gerais

O Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) surgiu com o objetivo de associar aspectos naturais e sociais na gestão do território nacional, além dos econômicos já utilizados no planejamento tradicional. Nesse contexto, o ZEE rompeu com o paradigma de ferramenta voltada para a classificação do território com base num determinismo natural, para incluir a vontade e a ação humanas como elementos compositores da ecologia do ambiente *latu sensu* (MMA, 2006).

A criação da metodologia do Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) foi influenciada pelos efeitos da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente Humano, que ocorreu em 1972 em Estocolmo e reforçada logo após pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento que aconteceu no estado do Rio de Janeiro em 1992, conhecida como Rio 92 (MMA, 2006). A metodologia foi criada para atender projetos de planejamentos territoriais nas escalas nacional e macrorregional. Em seguida, foi proposta em diversas iniciativas de planejamento em outras escalas (estaduais e/ou regionais e locais) (SCOLFORO, 2007)

Para dar suporte ao estabelecimento de vedações, restrições e alternativas de exploração do território, com o fortalecimento de medidas e padrões de qualidade ambiental e dos recursos hídricos, foi criado o Decreto Federal nº 4.297/2002 (BRASIL, 2002). Trata-se de uma instrução normativa, responsável por organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados, quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais.

A proposta do ZEE foi produzida com uma base de dados que reflete na combinação da vulnerabilidade natural com o potencial social, que é capaz de direcionar a ocupação do território para áreas que sejam aptas para suportar determinado uso, ou ainda, para áreas aptas que necessitam ser recuperadas antes de serem plenamente utilizados. Da mesma forma, áreas inaptas por algum motivo são preservadas, evitando prejuízos socioeconômicos e ambientais (Scolforo, 2007).

O ZEE é uma ferramenta que se propõe a ampliar a relação homem-natureza, fazendo a comunicação entre políticas públicas e meios de produção, de forma que a biodiversidade passa a ser compreendida como base da sustentabilidade dos ecossistemas naturais, dos serviços ambientais, dos recursos florestais e pesqueiros, da agricultura e da nova indústria da biotecnologia (MMA, 2006).

Todas as etapas são conduzidas segundo os princípios norteadores apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 : Princípios Norteadores do ZEE

Princípio Norteador	Descrição
Participativo	Os atores sociais devem intervir durante as diversas fases dos trabalhos, desde a concepção até a gestão, com vistas à construção de seus interesses próprios e coletivos, para que o ZEE seja autêntico, legítimo e realizável.
Equitativo	Igualdade de oportunidade de desenvolvimento para todos os grupos sociais e para as diferentes regiões.
Sustentável	O uso dos recursos naturais e do meio ambiente deve ser equilibrado, buscando a satisfação das necessidades presentes sem comprometer os recursos para as próximas gerações.
Holístico	Abordagem interdisciplinar para a integração de fatores e processos, considerando a estrutura e a dinâmica ambiental e econômica, bem como os fatores históricos-evolutivos do patrimônio biológico e natural.
Sistêmico	Visão sistêmica que propicie a análise de causa e efeito, permitindo estabelecer as relações de interdependência entre os subsistemas físico-biótico e socioeconômico.

Fonte: MMA,2011

No estado de Minas o ZEE - Zoneamento Ecológico Econômico do estado de Minas Gerais (Scolforo et al., 2007), objetivou a orientação de políticas públicas e de ações no meio ambiente das diversas regiões do Estado. Foi realizado um macrodiagnóstico, apresentado através de mapas, que contribuem para ao gerenciamento territorial conforme os critérios de sustentabilidade econômica, social, ecológica e ambiental.

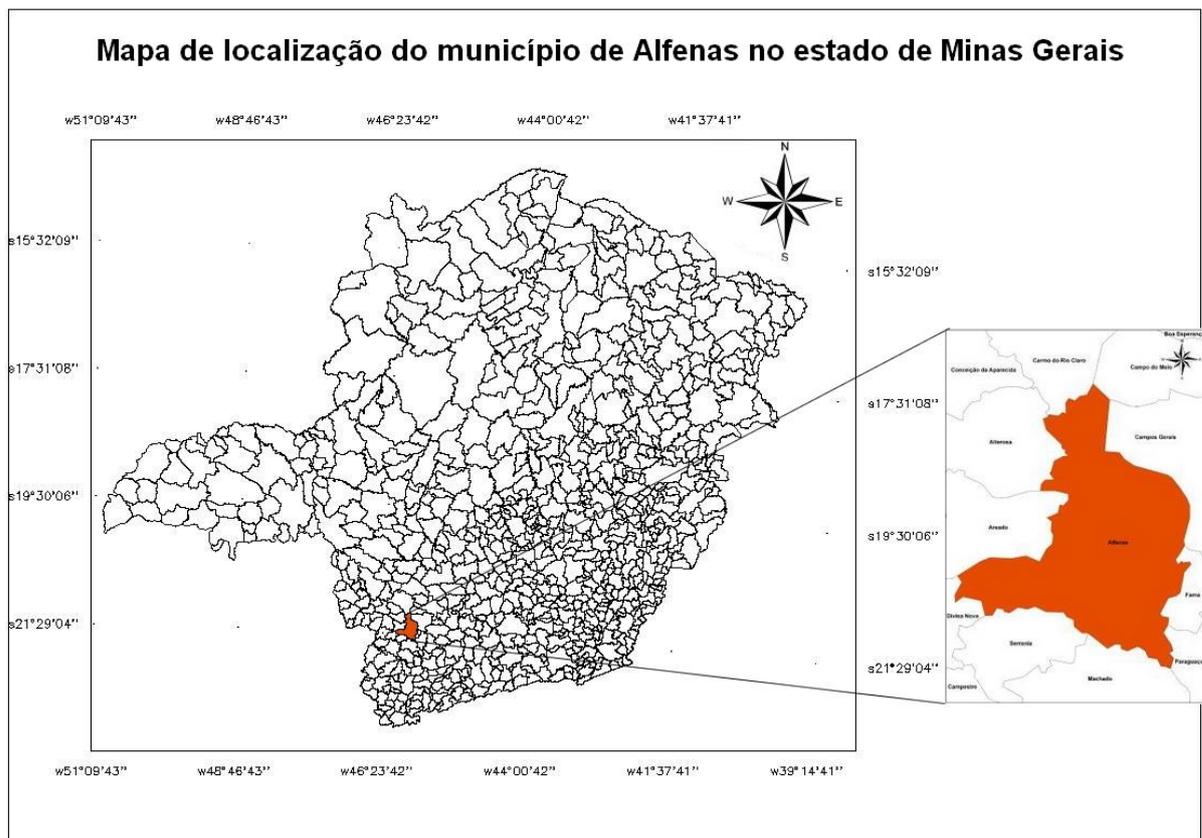
3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo é o município de Alfenas, localizado ao sul do estado de Minas Gerais (Figura 2). Segundo o IBGE (2018), Alfenas é um município com 850,45 Km² de extensão territorial, onde o relevo predominante em mais de 80% da área é ondulado.

A vegetação predominante é a Floresta do tipo Estacional Semidecidual e Ombrófila Mista, apresentando árvores esparsas e coberturas de arbustos, e também grande quantidade de fragmentos de mata ciliar. Com alturas variáveis de 800 a 1000m participa do grupo de 34 municípios que compõem o circuito dos Lagos da Represa de Furnas, situado na porção Sul do estado de Minas Gerais (SOUSA, 2011).

FIGURA 2: Localização do município de Alfenas-MG



Fonte: O Autor, 2018.

Alfenas apresenta um clima tropical moderado úmido, com invernos secos com duração de 2 a 4 meses e déficit hídrico pequeno, entre 10 a 30mm. O regime de precipitações situa-se entre as médias de 1.400 a 1.700mm, concentrando-se de outubro a março em consonância com o período que apresenta as temperaturas mais elevadas do ano (JUSTINO, 2011).

3.2 Identificação das Lavouras Cafeeiras

A identificação de áreas cafeeiras foi realizada através da classificação de imagem de sensoriamento remoto, utilizando o *software* SPRING 5.4.3 desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 8/OLI (*Operational Land Imager*), com resolução espacial de 30 metros. Foram utilizadas imagens de diferentes datas a fim de comparar as áreas de cultivo da cultura cafeeira considerando um recorte temporal nos anos de 2015, 2017 e 2018.

O sensor escolhido foi o sensor OLI que possui bandas espectrais para coleta de dados na faixa do visível, infravermelho próximo e infravermelho de ondas curtas, além de uma banda pancromática (EMBRAPA, 2018). Para este estudo, as bandas espectrais (Tabela 2) foram selecionadas considerando suas aplicações de acordo com a região espectral.

As imagens foram obtidas através Divisão de Geração de Imagens do INPE, em formato de arquivo gráfico *TIFF (Tagged Image File Format)*, pois esse formato permite armazenar imagens bitmap (*raster*) de grande dimensão (mais de 4 GB compactados), sem perda de qualidade e em qualquer plataforma (SAUDE, 2017). As escolhas das imagens foram feitas através da seleção de imagens que possuíam menor interferência de nuvens para não prejudicar na posterior classificação da cultura cafeeira.

