

Influência climática na vegetação em uma área costeira no município de Calçoene, Amapá, Brasil

Climatic influence on vegetation in a coastal area in the municipality of Calçoene, Amapá, Brazil

Influencia del clima sobre la vegetación en una zona costera del municipio de Calçoene, Amapá, Brasil

Recebido: 22/05/2022 | Revisado: 09/06/2022 | Aceito: 12/06/2022 | Publicado: 13/06/2022

Fabício dos Santos Lobato

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8240-8039>
Universidade do Estado do Amapá, Brasil
E-mail: faengflo@gmail.com

Alison Pereira de Magalhães

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8058-256X>
Universidade do Estado do Amapá, Brasil
E-mail: alisonmagalhaes429@gmail.com

Gabriela Gomes Costa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2515-102X>
Universidade do Estado do Amapá, Brasil
E-mail: costagabriela718@gmail.com

Priscila Hayete Farias Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2191-8825>
Universidade do Estado do Amapá, Brasil
E-mail: hayetejg@gmail.com

Breno Marques da Silva e Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0031-1450>
Universidade do Estado do Amapá, Brasil
E-mail: breno.silva@ueap.edu.br

Danusa da Silveira Machado

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4427-6976>
Universidade do Estado do Amapá, Brasil
E-mail: danusa.machado@ueap.edu.br

Resumo

O objetivo do trabalho foi avaliar a evolução espaço-temporal da cobertura vegetal na área do Goiabal, no município de Calçoene/AP, observando a dinâmica vegetacional com relação a influências de fenômenos climáticos El Niño e La Niña. As análises foram feitas em intervalos de 5 anos, nos anos de 2010, 2015 e 2020, utilizando dados orbitais por imagens de satélites, baseado na refletância da clorofila ativa (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index). As imagens utilizadas foram dos satélites LANDSAT 5 / sensor TM (Thematic Mapper) e LANDSAT 8 / sensores OLI (Operation Land Imager) e TIRS (Thermal Infrared Sensor). O NDVI para classe vegetação densa variou entre 0.301 a 0.857, como valor mais baixo referente ao ano de 2015 onde a ocorrência do fenômeno (El Niño) é classificada como intensidade forte, a classe vegetação esparsa apresenta valores de NDVI que variam entre 0.155 a 0.804, solo exposto varia entre -0.050 a 0.301, sendo valor mais alto referente ao ano de 2015, que apresenta o maior crescimento de área entre as classes. O ano de 2010 é classificado como moderado (La Niña) e 2020 de intensidade fraca (El Niño), não provocando grandes alterações nas classes observadas. A aplicação do NDVI permitiu identificar a dinâmica vegetal presente na área e avaliar suas alterações ao longo do tempo. A área do Goiabal sofreu alterações na cobertura vegetal.

Palavras-chave: Cobertura vegetal; Mudanças climáticas; NDVI.

Abstract

The objective of this work was to evaluate the spatio-temporal evolution of the vegetation cover in the Goiabal area, in the municipality of Calçoene/AP, observing the vegetation dynamics in relation to the influences of El Niño and La Niña climatic phenomena. The analyzes were performed at 5-year intervals, in the years 2010, 2015 and 2020, using orbital data from satellite images, based on active chlorophyll reflectance (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index). The images used were from the LANDSAT 5 / TM sensor (Thematic Mapper) and LANDSAT 8 / OLI (Operation Land Imager) and TIRS (Thermal Infrared Sensor) sensors. The NDVI for the dense vegetation class ranged from 0.301 to 0.857, as the lowest value for the year 2015 where the occurrence of the phenomenon (El Niño) is classified as strong intensity, the sparse vegetation class has NDVI values ranging from 0.155 to 0.804, exposed soil

ranges from -0.050 to 0.301, with the highest value referring to the year 2015, which has the highest area growth among the classes. The year 2010 is classified as moderate (La Niña) and 2020 as weak intensity (El Niño), not causing major changes in the observed classes. The application of NDVI allowed identifying the vegetation dynamics present in the area and evaluating its changes over time. The Goiabal area has undergone changes in vegetation cover.

Keywords: Vegetation cover; Climate change; NDVI.

Resumen

El objetivo de este trabajo fue evaluar la evolución espacio-temporal de la cobertura vegetal en la zona de Goiabal, en el municipio de Calçoene/AP, observando la dinámica de la vegetación en relación a las influencias de los fenómenos climáticos El Niño y La Niña. Los análisis se realizaron en intervalos de 5 años, en los años 2010, 2015 y 2020, utilizando datos orbitales de imágenes de satélite, basados en la reflectancia activa de la clorofila (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index). Las imágenes utilizadas fueron del sensor LANDSAT 5/TM (Thematic Mapper) y de los sensores LANDSAT 8/OLI (Operation Land Imager) y TIRS (Thermal Infrared Sensor). El NDVI para la clase de vegetación densa varió de 0.301 a 0.857, siendo el valor más bajo para el año 2015 donde la ocurrencia del fenómeno (El Niño) se cataloga como de fuerte intensidad, la clase de vegetación dispersa tiene valores de NDVI que van de 0.155 a 0.804, el suelo expuesto varía de -0.050 a 0.301, con el valor más alto referido al año 2015, que tiene el crecimiento de área más alto entre las clases. El año 2010 se clasifica como de intensidad moderada (La Niña) y el 2020 como de intensidad débil (El Niño), no provocando mayores cambios en las clases observadas. La aplicación del NDVI permitió identificar la dinámica de la vegetación presente en la zona y evaluar sus cambios en el tiempo. El área de Goiabal ha sufrido cambios en la cobertura vegetal.

Palabras clave: Cobertura vegetal; Cambio climático; NDVI.

