



ISSN: 2447-3359

REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE

Northeast Geosciences Journal

v. 6, nº 1 (2020)

<https://doi.org/10.21680/2447-3359.2020v6n1ID18978>



ANÁLISE DE NDVI E TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE TERRESTRE UTILIZANDO A PLATAFORMA DO GOOGLE EARTH ENGINE EM ÁREA DE SAVANA AMAZÔNICA E FLORESTA SECUNDÁRIA, NO MUNICÍPIO DE VIGIA – PA

Juliane da Costa Cavalcante¹; Crislayne Azevedo Almeida²; Thiago Bandeira Castelo³

¹Mestre em Ciências Ambientais, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém/PA, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8013-3764>

Email: julianecosta63@gmail.com

²Mestre em Ciências Ambientais, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém/PA, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9257-8333>

Email: crysazalmeida@gmail.com

³Doutorando em Economia, Programa de Pós-graduação em Economia, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém/PA, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8118-3827>

Email: thiagobcastelo@gmail.com

Resumo

A Savana Amazônica é um ecossistema com carência de estudos científicos sobre os efeitos das mudanças de uso da terra e da temperatura da superfície terrestre. Além disso, as florestas secundárias na Amazônia são áreas que podem ser afetadas pelas mudanças de uso da terra, haja vista o seu relacionamento fronteiro com a savana. Neste sentido, o presente estudo teve como objetivo: i) analisar o Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) em regiões de Savana amazônica e floresta secundária e ii) verificar o comportamento da temperatura superficial da terra no município de Vigia, Estado do Pará utilizando a plataforma Google Earth Engine (GEE). Justifica-se a escolha do município de Vigia devido o seu território comportar ecossistemas de savana e floresta secundária e sofrer pressões humanas devido à inflexão de atividades agropecuárias ao longo dos anos. Os resultados do estudo revelaram que as temperaturas da superfície terrestre em Vigia giram em torno dos 28,91°C (mínima) e 31,71°C (máxima). Além disso, os NDVI próximos de 1 em áreas de floresta secundária, exceção do ano de 2014 (0,23) mostram que apesar das mudanças antrópicas na terra, o

ecossistema conserva boa parte de sua vegetação, onde a plataforma GEE se mostra capaz de auxiliar no planejamento e monitoramento de áreas de savana e floresta secundária.

Palavras-chave: Floresta; Google Earth Engine; Savana; Temperatura.

NDVI AND TERRESTRIAL SURFACE TEMPERATURE ANALYSIS USING THE GOOGLE EARTH ENGINE PLATFORM IN THE AMAZON SAVANNA AND SECONDARY FOREST AREA, IN VIGIA - PA

Abstract

The Amazonian Savanna is an ecosystem in need of scientific studies on the effects of changes in land use and the temperature of the earth's surface. Moreover, secondary forests in the Amazon are areas that can be affected by land use changes, given their border relationship with the savanna. Therefore, this study aimed: i) analyze the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) in regions of amazonian savanna and secondary forest and ii) verify the behavior of the surface temperature of the land in the municipality of Vigia, State of Pará using the Google Earth Engine (GEE) platform. The choice of the municipality of Vigia is justified due to its territory containing savanna and secondary forest ecosystems and suffering human pressure due to the inflexion of agricultural activities over the years. The results of the study revealed that the Earth's surface temperatures in Vigia revolve around 28.91 °C (minimum) and 31.71 °C (maximum). In addition, NDVI close to 1 in secondary forest areas, except for the year 2014 (0.23) show that despite human changes in the land, ecosystem conserve a good part of their vegetation, where the GEE platform is able to assist in planning and monitoring of savanna and secondary forest areas.

Keywords: Forest; Google Earth Engine; Savanna; Temperature.

ANÁLISIS DE NDVI Y TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA UTILIZANDO LA PLATAFORMA GOOGLE EARTH ENGINE EN UN ÁREA DE LA SABANA AMAZÓNICA Y EL BOSQUE SECUNDARIO, EN EL MUNICIPIO DE VIGIA – PA