TABELA 2: Características espectrais e espaciais do sensor OLI do satélite Landsat 8

Banda	Faixa Espectral (μm)	Região do Espectro	Resolução Espacial (m)
3	0,525 – 0,600	Verde	30
4	0,630 – 0,680	Vermelho	30
5	0,845 – 0,885	Infravermelho Próximo	30

Fonte: O Autor, 2018.

A composição colorida escolhida neste trabalho foi 453 RGB, a qual apresenta maior facilidade para o reconhecimento e discriminação das áreas cafeeiras, objeto do estudo. Em seguida, realizou-se o contraste linear em cada banda, buscando a melhoria visual da imagem (MOREIRA, 2004). Anterior ao processo de classificação foi realizado o recorte da área do Município de Alfenas nas imagens Landsat, sobrepondo-se o arquivo em formato *shapefile* dos limites municipais do Estado de Minas Gerais adquiridos no site do Instituto Prístino. O processo foi realizado com o objetivo de reduzir a área total de cada imagem para a área de interesse. Isso também interfere de forma positiva no desenvolvimento da análise, pois diminui o tempo de processamento dos dados e o uso de memória do computador.

Realizou-se a classificação das imagens considerando o método de classificação digital supervisionado "*pixel a pixel*", denominado Máxima Verossimilhança (MaxVer). Este método de classificação considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. O primeiro passo em um processo de classificação multiespectral supervisionada é o treinamento, ou seja, o reconhecimento da assinatura espectral das classes (INPE, 2006).

O algoritmo MaxVer utilizou um limiar de aceitação de 100%. Para a aplicação do mesmo, foi adquirido um número expressivo de pixels para cada amostra de treinamento, garantindo assim resultados mais precisos. Foram escolhidas amostras significativas, de alvos distintos para diminuir a confusão entre classes, a fim de reduzir a sobreposição entre as distribuições de probabilidades.

Após o processo de treinamento foi realizada a análise das amostras e posteriormente gerada a imagem final da classificação. De acordo com a interpretação das imagens, para a classificação supervisionada da imagem Landsat 8 de 2015, 2017 e 2018 foram coletadas amostras das seguintes classes:

- a. Água - corpos hídricos como rios, açudes e reservatórios, representados com a cor azul de acordo com a composição colorida 453 RGB;
- b. Café - se refere ao cultivo da cultura cafeeira;
- c. Vegetação - compreende matas nativas e o cultivo de florestas exóticas;
- d. Outros - se refere a outras culturas agrícolas ou solo exposto.

Para a análise de desempenho do método de classificação utilizou-se os parâmetros de avaliação Kappa (Tabela 3). Congalton (1991) *apud* Figueiredo e Vieira (2007) relata que o uso do coeficiente Kappa é satisfatório para avaliar a exatidão de uma classificação temática, uma vez que considera toda a matriz de confusão no seu cálculo, até mesmo os elementos fora da diagonal principal, elementos que representam as discordâncias na classificação, diferentemente da exatidão global.

TABELA 3: Intervalo de aceitação dos resultados do índice Kappa

ÍNDICE KAPPA (K)	CARACTERÍSTICAS
$K \leq 0,4$	Pobre
$0,4 < K \leq 0,8$	Razoável
$K \geq 0,8$	Excelente

Fonte: O Autor

3.3 Declividade e Hipsometria

Para análise das condições do relevo foram elaborados os mapas de declividade e hipsometria do terreno, produtos originados de imagens orbitais adquiridas do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Foram necessárias duas imagens para a cobertura da área de estudo, adquiridas no site Earth Explorer USGS (United States of Geological Survey) após realização de um cadastro e posterior seleção do local de estudo. As imagens foram adquiridas pelo sensor em 11 de fevereiro do ano 2000 e publicadas no site para uso público em 24 de setembro de 2014 (USGS, 2018).

Os mapas de declividade e altimetria foram gerados através do recurso Modelo Numérico do Terreno (MNT) que é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre em uma região da superfície terrestre. Para que haja a representação da superfície real de um local de estudo no computador, é indispensável a elaboração de um modelo digital que será

representado por equações analíticas ou em rede (grade) de pontos, para que o usuário possa identificar as características espaciais do terreno (CÂMARA; FELGUEIRAS, 2001).

Após a geração de um produto em MNT é realizado o fatiamento, que consiste em definir intervalos de valores para se obter uma imagem temática a partir desse modelo. Câmara e Felgueiras, (2001) sugerem que as fatias sejam definidas de acordo com intervalos de cotas que são úteis para uma determinada aplicação.

O mapa de declividade seguiu classes pré-estabelecidas por Santos et al. (2005), que estabelece as classes de declividade, conforme Tabela 4.

TABELA 4: Classes de declividade para análise do relevo.

Classes de Declividade	
Classes	Descrição
Plano	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos. Declividades menores que 3%
Suave ondulado	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e, ou, outeiros (elevações de altitudes relativas da ordem de 50 a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves, de 3 a 8%
Ondulado	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e, ou, outeiros, apresentando declives acentuados, entre 8 e 20%
Forte ondulado	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e, ou, morros (elevações de 100 a 200 m de altitude relativa) com declives fortes, entre 20 e 45%
Montanhoso	Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas e maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes, de 45 a 75%

Fonte: Santos et al. (2005)

Através da criação do mapa hipsométrico é possível realizar operações de medições da altitude de distintos pontos do relevo e representar as diferenças altimétricas existentes. Sendo assim, para a elaboração do mapa altimétrico, utilizou-

se a grade retangular, após esse procedimento também foi aplicado o recurso do fatiamento, sendo executadas em cinco classes de altitude, determinadas pela prévia avaliação das cotas mínima e máxima da área de estudo, resultando nas seguintes classes: 750-800m, 800-850m, 850-900m, 900-950m e 950-1000m.

3.4 Vulnerabilidade do solo

O mapa de vulnerabilidade do solo foi adquirido no formato *shapefile*, por meio do site do ZEE-MG (SCOLFORO ET AL., 2007). Após o *download*, o arquivo foi importado para o *software* SPRING e realizado o recorte da área do Município de Alfenas sobrepondo-se o arquivo em formato *shapefile* dos limites municipais do Estado de Minas Gerais. Posteriormente realizou-se a edição vetorial do arquivo para ajustar os polígonos e assim efetivar-se a associação de cores para cada classe de vulnerabilidade do solo.

3.5 Integração de dados pela ferramenta LEGAL

Para o cruzamento dos mapas de uso e cobertura da terra com o mapa de declividade e do mapa de uso e cobertura da terra com a vulnerabilidade do solo, foi utilizada a ferramenta de linguagem de programação LEGAL (Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico) do SPRING. Esta ferramenta é utilizada em análises como: mapa de distâncias, mapa de aptidão, medidas geográficas e integração ou cruzamento de mapas (INPE, 2006). A ferramenta permite associar as classes temáticas dos mapas, gerando um novo produto com a integração dos dados e informações aplicáveis em tomadas de decisão, inclusive levantando lacunas de conhecimento e prioridades para futuros estudos mais detalhados.

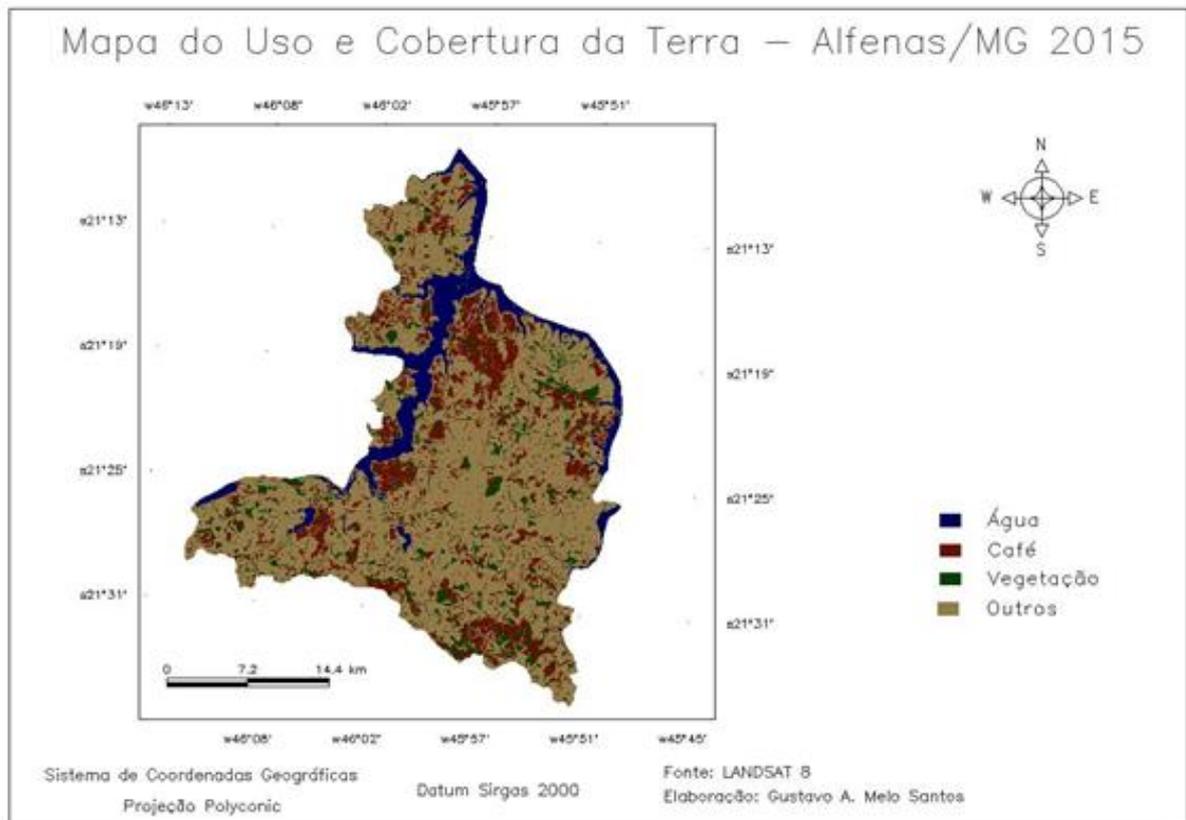
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Classificação do uso e cobertura da terra e identificação da cultura cafeeira