1. Introdução

As condições biológicas vegetacionais em zonas úmidas estão relacionadas a diversos fatores que podem influenciar alguma alteração na fisiologia vegetal, fatores como mudanças climáticas e os regimes de maré contribuem para as modificações na região amazônica, além da alteração na vegetação, a mudança no clima da região impacta nas comunidades ribeirinhas influenciando na economia desses locais (Li et al, 2011). A ocorrência não definida de fenômenos climáticos como, El Niño e La Niña são as principais fontes de mudanças interanuais do clima em todas as regiões do planeta (Almeida et al, 2017; Trenberth, 1997). Na Amazônia esses fenômenos causam maiores impactos nos regimes pluviométricos e fluviométricos provocando eventos de cheias e secas no norte do Brasil (Marengo et al, 2008).

Os impactos em zonas úmidas costeiras ocasionadas pelas mudanças climáticas irão intensificar o processo de erosão e de inundação, a gravidade prevista para essas áreas ainda é incerta e os danos provocados por esses fenômenos nos âmbitos ambientais e socioeconômicos ainda é pouco avaliado. A observação desses sistemas fluviais e costeiros devem ser ampliadas para implementação de estratégias de prevenção a fim de reduzir futuros impactos (Santos, 2016).

A zona costeira do Estado do Amapá pode ser dividida em dois setores, denominados de Setor Costeiro Oceânico ou Atlântico, abrangendo parte dos municípios de Oiapoque, Calçoene, Amapá e Tartarugalzinho; e o Setor Costeiro Estuarino ou Amazônico, abrangendo parte dos municípios de Cutias, Itaubal, Macapá, Santana, Mazagão e Vitória do Jarí. A zona entre a foz dos rios Oiapoque e Araguari apresentam uma costa baixa, com poucas reentrâncias, de aproximadamente 400 Km de extensão (MMA, 2012). No município de Calçoene a praia do Goiabal é considerada como um ecossistema único, por apresentar características de elementos de várzea e manguezais, seus diferentes habitats ostentam grande biodiversidade (Valente et al, 2011).

Diversos estudos foram realizados nos últimos anos no intuito de detectar possíveis tendências e mudanças climáticas em todo mundo, contudo, a maioria desses estudos apenas verifica as alterações de temperatura e precipitação (Gocic & Trajkovic, 2013). Estes mesmos autores ressaltam que a precipitação é uma das variáveis meteorológicas mais importantes que podem acarretar secas ou inundações. Por tanto, compreender as causas e observa onde estão ocorrendo essas modificações são indispensáveis métodos de verificação frequentes que auxiliam nos diagnósticos rápidos e precisos. Uma dessas técnicas é o sensoriamento remoto, que fornece informações de qualidade e baixo custo, as imagens de satélites possibilitam analisar diversos componentes da superfície terrestre como solo e vegetação (Silva; Almeida, 2016; Silva et al, 2016). Disponibilizando

informações a nível local, regional e global, permitem identificar alterações naturais ou antrópicas de determinada área e detectar a evolução da degradação ao longo do tempo (Teixeira et al, 2018).

De acordo com Maus et al, (2016) a abundância de informações fornecidas pelos satélites permite avaliar continuamente as trajetórias evolutivas do uso e cobertura da terra através da sua ampla gama de dados, que são representadas por uma assinatura espectral-temporal da paisagem. Nas últimas décadas o processamento de imagens multitemporais tornou-se o principal meio de monitoramento e pesquisas em sensoriamento remoto (Lu et al, 2014). Os dados orbitais são de fácil manipulação e os resultados são de fácil interpretação (Moreira, 2011). Alguns autores realizaram trabalhos utilizando de técnicas de processamento digital de imagens de satélites para gerar mapas temáticos sobre o uso da cobertura vegetal e uso da terra, como no caso da Estação Ecológica Raso da Catarina/BA (Silva et al, 2019); Município de Cuité/PB (Silva et al, 2020) e Pantanal do Abobral/MS (Andrade et al, 2020). Comumente estes autores utilizaram o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) para avaliar o avanço da degradação nestas áreas (Rouse et al, 1973).

O NDVI pode ser usado para vários fins, dentre eles, o cálculo de índice de área foliar (Berger et al, 2019), biomassa aérea (Ferraz et al, 2014), e o uso e ocupação da terra (Benedetti et al, 2011). Ferraz et al, (2014) ressalta que o índice está totalmente ligado a cobertura vegetal, e a aquisição de imagens em períodos de poucas nuvens é essencial para uma boa análise, outros fatores como espécies de plantas que serão estimadas pelo índice encontrarão-se sem a folhagem em determinada época do ano.

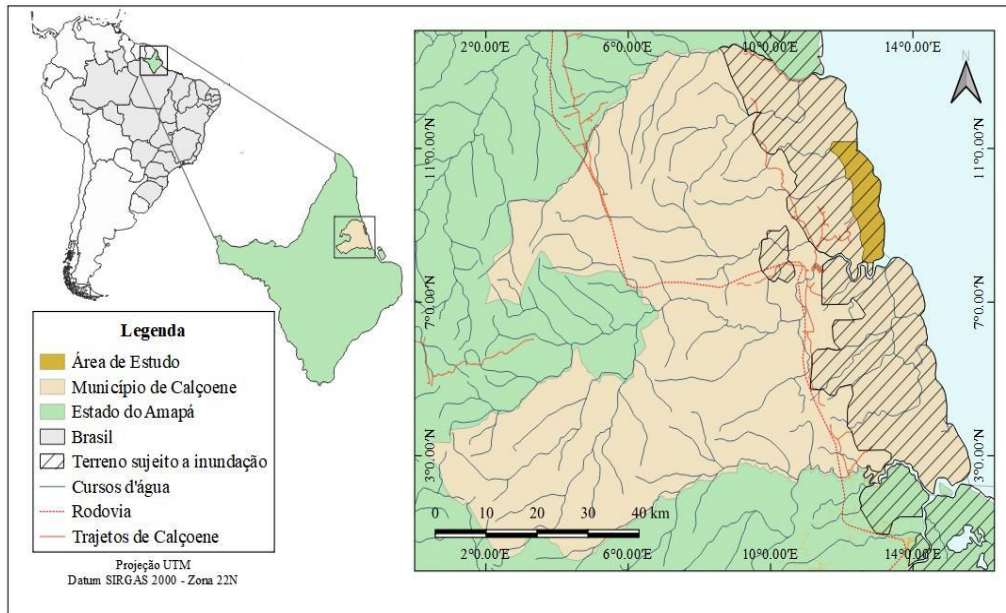
Neste contexto, o uso de técnicas de sensoriamento remoto vem sendo aprimorado e propagado em relação a sua aplicabilidade no meio ambiente, possibilitando analisar e caracterizar as variáveis dos processos ambientais, os dados orbitais podem fornecer diversas informações sobre as condições climáticas e uso de terra, algumas delas com longas series temporais. Portanto, as series temporais são fundamentais para observar os fenômenos que não tem sazonalidade definidas como o El Niño e La Niña. O presente estudo objetivou avaliar e mapear a evolução espaço-temporal da cobertura vegetal e uso da terra da praia do Goiabal do município de Calçoene, nos anos de 2010, 2015 e 2020, utilizando técnicas de sensoriamento remoto, visando obter maior conhecimento sobre a dinâmica vegetacional desse ecossistema com relação aos fenômenos climáticos.

