



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA**

CAIO SAMPAIO PINTO

**ESTUDO DE CASO UTILIZANDO IMAGENS DE SATÉLITE NA ANÁLISE DE
CICATRIZES DE FOGO**

FORTALEZA

2018

CAIO SAMPAIO PINTO

**ESTUDO DE CASO UTILIZANDO IMAGENS DE SATÉLITE NA ANÁLISE DE
CICATRIZES DE FOGO**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Lamartine Soares Cardoso de Oliveira.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- P727e Pinto, Caio Sampaio.
Estudo de caso utilizado imagens de satélite na análise de cicatrizes de fogo / Caio Sampaio Pinto. –
2018.
35 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências
Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Lamartine Soares Cardoso de Olivera.
1. Fogo. 2. NDVI. 3. Incêndios Florestais. I. Título.

CDD 630

CAIO SAMPAIO PINTO

**ESTUDO DE CASO UTILIZANDO IMAGENS DE SATÉLITENA ANÁLISE DE
CICATRIZES DE FOGO**

Monografia apresentada ao curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Agronomia.

Aprovada em: 16/ 11/ 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Lamartine Soares Cardoso de Oliveira (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

MSc. Jorge Luís Veras Santos
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA)

Marcio Regys Rabelo de Oliveira
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Domicio e Ana.

AGRADECIMENTOS

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr Lamartine Soares, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Dr. Jorge Luís e Marcio Regys Rabelo pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

A Deus e a minha família por ter me dado total suporte para que pudesse seguir minha caminhada.

Aos queridos amigos que me acompanharam nessa jornada pelas palavras de apoio, de reflexões e ideias.

Ao Departamento de Dias de Integração e Valorização da Agronomia (D.I.V.A) pelas calorosas recepções e discussões de ideias e fatos ocorridos na Agronomia durante toda a graduação.

A minha amiga Bruna Aires, pela colaboração na realização deste presente trabalho.

Ao IBAMA, por ter me dado base para a elaboração desse trabalho e uma nova visão a respeito do meio ambiente e o papel do profissional engenheiro agrônomo na busca por um futuro mais sustentável.

“A primeira energia utilizada intencionalmente pelo homem foi o fogo.” (GONÇALVES et al., 2014, p. 14)

RESUMO

O fogo sempre esteve presente na história da humanidade e com o passar das gerações desenvolveram-se mecanismos para manuseá-lo e usufruí-lo. Na agricultura, o fogo passou a ser uma das maneiras mais eficazes de preparo e manejo do solo. Porém, o impacto do fogo através dos incêndios florestais causam grandes prejuízos a biodiversidade de uma região. Dessa forma, fizeram-se necessário o monitoramento desses acontecimentos através de ferramentas como o sensoriamento remoto para que seja feita a mensuração e a avaliação das queimadas. Com isso, objetivou-se analisar através de imagens do satélite Landsat 8, os focos de calor detectados na região metropolitana de Fortaleza para os períodos de 2015 a 2018 e posterior avaliação da temporalidade do NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) na cobertura vegetal. Com o auxílio do banco de dados de queimadas do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) foram obtidos os focos de calor para o período e através das imagens de satélite adquiridas, foram processadas por meio do software Quantum Gis e atribuído o cálculo do NDVI para estimativa da vegetação. Diante dos resultados obtidos o ano de 2015 apresentou-se com maiores quantidades de focos de calor na região e em consonância com o ano de 2016 com os menores índices de NDVI, caracterizando um grande recuo da vegetação. Fatores como a escassez pluvial e grande quantidade de ventos nos anos de 2015 e 2016 continuam para o aparecimento de queimadas, sendo evidenciadas pelas imagens do satélite Landsat 8. Com a regularidade da pluviosidade a partir do ano de 2017, o bioma caatinga, característico da região, já apresentou recuperação significativa com relação aos dados obtidos pelo uso do NDVI. O sensoriamento remoto e o NDVI apresentam-se como ferramentas para auxiliarem no melhor conhecimento a respeito do regime do fogo, seu comportamento e efeitos sobre a caatinga.

Palavras-chave: Fogo. NDVI. Incêndios Florestais.

ABSTRACT

The Fire has always been present in the history of mankind and with the passing of the generations mechanisms have been developed to handle it and to enjoy it. In agriculture, fire has become one of the most effective ways of preparing and managing the soil. However, the impact of fire through forest fires causes great damage to the biodiversity of a region. Thus, it was necessary to monitor these events through tools such as remote sensing for the measurement and evaluation of the fires. The objective of this study was to analyze, through images from the Landsat 8 satellite, the heat sources detected in the Metropolitan Region of Fortaleza for the periods from 2015 to 2018 and subsequent evaluation of the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) in the vegetation cover. With the aid of the INPE (National Institute of Space Research) burnout database, the heat sources were obtained for the period and through the acquired satellite images, were processed using the Quantum Gis software and assigned the calculation of the NDVI for vegetation estimation. Considering the results obtained, the year of 2015 presented with greater amounts of heat sources in the region and in consonance with the year 2016, with the lowest NDVI indexes, characterizing a great retreat of the vegetation. Factors such as the scarcity of rain and large numbers of winds in the years 2015 and 2016 corroborate the appearance of fires and are evidenced by the images of the satellite Landsat 8. With the regularity of rainfall from 2017, the caatinga biome, characteristic of the region, has already presented a significant recovery in relation to the data obtained by the use of NDVI. Remote sensing and NDVI are presented as tools to aid in better knowledge about the fire regime, its behavior and effects on the caatinga.

Keywords: Fire. NDVI. Forest fires.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização dos municípios que compõem a região metropolitana de Fortaleza e sua localização no estado do Ceará	21
Figura 2 - Caracterização da região metropolitana com os focos de calor no ano de 2015 ..	25
Figura 3 - Caracterização da região metropolitana de Fortaleza no ano de 2016	25
Figura 4 - Caracterização da região metropolitana de Fortaleza no ano de 2017	26
Figura 5 - NDVI referente ao ano de 2015 na RMF	27
Figura 6 - NDVI referente ao ano de 2016 na RMF	27
Figura 7 - NDVI referente ao ano de 2017 na RMF	28
Figura 8 - NDVI referente até agosto de 2018 na RMF	28
Figura 9 - Presença de cicatrizes de fogo no município de Cascavel-CE no período de novembro de 2015	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Bandas do satélite Landsat 8 e resolução espacial	22
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO ₂	Dióxido de Carbono
FUNCEME	Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
NDVI	Índice de Vegetação de Diferença Normalizada
OLI	Imageador de Terra Operacional
PIB	Produto Interno Bruto
QGIS	Quantum Gis
RMF	Região Metropolitana de Fortaleza
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
TIRS	Sensor Infravermelho Termal

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	Objetivos	19
2.1	Objetivos Gerais	19
2.2	Objetivos Específicos	19
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	Caracterização da Região de estudo	20
3.2	Obtenção e tratamento das imagens	21
3.3	Análise dos dados	23
4	RESULTADOS	24
5	DISCUSSÃO	29
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
7	REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

A primeira energia utilizada intencionalmente utilizada pelo homem foi o fogo (GONÇALVES et al., 2014), quando em uma tempestade atingia uma árvore e se iniciava o fogo, e era necessário esperar a próxima tempestade para que o fenômeno ocorresse. O fogo causava fascínio ao homem que ainda não conseguia controlá-lo e há cerca de 1,8 milhões de anos atrás, o *Homo Erectus* que já possuía um raciocínio mais evoluído, descobriu que se esfregasse uma pedra em outra pedra produziria uma faísca, que em um local de fácil combustão, pegaria fogo facilmente (MUSITANO, 2012). O fogo esteve sempre presente natureza, onde ocorriam as queimadas com liberação de CO₂ e vapor d'água na atmosfera, o fogo também tinha origem vulcânica, através das lavas expelidas pelas erupções dos vulcões, com isso da mesma forma ocorrendo queimadas na vegetação.

A relação do homem com o fogo passa por cerca de três estágios distintos: a produção pelo homem a manutenção mediante o uso de fogueiras e a utilização de resinas para que as chamas das tochas acesas não se apagassem tão facilmente. Ao longo das gerações o homem soube desenvolver maneiras de produzir o fogo através do uso de diversos instrumentos como o isqueiro, fósforos. Além de conseguir aliar o fogo a outros instrumentos desenvolvendo fontes de energia maiores e melhores. Até os dias atuais, o fogo é a principal fonte de energia do ser humano, praticamente metade do gasto de energia mundial, sendo usada para produzir energia elétrica e aquecimento (MUSITANO, 2012). Mas, com a queima de combustíveis que faz a maioria dos motores na indústria e veículos, aumenta a emissão de gás carbônico no ambiente, que faz com que aumente a temperatura no planeta, conseqüentemente para o aumento do efeito estufa, dessa maneira fazendo necessário o uso de outras tecnologias como alternativa ao uso do fogo como energia.

A agricultura brasileira sempre apresentou problemas e desafios políticos ambientais, sociais, tecnológicos e econômicos, como a reforma agrária, os incêndios e êxodo rural (BAER., 2003). Com isso se destaca os incêndios florestais que causam grandes problemas principalmente ao desenvolvimento da fauna e da flora de uma determinada região. O emprego do fogo é uma prática antiga no Brasil e antes do descobrimento já era usada pelos indígenas para a caça e o manejo da terra. Por ser barata e rápida é utilizada principalmente na limpeza da área, propiciando a concentração de focos de queimadas nos períodos mais secos do ano (RIBEIRO e MARTINS, 2014). A queimada pode ser encarada como uma última alternativa para limpeza de uma determinada área já que eliminam todos os restos vegetais, que são precursores da matéria orgânica no solo, prejudica a atmosfera que libera gases que contribuem

para o agravamento do efeito estufa.