Realizou-se o mapeamento do uso e cobertura da terra do Município de Alfenas, visando a identificação e avaliação temporal das lavouras cafeeiras dos anos de 2015, 2017 e 2018 utilizando as imagens orbitais Landsat 8 sensor OLI. Após a classificação das imagens obteve-se os mapas finais da classificação do uso e cobertura da terra.

O processo de classificação das imagens Landsat 8 do ano de 2015 gerou o mapa temático com quatro classes de uso e cobertura da terra (Figura 3), sendo que a acurácia da imagem classificada, dada pela matriz de confusão em 2015 foi de 97,07%, resultado considerado excelente segundo o Índice Kappa.

FIGURA 3: Mapa de uso e cobertura da terra do município de Alfenas/MG para o ano de 2015.



Fonte: o autor, 2018.

Observa-se que a área de cultura cafeeira em 2015 corresponde a aproximadamente 17,80% da área do município; a vegetação (áreas de mata nativa e floresta plantada) corresponde 8,20%, água (rios e lagos) de 10,20% e outros usos (perímetro urbano, solo exposto, outras culturas agrícolas) corresponde de 63,80% como mostra a tabela 5. Os plantios de café se concentram em maior parte, próximos ao longo do curso do rio no município, pois possui declividades até 8 %, o que torna as áreas acessíveis e facilita o uso de máquinas nos tratamentos culturais e na colheita do café (SILVA, 2013).

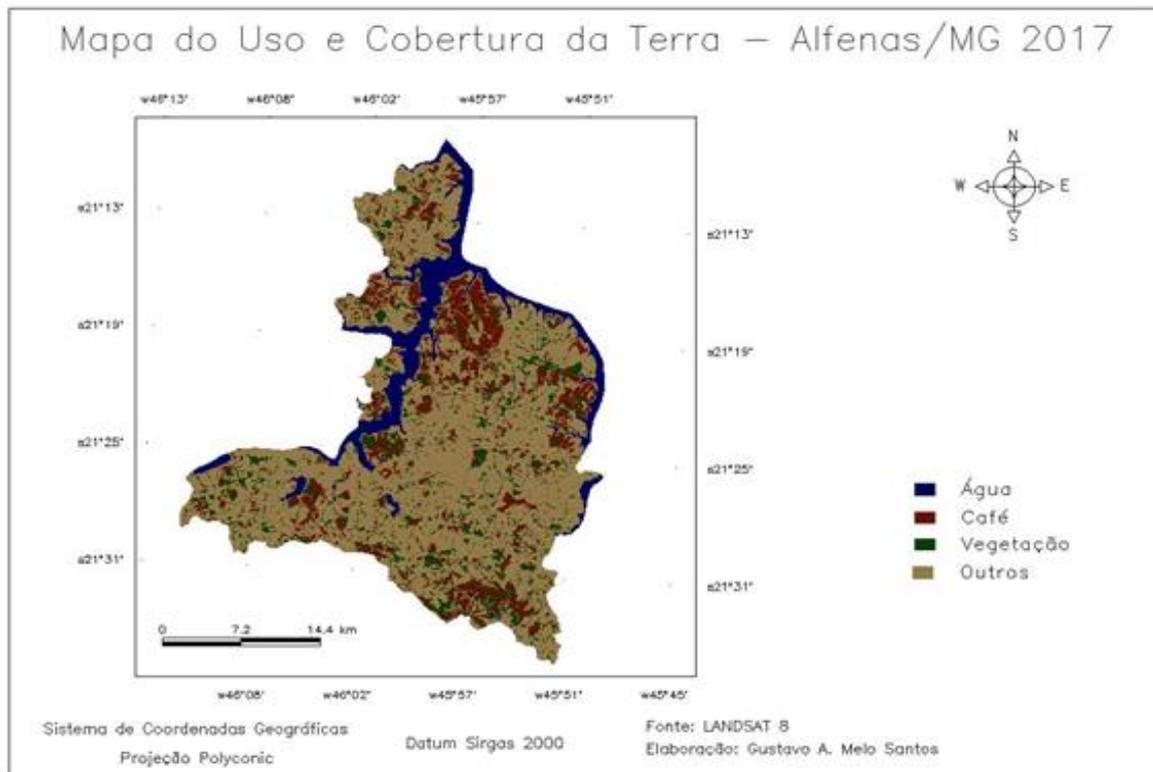
TABELA 5: Área das diferentes classes temáticas do uso e cobertura da terra do Município de Alfenas/MG no ano de 2015.

Classe Temática	Área (ha) 2015	% da Área 2015
Água	8.744,31	10,20
Café	15.267,42	17,80
Vegetação	7.035,30	8,20
Outros Usos	54.728,37	63,80
Total	85.775,40	100,00

Fonte: O Autor, 2018

No mapeamento temático (Figura 4) do ano de 2017, a distribuição espacial dos usos e cobertura da terra mostrou semelhança com o mapeamento do ano de 2015. A exatidão da classificação medida com o índice Kappa mostrou um valor de 94,40%, considerado excelente.

FIGURA 4: Mapa de uso e cobertura da terra do município de Alfenas/MG para o ano de 2017



Fonte: o autor, 2018.

A determinação da área das classes mostrou que a classe denominada Café, apresentou um decréscimo de 3% e totaliza 14,71% da área total do município, representada por 12.614,67 hectares. Esse decréscimo foi relatado pela ABIC (2018) mostrando as consequências da seca ocorrida no ano de 2017. A classe Vegetação demonstrou um aumento de aproximadamente 2%, totalizando 10,12% (Tabela 6).

TABELA 6: Área das diferentes classes temáticas do uso e cobertura da terra do Município de Alfenas/MG no ano de 2017.

Classe Temática	Área (ha) 2017	% da Área 2017
Água	9.205,74	10,73
Café	12.614,67	14,71
Vegetação	8.682,93	10,12
Outros Usos	55.270,35	64,44
Total	85.773,69	100,00

