

ESCOLA DE ENGENHARIA
ENGENHARIA CIVIL

BRUNO KALILI DAL MASO
EDUARDA VARGAS DE CASTILHO
MAX MARCO HAMMER
RAFAEL AUGUSTO HIRAOKA

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À AGRICULTURA

São Paulo

2018

BRUNO KALILI DAL MASO
EDUARDA VARGAS DE CASTILHO
MAX MARCO HAMMER
RAFAEL AUGUSTO HIRAOKA

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO À AGRICULTURA

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro.

ORIENTADOR: PROF. DR. SERGIO VICENTE DENSER PAMBOUKIAN

São Paulo
2018

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP – Agricultura de Precisão

CNA – Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil

GNSS - *Global Navigation Satellite System*

GPS – *Global Positioning System*

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EMPLASA - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

IR – Infravermelho

IVP – Infravermelho Próximo

NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*

PIB – Produto Interno Bruto

REM – Radiação Eletromagnética

RGB – *Red, Green, Blue*

SCP - *Semi-automatic Classification Plugin*

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SISDAGRO – Sistema de Suporte à Decisão na Agropecuária

SR – Sensoriamento Remoto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
1.1 OBJETIVOS.....	7
1.1.1 Objetivo geral.....	7
1.1.2 Objetivos específicos.....	8
1.2 JUSTIFICATIVA.....	8
1.3 METODOLOGIA.....	9
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	9
1.5 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
2.1 AGRICULTURA NO BRASIL.....	12
2.2 IMPORTÂNCIA DAS PLANTAÇÕES ESTUDADAS.....	13
2.2.1 Cultivo de arroz.....	13
2.2.2 Cultivo de soja.....	13
2.2.2 Cultivo de milho.....	14
2.3 AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	14
2.3.1 Sensoriamento remoto na agricultura de precisão.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 SENSORIAMENTO REMOTO.....	16
3.2 ASSINATURAS ESPECTRAIS.....	17
3.3 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	18
3.4 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA.....	19
3.5 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO.....	20
4 SENSORIAMENTO REMOTO EM ÁREA NA CIDADE DE TREMEMBÉ.....	21
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	24

6 CONCLUSÃO.....	24
REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO

A tecnologia tem sido desenvolvida em diversas áreas, principalmente na da engenharia, que vem demonstrando um grande crescimento, ocasionando mais estudos cada vez mais aprimorados.

Este trabalho terá a aplicação de geoprocessamento, que se desenvolveu muito nos últimos anos para ser empregado no nosso cotidiano. Serão utilizados para desenvolvimento deste trabalho o Sistema de Informações Geográficas (SIG), o Sensoriamento Remoto (SR) e o Sistema de Navegação Global por Satélite (GNSS).

Geoprocessamento consiste na utilização de técnicas computacionais e matemáticas para obter e analisar informações espaciais. Muitas vezes um conjunto de informações não consegue ser analisado se não estiver diretamente relacionado à posição dos acontecimentos, pois existe uma relação espacial entre os dados, sendo assim todos os dados envolvidos devem ser georreferenciados, ou seja, devem possuir uma localização geográfica precisa como, por exemplo, endereço, coordenadas (latitude, longitude e altitude), etc. (PAMBOUKIAN, 2015).

Um exemplo clássico na utilização do geoprocessamento ocorreu em 1854 na cidade de Londres. Havia uma epidemia de cólera na cidade, e John Snow, um médico inglês, mapeou os pontos de infecção na cidade, e observando pelo mapa, identificou perto de cada local afetado pela epidemia, um ponto de coleta de água. Através da análise por geoprocessamento, descobriu-se que o epicentro da doença vinha de águas contaminadas coletadas através de um dos poços (CÂMARA *et al.*, 2002). Desde essa época o geoprocessamento vem se desenvolvendo, entretanto, não existia o conjunto de ferramentas SIG, como hoje, que auxilia em diversos estudos.

SIG é uma ferramenta, composta por *hardware*, *software* e dados geográficos, que realiza o tratamento computacional de informações geográficas e recupera informações fundamentadas em suas características alfanuméricas e em sua localização espacial. Portanto há a necessidade de se trabalhar com dados georreferenciados, ou seja, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica (CÂMARA *et al.*, 2004).

A tecnologia SIG está sendo muito utilizada em diversos estudos ambientais, por meio de análise de imagens obtidas por SR, podendo identificar o tipo e as características da vegetação e solos numa determinada área ou região.

O SR é uma tecnologia capaz de capturar imagens através de sensores para obter informações sobre a superfície terrestre, por meio de radiação eletromagnética (REM). Os sensores remotos são conectados em satélites ou aeronaves que emitem ondas para a superfície

capazes de captarem imagens refletidas de maneiras espectrais distintas, de acordo com o comprimento das ondas identificadas pelo sensor, podendo ter a análise e a identificação de cada elemento (NOVO *et al.*, 2005). A forma de transmissão dos dados, do objeto para o sensor, é por meio da Radiação Eletromagnética (REM) em diferentes comprimentos de onda, representados no espectro eletromagnético por bandas ou regiões. A região visível do espectro é dividida em faixas representadas pelas cores azul, verde e vermelho. Acima do vermelho está a região do infravermelho, e logo abaixo do azul está o ultravioleta, que são espectros invisíveis (STEFFEN, 2018.).

A própria luz do Sol é uma REM, parte da REM é absorvida pelos elementos em terra e parte é refletida, sendo captada pelos sensores. A partir de REM em diversos comprimentos de onda (espectro) são produzidas imagens de Sensoriamento Remoto em diversas bandas a partir da intensidade de reflectância de cada superfície (BARROS; PAMBOUKIAN, 2017).

O comportamento espectral de um objeto pode ser definido como sendo o conjunto dos valores sucessivos da reflectância do objeto ao longo do espectro eletromagnético, também conhecido como a assinatura espectral do objeto. A assinatura espectral do objeto define as feições deste, sendo que a forma, a intensidade e a localização de cada banda de absorção é que caracteriza o objeto (MORAES, 2002, p. 15).

A imagem coletada através de sensoriamento remoto é a consequência da junção de diversas bandas, sendo que as mais conhecidas são as bandas *Red, Green, Blue* (RGB), que são visíveis a olho nú. Além delas podemos obter informações de diferentes comprimentos de onda menores (Ultravioleta) e maiores (Infravermelho), que não são possíveis identificar por meio de luz visível.

A classificação é um processo de extração de informações de imagens de sensoriamento remoto que faz o reconhecimento da mesma para fazer a categorização de todos os *pixels* da imagem (RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; CAMPOS, S., 2015).