Resumen

La sabana amazónica es un ecosistema que necesita estudios científicos sobre los efectos de los cambios en el uso del suelo y la temperatura de la superficie terrestre. Además, los bosques secundarios en la Amazonía son áreas que pueden verse afectadas por los cambios en el uso de la tierra, dada su relación fronteriza con la sabana. En este sentido, el presente estudio tuvo como objetivo: i) analizar el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en regiones de sabana amazónica y bosque secundario y ii) verificar el comportamiento de la temperatura superficial de la tierra en el municipio de Vigia, Estado de Pará utilizando la plataforma Google Earth Engine (GEE). La elección del municipio de Vigia se justifica debido a que su territorio contiene sabanas y ecosistemas forestales secundarios y sufre la presión humana debido a la inflexión de las actividades agrícolas a lo largo de los años. Los resultados del estudio revelaron que las temperaturas de la superficie de la Tierra en Vigia giran alrededor de 28.91 ° C (mínimo) y 31.71 ° C (máximo). Además, los NDVI cercanos a 1 en áreas de bosque secundario, excepto en 2014 (0.23) muestran que a pesar de los cambios antrópicos en la tierra, el ecosistema conserva una buena parte de su vegetación, donde la plataforma de GEI puede asistir en la planificación y monitoreo de sabanas y áreas de bosque secundario.

Palabras-clave: Bosque; Google Earth Engine; Sabana; Temperatura.

1. INTRODUÇÃO

A Savana é conceituada como uma vegetação xeromorfa, que ocorre em diferentes condições climáticas. Esta formação florística apresenta uma vegetação característica da floresta amazônica, adaptada através do tempo aos Latossolos aluminicos e mesmo aos Neossolos Quartzarênicos, através da migração de espécies xeromórficas florestais que iam se modificando através de novos ambientes lixiviados (IBGE, 2012; TOGNON et al., 1998). A Savana subdivide-se em quatro subgrupos de formação: Florestada, Arborizada, Parque e Gramíneo – lenhosa (IBGE, 2012).

Esse ecossistema encontra-se de forma dispersa pelo bioma Amazônico em meio à vasta floresta, inseridas principalmente nos estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, sendo nomeadas de Savanas Amazônicas. Essas áreas se apresentam em forma de mosaico, interrompidas por fragmentos florestais naturais (FEITOSA et al., 2016), possuindo um importante papel no funcionamento e manutenção dos recursos naturais.

Apesar de sua importância para o bioma amazônico, as áreas savânicas têm sido perturbadas devido à dinâmica de uso da terra associada à expansão das atividades agropecuárias, e ao aumento populacional (SILVA; OLIVEIRA, 2018). Esse processo se deu a partir do final da década de 1980 e está ligado ao modelo de desenvolvimento adotado pelos estados da Amazônia brasileira que estimulou o crescimento econômico com a flexibilização do uso dos recursos naturais presentes na região (DINIZ, 1998).

Da mesma forma, as florestas secundárias têm sido igualmente afetadas pelas alterações antrópicas, pois fazem fronteira com a savana. Essas alterações podem comprometer os diversos serviços ambientais oferecidos pela floresta, a exemplo da remoção de carbono atmosférico responsável pelo efeito estufa

e o fornecimento de matéria orgânica e alimentos para a fauna local (NOBRE; NOBRE, 2002).

Neste cenário, as ferramentas de processamento digital de imagens, têm facilitado estudos espaciais que envolvem mudanças nos usos e cobertura da terra, detectando e prevenindo o uso inadequado da terra em regiões florestais. O Google Earth Engine (GEE) se enquadra nessas ferramentas, sendo uma plataforma inovadora de processamento de sensoriamento remoto, desenvolvida pela empresa Google (HOROWITZ, 2015). Esta ferramenta permite análises multitemporais e espaciais de uma forma rápida e eficiente por meio de linguagens de programação JavaScript e Python (FERREIRA et al., 2017).

Concomitantemente, o Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) está sendo utilizado para medir a atividade clorofiliana da vegetação, analisando a cobertura florestal por vários períodos de tempo através das imagens de satélite. Este índice é um modelo resultante da combinação dos níveis de refletância em imagens de satélites, que provêm da equação composta pelas respostas das bandas espectrais do vermelho e infravermelho próximo (RAMOS et al., 2010).

Além da cobertura vegetal, as tecnologias voltadas ao processamento de imagens de satélite têm sido úteis para monitorar a temperatura de superfície terrestre (PIRES, 2015). A temperatura de superfície, diz respeito ao fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do alvo, sendo uma variável importante para a compreensão das interações entre a atmosfera e a superfície terrestre (FERREIRA et al., 2017). Através do uso de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento é possível detectar mudanças nas respostas espectrais de alvos de superfície, assim como avaliar a temperatura nos mais diversos recursos naturais (água, solo, vegetação) a fim de executar um planejamento regional adequado (PEREIRA et al., 2015).