2. Metodologia

2.1 Área de Estudo

A praia do Goiabal, localiza-se no município de Calçoene, na parte centro-nordeste do Estado do Amapá, aproximadamente 270 km da capital, Macapá (Cabral & Saldanha, 2008). O Município de Calçoene possui uma área de 14.117,297 km², população estimada de 11.117 habitantes em 2019 e densidade demográfica de 0,63 hab/km², limitando-se pelos municípios de Amapá, Serra do Navio, Pracuúba e Oiapoque e pelos trechos hidroviários como os rios Cassiporé, Cunani, rio Calçoene e Amapá Grande (IBGE, 2020). O acesso até a praia é por uma estrada de terra e sua coordenada geográfica central é 2°35'56.0"N e 50°50'44.3"W (Figura 1). Devido as grandes descargas de sedimentos ocasionadas pelo rio Amazonas, o ambiente é caracterizado por bancos e praias lamosas. Tornando-se um ecótono, diferenciando dos demais setores amazônicos apresentando uma mistura de mangues e áreas de várzea (Rodrigues & Carvalho, 2011). O monitoramento teve com ponto principal a praia do Goiabal, que foi delimitada pelo Serviço Geológico do Brasil com área de grande risco inundações, com o acréscimo de 12 km seguindo para o sentido Norte e o sentido Sul na linha da costa, e aproximadamente 5 km no sentido territorial, totalizando uma área de 110.841,300 km².

Figura 1. Localização da área de estudo, com destaque para a área do Goiabal, município de Calçoene, Amapá, Brasil.



Fonte: Autores.

2.1.1 Procedimentos Metodológicos

A aquisição das imagens de satélites foi através do site *Earth Explorer* – USGS (earthexplorer.usgs.gov) fornecidas gratuitamente, analisando os padrões de qualidade e disponibilidade em um intervalo de 05 anos entre as datas para compor uma variação multitemporal. Tendo em vista o regime hidrológico do município de Calçoene, as imagens de satélites observadas foram entre os meses de agosto a novembro onde é caracterizado como período menos chuvoso com precipitações abaixo de 100 mm (Oliveira et al, 2007). E buscando por imagens que apresentavam menores interferências de nuvens. Portanto, as seguintes imagens foram selecionadas.

- Imagens do satélite LANDSAT 5, sensor TM (*Thematic Mapper*), órbita ponto 226/58, datada de 05/11/2010.
- Imagens do satélite LANDSAT 8, sensores OLI (*Operation Land Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), órbita ponto 226/58, datada de 11/11/2015.
- Imagens do satélite LANDSAT 8, sensores OLI (*Operation Land Imager*) e TIRS (*Thermal Infrared Sensor*), órbita ponto 226/58, datada de 20/08/2020.

Primeiramente, foi realizado as correções atmosférica, normalização das imagens de ambos os satélites, fundamental para o processo de imagens orbitais, método que minimiza a influência de fatores que podem distorcer a visualização da atmosfera terrestres (Weiss et al, 2015). E em seguida ocorreu o empilhamento das bandas do Landsat 8/OLI na banda pancromática pelo plugin Semi-Automatic Classification (SCP), no processo pansharpening modificando a resolução espacial de 30 para 15 metros.

As imagens compreendiam a totalidade da área de estudo, foi utilizado as bandas espectrais, 3, 4 e 5 do satélite Landsat 5/TM e 4, 5 e 6 do satélite Landsat 8/OLI foram recortadas utilizando o arquivo *shapefile* da praia do Goiabal do relatório do Serviço Geológico do Brasil como base e aplicado o aumento da área de estudo para obter melhores condições de visualização espacial, as bandas foram associadas a composição falsa-cor (Landsat 5/TM: 3R4G5B e Landsat 8/OLI: RGB654). Em seguida, a composição falsa-cor foi submetida a interpretação visual para reconhecimento de diferentes feições

como cor, forma e tamanho de diferentes objetos na área de estudo, semelhante a metodologia de Florenzano (2011). Desse modo, através da análise interpretativa e a visualização de imagens espaciais do *software* Google Earth Pro para obter uma boa aproximação da verdade terrestre foram definidas quatro classes temáticas, sendo corpo d'água (CA), solo exposto (SE), vegetação esparsa (VE) e vegetação densa (VD).

Foram utilizados os dados do posto pluviométrico localizado no município de Calçoene para coletar valores de precipitação mensal, através da Agência Nacional de Águas (ANA). Escala diária, período de 1975 a 2019, código da estação é 8250002. Os valores do ano de 2020 foram através do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC).

Os dados referentes aos indicadores de atuação dos fenômenos El Niño e La Niña ocorreram por consulta no *site* (<https://ggweather.com/enso/oni>). Para observar a sazonalidade e características intrínsecas dos fenômenos, que geralmente inicia-se no segundo semestre de um determinado ano e termina no final do primeiro semestre do ano seguinte, onde as médias excedentes a +0,5 °C por pelo menos cinco meses consecutivos há uma ocorrência do El Niño e se for inferior a -0,5 °C ocorre o evento La Niña, caso não ocorra qualquer uma dessas condições é chamado de ano neutro (Trenberth, 1984).