De acordo com Coutinho et al. (2016) Uma queimada pode ser definida como a combustão da matéria orgânica na superfície do solo, seja de forma natural ou criminosa. As queimadas apresentam maiores concentrações no período de seca, no qual a vegetação se encontra com baixa umidade, com isso os incêndios se tornam mais frequentes e dependendo da região, surgem alguns obstáculos que só facilitam a sua propagação. Segundo o pesquisador Edmílson Evangelista (EMBRAPA, 2015) as queimadas podem inicialmente contribuir para renovação de pastagem ou vegetação, aparecendo como uma ferramenta mais barata e prática, no entanto, a longo prazo as consequências podem não ser tão boas, já que geram degradação do solo pela exposição direta a chuva, eliminação da biodiversidade animal e vegetal, além de fatores importantes como controle de pragas e doenças e a perda de nutrientes essenciais ao solo.

De acordo com Martins (2017), o uso do fogo constante em uma mesma área interfere na biodiversidade de flora e fauna, na qualidade do ar, nas características do solo, pode eliminar microrganismos levando o solo a exaustão e tornando-o impróprio para a agricultura. Dessa maneira, tornando evidente que o empobrecimento do solo, as consequências para o ciclo hidrológico são consideráveis e a perda de nutrientes, deixam os pesquisadores em geral e sociedade em si em alerta com relação a incêndios florestais que podem trazer consequências irreversíveis para o ambiente.

Já para Nepstad et al. (1999), as cinzas deixadas após as queimadas, podem ser convertidas em nutrientes para as plantas, mediante a ação de microrganismos e inúmeras reações químicas. Porém as consequências disso como já mencionadas anteriormente por outros autores se volta para um empobrecimento do solo riscos ao meio ambiente, então faz-se necessário a elaboração de plano de manejo alternativo ao uso do fogo que possam ser utilizados pelos agricultores e produtores de um modo geral, que sirvam de alternativa ao uso do fogo para fins agrícolas de abertura e renovação de pastagens.

O homem precisa reaprender a conviver com o fogo, como fizeram seus ancestrais, usando com responsabilidade e segurança por meio de adoção de infraestruturas de contenção, manejo das zonas de interface urbano/rural e melhor planejamento das aglomerações humanas (MARTINS, 2017). Para Fonseca e Ribeiro (2003), a queima controlada é atribuída ao uso do fogo de forma planejada, com objetivos de manejos definidos, acompanhado de planejamento em que devem ser considerados os aspectos legais, as técnicas de queima, as condições climáticas, a previsão do comportamento do fogo, os equipamentos, as ferramentas apropriadas e os confrontantes. De acordo com o Decreto Federal nº 2661. de 8 de julho de 1998, considera-se queima controlada o emprego do fogo como fator de produção e manejo em atividades

agropastoris ou florestais, e para fins de pesquisa científica e tecnológica, em áreas com 17 limites físicos previamente definidos. Para realizar a queima controlada é preciso de prévia autorização do órgão do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA).

As queimadas apresentam um impacto ambiental grande em um ecossistema, na atmosfera e em ciclos biogeoquímicos, dessa maneira a avaliação de cicatrizes de queimadas e na mensuração da severidade do fogo na vegetação, com isso elencar fatores importantes que possa contribuir para avaliação da recuperação e o nível de degradação do ambiente como um todo. A severidade de queimadas é definida como grau de intensidade do fogo e seu impacto no ecossistema (ROSAN e ALCÂNTARA., 2015). Fazendo uma correlação com esses impactos ambientais, surge a necessidade de utilizar de ferramentas que auxiliem no monitoramento desses eventos, com isso o sensoriamento remoto tem se mostrado fundamental (FRANÇA e FERREIRA., 2005). O sensoriamento remoto pode ser utilizado como uma ferramenta para que se dê um panorama da severidade do fogo, à medida que os dados armazenados a partir da análise de imagens obtidas de diversos satélites, que carregam vários tipos de sensores com diferentes resoluções espaciais e temporais, que estão em órbita da Terra, relatam os diferentes fenômenos físicos que ocorrem no planeta. Então, após a ocorrência de queimadas, a resposta espectral na superfície da área afetada, sofre uma série de mudanças que podem ser detectadas.

Em áreas que se ocorreu passagem de fogo, percebe-se a diminuição da clorofila na vegetação, que resulta em um aumento da reflectância no espectro visível e diminuição na região do infravermelho-próximo. Com isso, os sensores remotamente ativos que medem uma vegetação (alvo) não pode ser explicado apenas pela caracterização dessa vegetação, mas também pela interferência de outros fatores que são inerentes a ela, tais como: a fonte de radiação, o espalhamento atmosférico, as características tanto das folhas quanto do dossel, os teores de umidade do solo, a interferência da reflectância do solo e sombra qualquer. De acordo com Justice et al. (1993), as informações geradas por sensoriamento remoto sobre a distribuição, o padrão e o ritmo da queima de biomassa em diferentes escalas podem ainda oferecer novas oportunidades para observar as relações entre as condições da vegetação e as queimadas.

O sensoriamento remoto pode ser subdividido em dois grandes conjuntos: análise digital e visual de imagens. De acordo com Lombardi (2003), o método de análise digital pode ser englobado por uma série de técnicas de manipulação numérica de dados (como em um processamento de imagens), nesse tipo análise se inclui o pré-processamento, as técnicas de realce e as técnicas de classificação. A análise visual, por sua vez depende de outros fatores

como a experiência do intérprete, pois se utiliza de chaves de identificação como matiz, textura, localização, forma e espaço entre outras formas, para que seja feita a caracterização dessas imagens. O sensoriamento remoto pode ser considerado uma ferramenta que auxilia no acompanhamento do uso da vegetação e do desmatamento no planeta, assim como os impactos ecológicos e sociais, e a tecnologia que permite dados espaciais em tempos regulares e um baixo custo para o monitoramento.

De acordo com França e Ferreira (2005), dessa forma pode-se disponibilizar informações espaciais e temporais sobre as ocorrências de queimadas, além de quantificações da área e da biomassa afetadas pelo fogo, fornecendo uma importante contribuição para o estudo de incêndios no meio ambiente e seus efeitos ecológicos, climáticos e na química da atmosfera. Diante dessas características, o sensoriamento remoto apresenta um custo relativamente baixo, em comparação a métodos mais convencionais (como em um levantamento de campo e avaliação da área que passou o fogo), e como no estado do Ceará os períodos de incêndios florestais geralmente ocorre nos meses de agosto a dezembro, considerada a estação mais seca, favorece o monitoramento de queimadas através dos satélites, pela presença de poucas nuvens não interfere nas imagens obtidas. Com isso, se mostra o quão importante a utilização dessa ferramenta para essas ações.

O INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) disponibiliza de forma periódica dados relativos a identificação de focos de calor em todo o território nacional, que são obtidos de diversos tipos de satélites. Os dados obtidos ficam armazenados em um banco de dados de queimadas do próprio INPE, que ficam a consulta pública. O conhecimento desses dados pode ajudar na formação de novos trabalhos científicos e identificação de áreas queimadas para que seja feita essa avaliação e ocorra uma estimativa da biomassa que foi queimada e a emissão de gases provenientes dessa queima. Outro detalhe interessante, que a partir das imagens de satélite da área onde aconteceu a queimada, pode se analisar pixel a pixel, a depender da resolução espacial e temporal do sensor, para identificar alterações na vegetação e no ecossistema que foram causadas pelo fogo, dessa forma a partir de análises mais profundas, estimar um grau de severidade do incêndio nessa área.

A identificação de áreas queimadas a partir de dados orbitais que podem ser obtidos de duas maneiras distintas. A primeira, visa observar as queimadas no momento que estão acontecendo, quando ainda estão ativas, utilizando informação da região do infravermelho termal. Na segunda maneira, tem como objetivo a observação das áreas após a ocorrência da queimada, a partir da cicatriz de fogo que foi deixada na área, utilizando dados adquiridos principalmente nas regiões visível e infravermelho próximo e médio do espectro

eletromagnético. O índice utilizado para esta monografia é o NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) que normalmente é utilizado para análise da vegetação na identificação de áreas queimadas. Alguns estudos mostram que o índice NDVI é uma referência para diversos estudos para analisar a extensão, dinâmica e severidade das áreas queimadas (HOWARD e LACASSE, 2004; MILLER e THODE, 2007).

O tema sobre análise de cicatrizes de fogo na vegetação partiu da vivência ocorrida no estágio curricular realizado no IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis) na Superintendência Estadual do Ceará, que tinha como objetivo o monitoramento diário de focos de calor no Ceará a partir do uso da ferramenta de banco de dados de queimadas do INPE e o conhecimento sobre a utilização da fogo na agricultura. Dessa forma e com o desejo de aprofundar os conhecimentos na área, verificou-se a necessidade de se obter um melhor conhecimento sobre a resposta da vegetação característica da região metropolitana de Fortaleza frente a ocorrência de queimadas.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar focos de calor e índice de vegetação nas cicatrizes de fogo na região metropolitana de Fortaleza – CE, entre os anos de 2015 e 2018.