De maneira geral, entender as mudanças na cobertura terrestre, com destaque a vegetação e os benefícios mútuos entre os ecossistemas (savana e floresta secundária) são fundamentais para melhorar gestão dos recursos naturais locais. Sendo assim, o presente artigo tem o objetivo de analisar o Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) e verificar o comportamento da temperatura da superfície (LST) em área de Savana Amazônica e floresta secundária através da plataforma Google Earth Engine (GEE) no município de Vigia – PA.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

As áreas de savana amazônica e floresta secundária investigadas localizam-se no município de Vigia-PA (Figura 1). O município tem uma área de 539,1 km² (IBGE, 2019) e possui sede municipal com as seguintes coordenadas geográficas: 0° 51' de latitude sul e 48° 08' de longitude oeste (SEPOF-PA, 2010).

O município de Vigia possui como característica climática uma precipitação elevada com cerca de 2.770 mm ao ano. Os primeiros seis meses do ano são os mais chuvosos e os meses de setembro e outubro são os menos chuvosos, coincidindo com o período do verão amazônico. A região do município como um todo apresenta temperatura média de 27°C (clima tropical-equatorial) (IDESP, 2011).



Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Autores.

2.2. Desenvolvimento e Uso de imagens LANDSAT-8 e MODIS

Para análise do NDVI foram utilizadas imagens de satélite Landsat 8 (LANDSAT/LC08/C01/T1_TOA), no período de 2013 a 2018. Para análise da temperatura da superfície foram utilizadas imagens do satélite MODIS (MODIS/006/MOD11A2 - LST_Day_1km), no período de 2009 a 2018. Ambas as coleções disponibilizadas na plataforma do Google Earth Engine (GEE). A escolha de distintos satélites objetivou apresentar diferentes fontes de dados ambientais, podendo ser aplicados em diversas modalidades de análise do uso da terra (agricultura, pastagem, área urbanizada e etc.).

Os pontos utilizados como amostragem para o levantamento de Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI – sigla em inglês) e temperatura da superfície (LST – sigla em inglês) do solo são: 0°48'32.77\"S 48°5'23.43\"W para floresta secundária e 0°48'30.63\"S 48°5'25.50\"W para savana amazônica.

A pesquisa contou ainda com uma visita de campo à área de estudo (município de Vigia) que permitiu o reconhecimento prévio das características das áreas de Savana Amazônica e de floresta secundária, ambas próximas e que estão no entorno do município. Nesta visita de campo, foram coletadas as coordenadas do local e registros fotográficos que auxiliaram no desenvolvimento da pesquisa. Os procedimentos de análise do NDVI e do LST foram executados através da plataforma Google Earth Engine - Google © (GEE).

2.3. Processamento na plataforma GEE

O processamento na plataforma Google Earth Engine possibilitou a elaboração do código para obtenção dos valores de NDVI e LST nas áreas de Savana Amazônica e floresta secundária. Na análise do LST utilizou-se como referência o código adaptado por Ferreira et al. (2017). Primeiramente selecionou-se a banda “LST_Day_1km” e converteu-se o seu valor de Kelvin para Celsius. O script elaborado para a obtenção desses dados consta no link: <https://code.earthengine.google.com/a01fe12f8fb669889b21f0936e86a92b>.

Para a obtenção no valor de NDVI utilizou-se a equação 1. Primeiramente selecionou-se a bandas do Vermelho (RED) e Infravermelho Próximo (NIR), posteriormente aplicou-se a equação. O script elaborado para a obtenção desses dados consta no link: <https://code.earthengine.google.com/e915aad6c53e5eb367f0d7fd834f752d>.

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

Os resultados obtidos são mostrados em forma de gráficos elaborados no Excel e na plataforma do GEE, assim como na forma de mapas. Para a obtenção dos valores de NDVI e LST das áreas em cada mês e ano utilizou média aritmética. Os raster (dados matriciais) gerados (NDVI e LST) na plataforma do GEE foram posteriormente exportados para o Software QGIS v. 3.6.2 (QGIS TEAM, 2015) para fins de elaboração do layout.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Savana Amazônica (Figura 2a) nesta região encontra-se próxima à floresta secundária (Figura 2b), caracterizando-se como um mosaico de área de Savana, ou seja, manchas isoladas. A região é caracterizada pela extração de minerais (Figuras 2c,d), entre os quais a areia e cascalho, utilizados na construção civil.