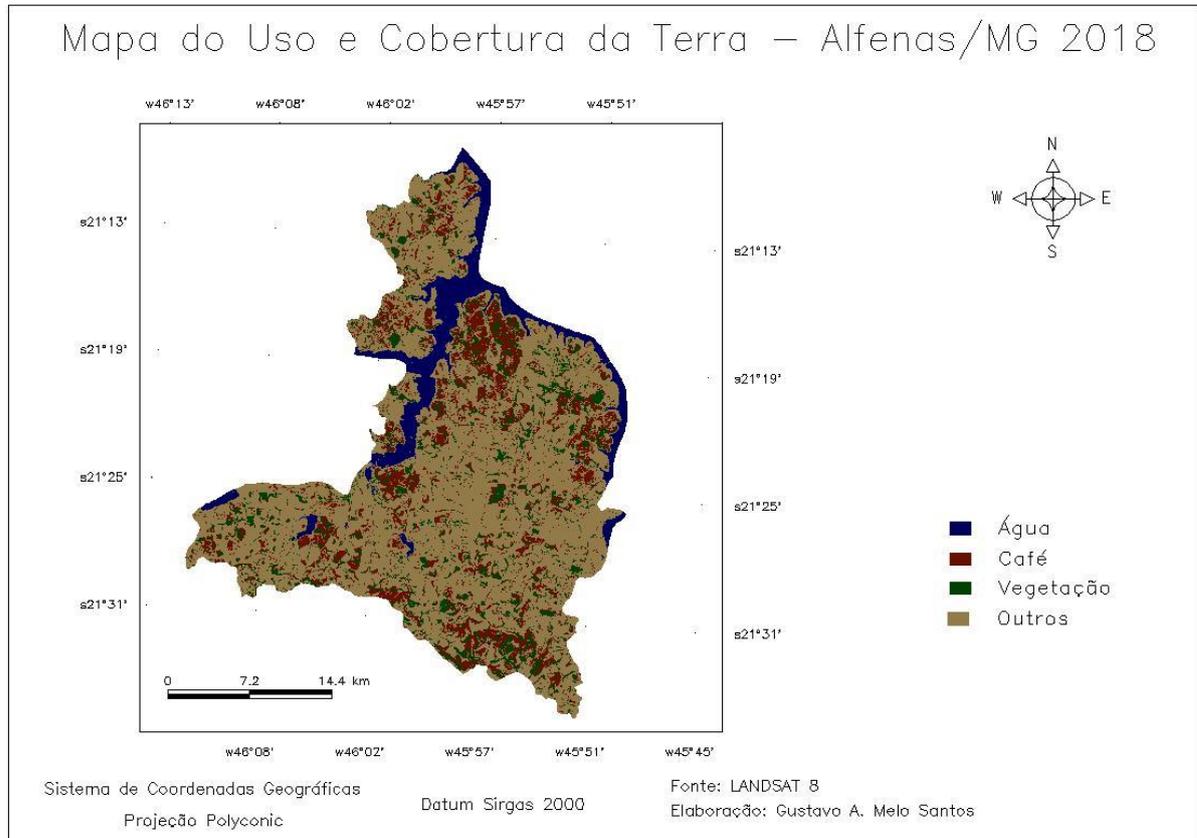
Fonte: O Autor, 2018

A produtividade da cultura do café sofreu oscilações entre as datas de 2015 e 2017 devido, principalmente, aos fatores climáticos e pelo efeito da bienalidade de produção. É uma característica natural da cultura cafeeira, que é à alternância anual de frutificação alta e baixa. Ou seja, sempre há um ano em que a quantidade de frutos aumenta para depois, no ano seguinte, diminuir (CARVALHO et al., 2004).

O fenômeno chamado ciclo bienal é o fato de ocorrer ao mesmo tempo em um mesmo ramo da planta as funções reprodutivas e vegetativas. Devido a insuficiência causada pela falta de reservas para frutificação e crescimento no mesmo tempo, em um período de um ano as reservas são utilizadas na produção dos frutos, o que aumenta a produtividade. Entretanto, nesse ano, não haverá reservas suficientes para o crescimento e desenvolvimento dos ramos, ocasionando assim uma produção baixa de frutos no próximo ano (SILVA; REIS, 2013).

No mapeamento temático do ano de 2018 (Figura 5) a cultura cafeeira mostrou medida de classe com valores aproximados do ano de 2017, e o índice Kappa para a classificação foi de 95,52% considerado excelente.

FIGURA 5: Mapa de uso e cobertura da terra do município de Alfenas/MG para o ano de 2018.



Fonte: o autor, 2018.

Houve pouco aumento significativo área de produção da cultura cafeeira (menos de 1%) mostrada com 13.318,74 hectares, correspondente a 15,53% da área total do município (Tabela 6). A classe temática Água representou um pequeno decréscimo de área com 8,98% do total da extensão do município. Vegetação e outros usos se mantiveram com 10 e 65% da área do município.

TABELA 7: Área das diferentes classes temáticas do uso e cobertura da terra do Município de Alfenas/MG no ano de 2018.

Classe Temática	Área (ha) 2018	% da Área 2018
Água	7.706,70	8,98
Café	13.318,74	15,53
Vegetação	8.720,19	10,17
Outros Usos	56.027,79	65,32
Total	85.773,42	100,00

Fonte: O Autor, 2018.

Devido a semelhança espectral do café com outras culturas, pode ter ocorrido uma confusão na identificação das áreas cafeeiras considerando as amostras selecionadas no momento do treinamento, o que pode dificultar a análise da classificação. Moreira et al. (2004) realizaram um trabalho sobre a análise espectral e temporal da cultura cafeeira utilizando imagens Landsat com o objetivo de melhorar a identificação diminuindo a confusão dos alvos de estudo. Os autores realizaram o pré-processamento com nas imagens de diferentes datas e concluíram que as imagens de épocas com menor quantidade de chuva, como julho e setembro, apresentaram maior eficiência na qualidade do mapeamento do café. E a banda 4 foi a que apresentou melhor diferenciação espectral entre café e outras culturas de conflito nesse período do ano.

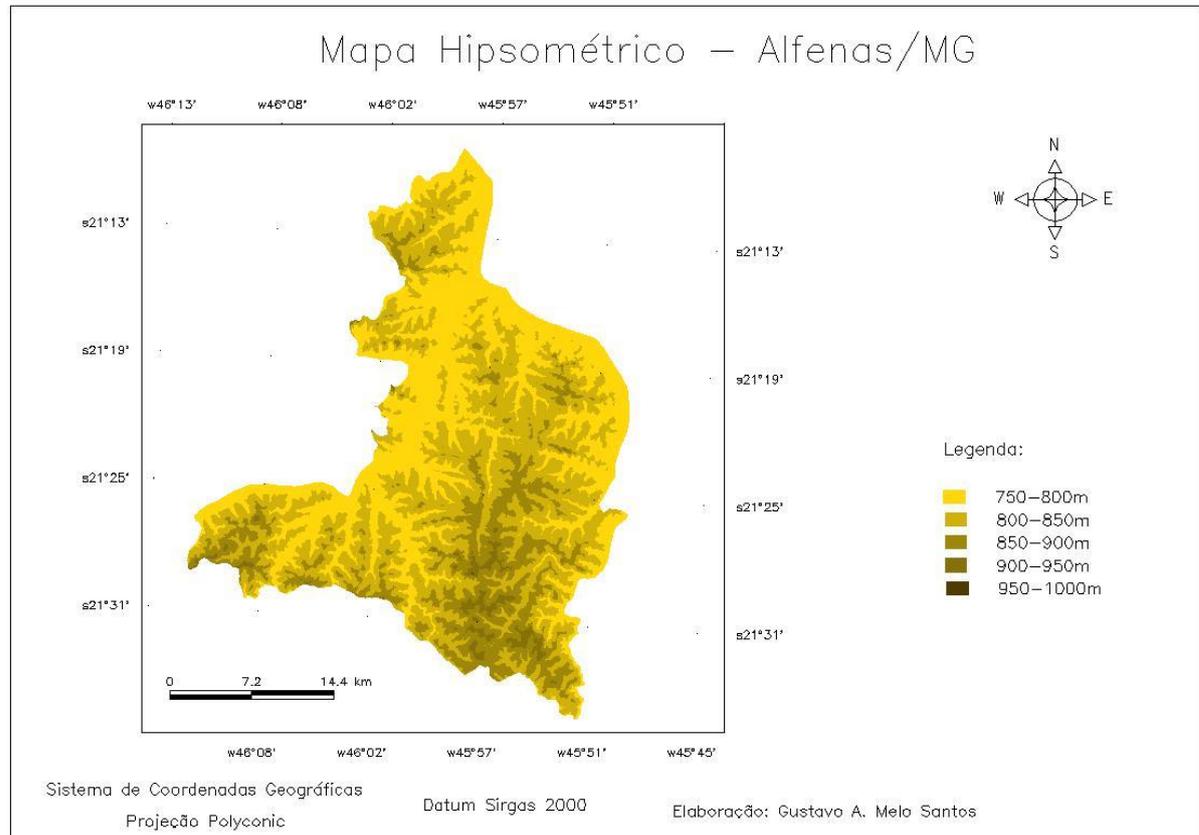
Comparando as áreas das classes de uso da terra e sua distribuição espacial entre as imagens obtidas em períodos diferentes (2015, 2017 e 2018), constata-se que as principais modificações na área cafeeira ocorreram em 2017 devido à seca enfrentada na região nesse período e ao efeito bienalidade.

4.2 Declividade e Hipsometria

A partir do mosaico das imagens SRTM foi gerado o mapa hipsométrico do município de Alfenas-MG, onde o ponto de menor altitude foi de 751 metros e o de maior altitude de 960 metros. Pode-se notar que as áreas de maior altitude com mais de 850 metros se encontram no setor sul do município, podendo encontrar topos com 960m (Figura

6) onde corresponde ao domínio dos relevos de colinas com vales encaixados pelos principais rios da área (OLIVEIRA, 2014).

FIGURA 6: Mapa Hipsométrico do município de Alfenas/MG



Fonte: o autor, 2018.

Os resultados representados na tabela 4 mostram que as classes de 750 a 800m e 800 a 850m, predominaram na área total do município, somando 70.367,99 hectares (82,04%).