2.2 Específicos

- Determinar e analisar os principais focos de calor entre os anos de 2015 e 2018 na região metropolitana de Fortaleza – CE, utilizando imagens do satélite Aqua;
- Selecionar as principais áreas com cicatrizes de fogo em imagens do satélite Aqua, na região metropolitana de Fortaleza – CE.
- Processar imagens do satélite Landsat 8 e gerar índice de vegetação NDVI e (*Normalized Difference Vegetation Index*) em área com cicatrizes de fogo localizadas na região metropolitana de Fortaleza – CE, utilizando imagens do satélite Landsat 8;
- Avaliar a temporalidade do NDVI da estimativa da cobertura vegetal em cicatrizes de fogo na região metropolitana de Fortaleza – CE.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Caracterização da região de estudo

A Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), localizada no estado do Ceará, é composta por 19 municípios. Foi criada pela Lei Complementar Federal nº 14, de 8 de junho de 1973, que instituía, também, outras regiões metropolitanas no país. A RMF possui uma área de 7.440,053 km², uma população com 4.051.744 habitantes, clima tropical com estação seca (Classificação climática de Köppen-Geiger: As). A região metropolitana de Fortaleza é a mais populosa do e a terceira de maior PIB (Produto Interno Bruto) de toda a região nordeste brasileira (IBGE, 2017).

Essa região metropolitana é uma transição entre regimes climáticos semiáridos e subúmidos (NIMER, 1972). De acordo com Castro et al. (2012) a pluviosidade é de 1.026,40 mm com temperatura média anual de 26 °C, chuvas concentradas de janeiro a junho, e potencial de evapotranspiração superior à precipitação, como a altitude que não ultrapassa os 200 m, favorecendo a entrada dos sistemas atmosféricos provenientes do oceano. A região é caracterizada pela presença de sertões circundantes (de origem cristalina, não estudados neste trabalho), tabuleiros pré-litorâneos (arenosos e argilo-arenosos) e planície litorânea, que inclui as praias, os campos de dunas móveis, dunas fixas, planícies ribeirinhas. Devido à forte influência de áreas litorâneas na região, o solo é do tipo profundo e lixiviados, ocorrendo grande aporte de salinidade e deste modo, é esperado que a composição florística das vegetações litorâneas seja diferente daquela registrada na Caatinga.

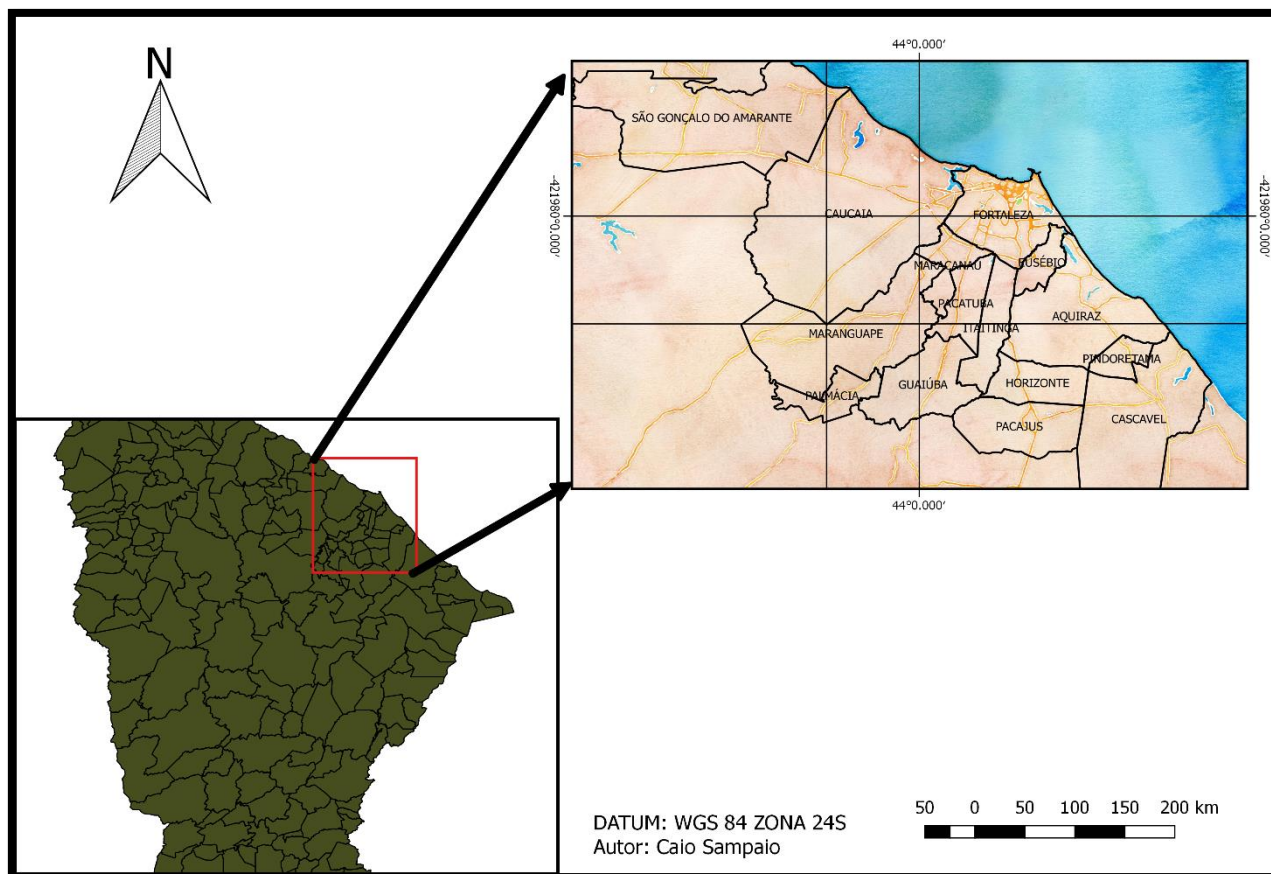


Figura 1: Mapa de localização dos municípios que compõem a Região Metropolitana de Fortaleza e sua localização no estado do Ceará. Fonte: Autor (2018).

3.2 Obtenção e tratamento das imagens

Para obtenção das imagens de satélite da região metropolitana de Fortaleza, utilizou-se os dados do site canadense Remote Pixel®, para os períodos de 2015 a 2018, pelo fato de que nesse período, os focos de calor detectados foram mais acentuados. Os focos de calor foram obtidos através do banco de dados de queimadas do INPE, que adota como satélite de referência o AQUA, que realiza o levantamento dos focos de calor diariamente e de maior confiabilidade na eficácia dos dados.

Para tratamento das imagens de satélite do Landsat 8, que apresenta órbita praticamente polar, posicionando-se de maneira heliossíncrona a uma altitude de aproximadamente 705 km. Existem dois sensores embarcados no satélite Landsat-8 o OLI (*Operational Land Imager*) e o TIRS (Thermal Infrared Sensor). Conforme apresentado na Tabela 1 os sensores a bordo do satélite Landsat-8 possuem faixa de imageamento de 170 km norte-sul por 185 km leste-oeste, resolução temporal de aproximadamente 16 dias, resolução espacial de 30m para as bandas do

visível, 15m para banda pancromática e 100m para as bandas termais (TIRS).

A composição de bandas, foi realizado no software livre Qgis na versão 2.18.22. para Rodrigues et al (2018) a composição de bandas para um melhor realce de áreas queimadas ocorre na composição 7, 5 e 4 no satélite Landsat 8, que está sendo usado no estudo. Já para o processamento de imagens do site Remote Pixel®, as bandas adotadas para melhor representação de áreas queimadas ocorrem na composição 7,5,2 do referido satélite. Dessa forma, para o estudo, foram adotadas a composição das bandas 7, 5 e 2 (infravermelho distante (SWIR II), infravermelho ondas curta e azul respectivamente). As bandas utilizadas são características para identificação de cicatrizes de fogo e identificar a vegetação referente a área estudada.

SATÉLITE LANDSAT 8	
Características	Sensores
	Operacional Land Imager (OLI) Bandas 1 a 9 e Thermal Infrared Sensor (TIRS) Bandas 10 a 11
Bandas espectrais/ Resolução espacial	Banda 1 Coastal Aerosol (0,43 a 0,45 μm) - 30 m
	*Banda 2 Blue (0,450 a 0,51 μm) - 30 m
	Banda 3 Green (0,53 a 0,59 μm) - 30 m
	Banda 4 Red (0,64 a 0,67 μm) - 30 m
	*Banda 5 Near Infrared NIR (0,85 a 0,88 μm) - 30 m
	Banda 6 SWIR 1 (1,57 a 1,65 μm) - 30 m
	*Banda 7 SWIR 2 (2,11 a 2,29 μm) - 30 m
	Banda 8 Pancromatic (0,50 a 0,68 μm) - 15 m
	Banda 9 Cirrus (1,36 a 1,38 μm) - 30 m
	Banda 10 Thermal Infrared TIRS 1 (10,6 a 11,19 μm) - 100 m
	Banda 11 Thermal Infrared TIRS 2 (11,5 a 12,51 μm) - 100 m
Resolução radiométrica	16 bits
Projeção	Projeção UTM, Datum WGS 1984
Revisita	16 dias
Órbita	Heliossíncrona (altitude de 705 km)

Tabela 1: Os * se referem as bandas de interesses utilizadas para detecção de queimadas na vegetação Fonte: United Geological Services Station (USGS, 2013)

3.3 Análise dos dados

A partir das imagens obtidas do portal Remote Pixel, não precisaram passar por um tratamento atmosférico, pois as mesmas já apresentavam correção para os respectivos anos de 2015 a 2018 em um período comum a ambos de junho a agosto. Com isso, foi realizada a composição das bandas de interesse, 7,5 e 2, e cada imagem foi reprojeta para o Datum WGS 84 Zona 24S, representando as coordenadas geográficas para o hemisfério sul, o qual se estendeu para todo o projeto. Ocorreu a composição dessas bandas de interesse através do processo de miscelânea no software Qgis, para que fossem geradas apenas a área de interesse a partir da imagem para ser caracterizada no projeto. Dessa forma, colocou-se apenas a região metropolitana de Fortaleza para cada ano em estudo e conseqüentemente os focos de calor detectados através do satélite AQUA do INPE. Os sensores presentes no satélite Landsat 8, o OLI (Operacional Landa Imager) e o TIRS (Thermal Infrared Sensor), no caso o trabalho ocorreu com a ajuda do sensor OLI tanto para a análise da vegetação quanto para a sensibilidade aos focos de calor.