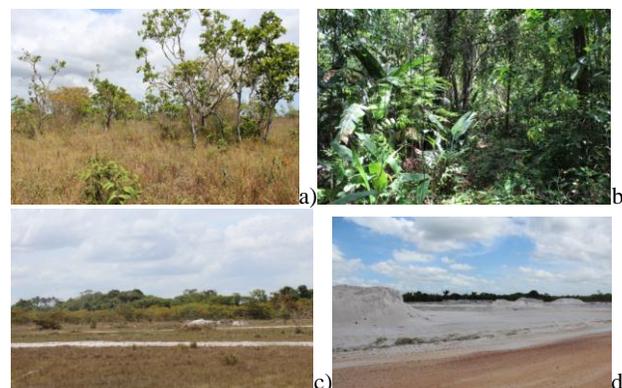


Figura 2 - (a) Savana Amazônica (b) Floresta secundária em Vigia – PA (c) Área de transição entre Savana Amazônica e Floresta secundária (d) Área de extração de areia próximo ao local de estudo. Fonte: Autores.

O gráfico gerado no GEE (Figura 3) mostrou a evolução anual dos valores de NDVI nos ambientes selecionados para o período de 2013-2018. Verificou-se que a variação de NDVI durante o período contou com quedas da atividade vegetativa nos anos de 2014 e 2015 e entre 2017 e 2018. Houve uma queda do NDVI no segundo semestre, época menos chuvosa na região amazônica, e aumento no primeiro semestre, época mais chuvosa. Com picos de NDVI no mês de julho, período de transição entre o “inverno amazônico” e “verão amazônico”, onde se dá início ao aumento da disponibilidade de radiação solar.

As diferenças de NDVI entre os períodos menos e mais chuvosos manifesta a relevância da disponibilidade de água como fator limitante da atividade fotossintética. Trentin et al. (2013), em estudo anterior, observaram que áreas de savana apresentaram menor variação entre os valores mínimos e máximos de NDVI,

devido a presença de uma área de vegetação nativa. Dessa forma, a resposta de NDVI segue mais lenta em comparação com áreas antropizadas.

Diferentes do estudo citado, no presente trabalho foram observadas pequenas variações entre os períodos do primeiro e segundo semestre do ano. A mesma relação foi observada por Teramoto et al. (2018), onde o umedecimento da zona radicular possibilitou o incremento da atividade fotossintética da vegetação, incrementando os valores de NDVI.

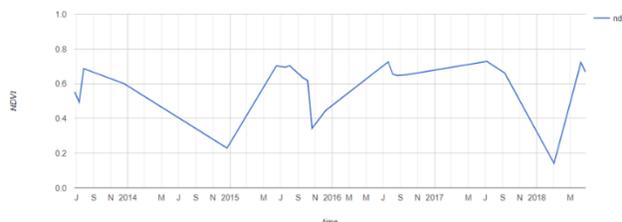


Figura 3 – Série temporal NDVI em áreas de Savana Amazônica e Floresta secundária, 2014 – 2018 através da plataforma GEE. Fonte: Elaborado pelos autores.

Os gráficos das figuras 4 e 5 mostram as médias anuais de NDVI para áreas de savana e floresta secundária, respectivamente. Analisando separadamente as áreas, ambas obtiveram um valor mínimo de NDVI no ano de 2014, com valores de 0,20 e 0,25 para as áreas de savana e floresta secundária, respectivamente. O valor máximo de NDVI para as duas áreas ocorreu em 2017 com 0,59 e 0,79 para áreas de savana e florestas secundárias respectivamente. Observando agora a média aritmética de ambas as áreas (Figura 6) o menor valor de NDVI também foi no ano de 2014, com 0,23, e o maior valor em 2017 de 0,69.



Figura 4 – Média NDVI em área de Savana Amazônica, 2013-2018 (Gerado no Excel). Fonte: Autores.



Figura 5 – Média NDVI em área de Floresta secundária, 2013-2018 (Gerado no Excel). Fonte: Autores.



Figura 6 – Média NDVI em área de Savana Amazônica e Floresta secundária, 2013-2018 (Gerado no Excel). Fonte: Autores.