A classificação em quanto as intensidades dos eventos com base no Índice de Oscilação Sul (IOS) e El Niño – Oscilação Sul (ENOS) que verifica a temperatura média do oceano pacífico, são elas: para o El Niño, 0,5 a 0,9 intensidade fraca, 1,0 a 1,4 é classificado como moderado e $\geq 1,5$ é considerado Forte. Para o La Niña, -0,5 a -0,9 intensidade fraca, -1,0 a -1,4 é classificado como moderado e $\leq -1,5$ é considerado forte (Trenberth, 1997; Trenberth & Stepaniak, 2001).

2.1.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

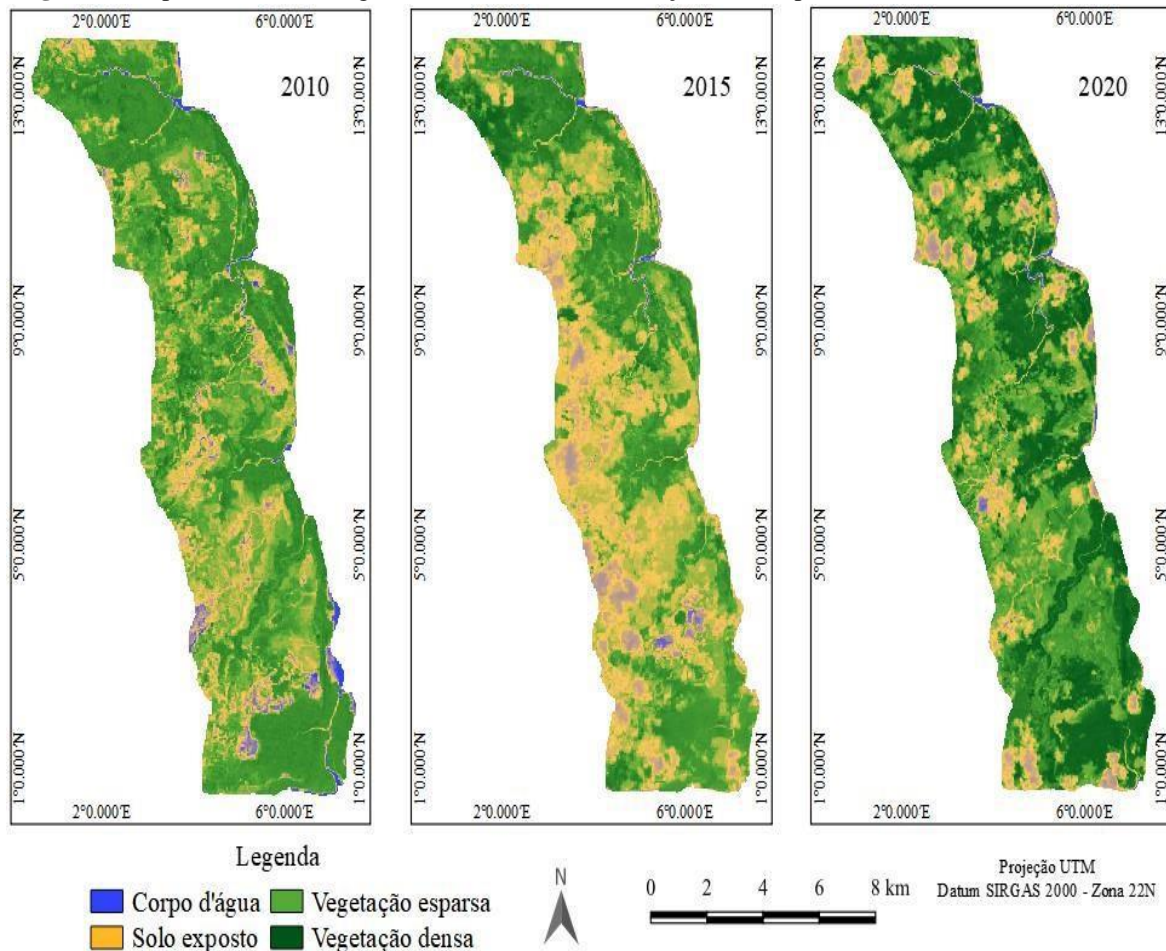
A identificação de mudanças na distribuição da cobertura vegetal foi determinada por meio do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Sendo $NDVI = \frac{IVP - V}{IVP + V}$; IVP: Região do Infravermelho Próximo e V: Região do Vermelho (Rouse et al, 1973). Levando em consideração a refletância da vegetação e do solo, foram utilizadas as bandas Infravermelho próximo e vermelho, respectivamente bandas 3 e 4 Landsat 5/TM e 4 e 5 Landsat 8/OLI. A refletância é maior para vegetação no infravermelho próximo e maior refletância do solo na região do vermelho, sendo que os valores do NDVI variam entre -1 a +1, quanto mais próximo de +1, maior a densidade vegetal e próximo a -1 maior é a ausência da cobertura vegetal, pode ser interpretado como solo exposto e corpo hídrico (Costa et al, 2007).

Para constatar a quantificação das classes de CA, SE, VE e VD em hectares ao longo dos anos foi utilizada a ferramenta do provedor Geographic Resources Analysis Support System (GRASS), *software* QGIS 3.10 denominado r.report, gerando um relatório estatístico de áreas do formato raster.

3. Resultados e Discussão

O uso do NDVI permitiu o mapeamento da cobertura vegetal e do solo da praia do Goiabal e a distribuição espacial de cada classe temática entre os anos de 2010 a 2020 (Figura 2). Os resultados evidenciaram que ocorreu variações na cobertura do solo da região entre os anos estudados (Tabela 1 e Figura 3).