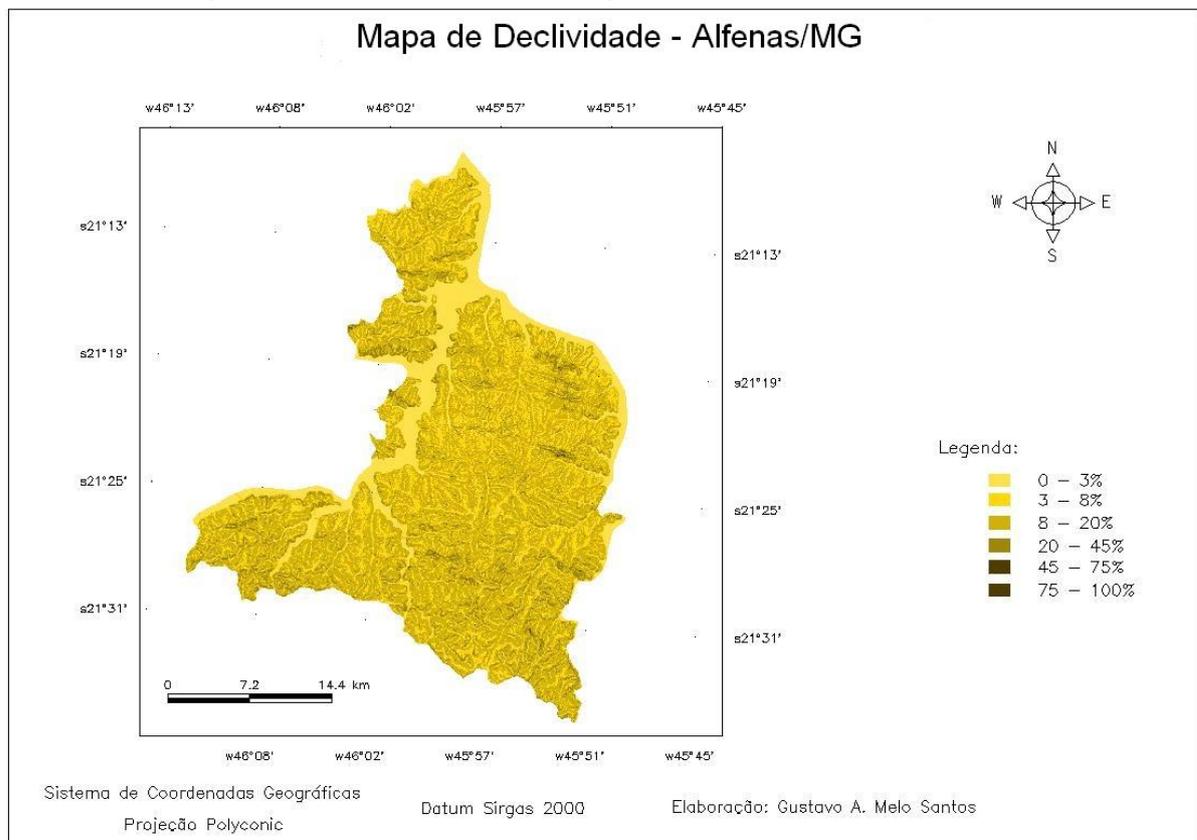
TABELA 8: Quantificação das classes de altitude no município de Alfenas/MG

Classe de Altitude (m)	Hectares	%
750-800	33.719,04	39,312
800-850	36.648,95	42,727
850-900	13.755,44	16,037
900-950	1.647,20	1,920
950-1000	3,15	0,004
Total	85.773,78	100

Fonte: O Autor, 2018.

Em relação à declividade (Figura 7), podemos observar que em Alfenas, o relevo ondulado, referente à classe de 8 a 20% de declividade é predominante, representando 54,18% do território, seguido do relevo suave ondulado que equivale à classe de 3 a 8%, com 22,91%. O relevo plano, representa 15,41% do território e, por fim, os relevos de menor expressão foram os relevos forte ondulado e montanhoso, com 7,45% e 0,05%, respectivamente (Tabela 9).

FIGURA 7: Mapa de declividade do município de Alfenas/MG



Fonte: o autor, 2018.

Oliveira (2014,) esclarece que as altas declividades no sul do município são explicadas por ser uma área mais elevada onde se localizam as nascentes, a partir das quais pequenos afluentes da cidade escoam, o que provoca erosão sobre o afloramento solo.

Já as áreas de menor declive se encontram em áreas próximas às margens do Reservatório da UHE de Furnas, onde também está localizada as regiões de planícies. Além das margens, as planícies das principais redes de drenagem possuem uma declividade relativamente baixa, com menos de 6% (OLIVEIRA, 2014).

TABELA 9: Quantificação das classes de declividade no município de Alfenas-MG

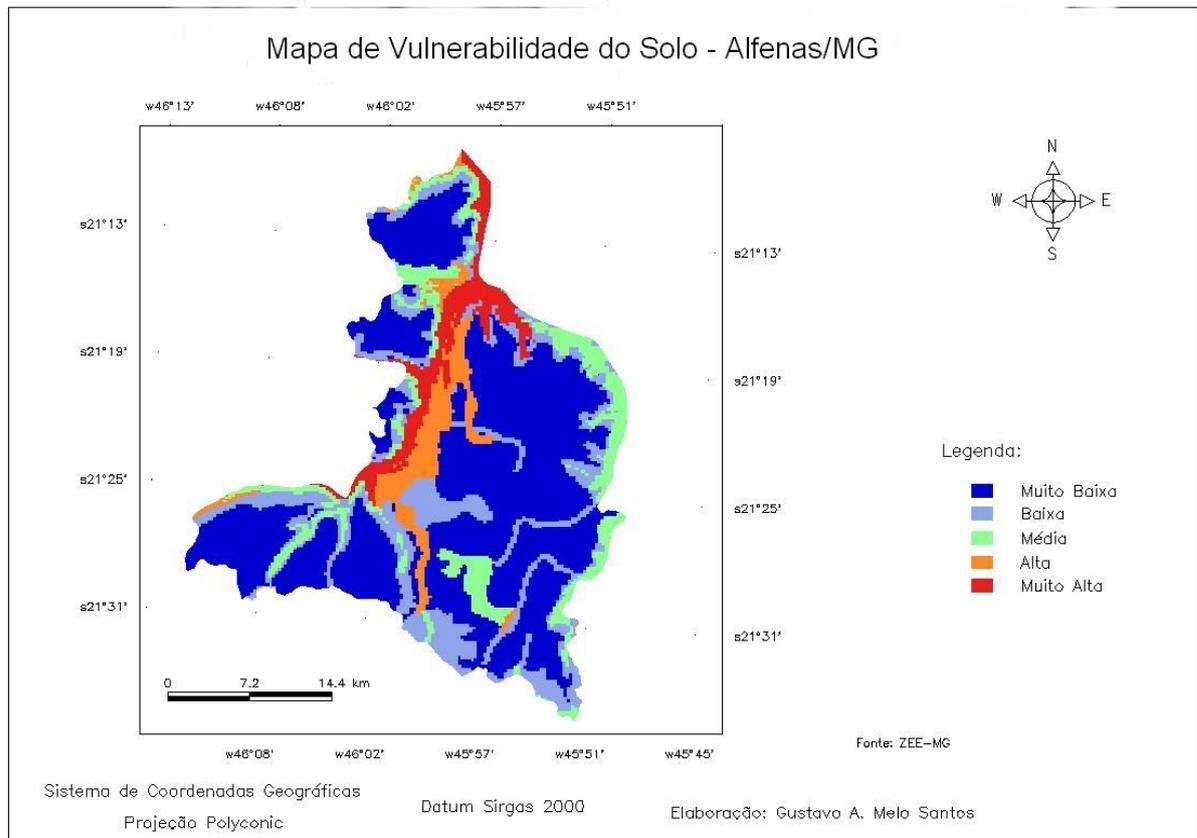
Classes de Declividade	Declive	Hectares (ha)	%
Plano	0 a 3%	13.135,26	15,41
Suave ondulado	3 a 8%	19.531,21	22,91
Ondulado	8 a 20%	46.191,19	54,18
Forte ondulado	20 a 45%	6.348,04	7,45
Montanhoso	> 45%	46,47	0,05
		85.252,17	100

Fonte: O Autor, 2018.

4.3 Vulnerabilidade do solo

O mapa de vulnerabilidade do solo (Figura 8) representa as áreas vulneráveis do solo, no qual pode-se observar que as áreas de risco denominada “Alta” e “Muito Alta” encontram-se ao longo dos recursos hídricos. Estas áreas são mais suscetíveis à erosão, visto que a água é o mais importante agente erosivo, uma vez que o escoamento concentrado ocasiona entalhes profundos, podendo gerar o movimento de grandes massas de solo (DOMINGUES et al., 1998).

FIGURA 8: Mapa de vulnerabilidade do solo do município de Alfenas/MG.