Os altos valores de NDVI em áreas de floresta secundária são devido à influência da alta atividade fotossintética da vegetação ombrófila densa. Por outro lado, os valores de NDVI em área de Savana foram menores em comparação à floresta secundária, podendo ser devido à influência da predominância de vegetação espaçada de espécies arbustivas, de acordo com Trentin, Saldanha e Kuplich (2013). Estes autores, em seu estudo na bacia hidrográfica de São Marcos – GO observaram que o comportamento temporal do NDVI em áreas de savana foi menor do que em áreas de agricultura e pecuária. Isso pode ser explicado pela grande atividade fotossintética em áreas de agricultura, assim como pelas diferentes fases de pastagem, desde pasto limpo até sujo, este último com alto potencial fotossintetizante. Diferente disso, as áreas de savana amazônica possuem vegetação espaçada, obtendo, consequentemente, baixo potencial fotossintético por área de vegetação.

Os valores mínimos de NDVI em área de Savana (Figura 4) e Floresta secundária (Figura 5) foram semelhantes ao encontrado por Bayma & Sano (2015) nos municípios de Jatá/GO, Luís Eduardo Magalhães/BA, Mateiros/TO e São Miguel do Araguaia/GO. Com valores mínimos entre 0,39 e 0,46 para áreas de Savana e 0,64 para áreas de formação florestal. Os autores observaram que os valores mínimos em áreas de savana e formação florestal coincidiram com o início de eventos de desmatamento.

Os valores mínimos de NDVI podem ter interferência do desflorestamento ocasionado pela implantação de areal nas áreas de Savana. Essas áreas de extração de areia foram observadas em visita de campo (Figura 2d), onde muitas se encontravam abandonadas. De acordo com Mechi & Sanchez (2010), esta atividade de retirada de minérios causa impacto significativo ao meio ambiente, pois quase sempre o desenvolvimento dessa atividade retirada da vegetação, exposição do solo entre outros processos negativos.

O mapa na figura 7 espacializa a média dos valores de NDVI entre 2013-2018, município de Vigia – PA. Evidenciando o menor valor em área de savana e maior valor em área de floresta secundária.

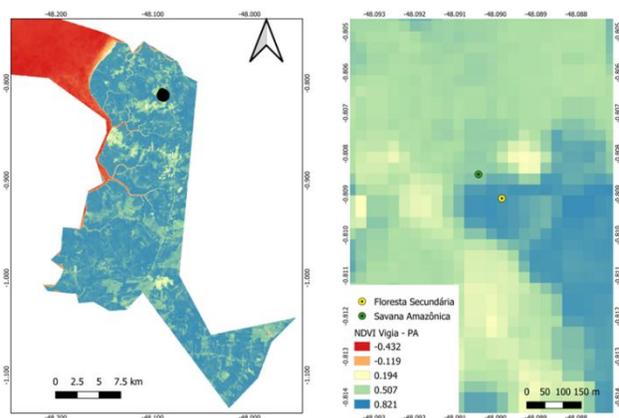


Figura 7 – Mapa dos valores de NDVI no município de Vigia – PA (2013-2018) processados em QGIS, versão 3.6.2. Fonte: Autores.

Devido à resolução de 1000 metros do sensor MODIS, ambas as áreas (savana amazônica e floresta secundária) obtiveram a mesma temperatura, pois são próximas uma da outra. No entanto, observando o mapa na figura 10, a circunvizinhança dos pontos estudados se encontra entre os valores 29,38 e 30,63 °C. Dessa forma, mesmo que o Sensor MODIS não seja viável para detalhar LST de áreas próximas devido à sua baixa resolução espacial, pode ser empregado quando se deseja observar a média de LST de uma região, ou seja, todo um ecossistema, assim como em áreas com distâncias maiores.

Os valores médios de LST ao longo dos anos, disponível nos gráficos das figuras 8 e 9, possuem valor mínimo e máximo de 28,91°C e 31,71°C, respectivamente. É possível observar também valores mínimos de temperatura durante o primeiro semestre, considerados de maior pluviosidade na região e os máximos na época menos chuvosa da região, principalmente em setembro e outubro. Por outro lado, observando a média de LST entre os anos analisados (2009 a 2018), especializados na Figura 10, indica que as duas áreas de estudo apresentam temperatura de superfície na faixa de 29,38 °C.