Figura 2. Mapa da cobertura vegetal da área do Goiabal, Calçoene, Amapá, nos anos de 2010, 2015 e 2020.



Fonte: Autores.

Tabela 1. Extensão territorial (km²) de cada classe de paisagem nos anos de 2010, 2015 e 2020 na área do Goiabal, Calçoene, Amapá.

Classes	km ²			
	2010	2015	2020	2010-2020
Corpo d'água	376,20	593,10	201,15	-175,2
Solo exposto	4.934	30.484	8.357	3.441
Vegetação esparsa	32.238	38.391	35.717	3.479
Vegetação densa	73.292	41.373	66.635	-6.657
Total	110.840	110.841	110.910	

Fonte: Autores.

No NDVI a classe CA apresentou maior extensão territorial no ano de 2015, enquanto que nos anos de 2010 e 2020 houve retração entre o período inicial e final do estudo, ocorreu a redução de 175,2 km², cerca de 46,5% da área do CA (Tabela 1 e Figura 3). O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do ano de 2010 apresentou média negativa de -1 a < -0,1 de reflectância para a classe CA, sendo -0,29434, e as classes SE, VE e VD apresentaram medias positivas de 0,1 a 1 de reflectância, sendo 0,005876, 0,30609 e 0,606304 respectivamente. Para o ano de 2015 também apresenta tendência negativa

na reflectância para a classe CA com média no valor de -0,074629 e para as classes SE, VE e VD as médias apresentaram valores positivos, sendo 0,1764305, 0,67855 e 0,42749 respectivamente. E para o ano de 2020 valor negativo para a classe CA com média no valor -0,238759 e para as classes SE, VE e VD apresentaram valores positivos, sendo 0,0745725, 0,3879035 e 0,7012345. O agrupamento da classe CA no NDVI ocorreu de $-1 < -0,3$, as áreas de SE estão agrupadas entre $0,1 < 0,2$, as de VE estão entre $0,3 < 0,7$ e as de VD estão entre $0,4 < 0,8$ (Tabela 2).

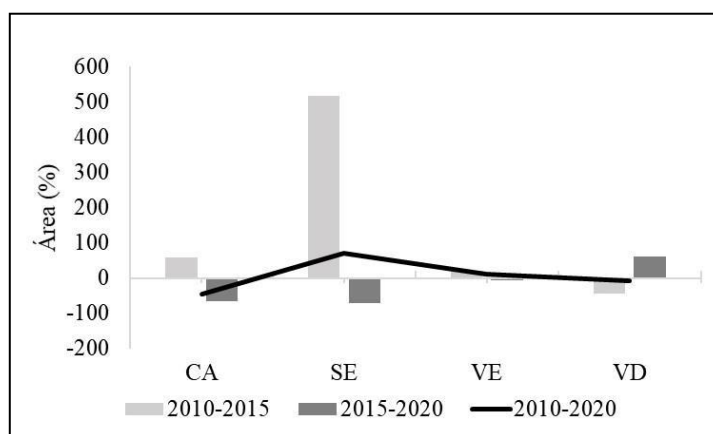
A elaboração da imagem NDVI permitiu a distinção das classes observadas tanto como cobertura vegetal e solo exposto, entretanto, não consegue distinguir os diversos tipos de vegetação, dessa maneira valores de NDVI próximos são taxados na mesma classe, criando uma homogeneização com diferentes tipos de vegetação com diferentes respostas espectrais. Contudo, o índice observado foi eficiente para avaliar o vigor vegetativo, mesmo com quase a totalidade da área concentrada entre os valores 0,1 e 0,7. Este estudo apresenta valores semelhantes aos encontrados no estudo de Demarchi et al, (2011), sendo os valores concentrados no intervalo de 0 e 0,8 agrupando diversas classes como solo exposto, solos de cobertura reduzida e áreas de grandes coberturas vegetativa.

Tabela 2. Dados da média de reflectância do NDVI de cada classe nos anos de 2010, 2015 e 2020 na área do Goiabal, Calçoene, Amapá.

Classes	2010	2015	2020
Corpo d'água	-0,29434	-0,074629	-0,238759
Solo exposto	0,005876	0,1764305	0,0745725
Vegetação esparsa	0,30609	0,67855	0,3879035
Vegetação densa	0,606304	0,42749	0,7012345

Fonte: Autores.

Figura 3. Percentual de variação de cada classe nos períodos de 2010-2015, 2015-2020 e 2010-2020, Goiabal, Calçoene, Amapá.



Fonte: Autores.

A classe SE exibiu o aumento da área em 517,8% no ano de 2015, cerca de 30.000 km² em relação ao ano de 2010, que apresentou a área de 4.934 km² (Tabela 1 e Figura 3). Os anos de 2010, 2015 e 2020 apresentaram pouca diferença na classe VE, sua extensão territorial manteve a área próximo aos 35.000 km². Em relação a VD observa-se o retrocesso da vegetação, cerca de 43% no ano de 2015 e o aumento da área de vegetação densa no ano de 2020, aproximadamente 61%.

A dinâmica da floresta amazônica tem forte influência nos processos de evapotranspiração, e consequentemente no ciclo hidrológico. Colabora com a interceptação das chuvas e reduz o processo de escoamento superficial. Entretanto, essa dinâmica é afetada por diversas variáveis meteorológicas (Alves & Pérez-Cabello, 2017). Possivelmente as grandes alterações do NDVI no ano de 2015 para a área do Goiabal está relacionado com as mudanças climáticas. O ano de 2010-2011 na atuação do fenômeno La Niña foi classificada como forte, no ano 2015-2016 o fenômeno atuante foi o El Niño classificado como intensidade muito forte, e 2019-2020 a classificação também o fenômeno La Niña de intensidade fraca (GGWEATHER, 2020; INPE, 2017) (Tabela 3).