Para o cálculo NDVI utilizando as bandas 4 (Vermelho) e Banda 5 (Infravermelho próximo) próprias para imagens do satélite Landsat 8 para os respectivos períodos de 2015 a 2018 em relação a área da região metropolitana de Fortaleza. Com isso vindo a facilitar para a identificação de alguma cicatriz de fogo que porventura possa estar caracterizada na imagem de satélite.

O NDVI insere-se como uma ferramenta de avaliação após a passagem de cicatrizes de áreas queimadas através de uma análise temporal. Conforme Rosan e Alcântara (2015) a detecção de cicatrizes de queimadas e severidade do fogo são informações importantes que auxiliam na compreensão de como os eventos de queimadas afetam o ecossistema, dessa forma O NDVI encaixa-se como um índice espectral para avaliar a potencialidade das queimadas e a sua severidade. Para o cálculo do NDVI deve-se levar em consideração os perfis sazonais e temporais das atividades da vegetação, para que se possa realizar comparações interanuais destes perfis. Com isso, para os alvos terrestres o limite inferior torna-se aproximadamente zero (0) e o limite superior aproximadamente a 0,80. A normalização ocorre através da equação:

$$NDVI = \frac{(\rho_{ivp} - \rho_v)}{(\rho_{ivp} + \rho_v)}$$

Sendo ρ_{ivp} a frequência de reflectância bidirecional (FRB) no infravermelho próximo e ρ_v o FRB no vermelho.

4. RESULTADOS

No estado do Ceará para o ano de 2015 ocorreu uma concentração dos focos em boa parte da região metropolitana de Fortaleza, aproximadamente 212 focos (Figura 2). O município de Maranguape apresentou aproximadamente 46 focos, uma maior quantidade em relação aos outros municípios. Isso foi constatado com o satélite AQUA utilizado como referência no banco de dados de queimadas do INPE (Figura 2).

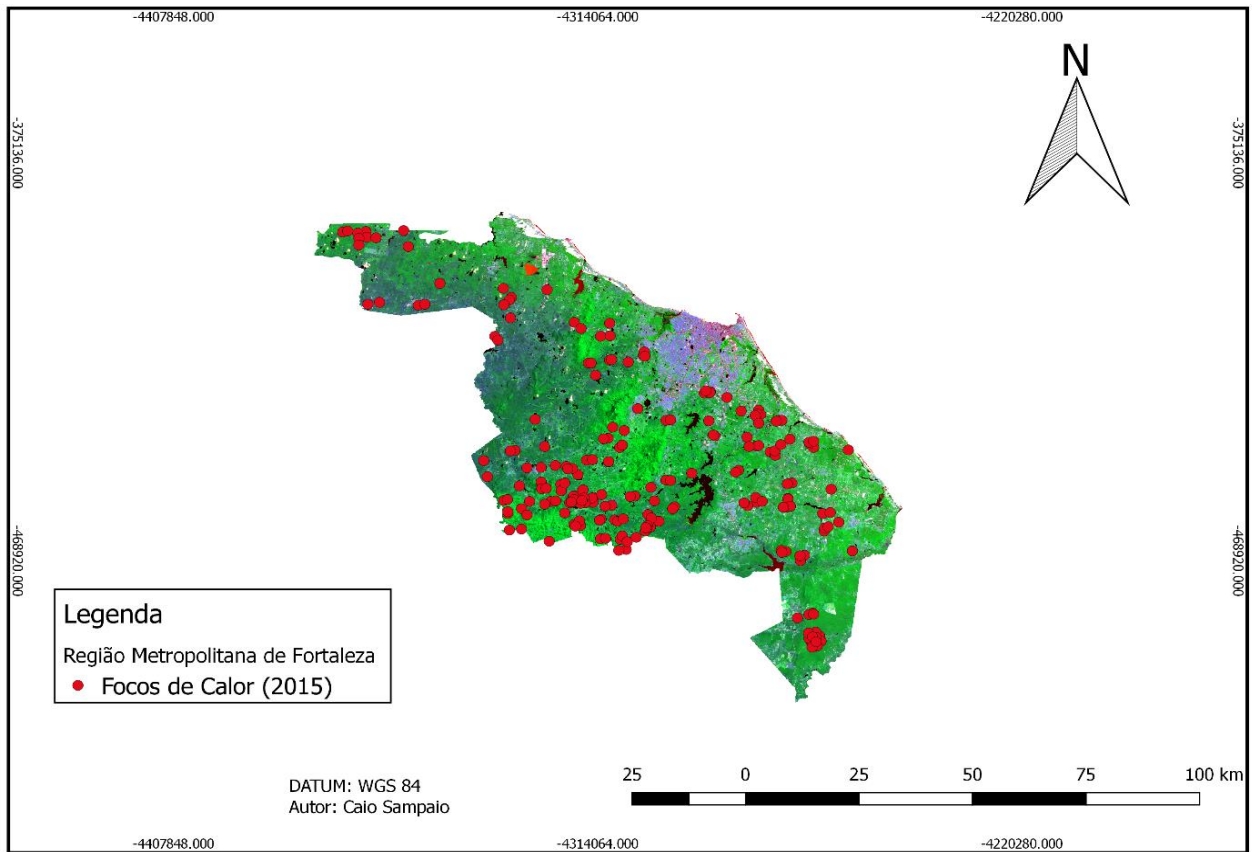


Figura 2: Caracterização da região metropolitana com os focos de calor no ano de 2015. Fonte: Autor (2018)

No estado do Ceará no ano de 2016 ocorreu um aumento significativo nos focos de calor registrados pelo satélite AQUA, em torno de 20% em relação ao ano anterior, porém sua concentração se deu mais ao sertão e Centro – Sul do estado. Com isso, pode-se notar que mesmo com o recuo da vegetação em relação ao ano de 2015, os focos de calor na região

metropolitana não foram tão significativos a ponto de se registrar a ocorrência de queimadas tão agressivas ao solo e vegetação.

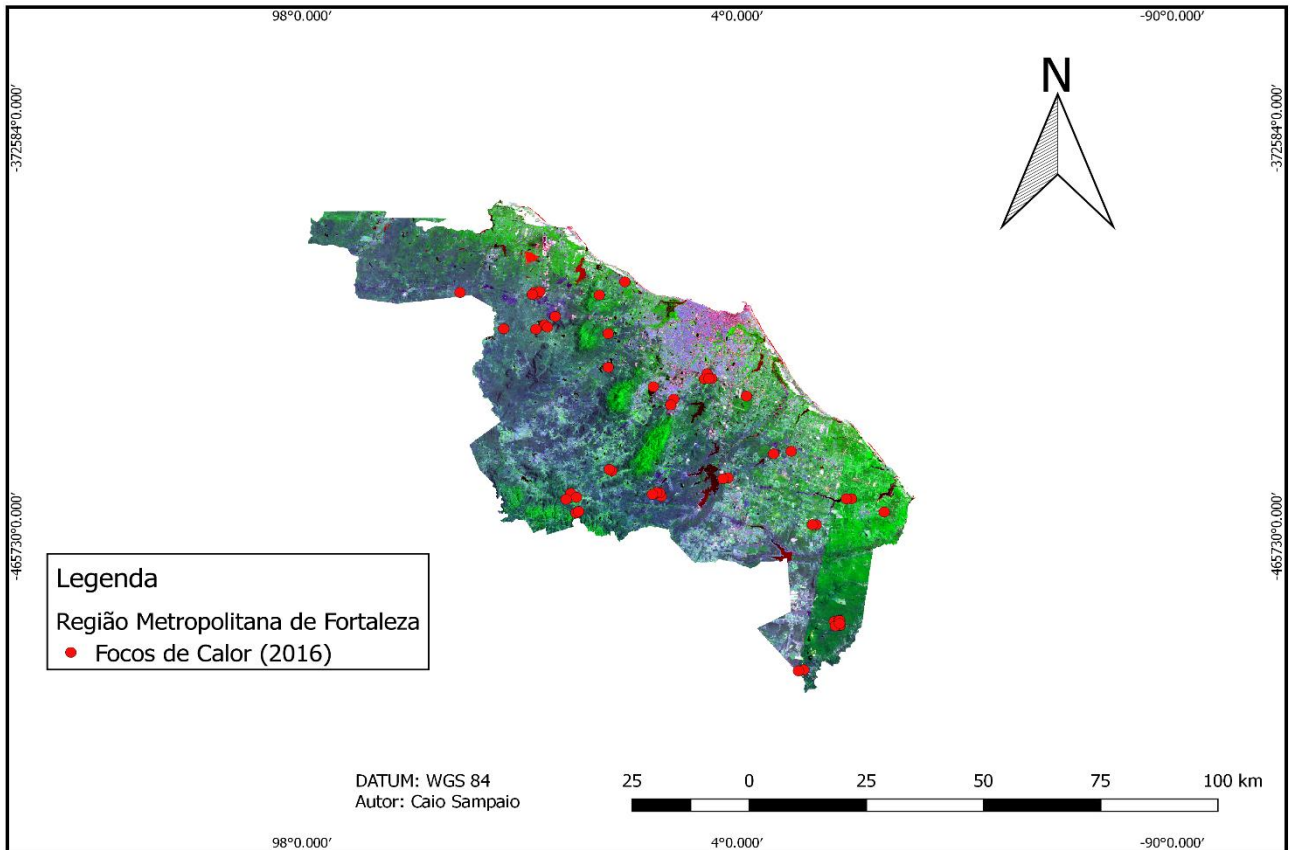


Figura 3: Caracterização da região metropolitana de Fortaleza no ano de 2016. Fonte: Autor (2018)