Existem três tipos de classificação, a supervisionada, não supervisionada e semi-supervisionada. A classificação supervisionada é utilizada quando há conhecimento prévio de uma área de estudo, pois todos os *pixels* desconhecidos serão comparados através das assinaturas espectrais mais semelhantes com os *pixels* pré-selecionados já conhecidos nessa área, criando uma classificação de toda a região. A classificação não supervisionada é quando há a utilização de algoritmos para reconhecer as classes presentes na imagem, ou seja, não depende da observação e conhecimento da região. Nela, o usuário não deve se preocupar com a homogeneidade das classes, as áreas devem ser heterogêneas para que todas as possíveis classes e suas variabilidades sejam incluídas como dito por Costa *et al.* (2018).

A classificação é determinada por assinaturas espectrais, que é a intensidade que um alvo reflete a radiação eletromagnética, sendo que em cada banda essa intensidade varia, criando-se assim uma assinatura (ESPECTRO, 2017). Quando analisamos as assinaturas de vegetações, conseguimos determinar Índices de Vegetação (IV) através da realização de cálculos entre diversas bandas do espectro.

Segundo o SISDAGRO (2018) existem hoje mais de cinquenta índices de vegetação, sendo que a maioria é obtida pela reflectância nas faixas espectrais do vermelho e infravermelho. Dentre eles o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), proposto por Rouse *et al.* (1973), é o de maior destaque. Esse índice permite identificar as regiões onde há presença de vegetações verdes, assim como analisar a sua evolução no decorrer do tempo (LOBATO *et al.*, 2010). O NDVI tem sido muito utilizado para o gerenciamento da agricultura, sempre buscando melhorar a produtividade, visto que a agricultura no Brasil tem grande importância para a economia.

O agronegócio é uma importante fonte de geração de riqueza para o Brasil, sendo um dos setores de maior crescimento na economia (GASQUES *et al.*, 2004; IBGE, 2016). Gera empregos para população e teve representatividade de mais de 20% do Produto Interno Bruto (PIB) no ano de 2017 de acordo com Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), também tem grande importância para o abastecimento da população urbana e geração de produtos para exportação. Visto isso, é de extrema importância obter o máximo de dados possíveis de sua plantação. Estimativa de área plantada, levantamento do número de plantas em determinada área, saúde das plantas e culturas, detecção de pragas na plantação e gargalos no processo produtivo são algumas das informações coletadas através de SR.

Neste trabalho, serão coletadas imagens georreferenciadas de SR geradas por Satélites e criados mapas temáticos por um *software* gratuito de Sistema de Informações Geográficas conhecido como QGIS para uma análise futura.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo entender como os Sistemas de Informações Geográficas e o Sensoriamento Remoto podem colaborar para o desenvolvimento da Agricultura de Precisão.

1.1.2 Objetivos específicos

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- avaliar, entre as opções gratuitas disponíveis, quais satélites, sensores e bandas podem ser utilizados neste estudo;
- identificar área de estudo para aplicar técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto na Agricultura de Precisão;
- pesquisar e adquirir conhecimento sobre o software de Sistema de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto que será utilizado no desenvolvimento do trabalho;
- mostrar como são geradas Assinaturas Espectrais de elementos presentes no solo terrestre e como diferenciá-los;
- verificar como são criados os Índices de Vegetação e como eles podem ser aplicados na Agricultura de Precisão.

1.2 JUSTIFICATIVA

O sensoriamento remoto permite a extração de informações da vegetação sem a necessidade de ir a campo, podendo assim identificar, distinguir e quantificar as áreas das plantações.

De acordo com os resultados obtidos e dependendo das alterações nas assinaturas espectrais, é possível também fazer o acompanhamento do ciclo da planta, além do monitoramento de possíveis áreas com pragas e áreas irrigadas.

Fazer um acompanhamento da evolução da safra pode aumentar sua produtividade, já que pode apresentar problemas decorrentes do crescimento da planta, de sua temperatura e de sua umidade, que precisam ser resolvidos a fim de evitar perda no resultado final (SHIRATSUCHI *et al*, 2014).

Podem ser gerados mapas com a distinção e dados das vegetações através de *softwares* para uma melhor análise, para que se consiga um aumento na produtividade e conseqüentemente um aumento de rentabilidade.

1.3 METODOLOGIA

Para a realização do trabalho, será feito um estudo para determinar uma área na cidade de Tremembé onde são cultivadas plantações. Através dos *sites* do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (EMPLASA) e Copernicus, além do *semi-automatic classification plugin* (SCP) do QGIS, pode-se fazer o *download* de imagens de sensoriamento remoto realizadas por satélites. Será feito um estudo para definir a área, e após será escolhido um dos satélites, o que possuir imagens com melhores resoluções e sem muitas interferências de nuvens, para a obtenção das imagens de sensoriamento remoto da área definida.

Serão inseridas as imagens do satélite no *software* QGIS, onde serão localizados o município e a área de estudo. Dentro do QGIS, será criada uma camada *shapefile* poligonal com o perímetro da área de estudo e após será feita uma classificação supervisionada para geração de mapas, com a classificação, serão analisadas as frequências de ondas e bandas da região. Também será feita a distinção das áreas das plantações, e com isso será realizada uma comparação do mapa criado com o mapa da área de plantio. Serão realizados cálculos de índices de vegetação para a obtenção de atributos de cada uma das plantações e verificados a sua influência na agricultura de precisão.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será composto por seis seções.

A seção 1 é representada pela introdução, que apresentará um amplo conteúdo do tema a ser estudado, assim como os objetivos, geral e específicos, a metodologia e a justificativa do problema.

A seção 2 irá detalhar trabalhos feitos em torno dos temas descritos na revisão de literatura, que faz citações a história da agricultura, além de detalhar como são os cultivos das plantações de arroz, soja e milho. Faz citações também sobre o sensoriamento remoto na agricultura de precisão.

A seção 3 mostrará as principais teorias que cercam o tema proposto, que tem como referência o Sensoriamento Remoto, as Assinaturas Espectrais, o Sistema de Informações Geográficas, a Classificação Supervisionada e por fim os Índices de Vegetação.

A seção 4 detalhará a área de estudo escolhida, assim como utilização do SR na agricultura da região para obter as assinaturas espectrais de cada tipo de plantação aplicá-las em um mapa temático.

A seção 5 mostrará as análises e as discussões dos resultados obtidos na seção 4.