De acordo com o estudo de Moura et al, (2019), realizado na bacia Amazônica as precipitações mensais são reduzidas na presença do fenômeno El Niño, em sua atuação ocorre aumento nas médias de temperatura e evapotranspiração. Na presença do fenômeno La Niña ocorre variações opostas. El Niño no período de 2015-2016 com forte intensidade foi crucial para o aumento da temperatura e na redução da precipitação pluviométrica. O que explica as alterações expressivas no NDVI do ano de 2015, influenciado em todas as classes observadas. Sendo assim, índices baixos de chuvas por longos períodos em união com altas temperaturas, tendem a reduzir o vigor vegetativo (Ponzoni et al, 2012), aumentando a evapotranspiração (Santos et., 2017).

Tabela 3. Valores médios de três meses intensidade dos fenômenos climáticos para os anos de 2010 a 2020.

Ano	JJA ¹	JAS ²	ASO ³	SON ⁴	OND ⁵	NDJ ⁶	DJF ⁷	JFM ⁸	FMA ⁹	MAM ¹⁰	AMJ ¹¹	MJJ ¹²
2009-2010	0,5	0,5	0,7	1,0	1,3	1,6	1,5	1,3	0,9	0,4	-0,1	-0,6
2010-2011	-1	-1,4	-1,6	-1,7	-1,7	-1,6	-1,4	-1,1	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4
2011-2012	-0,5	-0,7	-0,9	-1,1	-1,1	-1	-0,8	-0,6	-0,5	-0,4	-0,2	0,1
2012-2013	0,3	0,3	0,3	0,2	0	-0,2	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3
2013-2014	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,4	-0,4	-0,2	0,1	0,3	0,2
2014-2015	0,1	0	0,2	0,4	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6	0,8	1,0	1,2
2015-2016	1,5	1,9	2,2	2,4	2,6	2,6	2,5	2,1	1,6	0,9	0,4	-0,1
2016-2017	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7	-0,7	-0,6	-0,3	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,3
2017-2018	0,1	-0,1	-0,4	-0,7	-0,8	-1	-0,9	-0,9	-0,7	-0,5	-0,2	0
2018-2019	0,1	0,2	0,5	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5
2019-2020	0,3	0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,2	-0,1	-0,3
2020-2021	-0,4	-0,6	-0,9	-1,2	-1,3	-1,2	-1,1	-0,9				

Nota: ¹Junho do ano anterior, Julho e Agosto; ²Julho, Agosto e Setembro; ³Agosto, Setembro e Outubro; ⁴Setembro, Outubro e Novembro; ⁵Outubro, Novembro e Dezembro; ⁶Novembro, Dezembro e Janeiro; ⁷Dezembro, Janeiro e Fevereiro; ⁸Janeiro, Fevereiro e Março; ⁹Fevereiro, Março e Abril; ¹⁰Março, Abril e Maio; ¹¹Abril, Maio e Junho; ¹²Maio, Junho e Julho. Valores em vermelho (El Niño) e valores em azul (La Niña). Fonte: GGWEATHER, (2020); INPE, (2017)

De acordo com Gonçalves et al, (2015) por possui diferentes ecossistemas a região amazônica apresenta bastante variação nos parâmetros meteorológicos, devido ao seu tamanho essas variações podem ocorrer em diferentes sistemas, em mesoescala, escala sinótica e grande escala. As mudanças mais severas em diversas áreas do globo têm como principal fator a precipitação (Zhan et al., 2000).

O ano de 2015 resultou em áreas de SE 500% maior que o ano de 2010, cerca de 25.500 km² a mais, consequentemente, a redução da vegetação densa e aumento da vegetação esparsa, em contrapartida, o ano de 2015 apresentou maiores valores de precipitação no primeiro semestre com (3883,1 mm) em comparação aos (2774,8 mm) do primeiro semestre de 2010. Entretanto, no período da aquisição das imagens a precipitação do ano de 2015 (23,7 mm) foi inferior ao de 2010 (210,4 mm), sendo o ano de maior precipitação no estudo, ambos para o mês de novembro (ANA).

O NDVI do ano de 2020 por estar sobre influencia reduzida do fenômeno La Niña não apresenta grandes alterações nas classes SE, VE e VD, porém, a classe CA manteve a redução ao longo dos anos. Em relação a classe CA no ano de pior cenário (2015), por apresentar valores relativamente altos em período de seca, a hipótese é de que a refletância da classe solo

exposto tenha influenciado a interpretação das imagens e classificação dos pixels, sendo que o valor para ambas as classes tende a -1 na classificação indicativa dos campos na área. Outro fator que pode ter influenciado a classe CA e a compactação do solo devido a criação de animais de grande porte na área. Segundo Moraes & Lustosa (1997), o pisoteio de animais de grandes cargas como bovino e bubalinos que podem causar a compactação do solo. Como efeito, a redução na macroporosidade afeta diretamente a capacidade de infiltração e drenagem de água no solo e sua capacidade de aeração (Hillel, 1998).

A classe SE no ano de 2020 apresenta variação positiva em relação ao início do estudo para o tamanho da área, mostrando uma certa recuperação sobre o ano de 2015, onde o NDVI mostrou o pior cenário com a atuação do fenômeno El Niño, e mesma classe teve redução de área quando influenciado pelo fenômeno La Niña que ocorreu no último ano observado. O VE apresentou pouca variação entre os períodos, e a classe VD (2020) apresenta variação positiva após o ano de 2015, contudo, o ganho de área não foi suficiente para apresentar variação positiva, a precipitação referente ao mês de agosto foi de (77,2 mm).

Entre outros fatores que provocam a perda de vegetação é a agricultura em pequena escala nessas áreas. A ação antrópica em função dos recursos naturais do solo vem gerando processos de degradação em diversos ambientes brasileiros, conectado ao pouco interesse no tempo de recuperação dessas áreas, fazendo com que a vegetação natural seja bastante modificado devido à expansão das atividades agrícolas (Batista, 2017).