Com relação ao ano de 2017 os focos de calor registrados apresentam semelhança em relação ao ano de 2015, mas nesse caso o destaque fica por conta dos municípios de São Gonçalo do Amarante e Caucaia, os dois com grande importância na região tanto no quesito industrial quanto populacional, o qual pode ocorrer significativas cicatrizes de fogo no solo afetando assim a vegetação.

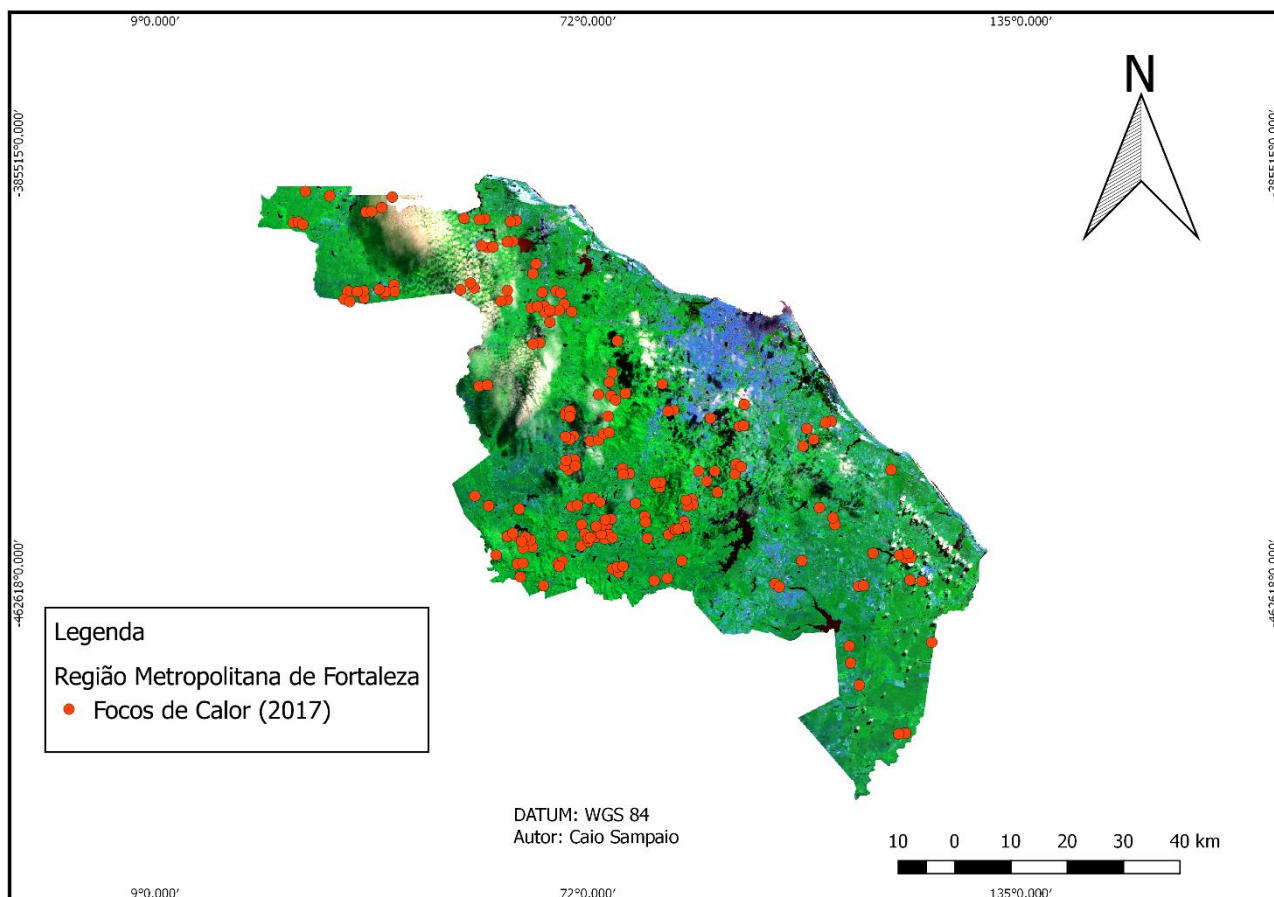


Figura 4: Caracterização da região metropolitana de Fortaleza no ano de 2017. Fonte: Autor (2018)

A partir do uso do NDVI, utilizado para identificação dos pontos de queimada e sua influência sobre a vegetação, se deu a caracterização da perda de área de vegetação típica que ocorre na região metropolitana de Fortaleza. Para o ano de 2015 se inicia o processo de recuo da vegetação com indicativo de solo sem cobertura de vegetação e propenso a erosão. O agravamento dessa perda de vegetação caducifólia torna-se alarmante para o ano de 2016, ocorrendo um recuo ainda maior resumindo-se praticamente a vegetação litorânea da área. Para o ano de 2017 mostra-se um aumento de área de vegetação caducifólia apresentando uma ótima recuperação podendo ser evidenciado através das imagens do NDVI, utilizando a mesma matiz de cores em comparação com as outras imagens, o aumento progressivo dessa cobertura vegetal sobre o solo, diminuindo os efeitos de erosão e os riscos de queimadas futuras. Com relação ao ano de 2018, utilizando-se do mesmo período de janeiro a agosto para as outras imagens de NDVI dos anos anteriores, para o ano de 2018 a vegetação vem estabilizando sua recuperação e se adaptando ao ambiente da caatinga como um todo, demonstrando que com regulação das precipitações pluviométricas, diminui o risco de focos de incêndios florestais e crescimento regular da vegetação.

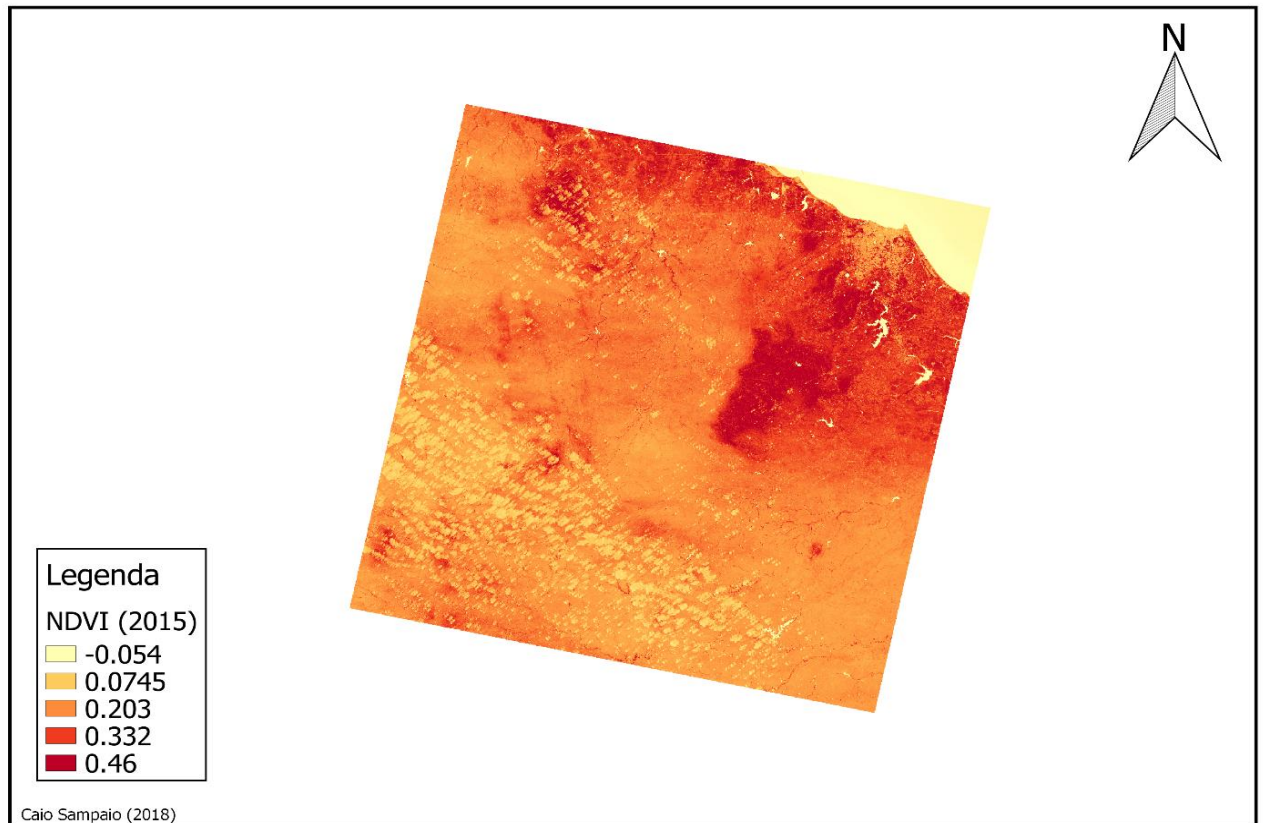


Figura 5: NDVI referente ao ano de 2015 na RMF. Fonte: Autor (2018)