A seção 6 apresentará a conclusão do trabalho, que será feita após a realização de um estudo de caso.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura apresentará conceitos históricos da agricultura no Brasil e dos cultivos das plantações presentes na área de estudo, sendo eles os cultivos de arroz, soja e milho. E como o sensoriamento remoto na agricultura de precisão pode interferir benéficamente a essas plantações.

2.1 AGRICULTURA NO BRASIL

Antes da Colonização, os índios já cultivavam várias plantações, dentre elas as de feijão, milho, abóbora e principalmente mandioca. A economia era toda destinada ao consumo próprio. Cada aldeia tinha seus costumes, e por isso buscava atender sempre as suas necessidades, o que evitava ter diversas trocas alimentícias com outras aldeias. Os portugueses, ao chegarem no Brasil, só se importavam com a exploração do pau-brasil, porém, começaram a serem ameaçados de invasão e por isso houve uma necessidade política de Portugal em legitimar sua colonização nas terras recém descobertas nas Américas. Assim a Coroa Portuguesa criou as Capitânicas Hereditárias, que deixou o Brasil dividido em quinze faixas territoriais, que iam do litoral ao meridiano de Tordesilhas. Sendo essas terras entregues aos chamados capitães-donatários. Eles constituíam um grupo diversificado, no qual haviam pessoas da nobreza, burocratas e comerciantes (FAUSTO, 1996).

Porém as únicas capitânicas que tiveram êxito foram as de São Vicente e Pernambuco, e por isso a Coroa teve que pegá-las de volta. A principal plantação foi instalada na colônia, a cana-de-açúcar, que deu início ao ciclo da cana como a principal monocultura do Brasil, e que durou até o século XIX. Seu declínio só veio após surgir concorrência da Inglaterra, França e Holanda nas ilhas das Antilhas, fez-se assim a necessidade de procurar novas riquezas para a coroa, e dentre essas novas riquezas surgiu o café. O café chegou no Brasil por volta do século XVIII, porém ele só teve destaque no século seguinte, sendo tão importante que geriu a política do país, com a república café com leite (FAUSTO, 1996).

Atualmente o Brasil é uma das maiores exportadoras de alimentos do mundo, tendo como parte principal de sua exportação a cana, café, soja e a pecuária. Para Vieira Filho (2016), os principais fatos que transformaram a agricultura brasileira são apresentados em três períodos. O primeiro, anterior a década de 1970, demonstra o crescimento da agricultura com a heterogeneidade estrutural e dualidades. O segundo período é um momento de transição, em que é analisado o impacto da tecnologia na economia de recursos escassos e na redução dos

preços alimentícios. O terceiro período se inicia a partir dos anos 1990, onde serão abrangidas as desigualdades regionais, bem como a falta da inclusão de tecnologias nas regiões do Norte e Nordeste. A expansão da tecnológica e da aprendizagem são problemáticos nessas regiões se comparados ao resto do país, sendo necessário estudar essas diferenças a fim de projetar melhores políticas.

2.2 IMPORTÂNCIA DAS PLANTAÇÕES ESTUDADAS

Serão apresentadas as importâncias das plantações de arroz, soja e milho, que demonstrarão o quanto são consumidas no Brasil e no mundo e como são cultivadas as vegetações.

2.2.1 Cultivo de arroz

O arroz é uma das culturas cerealíferas mais produzidas e consumidas no mundo, caracterizando como principal alimento para mais da metade da população mundial. Sua importância é destacada principalmente em países em desenvolvimento, tais como o Brasil, desempenhando papel estratégico em níveis econômico e social (WALTER; MARCHEZAN; AVILA, 2008).

Esse alimento que é uma das plantas cultivadas mais antigas do mundo tem presença marcante no cotidiano da vida de milhões de pessoas em todo globo terrestre é um símbolo de prato típico para população Brasileira (PEREIRA, 2002).

Para o cultivo de arroz o solo deve ser composto por argila ligeiramente ácida e é necessária uma fonte confiável de água com um caminho para drenagem para colheita já que essa plantação precisa de água em abundância para crescer sendo comum até deixa o solo inundado como mostra o trabalho de Cadore (2015).

2.2.2 Cultivo de soja

Atualmente, a soja é o principal produto da agricultura brasileira, fortalecendo a posição do país como um dos países mais importantes do comércio agrícola mundial. A força da cadeia produtiva da soja permite, inclusive, ao Brasil ter pretensões geopolíticas e geoeconômicas e a capacidade de influenciar o mercado mundial de commodities agrícolas (HIRAKURI; LAZZAROTTO, 2014).

A soja por mais que seja uma planta originária de clima temperado adapta-se muito bem a uma ampla faixa de climas e não apresenta grandes exigências de solo desde que apresentem fertilidade média e não seja nem muito ácidos ou mal drenados.

2.2.2 Cultivo de milho

O milho é a segunda maior cultura de importância na produção agrícola no Brasil, sendo superado apenas pela soja que lidera a produção de grãos no país (CNA, 2016).

O plantio do milho no Brasil é realizado em duas épocas distintas, a primeira e a segunda safra. A primeira, também conhecida como safra de verão, se faz presente em todos os estados, ocorre durante o período chuvoso no Sul, até os meses de outubro e novembro no Sudeste e Centro-Oeste, e no início do ano no Nordeste. A segunda, conhecida como safrinha, é cultivada sem a necessidade de água por irrigação, geralmente é plantada de janeiro a março, quase sempre após a colheita da plantação de soja (PEREIRA FILHO, 2015).

2.3 AGRICULTURA DE PRECISÃO

A Agricultura de Precisão (AP) consiste em um conjunto de informações e tecnologias que objetiva um gerenciamento mais detalhado do sistema de produção agrícola como um todo (SHIRATSUCHI *et al.*, 2014).

Diversos estudos vêm apontando os benefícios da agricultura de precisão, no qual sua aplicação traz o aprimoramento do cultivo de plantações. Entre eles ressalta-se a capacidade de variação espacial do campo, sistema de gestão agrícola, com a finalidade de aumentar o resultado sustentável, econômico e reduzir a devastação ao meio ambiente de acordo com Inamasu e Bernardi (2014).

Em relação a resultados ambientais e econômicos, há estudos que se aprofundam em comparar a Agricultura de Precisão com a forma tradicional de execução. Foi observado através de estudos por Inamasu e Bernardi (2014) que a Agricultura de Precisão tem o intuito de melhorar os resultados ambiental e econômico por erros minimizados por meio da prática bem-sucedida.

No entanto, com os resultados obtidos e maior precisão da aplicação da Agricultura de Precisão, tem-se elevado a sua aderência no mercado internacional, apesar de ainda ter um número baixo de sua execução por empresas nacionais, concluem Inamasu e Bernardi (2014).