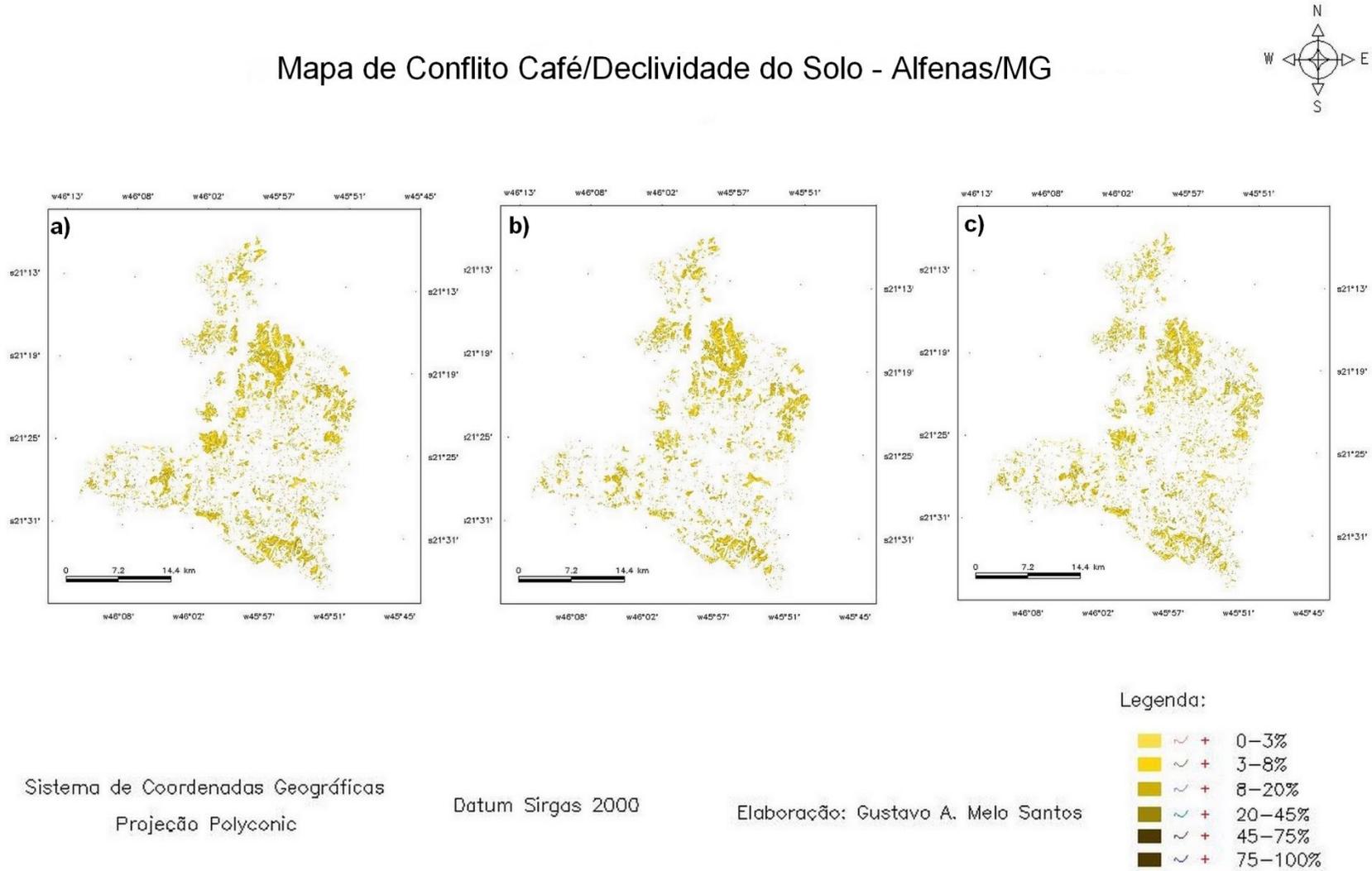


Fonte: ZEE, Scolforo 2007.

4.4 Conflitos de áreas cafeeiras e declividade.

O cruzamento dos dados referentes ao uso e cobertura da terra e a declividade, utilizando a ferramenta de linguagem de programação LEGAL, gerou um mapa de integração (Figura 9, A 2015, B 2017 e C 2018) que destaca as áreas cafeeiras em relação a declividade do terreno.

FIGURA 9: Mapa de conflito de Café/Declividade para os anos de 2015 (a), 2017 (b) e 2018 (c), no município de Alfenas/MG



Fonte: O Autor , 2018.

Podemos observar (Tabela 10) que em Alfenas, o conflito de declividade com áreas cafeeiras é predominante no relevo ondulado, referente à classe de 8 a 20%, representando uma média de 59,93%, seguido do relevo suave ondulado que equivale à classe de 3 a 8%, que varia em torno de 29,58% da área total de cultivo da cultura. Nessas classes de relevo segundo Silva (2013) é possível mecanizar tantos os tratos da cultura, quanto a colheita. Já Silva et al. (2013) relata que os custos da colheita durante a safra representam entre 30% e 40% dos custos totais de produção. Entre os benefícios da colheita mecanizada, se destacam a rapidez e, sobretudo, a redução de custo da saca de café.

O relevo plano e o relevo forte ondulado representam pouco mais de 10% do total de área plantada com café e, por fim, de menor expressão foi o relevo montanhoso, com menos de 1% de cultivo nos anos de 2015, 2017 e 2018. Segundo Bernardes et al. (2012), a pequena quantidade encontrada em áreas de alto declive se deve a maiores chances de processos erosivos causados pela chuva e a dificuldade encontrada no manejo da cultura.

TABELA 10: Classes de declividade do município de Alfenas-MG

Classes de declividade	2015		2017		2018	
	ha	%	ha	%	ha	%
Plano (0-3%)	857,97	5,64	544,68	4,33	838,53	6,32
Suave ondulado (3 a 8%)	4.411,35	28,99	3.816,27	30,33	3.902,58	29,40
Ondulado (8 a 20%)	9.099,18	59,80	7.660,71	60,89	7.842,42	59,08
Forte ondulado (20 a 45%)	844,02	5,55	557,01	4,43	687,51	5,18
Montanhoso (> 45%)	2,34	0,02	1,71	0,02	2,97	0,02
Total	15.214,86	100	12.580,38	100	13.274,01	100

Fonte: O Autor, 2018.

4.5 Conflitos de áreas cafeeiras e vulnerabilidade do solo

A partir do mapa de conflito vulnerabilidade do solo e cultura cafeeira representados na Figura 10 (a 2015, b 2017 e c 2018) foi possível identificar e analisar estabilidade e a vulnerabilidade das lavouras em áreas de risco. As classes de vulnerabilidade apresentadas permitem orientação mais adequada para o gerenciamento ambiental de áreas.

Podemos observar na tabela 11 que a cafeicultura ocupou cerca de 9,10% das áreas de maior risco (vulnerabilidade muito alta), as áreas de vulnerabilidade alta atingiram o percentual de 2,75%, ou seja, aproximadamente 12% de área de risco, que são consideradas prioritárias para conservação, sendo assim, apresentam vulnerabilidade mais alta.

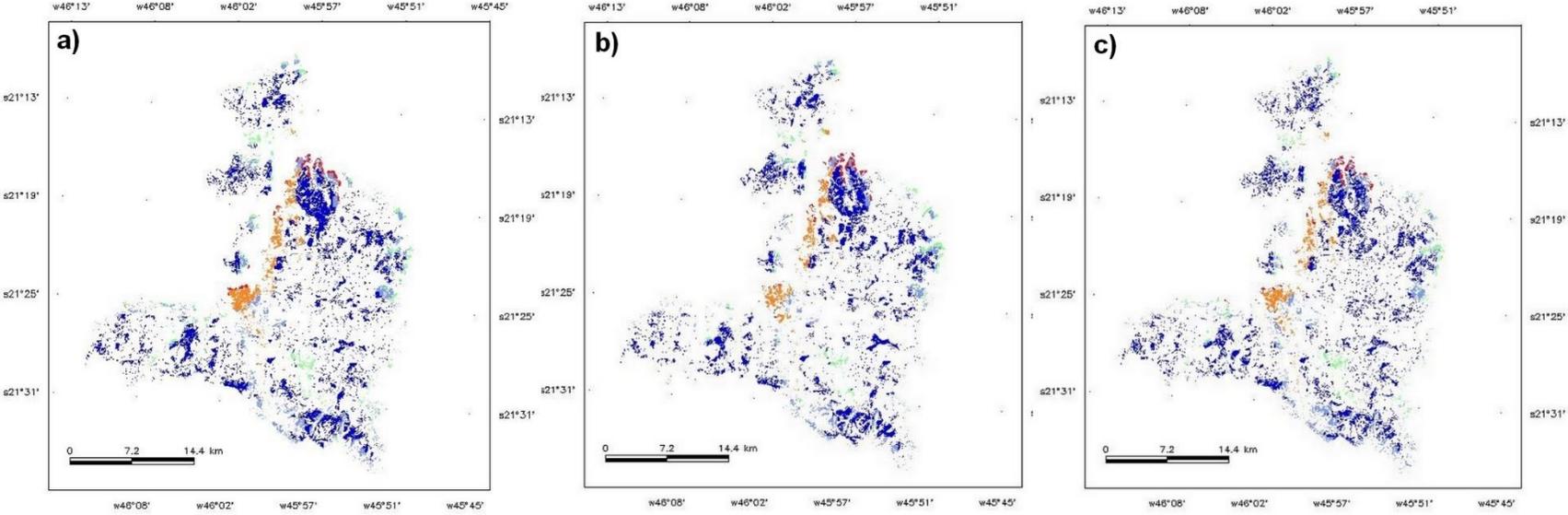
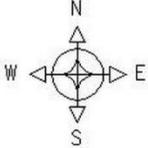
TABELA 11: Conflito das Classes temáticas de cafeicultura e vulnerabilidade do solo

Classes Temáticas	2015		2017		2018	
	ha	%	ha	%	Há	%
Muito Baixa	9.445,05	61,89	8.106,93	64,35	8.357,76	62,81
Baixa	2.900,43	19,01	2.165,94	17,19	2.483,01	18,66
Média	1.082,16	7,09	814,59	6,47	931,41	7,00
Alta	1.431,27	9,38	1.147,05	9,10	1.172,07	8,81
Muito Alta	402,30	2,64	364,59	2,89	362,88	2,73
Total	15.261,21	100	12.599,10	100	13.307,13	100

Fonte: O Autor, 2018.