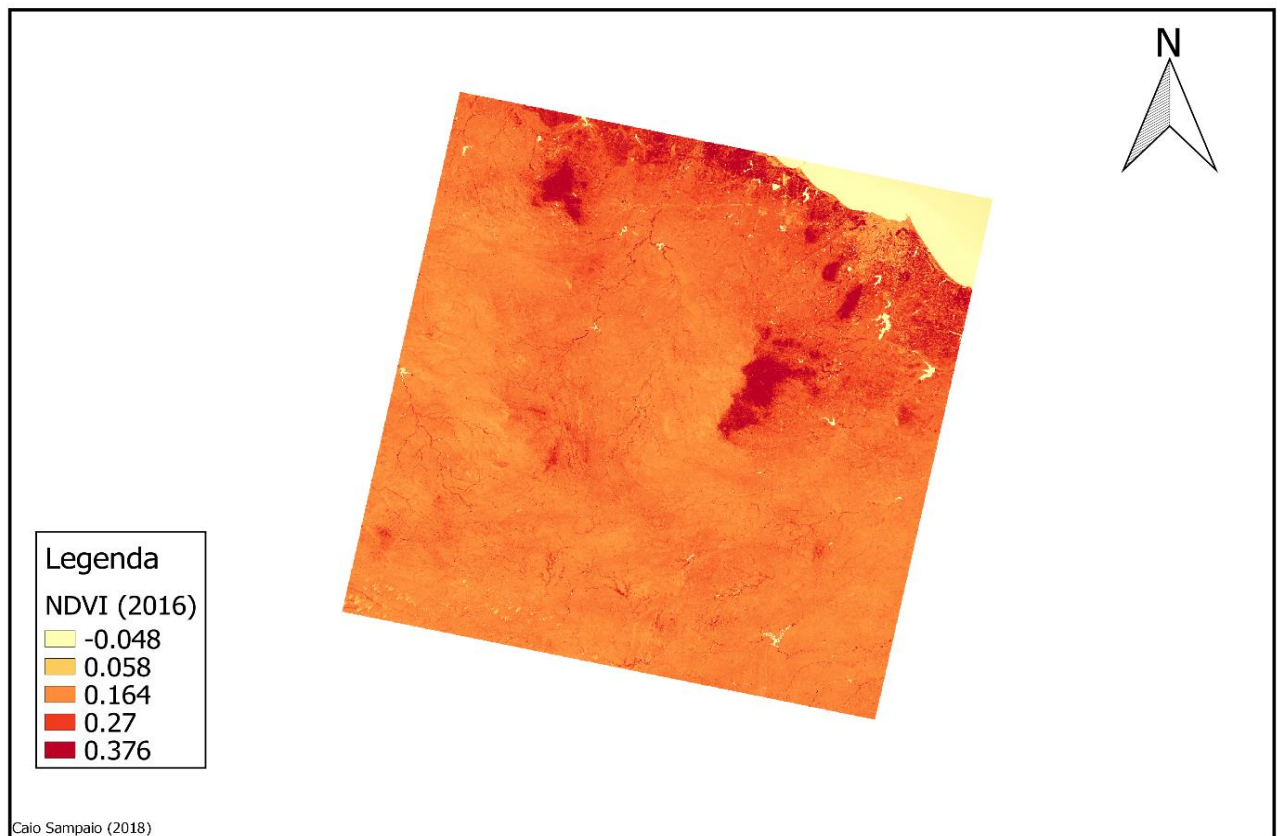


Figura 6: NDVI referente ao ano de 2016 na RMF. Fonte: Autor (2018)

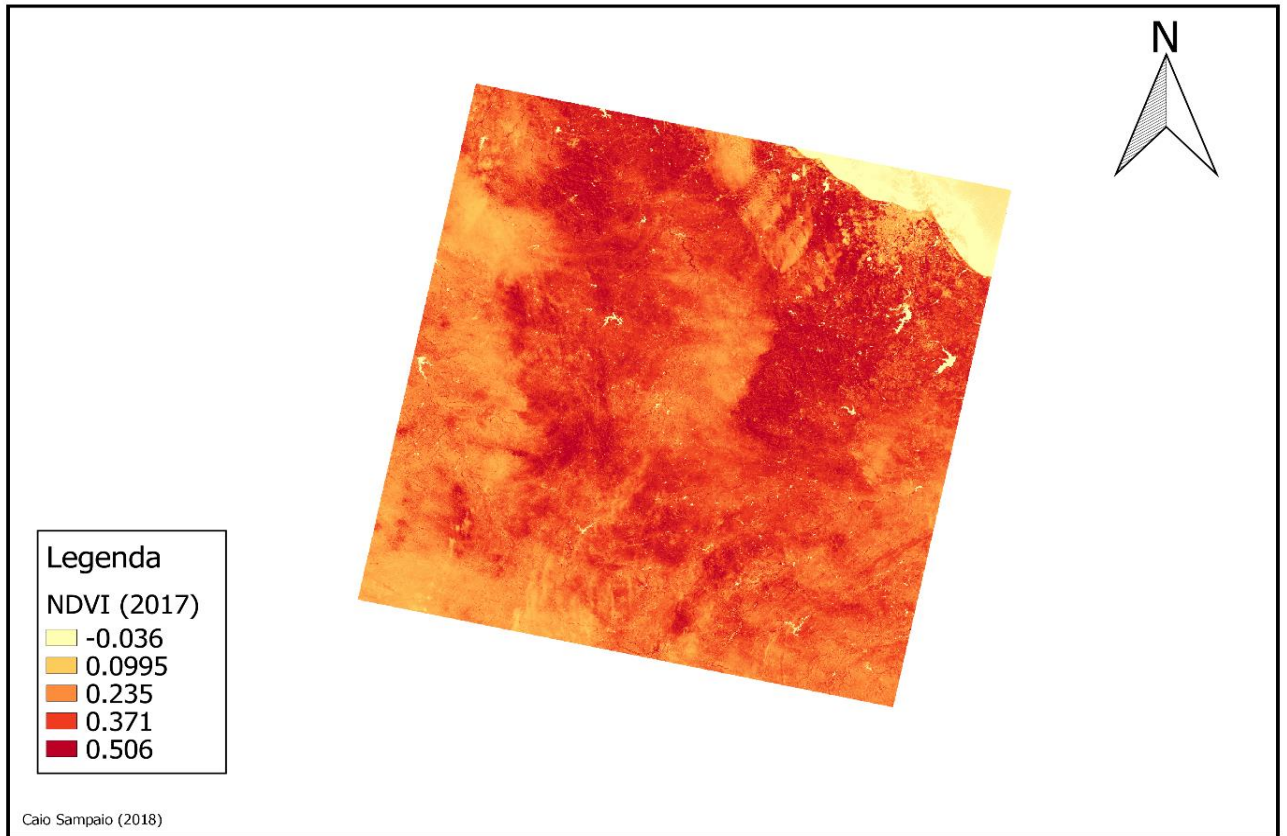


Figura 7: NDVI referente ao ano de 2017 na RMF. Fonte: Autor (2018)