2.3.1 Sensoriamento remoto na agricultura de precisão

O sensoriamento remoto tem a sua aplicação na agricultura para o monitoramento das vegetações, detecção de pragas, controle da sua evolução, entre outros. Isso porque através dela consegue-se obter informações da estimativa de área de vegetação, detecção de pragas levantamento do número de plantas e saúde. Com as imagens de sensoriamento remoto, é possível estimar a vegetação da área, podendo acompanhar seu crescimento. Consegue-se obter as áreas que possuem vegetações com menores densidades para um levantamento da quantidade de folhas. Através das combinações de imagens de SR, pode-se perceber plantações que estão faltando nutrientes, ou também que não tenham sido irrigadas, desse mesmo modo, também é possível detectar a presença de pragas (GOMES, 2016).

O sensoriamento remoto é mais efetivo na agricultura de precisão quando se utiliza imagens coletados por drones, isso porque não dependem das condições climáticas e nem da disponibilidade das datas para a obtenção de suas imagens, além disso, podem conseguir imagens com melhores resoluções, que auxilia na identificação de cada elemento (GOMES, 2016).

Segundo Pereira, Silva e Pamboukian (2016), que realizaram um estudo sobre sensoriamento remoto aplicado à agricultura de precisão, citam que o SR é mais utilizado para o mapeamento e monitoramento da vegetação para a obtenção de informações que contribuem à agricultura de precisão. Analisou-se que as correções atmosféricas feitas em imagens de satélites influenciam no valor do NDVI, importante para a determinação e gerenciamento das áreas de cultivo.

Verificou-se que nem todas as bandas das imagens de satélites, como as do cirrus, Aerossol e vapor d' água, influenciam na classificação supervisionada, portanto não influenciando na AP. Enquanto as bandas do SWIR e têm sua influência detectando a estimativa de água presente nas plantas e as *Red Edge* por serem mais sensíveis com a reflectância dos pigmentos vegetais, podendo serem utilizadas para cálculos para determinação de propriedades da vegetação (PEREIRA; SILVA; PAMBOUKIAN, 2016).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico apresentará os conceitos e aplicações de sensoriamento remoto, assinaturas espectrais, sistema de informações geográficas, classificação supervisionada e índices de vegetação, e como esses temas se relacionam.

3.1 SENSORIAMENTO REMOTO

O princípio do sensoriamento remoto se iniciou com Isaac Newton (1642-1727), quando provou que a radiação solar visível nada mais é que a combinação de diversas cores. Onde posteriormente, com diversos estudos, foram identificados outros tipos de radiações, como o infravermelho e a ultravioleta.

Diferente dos outros tipos de energia que dependem de um meio material (como corda) para se propagar de um lugar para outro, a energia radiante pode se deslocar através do vácuo; neste caso, os físicos dizem que a radiação se propaga através de um meio denominado campo eletromagnético e, por isso, é também denominada radiação eletromagnética (REM) (STEFFEN, 2018).

Com a evolução do SR, foi-se utilizando imagens de satélite para coletar informações que atendam os estudos e pesquisas diversas como identificação de calor numa região através do infravermelho, raios-x, ultravioleta e entre outros.

Assim, o uso de imagens de satélite se introduziu nos meios de estudos relacionados ao SR, e se tornou uma das principais referências para coleta de dados em quaisquer tipos de regiões, sejam elas urbanas, naturais, rurais.

As imagens de satélites possuem diversas bandas que são calculadas através dos comprimentos de ondas refletidas pela radiação eletromagnética da superfície do corpo.

Os comprimentos das ondas no campo eletromagnético podem ser muito pequenos ou muito grandes, como observa-se na figura 3, em que o espectro está dividido em bandas, podendo também observar os comprimentos e frequências das ondas eletromagnéticas.

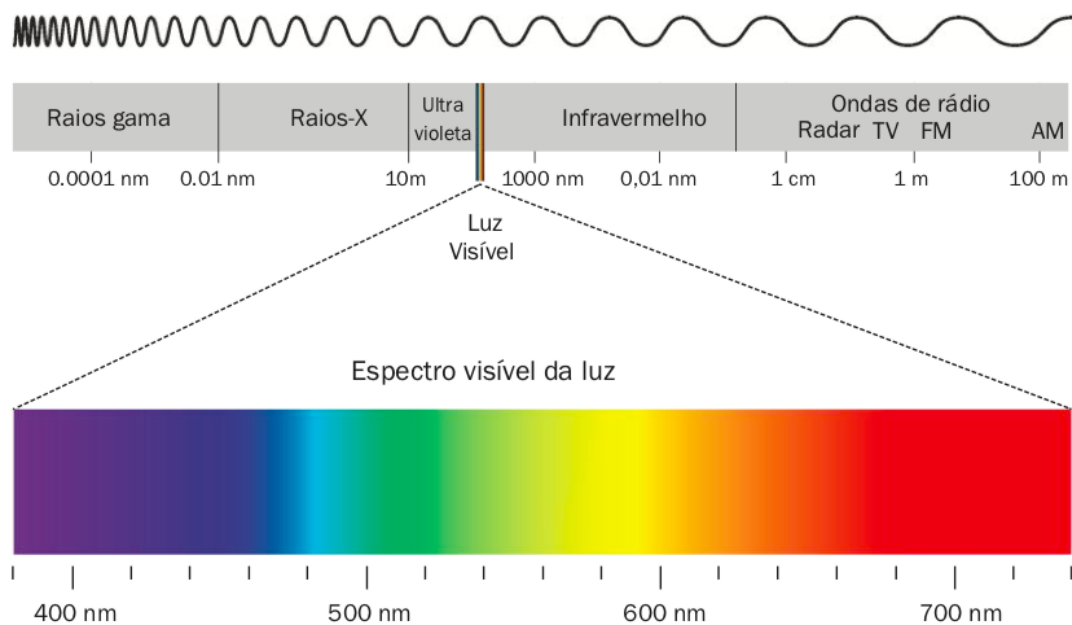


Figura 1 - Comprimento de onda do espectro visível. Fonte: Furian (2016).

A menor banda, chamada luz visível, representam as cores RGB, que é a parcela do espectro que o ser humano consegue ver a olho nú. A partir de combinações das bandas, como o próprio RGB, que é a junção das bandas *Red*, *Green*, *Blue*, pode-se gerar imagens coloridas, como a que capturamos em aparelhos. Cada uma das cores mencionadas anteriormente tem diferentes comprimentos de onda. Como se observa, a onda da cor azul varia entre o intervalo de 350 nm a 500 nm, a da verde está entre 500 nm a 620 nm e por fim, a da cor vermelha varia entre 620 nm até 740 nm.