FIGURA 10: Mapas de integração entre café/vulnerabilidade do solo para os anos de 2015 (a), 2017 (b) e 2018 (c), de Alfenas/MG.

Mapa de Conflito Café/Vulnerabilidade do Solo - Alfenas/MG



Sistema de Coordenadas Geográficas
Projeção Polyconic

Datum Sirgas 2000

Elaboração: Gustavo A. Melo Santos

- Legenda:
- Muito Baixa
 - Baixa
 - Média
 - Alta
 - Muito Alta

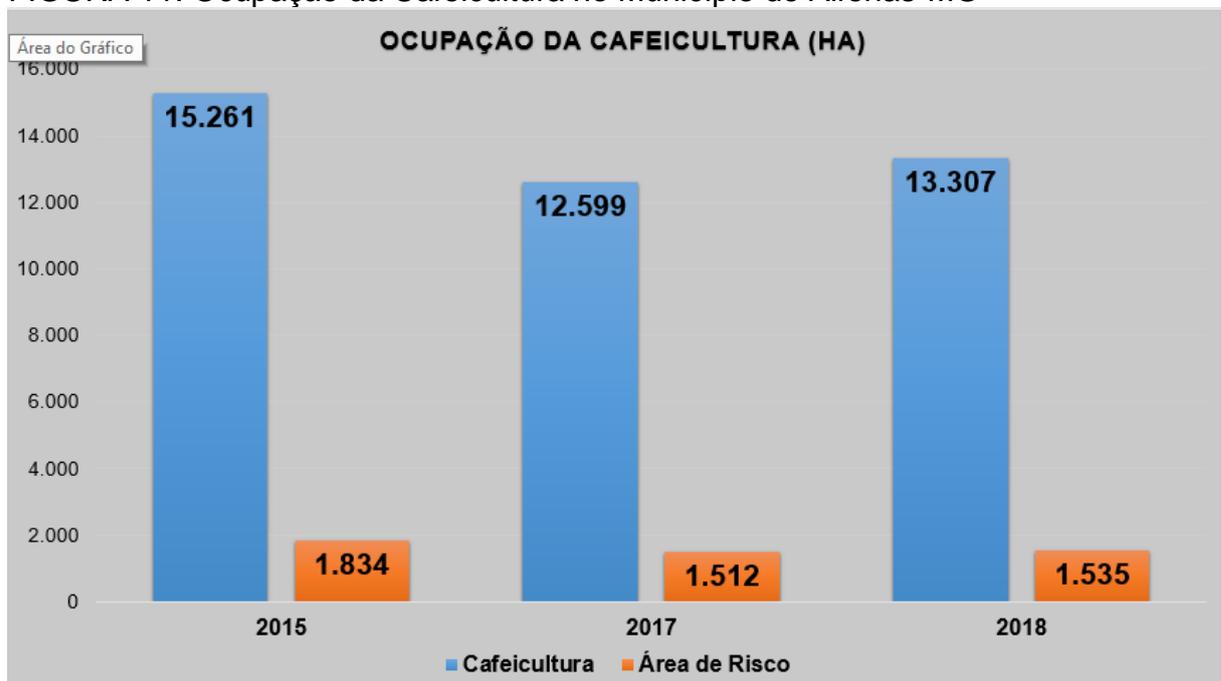
Fonte: O Autor, 2018.

Barros et al. (2007) menciona que os processos de erosão intensos e os assoreamentos excessivos dos reservatórios e lagos são consequências da má utilização do uso da terra e afirma que às áreas de drenagem são desfavoráveis para a cafeicultura.

As mudanças do uso da terra resultantes da ação antrópica provocam impactos negativos sobre o meio. Entre essas mudanças estão os processos de erosão acelerada dos solos, a contaminação físico-química dos recursos hídricos e possíveis modificações estruturais dos sistemas hidrográficos como, por exemplo, o assoreamento de várzeas, de reservatórios e canais fluviais (SOUZA et al., 2011).

No gráfico a seguir observa-se a ocupação temporal da cultura cafeeira em relação às áreas de risco segundo o ZEE. Sendo assim, através dos resultados obtidos é possível afirmar que em média menos de 12% cafeicultura, ou seja pouco mais de 1.500 ha da área total de plantio está localizada em área de ocupação inadequada segundo o ZEE.

FIGURA 11: Ocupação da Cafeicultura no Município de Alfenas-MG



Fonte: O Autor, 2018.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

As metodologias aplicadas nesse trabalho, e o emprego de geotecnologias através do uso de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto se expressaram bem efetivas para mapeamento do uso e cobertura da terra no município de Alfenas-MG, possibilitando fazer uma análise de classificação satisfatória considerada excelente segundo o índice Kappa. Avaliando os resultados dos mapeamentos nos períodos de 2015, 2017 e 2018, com a aplicação do classificador pixel-a-pixel MaxVer, realizada através do software Spring, possibilitou uma análise prática nos dados e anos estudados. Pode-se concluir que não houve alterações significativas no uso e cobertura da terra destacando a identificação de lavouras cafeeiras no município, objetivo principal deste trabalho.

Através dos dados obtidos no mapa de conflito da cafeicultura e da declividade pode-se notar que grande parte das lavouras se encontram em declividade de até 20%, o que torna a cultura favorável à prática agrícola mecanizada, facilitando assim o manejo e auxiliando nas práticas de conservação.

O mapa de conflito de vulnerabilidade e plantio de cafezais gerado, permitiram uma hierarquização das prioridades que se constituiu pelo grau de vulnerabilidade, encontrado nas diferentes categorias prioritárias para preservação ou uso consciente em áreas menos propícias para o cultivo da cultura.

É necessário que o município desenvolva um planejamento que utilize um modelo de desenvolvimento empregando o uso de ferramentas como o sensoriamento remoto, reforçando a ideia de necessidade do crescimento econômico considerando também a conservação do meio ambiente.

Considera-se ainda que emprego dos métodos e técnicas utilizadas no trabalho, podem servir de base para outros estudos, por ser de baixo custo e ser eficiente na avaliação de riscos ambientais.

6 - REFERÊNCIAS

ABIC. Associação Brasileira da Indústria de Café. **A história do café: Origem e trajetória**. Disponível em <<http://www.abic.com.br/cafe-com/historia/>>. Acesso em: 15 setembro 2018.

ABIC. **Seca reduz colheita de café em 2017 e melhora preços: Folha de S. Paulo Online**. [Março, 2018]. Disponível em: <<http://abic.com.br/seca-reduz-colheita-de-cafe-em-2017-e-melhora-precos/>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

ALCÂNTARA, E. **Comportamento Espectral de Alvos**. Presidente Prudente -SP, 2016. 45 p. Disponível em: <http://www2.fct.unesp.br/docentes/cartoenner/PPGCC/Comportamento%20Espectral%20de%20Alvos/Aulas/CEA_Aula_3-Quantidade_reflectancia.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2018.

ANDRADE, D. C.; REIS, T. E. S. REIS, L. C. **Análise temporal da cobertura florestal do município de Cândido Mota - SP, utilizando fotografias aéreas e imagens de satélite por meio de SIG**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.

BARROS, M. A. et al. **Processo Analítico Hierárquico na Identificação de Áreas Favoráveis ao Agroecossistema Cafeeiro em Escala Municipal**. 12. ed. São José dos Campos/SP: Pesq. Agropec. Bras., 2007. 1769-1777 p. v. 42. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n12/a15v4212.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2018.

BERNARDES, T. et al. **Diagnóstico Físico-Ambiental da Cafeicultura no Estado de Minas Gerais – Brasil**. 2. ed. Lavra-MG: Coffee Science, 2012. 139-151 p. v. 7.

BRASIL. (2002) **Decreto nº4.297, de 10 de julho de 2002. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o zoneamento ecológico-econômico do Brasil – ZEE, e dá outras providências**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 jul. 2002, v.132, seção I, p. 6 a 7.

BRUGOS, A. F.; STREIT, F.. **A PLANTA DE CAFÉ**. 2000. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/alimentus1/feira/mpoutro/cafe/matpbase.htm>>. Acesso em: 15 out. 2018.

CÂMARA, G.; et al **Modelos, linguagens e arquiteturas para banco de dados geográficos**. São José dos Campos. 265p. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1995.

CÂMARA, G.; FELGUEIRAS, C. A. **Modelagem Numérica De Terreno (MNT)**. INPE, 2001. 36 p. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap7-mnt.pdf>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

CAMARA, G. et al. **Introdução À Ciência Da Geoinformação**. São José dos Campos/SP: INPE, 2001. 345 p. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2018

CÂMARA, G.; ORTIZ, M. J. **Sistemas de Informação Geográfica Para Aplicações Ambientais e Cadastrais: Uma Visão Geral.** 1993. 18 p. (Divisão de Processamento de Imagens - DPI) - INPE, São José dos Campos/SP, 1999. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/geopro/trabalhos/analise.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. **Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro arábica nas condições tropicais do Brasil.** *Bragantia*, Campinas, v.60, n.1, p.65-68, 2001.