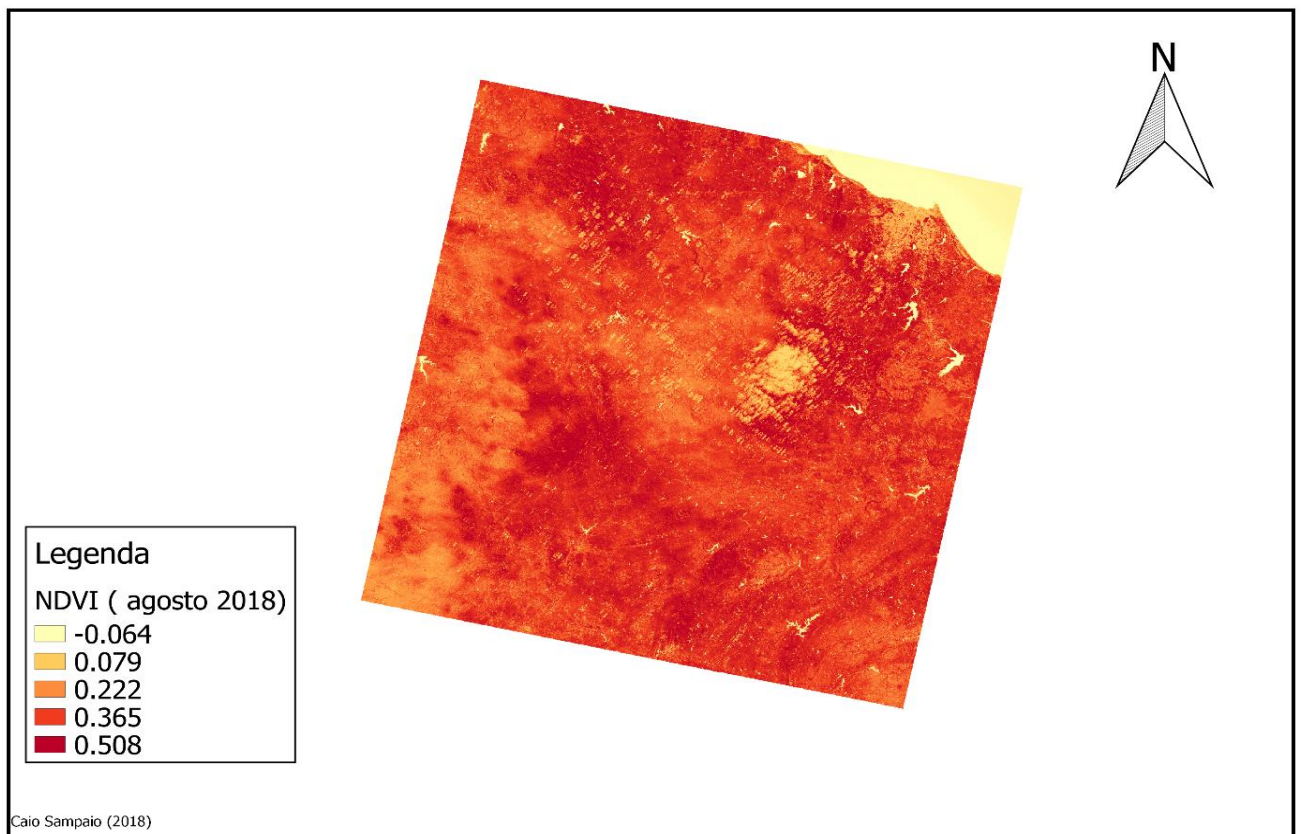


Figura 8: NDVI referente até agosto de 2018 na RMF. Fonte: Autor (2018).

Com relação a identificação de áreas queimadas utilizando as imagens de satélite do Landsat 8, através da análise dos focos de calor nos anos de 2015 a 2018 na RMF, pode-se constatar que no específico ano de 2015, a cicatriz deixada pela queimada ocorrida na área que corresponde ao município de Cascavel – CE. A área que ocorreu a queimada, está localizada nas coordenadas a $-4,38^\circ$ de latitude e $-32,38^\circ$ de longitude. O município apresentou maior quantidade de focos de calor registrados pelo satélite AQUA em comparação aos outros da RMF (INPE, 2018). Pelas características analisadas na imagem, evidencia-se uma queimada de baixa intensidade e em diferentes pontos, porém causando danos a vegetação e ao solo, e capaz com que ocorresse a sensibilização dos sensores presentes no satélite Landsat 8.

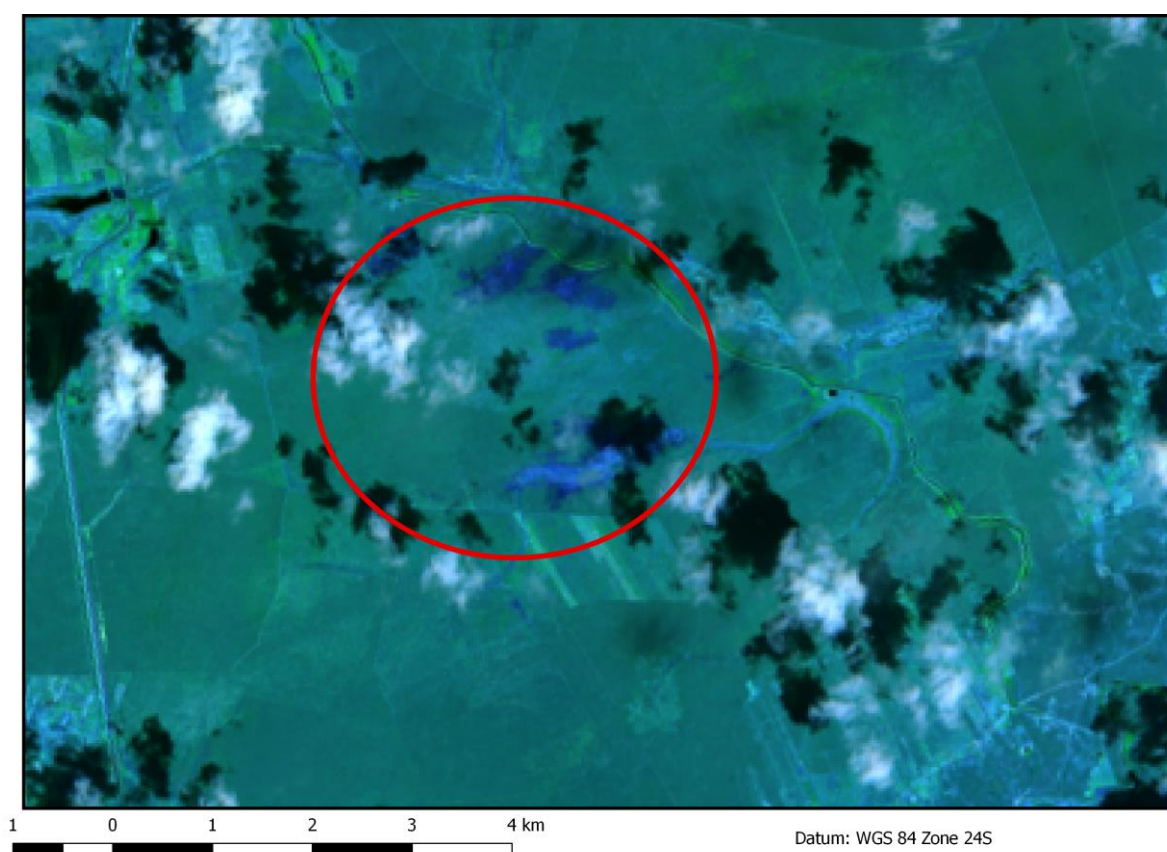


Figura 9: Presença de cicatrizes de fogo no município de Cascavel-CE no período de novembro de 2015. Fonte: Caio Sampaio (2018)

5. DISCUSSÃO

O aumento dos focos de calor, de 2015 para 2016, se deu pelo fato da permanência da escassez de pluviosidade, uma seca que já durava por volta de 5 anos com valores de precipitações abaixo da média histórica. Com isso, um impacto de imediato na área ocorre por

meio da consequente redução da vegetação, e o solo sem a cobertura vegetal acontece por causar maiores impactos de degradação e dessa forma se tornando vetor propício para o início do processo de combustão, ocasionando início de queimadas frequentes facilitadas pela baixa umidade, forte ação dos ventos e dependendo do regime do fogo, intensidade do fogo, época do ano que podem atuar como agentes dispersores desse fogo. De acordo com o INPE (2018), nos anos de 2015 e 2017, houve uma redução desses focos de calor em torno de 20% em relação ao ano de 2016, no entanto nos anos de 2015 e 2017, os focos de calor se concentraram em vários municípios da RMF.

Deve-se levar em consideração que ação do fogo na vegetação causa distúrbios fisiológicos e efeitos de perdas significativas na composição química do solo, causando a redução da capacidade de troca de cátions e elevar seu potencial de acidez, pelo efeito das cinzas que podem diminuir teores de Al e ácidos orgânicos (COSTA e RODRIGUES, 2015).

O uso do NDVI é relacionado ao fato de ser um parâmetro que realiza o levantamento da vegetação de uma determinada área, com isso ele se aplica ao realizar o estudo sobre a área de vegetação presente na região metropolitana de Fortaleza. A partir da interpretação dos números obtidos através do método, o biênio 2015/2016 ocorreu a grande perda de área de vegetação presente nessa região o que se agrava principalmente ao ano de 2016 com um cenário inicial de um processo de desertificação em que o solo praticamente sem cobertura de vegetação e com iminentes possibilidades de degradação. Dessa forma, pode-se fazer uma correlação ao fato de que o estado do Ceará chegava ao ano de 2016 com cinco anos de precipitações abaixo da média (FUNCEME, 2018), as altas temperaturas que são registradas no estado principalmente no segundo semestre do ano e como a vegetação caducifólia que é característica do bioma caatinga, perde folhas e galhos para se adaptar a falta de água para que não ocorra a morte da planta, toda essa matéria perdida que fica depositado sobre o solo, é material combustível devido a sua grande perda de umidade, com isso promover o combustível para o início de um incêndio florestal. Para os anos de 2017 e no período até agosto do ano de 2018, foram observados de acordo com a FUNCEME (2018), 1142 mm e 982 mm respectivamente para a RMF, diante disso através das imagens de satélite analisadas para estudo, pode-se fazer uma correlação com as precipitações dentro da média histórica para a região e a recuperação da vegetação com o aumento gradativo dos números baseando-se no NDVI e na análise visual, o que mostra outra característica do bioma caatinga, a recuperação imediata da vegetação com a regularidade da pluviosidade. De acordo com o INPE (2018), o Ceará registrou em efeito de comparação para o ano de 2017 em relação ao ano de 2016 uma diminuição de cerca de 20% dos focos de calor, com isso evidenciando a relação entre queimadas e regularidade de

precipitações, e na RMF fica claro essa redução de focos para o ano de 2017 como é mostrado na imagem (figura 4).

De acordo com Trindade et al. (2009), O uso de índices multiespectrais em imagens de satélite constitui-se numa importante fonte para identificação e mensuração de áreas queimadas. Segundo a USGS (2013) os sensores OLI e TIRS proporcionam um melhor desempenho radiométrico (16 bits) possibilitando uma maior caracterização de alvos da imagem, também contribuindo bastante para a diminuição do efeito de sombras, dessas formas as bandas utilizadas para detecção de áreas queimadas (7,5 e 2 respectivamente) utilizaram-se das imagens dos dois sensores.