As ondas do infravermelho, que possuem um comprimento pequeno, são produzidas em abundância pelo sol, por causa de sua alta temperatura, e também detectadas por elementos aquecidos.

3.2 ASSINATURAS ESPECTRAIS

A radiação em contato com algum objeto é refletida e/ou absorvida. Quando a energia reflete e se espalha pelo ambiente, identifica-se a característica do objeto. Já a energia é absorvida quando o objeto a armazena e a transforma em calor.

Podemos medir a reflectância de um objeto para cada tipo de radiação que compõem o espectro eletromagnético e então perceber, através dessa experiência, que a reflectância de um mesmo objeto pode ser diferente para cada tipo de radiação que o

atinge. [...] Esse tipo de curva, que mostra como varia a reflectância de um objeto para cada comprimento de onda, é denominada assinatura espectral e depende das propriedades do objeto (STEFFEN, 2018).

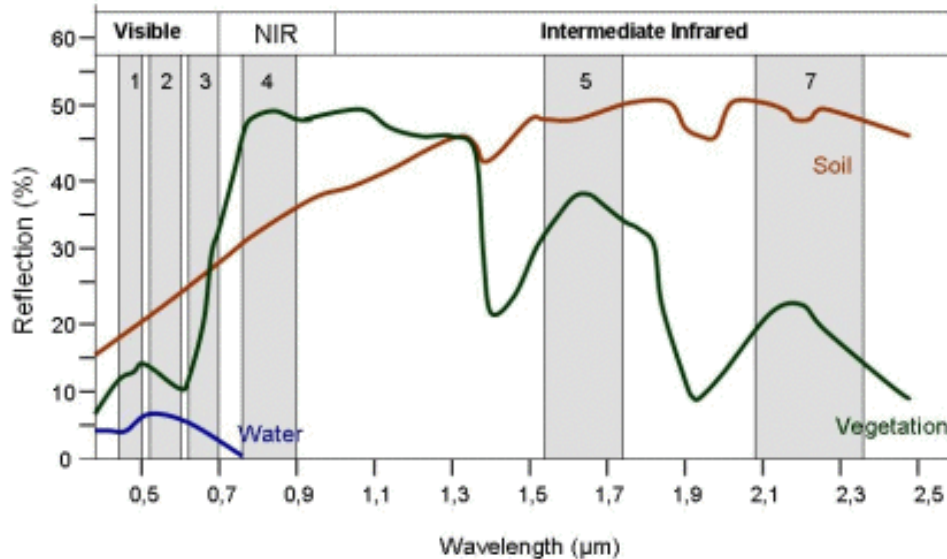


Figura 2 - Assinaturas espectrais de vegetação, solo e água. Fonte: Siegmund (2005).

Segundo Steffen (2018), as bandas RGB são de menores reflectância, que são produzidas por pigmentos da folha, enquanto a banda do infravermelho (IR), que tem maior reflectância, está associada com os aspectos fisiológicos da folha. Esses valores diferentes da reflectância em cada uma das bandas resulta em uma assinatura espectral, como mostrado na figura 4.

3.3 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um conjunto de software, hardware e procedimentos utilizados para efetuar processamentos computacionais, as informações geográficas ajudam a resolver muitos problemas. Existem vários exemplos de coleta de dados obtidas através de Cartografia Digital, Aerofotogrametria, Topografia Clássica, Sistema de Posicionamento Global (GPS), Sensoriamento Remoto por Satélites, etc. (LAMBIAZZI; PAMBOUKIAN, 2016).

O SIG funciona em camadas (*layers*) que contém informações diferentes, tanto qualitativas como quantitativas. Existem dois tipos de camadas, as vetoriais (*shapefile*) e as matriciais (*raster*). As camadas vetoriais são feitas de feições (pontos, polígonos, linhas), para

representar elementos do mundo real, sendo que cada feição pode possuir atributos, que descrevem um elemento através de textos ou números. As camadas *raster* são feitas por *pixels*, essas que representam imagens do mundo real (LAMBIAZZI; PAMBOUKIAN, 2016).

3.4 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA

A classificação supervisionada pode ser feita pelo *plugin* do *software* QGIS, nomeado de *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), que possibilita a classificação de todos os *pixels* de imagens de sensoriamento remoto. O *plugin* faz a classificação automaticamente através de cálculos feitos a partir das assinaturas espectrais de áreas de amostras (CONGEDO, 2018).

As imagens de SR podem ser retiradas de dentro do SCP no QGIS. Podem ser imagens dos satélites LANDSAT, sentinel, entre outras opções. Além disso o *plugin* permite fazer a correção atmosférica, que tende a diminuir as influências de fatores da atmosfera, para evitar maiores erros na classificação.

Cria-se um conjunto com todas as bandas das imagens de sensoriamento remoto, identificando as bandas e seus comprimentos para a geração das assinaturas espectrais, como mostra a figura 3, que mostra as bandas, os comprimentos e as resoluções do satélite sentinel-2.

Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (μm)	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water vapour	0.945	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

Figura 3 - Bandas Sentinel-2. Fonte: *Satellite Imaging Corporation* (2015)

Com a criação de uma camada *raster* desse conjunto, pode-se gerar as imagens das bandas em RGB. Como no exemplo do satélite sentinel-2, que quando se utiliza as bandas 8 (Infravermelho próximo) como *red*, 3 (verde) como *green* e 2 (azul) como *blue*, pode-se gerar imagens igual a da figura 4. Como vegetações refletem mais radiação eletromagnética na região do infravermelho próximo, nota-se que elas devem estar mais presentes na cor do vermelho.



Figura 4 - Imagem das bandas 8-3-2 em RGB. Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Podem ser analisadas diversas combinações das bandas em RGB, do qual imagens com maior contraste tem mais destaques para poder distinguir as regiões do mapa. Recolhem-se amostras dessas regiões, previamente já conhecidas, que são classificadas. Com isso, o *plugin* faz a classificação das outras áreas de modo automático, *pixel* por *pixel*. Pode-se também observar as assinaturas espectrais geradas em cada uma dessas amostras.

3.5 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

Os índices de vegetação são modelos matemáticos calculados pelas reflectâncias das bandas para a obtenção de parâmetros de folhas, como a área foliar, porcentagem de cobertura vegetal e a biomassa (EPIPHANIO, 1996). Cada índice é utilizado para a determinação de um dos parâmetros, sendo que sua maioria é determinada entre as regiões do vermelho e o infravermelho próximo.