CARVALHO, L. G. D. et al. **Modelo de regressão para a previsão de produtividade de cafeeiros no Estado de Minas Gerais.** *Campina Grande – PB. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2004. 204-2011 p. v. 8. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v8n2-3/v8n2a07.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

CONGALTON, R. G. **Revisão Da Avaliação Da Precisão Das Classificações De Dados De Sensoriamento Remoto.** *Remote Sensing of Environment*, v.49, n.12, 1991.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital, de Imagens de Sensoriamento Remoto.** Campinas. UNICAMP. 1992. 139p.

DOMINGUES, E. N. et al. **Tipologia E Distribuição Dos Processos Erosivos Na Microbacia Do Ribeirão Água Da Cachoeira, Em Paraguaçu Paulista, Sp.** São Paulo-SP: R. Bras. Ci. Solo, 1998. 141-149 p. v. 22. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v22n1/19.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2018.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite:** Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento por Satélite. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html>. Acesso em: 07 out. 2018

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. **Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto.** Florianópolis-SC: INPE, 2007. 8 p. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.13.17.35/doc/5755-5762.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília. Disponível em: <<https://cnae.ibge.gov.br/en/component/content/article/94-7a12/7a12-vamos-conhecer-o-brasil/nosso-territorio/1461-o-brasil-no-mundo.html>>. Acesso em: 14 de setembro de 2018.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.: **Tutorial Geoprocessamento: Sensoriamento Remoto.** 1991-2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_sen.html>. Acesso em: 20 set. 2018.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Manuais - **Tutorial de Geoprocessamento: Classificação de Imagens**. [1991-2006]. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>. Acesso em: 04 nov. 2018.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Manuais - **Tutorial de Geoprocessamento: O que é o LEGAL?**. [1991-2006]. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/legal.html>>. Acesso em: 06 nov. 2018.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Departamento de Processamento de Imagens – DPI. **SPRING: SPRING Básico – Tutorial SPRING**. Material Curso de SPRING Básico. São José dos Campos, 2001.

JUSTINO, R. C. **Estudo dos Fragmentos de Mata Nativa Preservados No Município De Alfenas/Mg**. 44 p. (Geografia) - UNIFAL, Alfenas-MG, 2011. Disponível em: <https://www.unifal-mg.edu.br/geografia/sites/default/files/TCC_Rodrigo_Monografia.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2018.

LOPES, A. C. **O MERCADO CAFEIRO NO BRASIL: Um estudo sobre a influência de políticas governamentais nos produtores e exportadores de café da região da Alta Mogiana**. 2013

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Café no Brasil**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em: 01 out. 2018.

MATIELLO, J.B. **Café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320p.

MATIELLO, J. B.; SANTIAGO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: Novo manual de recomendações**. Varginha, MAPA /PROCAFE, 387p., 2005.

MMA, Ministério do Meio Ambiente (2006). **PROGRAMA ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO SUBPROGRAMA DE POLÍTICAS DE RECURSOS NATURAIS In Caderno de Referência: Subsídios Ao Debate**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/portalezee/2016/12/Caderno-de-Refer%C3%A2ncia-PZEE_MMA.pdf>. Acesso em: 29 set. 2018.

MELO JÚNIOR, C. M.; EVANGELISTA JUNIOR, F.; SILVA, L. S.; NEPOMUCENO, A. A. **Geração de mapas de danos de fachadas de edifícios por processamento digital de imagens capturadas por Vant e uso de fotogrametria digital**. Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 211-226, jul./set. 2018.

MOREIRA, M.A.; Adami, M.; Rudolf, B.F.T. **Análise Espectral e Temporal da Cultura do Café em imagens Landsat**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 39, p. 223-231, 2004

NEVES, B. V.; PAVANELLI, J. A. P. **Processamento Digital de Imagens**. 2014. 16 p. INPE, São José dos Campos/SP, 2014. Disponível em: <http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=bruna_neves:lab_pdi_bruna_joao_vanessa.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2018.

OLIVEIRA, I. P. et al. **Cultura de café: Histórico, classificação botânica e fases de crescimento**., Montes Belos, v. 5, n. 4, p. 262-2236, ago. 2012.

PINO, F. A. **Tendências em informações agropecuárias**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10., 2001, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, Imagem Multimídia, 2001.

QUEIROZ, J. E.; GOMES, H. M. **Introdução ao Processamento Digital de Imagens**. Campina Grande - PB: RITA, 2001. 31 p. v. VIII. Disponível em: <<http://www.dsc.ufcg.edu.br/~hmg/disciplinas/graduacao/vc-2014.1/Rita-Tutorial-PDI.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2018.

MARCONDES, S. **O impacto da cultura do café no meio ambiente do Brasil do século XVIII ao XXI. 2015**. Disponível em: <<https://www.ecodebate.com.br/2015/10/09/o-impacto-da-cultura-do-cafe-no-meio-ambiente-do-brasil-do-seculo-xviii-ao-xxi-artigo-de-sandra-marcondes/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

MESQUITA, B.; MASSON, T. **Brasil É Mais Café. FGV: AgroAnalysis**, 2006. 31 p. v. 26. Disponível em: <http://www.cncafe.com.br/ba/file/2006_11.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2018.

OLIVEIRA, R. L. S. **Análise e Caracterização da Dinâmica Geomórfica Erosiva da Área Urbana de Alfenas, Sul de Minas Gerais**. 2014. 142 p. Dissertação (Geografia Física da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas) - USP, São Paulo-SP, Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/.../2014_RodolfoLopesDeSouzaOliveira_VCorr.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2018.

SAUDE, P. **O formato TIFF**. 2017. Disponível em: <<https://br.ccm.net/contents/725-o-formato-tif-ou-tiff>>. Acesso em: 04 out. 2018.

SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. de.; OLIVEIRA, A. D. de. (Coord.) **ZEE- Zoneamento Ecológico Econômico de Minas Gerais**. Lavras: UFLA, 2007.

SILVA, A. A. **Geoprocessamento Aplicado À Análise E Mapeamento Geomorfológico Da Bacia Hidrográfica Do Ribeirão São João-TO**. 2010. 45 p. (Curso Geografia) - Universidade Federal do Tocantins, PORTO NACIONAL, 2010.

SILVA, A. C. O. **Deteccção de Possíveis Áreas de Mecanização da Colheita do Café em Machado Minas Gerais**. 2013. 20 p. INPE, São José dos Campos/SP, 2013.

Disponível em: <http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser300:trabalho_final_alexandro_candido.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2018.

SILVA, F. M. et al. **Viabilidade Técnica e Econômica da Colheita Mecanizada do Café. Visão Agrícola**, 25 jan. 2013. 12, p. 98-101. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va12-colheita-e-preparo01.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

SOUSA, D. G. **Mapeamento do Uso da Terra e Cobertura Vegetal na Região de Gaspar Lopes e Barranco Alto (Alfenas-Mg) Utilizando Mosaico De Fotografias Aéreas**. 28 p. (Geografia) - UNIFAL, Alfenas-MG, 2011. Disponível em: <https://www.unifal-mg.edu.br/geografia/sites/default/files/TCC_Diego_Gomes.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2018

SOUZA, C. G. et al. **Relação Espaço Temporal da Cafeicultura com as Áreas de Preservação Permanente na Região de Três Pontas, Minas Gerais**. Araxá - MG: VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2011. 7 p. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio7/77.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2018.

TRABAQUINI, K. **O Uso do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Para Identificação e Caracterização de Lavouras Cafeeiras**. 2009. 77 p. (Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

USGS, **Science For a Changing World: EarthExplorer**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 28 out. 2018.

VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; VOLPATO, M. M. L.; SOUZA, V. C. O de.; BERNARDES, T. **Sistema de Geoinformação Para a Cafeicultura do Sul de Minas**. Informe Agropecuário, v.28, p. 16, dez. 2007.

VIEIRA, T. G. C.; LACERDA, M. P. C.; ALVES, H. M. R. **Imagens orbitais aplicadas ao levantamento da cultura do café em Minas Gerais**. In: SIMPÓSIO DE PESQUISADOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas. Anais... Brasília: Embrapa Café, 2000.

VIEIRA, T. G. C.; ALVES, H. M. R.; LACERDA, M. P. C.; VEIGA, R. D.; EPIPHANIO, J. C. N. **Crop parameters and spectral response of coffee (Coffea arabica L.) areas within the state of Minas Gerais, Brazil**. Coffee Science, v.1, n.2, 2006.

VIEIRA, T. G. C. et al. **Parâmetros Culturais para Avaliação do Comportamento Espectral da Cultura do Café (Coffea Arábica) em Minas Gerais**. Lavra-MG, p. 247-254, abr. 2003. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.14.17.41/doc/01_216.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2018.

XAVIER, S. J. **O que é Geoprocessamento?**. Rio de Janeiro, p. 12-13, jan. 2001. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/lga/tiagomarino/artigos/oqueegeoprocessamento.pdf>>. Acesso em: 13 out. 2018.