Como se evidencia na figura 9, mostra-se que o fogo se espalhou por alguns pontos, porém não apresentou ter tomado grandes proporções de modo que atingisse toda a extensão territorial e causasse maior prejuízos ao ambiente como um todo. A partir do estudo dos focos de calor no momento de seu registro pelo satélite AQUA a queimada ocorreu no mês de novembro, que recorre ao fato de que no referido mês apresentou maiores focos de calor em todo o estado do Ceará, com isso mostrando o aumento significativo de queimadas em relação aos outros meses do ano.

Para uma melhor representação dos resultados recomenda-se o trabalho de campo tendo em vista a ocorrência de classificações estimadas para mais ou para menos. Porém ressalta-se a importância da realização de trabalhos in loco para definição da dinâmica do incêndio com base nos indicadores de queima e no mapeamento das áreas de estudo o que permite aumentar a confiabilidade dos resultados obtidos.

O fogo é um dos distúrbios mais frequentes que ocorrem nos ecossistemas florestais, interferindo de forma marcante na sucessão de determinadas comunidades. O seu impacto sobre a vegetação depende de muitos fatores, incluindo o estágio de sucessão e a intensidade do fogo (VAUX et al., 1984). O Fogo precisa ser estudado de forma mais incisiva no que concerne à como ele pode se propagar, como pode afetar as próximas gerações de fauna e flora e sua utilização como ferramenta auxiliar no meio florestal o que para as condições brasileiras ainda são incipientes.

Para o estudo do fogo e suas ações no bioma caatinga ainda existem poucos trabalhos voltados para esse viés como acontece no bioma cerrado. O fogo para o cerrado significa influência no processo evolutivo, gerando alterações na composição das espécies e nas interações entre espécies da fauna e flora. Algumas espécies vegetais adaptadas a esse bioma apresentam caules subterrâneos que mesmo após a passagem das queimadas, apresentam grande poder de rebrota e tolerância ao fogo. No que se refere ao bioma caatinga os estudos

referem-se em maior quantidade aos efeitos causados no solo, como a perda de nutrientes e os efeitos das cinzas após a passagem das queimadas no solo, e apresenta alguma deficiência de trabalhos voltados para como ocorre o comportamento da vegetação após a ação do fogo e sua capacidade de resiliência. Com isso o alicerce para novos trabalhos com a temática em questão se volta para estudos de outros biomas e outras características de vegetação.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região metropolitana de Fortaleza registrou grande quantidade de focos de calor principalmente no ano de 2015 com evidências de queimadas através de análise de imagens do satélite Landsat 8.

Devido a ocorrência de precipitações regulares a vegetação apresentou aumento significativo de recuperação no ano de 2017 para a RMF, o que pode ser constatado através da análise dos números do índice NDVI.

Com os resultados apresentados, pode-se iniciar um processo de melhor conhecimento a respeito dos efeitos do fogo na RMF, visando a resposta do solo e o comportamento da vegetação após a passagem das queimadas.

Por fim, e não menos importante, concluímos que neste estudo não foi possível demonstrar meu crescimento profissional e pessoal que deu-se com o início do estágio e se concretiza com a realização desse estudo, onde pude criar vínculos e perceber a dimensão do impacto ambiental e degradação que as queimadas podem causar e o quão importante é o aprofundamento nesse assunto para que o conhecimento seja melhor divulgado e estudado.

7. REFERÊNCIAS

BAER, Werner. **A Economia Brasileira**. 2ª ed., São Paulo: Nobel, 2006, 506 p.

CABRAL, Ana Luisa A.; MORAS FILHO, Luiz Otávio; BORGES, Luís Antônio Coimbra. **Uso do fogo na agricultura: Legislação, impactos ambientais e realidade na Amazônia**. Fórum Ambiental da Alta Paulista, Lavras, v. 9, n. 5, p.159-172, ago. 2013. Disponível em: <https://www.amigosdanatureza.org.br/publicacoes/index.php/forum_ambiental/article/viewFile/577/601>. Acesso em: 10 abr. 2018.

COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C. Efeito do fogo sobre vegetação e solo a partir de estudo experimental em ambiente de cerrado. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 30, n. 8, p.149-165, 18 ago. 2015.

COUTINHO, Marcos Antônio Neris. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI, SAVI, RATIO E IAF para identificação de queimadas. **Caderno de Ciências Agrárias**, Montes Claros v. 8, n. 1, p.70-81, 20 abr. 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Edmilson Evangelista. **Alternativas ao uso do fogo na agricultura e as etapas para planejamento de uma queimada controlada**. 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2471085/alternativas-ao-uso-do-fogo-na-agricultura-e-as-etapas-para-planejamento-de-uma-queimada-controlada>>. Acesso em: 10 abr. 2018.

FRANÇA, D. A.; FERREIRA, N. J. **Considerações sobre o uso de satélites na detecção e avaliação de queimadas**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO, 12, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p.3017-3023. 1 DVD. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.11.30/doc/3017.pdf>>. Acesso em: 07 set. 2014.

HOWARD S. M, LACASSE J. M **An evaluation of gap-filled Landsat SLCOFF imagery for wildland fire burn severity mapping**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 70, p.877 – 880.

JUSTICE, C.; MALINGREAU, J; SETZER, A. W. **Satellite remote sensing of fires: potential and limitations. In: Ecological, atmospheric, and climatic importance of vegetation fires.** John Wiley and Sons, 1993. p. 77-88.

LOMBARDI, R. J. R. **Estudo da recorrência de queimadas e permanências de cicatrizes do fogo em áreas selecionadas do cerrado brasileiro, utilizando imagens TM/Landsat.** 2003. 172 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sensoriamento Remoto, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2003.

MAGALHAES, G. B; ZANELLA, M. E. **Comportamento Climático da Região Metropolitana de Fortaleza = Dynamics of Climate of Metropolitan Region of Fortaleza.** Mercator, Fortaleza, v. 10, n. 23, p. 129 a 145, dec. 2011. ISSN 1984-2201.

MANUELA MUSITANO. **O homem e o fogo.** 2012. Disponível em: <http://www.invivo.fiocruz.br/o_homem_e_o_fogo.html>. Acesso em: 09 abr. 2018.

MARTINS, M. C. **Fogo: Visões, possibilidades e limites do seu uso na agricultura, nas unidades de conservação e nas atividades florestais.** 2017. 110 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

MENEZES, Marcelo Oliveira Teles de. **O Complexo Vegetacional da Zona Litorânea no Ceará: Pecém, São Gonçalo do Amarante.** *Acta Botanica Brasilica*, [s.l.], v. 26, n. 1, p.108-124, mar. 2012. Fap - UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-33062012000100013>.

MILLER J.D, THODE A.E. **Quantifying burn severity in a heterogeneous landscape with a relative version of the delta Normalized Burn Ratio (dNBR).** *Remote Sensing of Environment*, 109, p.66-80, 2007 doi:10.1016/J.RSE.2006.12.006.

NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A. G.; ALENCAR, A. A. **A Floresta em Chamas: origens, impactos e preservação do fogo na Amazônia.** Programa Piloto para Proteção de Florestas Tropicais do Brasil. Brasília, 1999.

PESSOA, Otávio Augusto de Araújo. Monitoramento da reflectância espectral após extinção

do fogo e uma proposta para detecção de áreas queimadas em vegetação campestre de cerrado. **Revista Brasileira de Cartografia**, Brasília, v. 6, n. 67, p.1131-1143, out. 2015.

RIBEIRO, Guido Assunção. **Estudo do Comportamento do Fogo e de Alguns Efeitos da Queima Controlada em Povoamentos de *Eucalyptus viminalis* labill, em Três Barras, Santa Catarina**. 1997. 163 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1997.

RIBEIRO, G. A.; MARTINS, M. C. **Incêndios Florestais. Eucaliptocultura no Brasil: Silvicultura, manejo e ambiência**. Suprema Gráfica e Editora Ltda. Viçosa, MG. 2014. 551 p.

RODRIGUES, J.A. et al. Burned Area Mapping on Conservation Units of Mountains Region of Rio de Janeiro Using Landsat-8 Data During the 2014 Drought. **Anuário do Instituto de Geociências - Ufrj**, [s.l.], v. 41, n. 1, p.318-327, 16 maio 2018. Instituto de Geociências - UFRJ. http://dx.doi.org/10.11137/2018_1_318_327.

ROSAN, T. M.; ALCÂNTARA, E. Detecção de áreas queimadas e severidade a partir do índice espectral ΔNBR . In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17., 2015, João Pessoa. **Anais...** . Presidente Prudente: Sbsr, 2015. p. 526 - 533.

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA UNESP. Sandro Pereira Gonçalves. **Efeito estufa, suas causas e medidas para amenizar suas conseqüências**.2014. Disponível em: <<http://www.fc.unesp.br/~lavarda/procie/dez14/sandro/index.htm>>. Acesso em: 09 abr. 2018.

TRINDADE, C. A.; TRINDADE, B. O.; SANTANA, C. R. Uso de imagens de satélite para identificação de áreas queimadas para uso em laudos periciais de incêndios florestais. XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Belo Horizonte, n. 16, abr. 2013, p.2809-2816.

VAUX Jr., J.H.; GARDNER, P.D.; MILLS, T.J. **Methods for assessing the impact of fire on forest recreation**. Washington : USDA Forest Service, 1984. 3p.