O NDVI, que é um dos principais índices de vegetação, permite fazer a análise da cobertura vegetal em determinada região através do cálculo proposto por Rouse *et. al.* (1973).

$$NDVI = (IVP - V) / (IVP + V) \quad (1)$$

Onde:

IVP representa a banda do infravermelho próximo;

V representa a banda do vermelho.

Os valores do NDVI variam de -1 a +1. Sendo que os valores negativos são associados a áreas de água, neves e nuvens, isso porque refletem mais radiação eletromagnética na região do vermelho. Para vegetações, valores positivos próximos a zero, indicam áreas de solo exposto ou vegetações com falta de nutrientes, e conforme esse valor vai se aproximando de +1, sua densidade vai aumentando. (LIU, 2006).

4 SENSORIAMENTO REMOTO EM ÁREA NA CIDADE DE TREMEMBÉ

A utilização do sensoriamento remoto foi definida em uma área de estudo na cidade de Tremembé, que é uma cidade próxima a serra da Cantareira e que possui muitas áreas verdes da Mata Atlântica (MATARAZZO, 2012). Foi escolhida uma área com bastantes vegetações para poder distingui-las.

Utilizou-se da classificação supervisionada do *semi-automatic plugin* para a criação de um mapa temático da área de estudo, visto que eram conhecidas as áreas das plantações. Na classificação foram definidas áreas de água, mato, terra, grama, areia e de vegetações de arroz, milho e soja.

A figura 5 mostra as assinaturas espectrais das plantações de arroz, milho e soja obtidas da área de estudo. Observa-se que a soja é a vegetação que menos reflete em todas as bandas. Enquanto o arroz, reflete mais nas regiões do RGB, e menos na banda 12 se em comparação a plantação do milho.

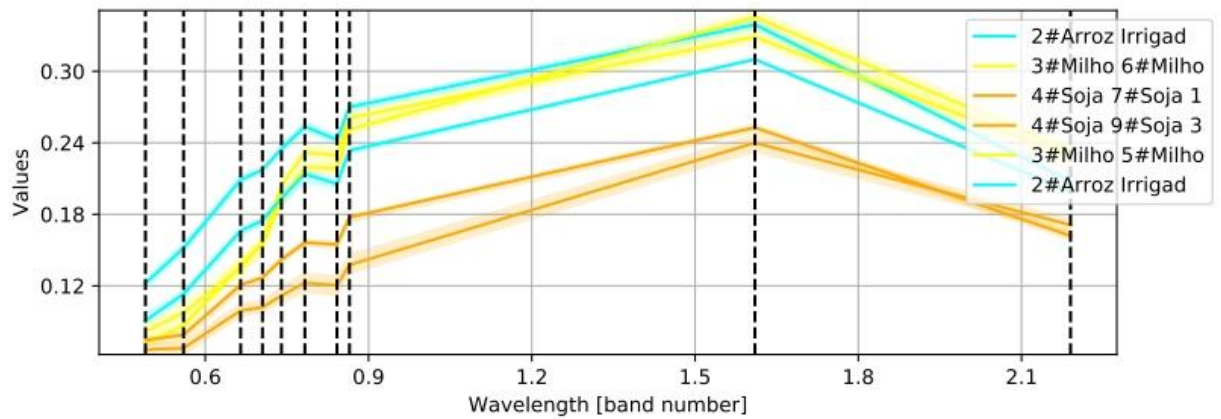


Figura 5 - Assinaturas espectrais da plantação de arroz, milho e soja. Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

As assinaturas espectrais da figura 6 foram geradas para mostrar que dentro de uma mesma vegetação pode haver uma grande variação da REM refletida, podendo ser ocasionada pelas diferenças de idade ou até mesmo por vegetações com pragas.

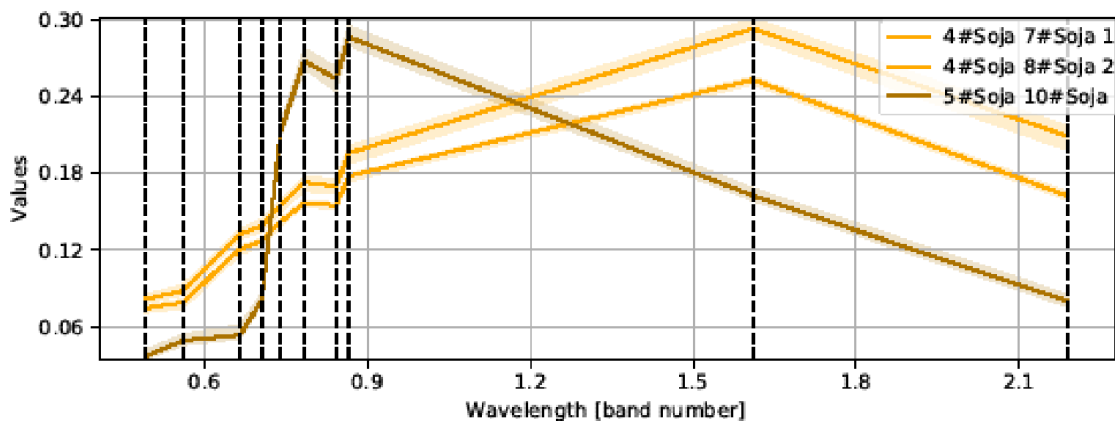


Figura 6 - Assinaturas espectrais da plantação de soja. Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Para a análise da diferença das assinaturas mostradas na figura 6, utilizou-se do mapa com as regiões das amostras retiradas para a plantação de soja, como mostrado na figura 7. Com as bandas 8, 3 e 2 do satélite sentinel-2 em RGB, percebe-se que uma das áreas predomina a cor vermelha, enquanto nas outras está presente a cor verde. A cor vermelha, que mostra as áreas em que o infravermelho próximo reflete mais, tende a ter mais destaque em áreas com grande presença de vegetações. Sendo assim, essas áreas onde predominam a cor verde, tendem a ser vegetações mais rasteiras, que podem estar no início de seus ciclos.