Além disso, outros fatores podem ter influenciado nos resultados como solo exposto, baixa vegetação, queimadas e desmatamento. Tais condições podem contribuir com o aumento de temperatura na região. Sobre isso, Souza, Silva e Silva (2016) analisaram as mudanças no uso do solo e seus impactos na temperatura da superfície em João Pessoa – PB, observando que os maiores valores de temperatura se encontram nas classes ‘área urbana’ e ‘solo exposto’. Ao mesmo tempo, o município de Vigia está localizado na mesorregião Nordeste do Pará, caracterizada por intensas mudanças de uso da terra devido às atividades ligadas a agricultura, pecuária e extração vegetal (ESCADA et al., 2005).

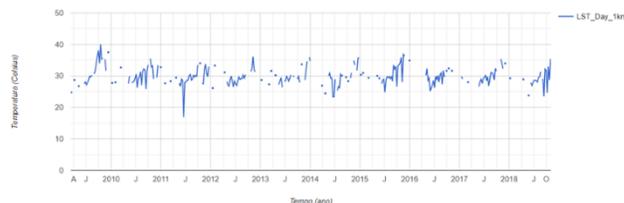


Figura 8 - Média LST em área de Savana Amazônica e Floresta secundária, 2009-2018, através da plataforma GEE. Fonte: Autores.

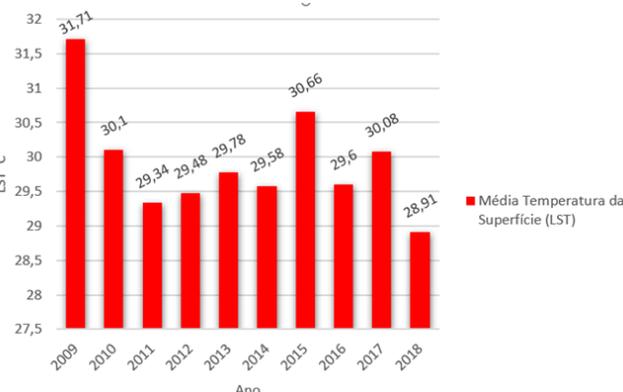


Figura 9 – Média LST em área de Savana Amazônica e Floresta secundária, 2009-2018 (Gerado no Excel). Fonte: Autores.

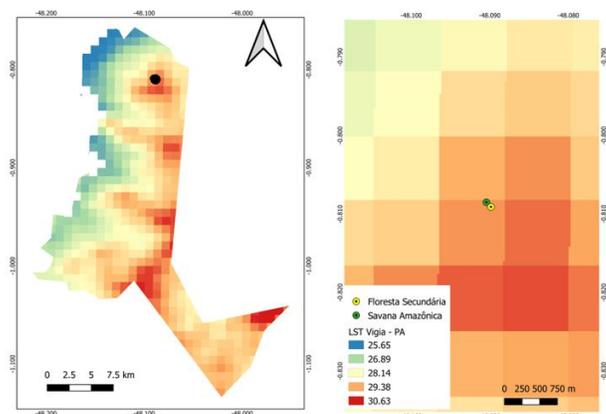


Figura 10 – Mapa dos valores de LST no município de Vigia – PA. Fonte: Autores.

As elevadas temperaturas (principalmente no segundo semestre) têm relação inversa com a umidade relativa do ar. Fernandes et al. (2018), por exemplo, observaram que os focos de calor no município de Parauapebas – PA se concentraram no período menos chuvoso. Da mesma forma as manchas de calor se intensificaram em locais próximos a centros urbanos e rodovias.

O aumento da LST, neste caso, pode favorecer o aparecimento de queimadas e incêndios florestais. Neste sentido, Uri & Kauffman (1990); Aragão et al. (2007) citam que o aparecimento de queimadas tem relação direta com os processos

de conversão da cobertura florestal para outros usos (agricultura, pecuária e extração madeireira) que deixam boa parte do solo exposto, o que por consequência, aumenta a temperatura superficial. A intensificação das atividades de uso da terra tem tornado as queimadas e incêndios florestais mais frequentes na região amazônica (ANDERSON et al., 2017).