Outros estudos de NDVI evidenciam a tendência de redução nas áreas de vegetação densa, como no estudo de Silva et al. (2020), em uma análise temporal de quatro anos a vegetação densa perdeu cerca de 22% da sua área durante os anos avaliados em uma área de preservação permanente na Paraíba, apesar da recuperação da vegetação densa houve redução da classe na praia do Goiabal. Valores de redução observados também no estudo de Andrade (2020), onde a classe vegetação nativa arbórea apresenta diminuição sucessiva entre período de vinte anos, sendo 12% de sua área localizada no Pantanal do Abobral/MS. Almeida (2015) aponta danos irreversíveis na área do município de Moju/PA, onde a área apresentava 80% de vegetação densa, e no último ano de análise resultou em apenas 20% entre os anos de 1990 a 2013, respectivamente.

Vale reforçar que algumas áreas ocorreram alterações na refletância, assim resultando em diferentes valores nas classes observadas, considerando este trabalho como uma análise temporal relativamente grande, com variações de 10 (dez) anos, é possível constatar grandes alterações em relação ao uso e cobertura do solo.

4. Conclusão

No período estudado, a área do Goiabal sofreu grandes alterações na cobertura vegetal por influência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña. A aplicação do NDVI permitiu identificar a dinâmica vegetal presente na área e avaliar suas alterações ao longo do tempo, que apresentaram um aumento das classes solo exposto e vegetação esparsa, as classes corpo d'água e vegetação densa sofreram redução. Observou-se que o fenômeno El Niño tem forte influência na redução da biomassa verde, devido à redução da precipitação pluviométrica, provocando grandes alterações em todas as classes vegetais quando atuante na área do Goiabal no ano de (2015), essa supressão da cobertura verde também pode ter sido agravada por ações antrópicas com o aumento de área para uso na pecuária.

Considerando a influência do rio Amazonas na área estudada, recomenda-se para estudos futuros uma análise multitemporal dos processos erosivos ocorrentes na praia do goiabal.

Referências

Agência Nacional de Águas (ANA) / Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) (<http://hidroweb.ana.gov.br/hidroweb>).

- Almeida, A. S. (2015). Mudanças de usos da terra em paisagens agrícolas com palma de óleo (*Elaeis Guineenses* Jacq.) e implicações para a biodiversidade arbórea na Amazônia Oriental. 2015 116 f. Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará/ Embrapa Amazônia Oriental/ Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, PA.
- Almeida, C. T., Oliveira-Júnior, J. F., Delgado, R. C., Cubo, P., & Ramos, M. C. (2017). Spatiotemporal rainfall and temperature trends throughout the Brazilian Legal Amazon, 1973–2013. *International Journal of Climatology*, 37(4), 2013-2026.
- Alves, D. B., & Pérez-Cabello, F. (2017). Multiple remote sensing data sources to assess spatio-temporal patterns of fire incidence over Campos Amazônicos Savanna Vegetation Enclave (Brazilian Amazon). *Science of the Total Environment*, 601, 142-158. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.194>.
- Andrade, B. S., Silva, M. H. S., Oliveira, A. K. M., & Alho, C. J. R. (2020). Análise espaço-temporal das mudanças na cobertura vegetal e uso da terra no Pantanal do Abobral, Mato Grosso Do Sul. *Caderno Prudentino de Geografia*, 3(42), 101-121.
- Batista, M. C. (2017). Estoque de carbono e frações da matéria orgânica em áreas sob sistemas agroflorestais e agricultura no Agreste Paraibano. 2017, 46 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia), Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/2686/1/MCB15022017.pdf>
- Benedetti, A. C. P., & Vasconcellos, B. N. (2011). Dinâmica temporal da cobertura florestal na microrregião Campanha Central do Rio Grande do Sul. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 4(4), 427-433.
- Berger, R., Silva, J. A. A. D., Ferreira, R. L. C., Candeias, A. L. B., & Rubilar, R. (2019). Índices de vegetação para a estimativa do índice de área foliar em plantios clonais de *Eucalyptus saligna* Smith. *Ciência Florestal*, 29, 885-899.
- Cabral, M. P., & de Moura Saldanha, J. D. (2008). Um sítio, múltiplas interpretações: o caso do chamado “Stonehenge do Amapá”. *Revista Arqueologia Pública*, 3(1 [3]), 7-13.
- Centro de Previsão de Tempo E Estudos Climáticos (CPTEC). (2020). <https://clima1.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt>.
- Demarchi, J. C., Piroli, E. L., & Zimback, C. R. L. (2011). Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo-SP usando imagens LANDSAT-5. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 21. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v21i0.17416>.
- Ferraz, A. S., Soares, V. P., Soares, C. P. B., Ribeiro, C. A. A. S., Binoti, D. H. B., & Leite, H. G. (2014). Estimativa do estoque de biomassa em um fragmento florestal usando imagens orbitais. *Floresta e Ambiente*, 21(3), 286-296.
- Florenzano, T. G. (2011). Iniciação em sensoriamento remoto. (3a ed.), Oficina de Textos.
- Gocic, M., & Trajkovic, S. (2013). Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in Serbia. *Global and Planetary Change*, 100, 172-182.
- Golden gate weather services (GGWEATHER). (2008). [WWW document]. ENSO Years Based Ocean. Niño Index <http://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso em: 11 out. 2021.
- Gonçalves, M. F., Blanco, C. J. C., & Santos, L. L. dos. (2015). Regiões homogêneas de precipitação pluvial no estado do Pará, considerando a ocorrência de El Niño e La Niña. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 21. Brasília. Anais... Brasília: ABRH.
- Hillel, D. (1998). Environmental soil physics. Academic Press, 771p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ap/calcoene/panorama>
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). (2017). [WWW Document]. Portal do Monit. Queimadas e Incêndios. <http://www.inpe.br/queimadas>.
- Li, W., Zhang, P., Ye, J., Li, L., & Baker, P. A. (2011). Impact of two different types of El Niño events on the Amazon climate and ecosystem productivity. *Journal of Plant Ecology*, 4(1-2), 91-99. <https://doi.org/10.1093/rtp039>.
- Lu, D., Li, G., & Moran, E. (2014). Current situation and needs of change detection techniques. *International Journal of Image and Data Fusion*, 5(1), 13-38.
- Marengo, J. A., Nobre, C. A., Tomasella, J., Cardoso, M. F., & Oyama, M. D. (2008). Hydro-climatic and ecological behaviour of the drought of Amazonia in 2005. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1498), 1773-1778.
- Maus, V., Câmara, G., Cartaxo, R., Sanchez, A., Ramos, F. M., & De Queiroz, G. R. (2016). A time-weighted dynamic time warping method for land-use and land-cover mapping. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9(8), 3729-3739.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2012). Livro sobre Erosão e Prograduação do Litoral Brasileiro. <https://www.mma.gov.br/publicacoes/gestao-territorial/category/80-gestao-costeira-g-erosao-e-progradacao>.
- Moraes, A., & de, Lustosa, S. B. C. (1997). Efeito do animal sobre as características do solo e a produção da pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE AVALIAÇÃO DE PASTAGENS COM ANIMAIS, 1997, Maringá, PR. Anais... Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2, 129-149.
- Moreira, M. A. (2011). Fundamentos do sensoriamento e metodologias de aplicação. atual. e ampl. *UFV, 422p. Viçosa-MG*.
- Moura, M. M., Santos, A. R., Pezzopane, J. E. M., Alexandre, R. S., da Silva, S. F., Pimentel, S. M., ... & de Carvalho, J. R. (2019). Relation of El Niño and La Niña phenomena to precipitation, evapotranspiration and temperature in the Amazon basin. *Science of The Total Environment*, 651, 1639-1651.
- Nittrouer, C. A., & Kuehl, S. A. (1995). Geological significance of sediment transport and accumulation on the Amazon continental shelf. *Marine Geology*, 125(3-4), 175-176.