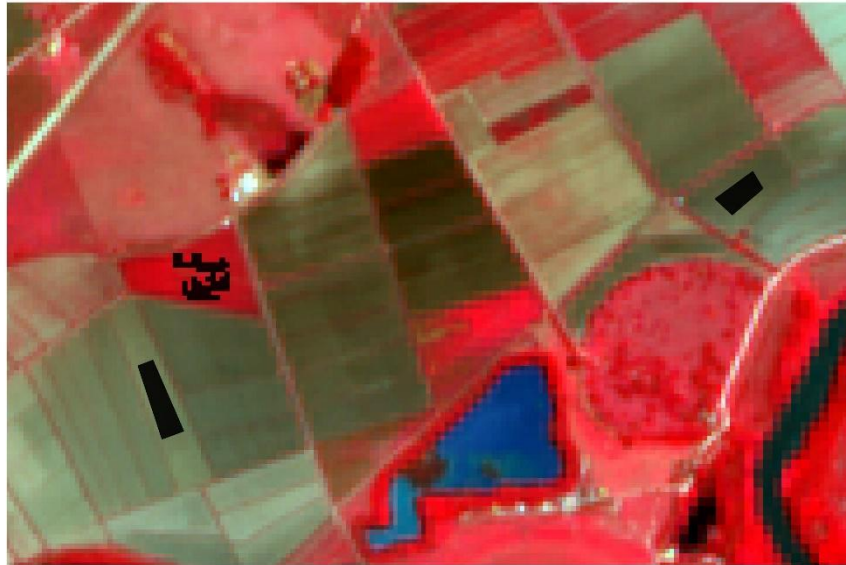


Figura 7 – Amostras da plantação de soja. Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Foi feita uma comparação das assinaturas da plantação de soja na região em que o infravermelho próximo reflete mais, e de matos nas regiões ao redor da área de estudo. Como visto na figura 8, percebeu-se que as assinaturas são muito semelhantes, sua maior variação de reflectância ocorre na banda 11, onde o mato reflete um pouco mais de REM que a soja. Podemos observar assim que conforme há maiores vegetações, a sua reflectância é maior na região do infravermelho próximo.

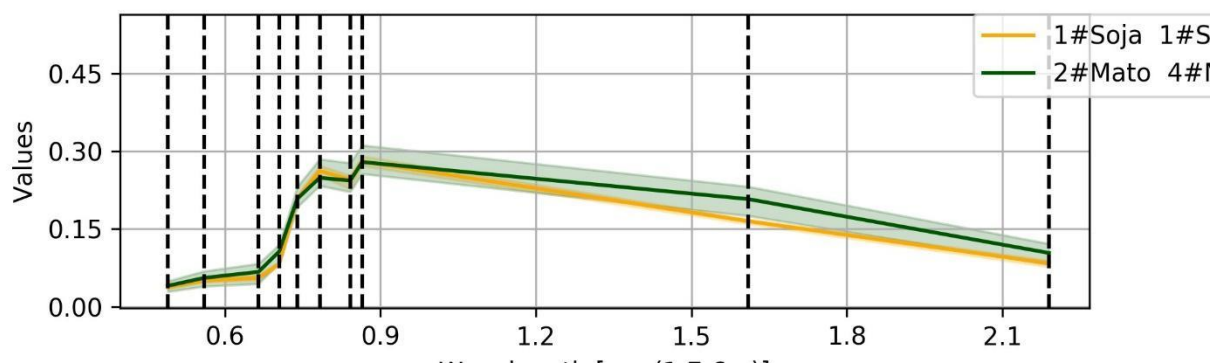


Figura 8 - Assinaturas espectrais da plantação de soja e mato. Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Com a classificação das amostras dentro da área de estudo, gerou-se um mapa temático com a classificação dos elementos presentes. Não foi possível uma melhor análise dos elementos devido a resolução das imagens do satélite sentinel-2 serem de 10 m. Na figura 9 é

mostrado o mapa temático gerado pelo *semi-automatic plugin* em que foi datado no dia 24 de setembro de 2018, em comparação com uma imagem retirada do *software Google Earth* do mês de julho de 2018.

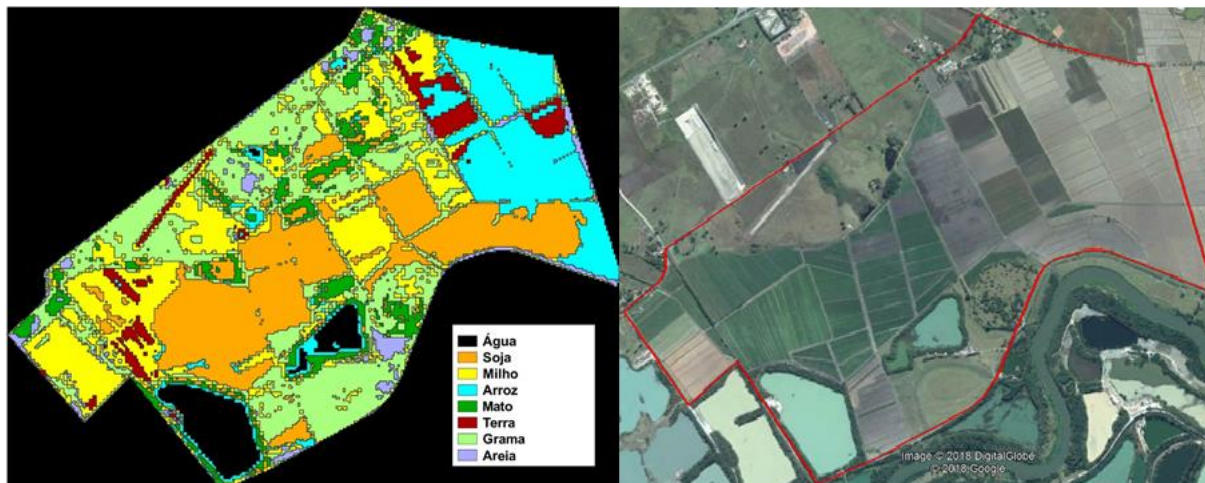


Figura 9 - Comparação dos mapas, a esquerda as assinaturas esboçadas no mapa, a direita mapa do *Google Earth* delimitado em vermelho a área de estudo. Fonte: Elaborada pelo Autor

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 9 a esquerda mostra um resultado de uma classificação supervisionada realizada por amostras do terreno de uma área de estudo em Tremembé, do qual se obteve variações em assinaturas espectrais, como exemplificados nas figuras 6 e 8. Contudo, o mapa apresenta alguns trechos em que não foram possíveis identificar por não ter precisão suficiente devido a sua resolução. Posteriormente, será realizado cálculos de índices de vegetação para a obtenção de propriedades das plantações.

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que não foi possível a identificação de todos os elementos da área de estudo, como os caminhos localizados entre as plantações, devido a resolução da imagem. Percebe-se também que as plantações podem possuir diferentes assinaturas espectrais, que variam de acordo com as propriedades das plantas, como suas idades, podendo ter algumas em época do início de plantio, e outras na fase de colheita.