Especificamente em Vigia, as alterações na cobertura da terra têm se dado, em grande parte, pela extração de areia (muitas vezes ilegalmente) nas proximidades de áreas savana e floresta secundária em Vigia – PA, ocasionando o aumento da retenção de calor no solo e risco de focos de incêndio. O processo de retirada de areia tende a provocar erosão e degradação do solo e Heberle et al. (2017) afirmam que a degradação tem impactos tanto na temperatura como no aumento de eventos extremos (enchentes e inundações). Logo, torna-se necessário maior atenção para as atividades extrativas na região, haja vista que, o uso indiscriminado do solo pode acarretar em alterações climáticas e perda da biodiversidade local.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A plataforma do GEE possibilitou o processamento de imagens dos sensores Modis e Landsat, gerando resultados de LST e NDVI, respectivamente, através de gráficos e mapas. Os resultados mostraram variações de NDVI nas áreas de savana e floresta secundária de Vigia – PA, de acordo com a sazonalidade e fatores limitantes na região (água e radiação). O NDVI próximo a 1 em áreas de floresta secundária mostram que apesar das mudanças de uso da terra, a vegetação analisada mantém boa atividade fotossintética.

Por outro lado, nas áreas de Savana amazônica, o baixo NDVI indica os efeitos negativos das alterações na cobertura terrestre sobre a vegetação savânica. Sobre o LST, não foi possível observar variações entre as duas áreas estudadas devido à baixa resolução espacial do sensor MODIS. No entanto, assim como o NDVI, observaram-se alterações de LST relacionadas à sazonalidade. Com maiores valores de LST no semestre menos chuvoso e menores valores no semestre mais chuvoso.

Dessa forma, sugerimos maiores estudos sobre o comportamento de NDVI e LST nestas duas áreas (savana e floresta secundária) na Amazônia, haja vista que, tais ecossistemas têm influência direta sobre o macroclima da região.

Por fim, conclui-se que as informações geradas com base nos dados históricos de NDVI e LST podem servir de auxílio para o entendimento do comportamento da vegetação durante os períodos chuvosos e menos chuvoso, assim como na geração de modelos de riscos de incêndio e desastres naturais como um todo na região amazônica.

5. REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. O.; YAMAMOTO, M.; CUNNINGHAM, C.; FONSECA, M. G.; FERNANDES, L. K.; PIMENTEL, A.; BROWN, F.; SILVA JUNIOR, C. H. L.; LOPES, E. S. S.; MOREIRA, D. S.; SALAZAR, N.; ANDERE, L.; ROSAN, T. M.; REIS, V.; ARAGÃO, L. E. O. C. Utilização de dados orbitais de focos de calor para caracterização de riscos de incêndios florestais e priorização de áreas para a tomada de decisão. *Revista Brasileira de Cartografia*, 2017, v. 69, n.1,

Edição Especial Geotecnologias e Desastres Naturais, p.163-177.

ARAGÃO, L. E. O. C.; MALHI, Y.; ROMAN-CUESTA, R. M.; SAATCHI, S.; ANDERSON, L.O.; SHIMABUKURO, Y. E. Spatial patterns and fire response of recent Amazonian droughts. *Geophysical Research Letters*, v. 34, n. 7, p.1-5, 2007.

BAYMA, A. P.; SANO, E. E. Séries Temporais de Índices de Vegetação (NDVI e EVI) do sensor Modis para detecção de desmatamentos no Bioma Cerrado. *Boletim de Ciências Geodésicas*, v. 21, n. 4, p.797-813, 2015.

CATUXO, V. T. S.; Costa, P. O.; SILVA, J. A.; GUERREIRO, S. L. M.; SANTOS, M. L. S. Análise da qualidade de água em um córrego localizado próximo a vila de 'São Cristovão', Vigia-PA. In: *Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia*, 2017, Belém. Trabalhos técnicos-científicos do Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 2017.

DINIZ, A. M. A. A evolução da fronteira em Roraima o caso das Confianças I, II e III. In: ALVES, C. L. E. (org.). *Formação do Espaço Amazônico e Relações Fronteiriças*. Boa Vista: Ed. Universidade Federal de Roraima, p.150-179, 1998.

ESCADA, M. I. S.; VIEIRA, I. C. G.; AMARAL, S.; ARAÚJO, R.; VEIGA, J. B. D.; AGUIAR, A. P. D.; VEIGA, I.; OLIVEIRA, M.; GAVINA, J.; FILHO, A. C., et al. Padrões e processos de ocupação nas novas fronteiras da Amazônia: apropriação fundiária e uso da terra no Xingu/Iriri. *Estudos Avançados*, v.19, n.54, p.9-23. 2005.

FEITOSA, K. K. L.; VALE JÚNIOR, J. F.; SCHAEFER C. E. G. R.; SOUSA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. P. R. R. Relações solo-vegetação em “ilhas” florestais e savanas adjacentes, no Nordeste de Roraima. *Ciência Florestal*, v. 26, n. 1, p. 135-146, 2006.