- Oliveira, L. L., Neves, D. G., Cunha, A. C., Jesus, E. S., Amanajas, J. C., & Dutra, A. M. (2007). Análise da precipitação pluviométrica e do número de dias com chuva em Calçoene localizado no setor costeiro do Amapá. In: VIII Workshop Ecossistemas Costeiros Ecolab, 2007, Macapá. VIII Ecolab.
- Ponzoni, F. J., Shimabukuro, Y. E., & Kuplich, T. M. (2012). Sensoriamento remoto da vegetação. atual e ampl. 2. *Cubatão: Oficina de Textos*, São Paulo.
- Rodrigues, A. A. F., & Carvalho, D. L. (2011). Praia do Goiabal, p. 22-23. In: Valente, R. M.; Silva, J. M. C.; Straube, F. C.; Nascimento, J. L. X. (Org.). *Conservação de aves migratórias neárticas no Brasil*. Belém: Conservação Internacional, 400.
- Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., & Deering, D. W. (1973). Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: 3rd ERTS Symposium, NASA SP-351 I. Washington, D.C.: NASA; 309-317.
- Santos, S. R. Q., Sansigolo, C. A., Neves, T. T. de A. T., Campos, T. L. de O. B., & dos Santos, A. P. P. (2017). Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. *Rev. Bras. Geogr. Física* 10 (2), 468-478.
- Santos, V. F. (2016). Dinâmica de inundação em áreas úmidas costeiras: zona urbana de Macapá e Santana, costa amazônica, Amapá. *PRACS: Revista Eletrônica de Humanidades do Curso de Ciências Sociais da UNIFAP*, 9(3), 121-144.
- Serviço Geológico do Brasil CPRM. (2017). Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa e enchentes/ Calçoene. <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/20534>.
- Silva, D. A. O., Alves, É. S., Lopes, I., dos Santos, W. M., & Silva, E. M. (2019). Análise e mapeamento da degradação por sensoriamento remoto na estação ecológica raso da catarina-semiárido brasileiro. *Revista Engenharia na Agricultura*, 27(5), 420-430.
- Silva, G. J. F., & Almeida, N. V. (2016). Degradação ambiental no município de Parari-PB: uma análise por meio de sensoriamento remoto. *Revista Geografar*, 10(2), 140-164.
- Silva, L. C. D., Cunha, J. M., Machado, N. G., Campos, M. C. C., & Biudes, M. S. (2016). Estimativa do balanço de radiação por sensoriamento remoto de diferentes usos de solo no sudoeste da Amazônia brasileira. *Sociedade & Natureza*, 28, 131-146.
- Silva, V. F., Pereira, J. S., Cosme, A. M. F., Pessoa, D. S., Martins, W. A., Lima, V. L. A., & Dantas Neto, J. (2020). Análise da degradação da vegetação nativa em área de preservação permanente na Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(01), 121-130.
- Souza, M. T., Silva, D. R., Fortunato, W. C. P., dos Santos, A. C. M., & Pereira, S. F. (2020). Composição e variabilidade espaço-temporal da meiofauna da praia do Goiabal, Calçoene-AP. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3(3), 1755-1765.
- Teixeira, M. B., de Camargo, P. L. T., & Junior, P. P. M. (2018). Uso das Imagens de Sensores Remotos para Análise Crítica da Degradação do Cerrado no Alto Médio São Francisco-Minas Gerais. *Anuário do Instituto de Geociências*, 41(1), 245-254.
- Trenberth, K. E. (1984). Signal versus noise in the Southern Oscillation. *Monthly Weather Review*, 112(2), 326-332.
- Trenberth, K. E., & Stepaniak, D. P. (2001). Indices of el Niño evolution. *Journal of climate*, 14(8), 1697-1701.
- Weiss, C. V. C., Camargo, D. C. S., Rosca, E. H., & Espinoza, J. (2015). Análise comparativa entre métodos de correção atmosférica em imagens do sensor Operational Land Imager (OLI), plataforma Landsat 8. *Scientia Plena*, 11(2). 1-9.
- Zhan, X., Defries, R., Townshend, J. R. G., Dimiceli, C., Hansen, M., Huang, C., & Sohlberg, R. (2000). The 250 m global land cover change product from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer of NASA's Earth Observing System. *International Journal of remote sensing*, 21(6-7), 1433-1460.