Posteriormente será analisada a possibilidade da realização das imagens de sensoriamento remoto via drones para uma melhor resolução das imagens, e conseqüentemente uma melhor identificação de cada elemento. Também serão realizados cálculos de índices de vegetação para a identificação de propriedades das plantações.

REFERÊNCIAS

BARROS, E. D. O.; PAMBOUKIAN, S. V. D. Análise do desastre em Mariana através da classificação supervisionada de imagens de sensoriamento remoto. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 8-26, 2017.

CADORE, E. A. **A Produção de Arroz Agroecológico**. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 81. 2015.

CÂMARA, G. *et al.* **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Planaltina: EMBRAPA, v. 1, 2004.

CÂMARA, G. *et al.* **Análise Espacial de Dados Geográficos**. São José dos Campos: INPE, 2002. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/10.07.14.45/doc/cap1-intro.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

CONGEDO, L., *Semi-automatic Classification Plugin Documentation*, Release 6.1.0.1, 13 de junho de 2018.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). Panorama do Agro. **CNA Brasil**, 2017. Disponível em: <<https://www.cnabrasil.org.br/cna/panorama-do-agro>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

COSTA, J. A. D. *et al.* Análise Comparativa de Métodos de Classificação Supervisionada Aplicada ao Mapeamento da Cobertura do Solo no Município de Medicilândia no Pará. **Interespaço**, Grajaú, v. 4, n. 13, p. 26-44, Abril 2018.

CNA. **Notícias Agrícolas**: Milho é Uma das Principais Fontes de Alimento do Brasileiro com Importância Estratégica no Agronegócio. 2016. Disponível em: <https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/milho/173865-milho-e-uma-das-principais-fontes-de-alimento-do-brasileiro-com-importancia-estrategica-no-agronegocio.html#.W_kxVUgvyUm>. Acesso em: 15 nov. 2018.

EPIPHANIO, J. C. N. *et al.* Índices de Vegetação no Sensoriamento Remoto na Cultura do Feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

ESPECTRO. **Espectrogeo Aprendizagem**: Assinatura Espectral: O que é? Como Interpretar?. 2017. Disponível em: <<https://www.espectrogeo.com.br/assinatura-espectral-o-que-e-como-interpretar-2>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

FAUSTO, B. **História do Brasil**. São Paulo: EDUSP, 1996. p. 1-89.

GASQUES, J. G. *et al.* **Desempenho e Crescimento do Agronegócio no Brasil**. IPEA. Brasília, p. 39. 2004.

GOMES, R. **O que é sensoriamento remoto e qual a sua aplicação na agricultura**. Pix Force, 2016. Disponível em: <<https://pixforce.com.br/sensoriamento-remoto/>>. Acesso em: 15 nov. 2018.

HIRAKURI, M. H.; LAZZAROTTO, J. J. **O agronegócio da soja nos contextos mundial e brasileiro**. 1. Ed. Londrina: Embrapa, v. 1, 2014. 70 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agrícola Municipal. **IBGE**, 2016. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

INAMASU, R. Y.; BERNARDI, A. C. Agricultura de precisão. In: BERNARDI, A. C. D. C., *et al.* **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Cubo, 2014. Cap. 4, p. 21-33, 2014.

LAMBIAZZI, G.; PAMBOUKIAN, S. V. D. **Estudo Comparativo de Softwares de Geoprocessamento para Elaboração de Projetos de Engenharia**. Iniciação Científica (Engenharia Civil) – Universidade Presbiteriana Mackenzie. São Paulo, p. 19. 2016.

LIU, W.T.H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Editora UNIDERP, Campo Grande: UNIDERP, 2006.

LOBATO, R. *et al.* índice de Vegetação por Diferença Normalizada para Análise da Redução da Mata Atlântica na Região Costeira do Distrito de Tamoios - Cabo Frio/RJ. **Caderno de Estudos Geoambientais**, Cabo Frio, v. 1, n. 1, p. 14-22, 2010.

MATARAZZO, A. As Áreas Verdes do Tremembé. **Brasil Econômico**, São Paulo, 17 mar. 2012. p. 3.

MORAES, E. C. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto**. INPE, 2002. Disponível em: <<http://mtcm12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2005/06.14.12.18/doc/C>>. Acesso em: 09 nov. 2018.

NOVO, E. M. L. D. M. *et al.* Técnicas avançadas de sensoriamento remoto aplicadas ao estudo de mudanças climáticas e ao funcionamento dos ecossistemas amazônicos. **Acta Amazonica**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 259-272, 2005.

PAMBOUKIAN, S. V. D. **Geoprocessamento**. 2015. 20 slides. Disponível em: <https://www.mackenzie.br/fileadmin/ARQUIVOS/PUBLIC/user_upload/_imported/fileadmin/LABGEO/Curso/01._Aula_01/0101._Geoprocessamento.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2018.

PEREIRA FILHO, I. A. **Cultivo de Milho**. EMBRAPA, 2015. Disponível em: <https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1galceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=7905&p_r_p_-996514994_topicoId=8658>. Acesso em: 15 nov. 2018.

PEREIRA, J. A. **Cultura do Arroz no Brasil**. 1. ed. Teresina: Embrapa Meio-Norte, v. 1, 2002.

PEREIRA, L. D. S.; SILVA, D. D. O.; PAMBOUKIAN, S. V. D. D. Sensoriamento Remoto Aplicado à Agricultura de Precisão no Cultivo de Bambu. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 8-33, 2016.

RODRIGUES, M. T.; RODRIGUES, B. T.; CAMPOS, S. Desempenho da Classificação Supervisionada em Diferentes Sistemas de Informação Geográfica. **Geotecnologias Aplicadas à Análise Ambiental**, São Paulo, 2015. 25-37.

SISDAGRO. **Índice de Vegetação**. INMET, 2018. Disponível em: <<http://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/indiceVegetacao>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

STEFFEN, C. A. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. INPE, 2018. Disponível em: <<http://www3.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>>. Acesso em: 05 nov. 2018.

SHIRATSUCHI, L. S. *et al.* Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, A. C. D. C., et al. **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Cubo, 2014. Cap. 4, p. 58-73, 2014.

VIEIRA FILHO, J. E. R. A Fronteira Agropecuária Brasileira: **Redistribuição Produtiva, Efeito Poupa-Terra e Desafios Estruturais Logísticos**: Agricultura, Transformação Produtiva e Sustentabilidade. Brasília, v. 1, 2016. Cap. 3, p. 89-107.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; AVILA, L. A. Arroz: composição e características nutricionais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p. 1184-1192, Julho 2008.