FERNANDES, T.; HACON, S. S.; NOVAIS, J. W. Z.; SOUSA, I. P.; FERNANDES, T. Detecção e análise de focos de calor no município de Parauapebas-PA, Brasil por meio da aplicação de geotecnologia. *Enciclopédia Biosfera*, v. 15, n. 28, p. 398-412, 2018.

FERREIRA, B.; ZIMMERMANN, D. M.; CRISPIM, L. C.; FLASH, M. F.; VIEIRA, C. A. O. Análise sazonal das temperaturas superficiais do estado de Santa Catarina entre os anos de 2000 e 2010. In: *Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositocarta*. p. 933-937, SBC, Rio de Janeiro – RJ, 6 a 9 de novembro de 2017.

HEBERLE, M.; SILVA, B. M. D. C.; LIMA, C. S.; QUINTAL, R. S.; REMPEL, C.; DALZUCHIO, M. S. Variações no microclima e características do solo em paisagens com diferentes coberturas vegetais: ação de campo junto ao Morro da Harmonia – Teutônia/RS. *Revista Destaques Acadêmicos*, v. 9, n. 3, 2017.

- HOROWITZ, F. G. MODIS daily land surface temperature estimates in Google Earth Engine as an aid in geothermal energy siting. In: *Proceedings World Geothermal Congress 2015*. Melbourne, Australia, 19 a 25 April, 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual Técnico de Vegetação Brasileira*. Rio de Janeiro, IBGE, 2012.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ – IDESP. *Estatística Municipal*. Vigia – PA, 2011. Disponível em: <<http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/vigia.pdf>> Acesso em: 23 fev. 2011.
- MECHI, A.; SANCHEZ, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. *Estudos Avançados*, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.
- NOBRE, C. A.; NOBRE, A. D. The carbon balance of brazilian amazon. *Estudos Avançados*, v.16, n. 45, p.81-90, 2002.
- PEREIRA, J. A. dos S. Estudo da alteração da vegetação a partir do NDVI e do albedo de superfície na Bacia do Rio Garça-PE. In: *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR*, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.
- QGIS TEAM, Q. D. *QGIS Geographic Information System: Free Software Foundation*. 2015. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html>. Acesso em: 01/05/2019.
- RAMOS, R. R. D. et al. Aplicação do índice da vegetação por diferença normalizada (NDVI) na avaliação de áreas degradadas e potenciais para unidades de conservação. In: *III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação*. p. 001-006, Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010.
- PIRES, E. G. Análise da temperatura de superfície do estado do Tocantins a partir do uso de geotecnologias. *Revista Interface*, n. 10, p. 133-144, 2015.
- SEPOF-PA. Secretaria de Estado de Planejamento, Orçamentos e finanças. *Estatística Municipal*: Vigia. Pará, 2010. Disponível em: <http://iah.iec.pa.gov.br/iah/fulltext/georeferenciamento/vigia.pdf>.
- SILVA, G. F. N., OLIVEIRA, I. J. Reconfiguração da paisagem nas savanas da Amazônia. *Mercator*, n. 17, p.1-20, 2018.
- SOUZA, J. F.; SILVA, R. M.; SILVA, A. M. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa - PB. *Ambiente Construído*, [s.l.], v. 16, n. 1, p.21-37, 2016.
- TERAMOTO, E. H.; BENJUMEA, M. T.; GONÇALVES, R. D.; KIANG, C. H. Séries temporais do índice NDVI na avaliação do comportamento sazonal do aquífero Rio Claro. *Revista Brasileira de Cartografia*. v. 70, n. 3, p. 1135 – 1157, 2018.
- TOGNON, A. A. et al. Teor e distribuição da matéria orgânica em latossolos das regiões da floresta amazônica e dos cerrados do Brasil Central. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v. 55, n. 3, p. 343-354, 1998.
- TRENTIN, A. B.; SALDANHA, D. L.; KUPLICH, T. M. Análise comparativa do NDVI em fitofisionomias na bacia hidrográfica do Rio São Marcos. *Rev. Geogr. Acadêmica*, v. 7, n. 1, p. 5-16, 2013.
- UHL, C.; KAUFFMAN, J. B. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. *Ecology*, v. 71, n. 2, p.437-449, 1990.

Recebido em: 10/10/2019

Aceito para publicação em: 23/04/2020