

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA CURSO DE
ENGENHARIA FLORESTAL**

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO ALBEDO DE SUPERFÍCIE EM
DIFERENTES CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM REGIÃO
DE ZONA DE TRANSIÇÃO FLORESTAL**

TAIS DE OLIVEIRA SILVA

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
MAIO – 2023**

TAIS DE OLIVEIRA SILVA

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO ALBEDO DE SUPERFÍCIE EM
DIFERENTES CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM REGIÃO
DE ZONA DE TRANSIÇÃO FLORESTAL**

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Odair Lacerda Lemos (UESB)

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
MAIO – 2023**

TAIS DE OLIVEIRA SILVA

**VARIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DO ALBEDO DE SUPERFÍCIE
EM DIFERENTES CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO
EM REGIÃO DE ZONA DE TRANSIÇÃO FLORESTAL**

Monografia apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovada em 30 de maio de 2023.

Comissão Examinadora:

Ivan de Araújo Inácio

Ivan de Araújo Inácio – Engenheiro Florestal - UFAC

Ingrid Thalia Prado de Castro

Ingrid Thalia Prado de Castro (M.Sc., Fitotecnia) - UESB

Odair Lacerda Lemos

Prof Odair Lacerda Lemos (D.Sc., Sistemas de Produção) – UESB -
Orientador

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento e conclusão deste trabalho contou com o apoio e colaboração de diversas pessoas, e aqui, queria deixar meu profundo agradecimento a quem direta ou indiretamente foi fundamental para a conclusão desta etapa. Deus não coloca em nosso coração sonhos irrealizáveis.

Agradeço a Deus, pelo discernimento, força, coragem, e pelo amor incondicional.

Aos meus pais, Gertulino e Odete, por me incentivarem, pelas oportunidades, e por me darem o privilégio de apenas estudar e correr atrás dos meus sonhos.

Aos meus irmãos, Diego e Jéssica, por acreditarem em mim e pelo grande incentivo. Vocês foram a chave para eu seguir um caminho do bem, dos estudos e da força de vontade.

Aos meus sobrinhos, Disrael e Cecília, por serem minhas fontes de amor, e a Shirley, por todo cuidado, pelas orações e por toda ajuda.

Ao meu noivo, Ian, por todo amor e companheirismo, juntamente com sua família, pelo apoio e torcida sempre, e por todo carinho comigo.

Aos grandes amigos que pude construir nestes quase 6 anos, alicerces fundamentais para realização deste sonho, em especial, Ju, Duda, Beti e Bhen, sem vocês eu não conseguiria.

Aos professores, que através dos seus ensinamentos foram cruciais para eu estar aqui. Em especial, ao meu orientador, Odair, pela compreensão e parceria, e as oportunidades a mim ofertadas.

Ao meu amigo Lucas, por ter sido crucial na finalização deste trabalho, e Ingrid por todo apoio e amizade, grata por toda ajuda!

Aos meus amigos, por entenderem minhas ausências, pelo incentivo, e por sempre terem acreditado no meu potencial.

Obrigada, meu coração é só gratidão!

Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais. Sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos. Melhor é errar por tentar do que errar por se omitir!

RESUMO

SILVA, Tais de Oliveira, Discente do Curso de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, maio de 2023. **Variação Espaço-Temporal do Albedo de Superfície em diferentes Classes de Uso e Ocupação do Solo em Região de Zona de Transição Florestal.** Orientador: Odair Lacerda Lemos.

O sensoriamento remoto permite o monitoramento espaço-temporal dos recursos naturais de maneira eficiente, tornando-se uma ferramenta poderosa para a obtenção de informações necessárias à gestão do meio ambiente e no estudo de mudanças climáticas, por exemplo. Visto isso, diversos índices agrometeorológicos como albedo superficial se tornam aliados no diagnóstico de mudança e uso da cobertura do solo, bem como verificar o grau de preservação da vegetação nativa, tanto quanto a degradação ambiental dos biomas. Diante disso, o objetivo do presente estudo é analisar as alterações nos valores de albedo em função da conversão da vegetação em três tipos de uso e ocupação do solo no município de Boa Nova/BA. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, datadas ao longo de 2015 e 2022, em seguida, foram realizadas classificações das imagens por meio da plataforma do Google Earth Engine, que é capaz de processar imagens de satélite na nuvem de forma eficaz e rápida. A elaboração de mapas e gráficos do albedo foram feitas pela mesma plataforma e auxiliaram no entendimento e comportamento da variável. A partir de análises visuais por classe e da aplicação de testes estatísticos identificou-se que, o solo exposto devido à falta de cobertura vegetal tem maior refletância e por conseguinte maiores valores de albedo, enquanto que acontece ao contrário com a Mata Densa, apresentando baixos valores de albedo. Por fim, fica evidente quanto o algoritmo desenvolvido para a extração destes dados pode contribuir significativamente com informações reais e valiosas, tanto para discussões acerca das mudanças climáticas e ambientais, quanto ao desmatamento e as mudanças do uso e cobertura do solo, entre outros.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Albedo, Google Earth Engine, Reflectância.

ABSTRACT

SILVA, Tais de Oliveira, Student of the Forestry Engineering Course at the State University of Southwest Bahia, May 2023. **Space-Time Variation of Surface Albedo in Different Land Use and Occupation Classes in Forest Transition Zone.** Region. Advisor: Odair Lacerda Lemos.

Remote sensing allows efficient space-time monitoring of natural resources, becoming a powerful tool for obtaining information necessary for managing the environment and studying climate change, for example. Given this, several agrometeorological indices such as surface albedo become allies in the diagnosis of change and use of land cover, as well as verifying the degree of preservation of native vegetation, as well as the environmental degradation of biomes. Therefore, the aim of this study is to analyze changes in albedo values due to the conversion of vegetation into three types of land use and occupation in the municipality of Boa Nova/BA. Landsat 8 satellite images were used, dated throughout 2015 and 2022, then Image classifications were performed using the Google Earth Engine platform, which is capable of processing satellite images in the cloud efficiently and quickly. The elaboration of albedo maps and graphs were made by the same platform and helped in the understanding and behavior of the variable. From visual analyzes by class and the application of statistical tests, it was identified that the soil exposed due to the lack of vegetation cover has higher reflectance and therefore higher albedo values, while the opposite happens with Mata Densa, presenting low albedo values. Finally, it becomes evident how much the algorithm developed for extracting these data can contribute significantly with real and valuable information, both for discussions about climate and environmental changes.

Key words: Remote Sensing, Albedo, Google Earth Engine, Reflectance.

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

ET - Evapotranspiração

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

GEE - Google Earth Engine

PDI - Processamento Digital de Imagens

REM - Radiação Eletromagnética

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

SR - Sensoriamento Remoto

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 Radiação Solar	12
2.2 Albedo	13
2.3 Uso e Ocupação do Solo	14
2.4 Transição Florestal	15
2.5 PDI e Classificação de Imagens	16
3. METODOLOGIA.....	17
3.1 Área de estudo	17
3.2 Obtenção das imagens de satélite	18
3.3 Classificação dos dados	18
3.4 Processamento e análise dos dados	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	21
5. CONCLUSÃO	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

1. INTRODUÇÃO

As técnicas de sensoriamento remoto (SR) têm sido promissoras e assumido cada vez mais um papel de destaque, seja na obtenção de informações necessárias ao manejo e aos recursos naturais, seja para constituir um parâmetro importante no estudo de mudanças climáticas, capacidade e uso do solo, queimadas e impactos ambientais, por exemplo. Os satélites, por sua vez, se tornaram grandes aliados quando o assunto é monitoramento de mudanças climáticas ou ambientais, isto pois, propicia uma melhor detecção e avaliação, tanto no manejo, quanto no gerenciamento dos recursos naturais (solo e vegetação).

Atrelado à vasta aplicabilidade das técnicas de sensoriamento remoto, abrangemos variáveis biofísicas importantes, como o albedo, uma medida que tem importantes implicações para o tempo e o clima do nosso planeta, o que o torna útil no estabelecimento de uso e ocupação do solo de forma sustentável.

O albedo é definido como a capacidade de as superfícies refletirem a radiação que incidente sobre elas, e este varia de acordo as propriedades físicas existentes em várias superfícies. Com ele, conseguimos diagnosticar a mudança da cobertura do solo ao longo do tempo e do espaço, não apenas isso, como também verificar o grau de preservação da vegetação nativa, tanto quanto a degradação ambiental dos biomas.

Pesquisas relacionadas às mudanças de uso, ocupação e dinâmica do solo são consideradas um importante campo de pesquisa, atuam diretamente na explicação da formação e transformação do território em que se vive, sem contar que, associados a outros fatores e fenômenos, contribuem significativamente para se entender mudanças ambientais a níveis não só locais, como globais, mostrando as importantes variações entre as regiões de transição.

Constata-se que este estudo é indispensável em áreas de zona de transição florestal, visto que, analisar através do sensoriamento remoto o uso, modificação e ocupação do solo em áreas distintas, faz com que seja possível diagnosticar alterações antrópicas e naturais na paisagem e orientar um possível quadro de degradação ambiental. Neste caso, uma transição muito rica entre biomas, de Caatinga e Mata Atlântica, localizada no município de Boa Nova –

BA, onde incide uma importante Unidade de Conservação (UC), denominada o Parque Nacional de Boa Nova.

Visto isso, fica evidente a importância do monitoramento deste componente agrometeorológico e ambiental, fatores estes que tem se tornado poderosas ferramentas para a obtenção de informações necessárias a gestão do meio ambiente e gerenciamento de recursos e ao manejo.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo é analisar as alterações nos valores de albedo em função da conversão da vegetação em três tipos de uso e ocupação do solo (Floresta Nativa, Pastagem e Solo Exposto).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Radiação Solar

A radiação solar é a energia emitida pelo Sol, este que é a fonte energética mais comumente conhecida, que estabelece o funcionamento de processos biológicos, físicos e químicos do nosso planeta, em âmbitos atmosféricos e climatológicos, estando associada diretamente com o clima devido ao seu grande impacto na atmosfera. Garcia et al., (2013), pontuam que, a parcela de energia que atinge os alvos terrestres, também, poderá ser parcialmente refletida. Sua capacidade em refletir energia dependerá das características dos próprios alvos, permitindo assim, que sejam identificadas distinções entre eles.

Esta radiação emitida pelo Sol é chamada de Radiação Eletromagnética (REM) e se difunde em várias direções por meio de ondas eletromagnéticas, que pode ser observada por intermédio de faixas espectrais ou ainda diferentes comprimentos de ondas, que são eles: Ondas de rádio, Micro-ondas, Infravermelho, Luz Visível, Raios Ultravioleta, Raios X e Gama.

Oliveira (2008), afirma que a REM sofre modificações em sua trajetória e fluxo quando interage com a superfície terrestre, o que se deve às propriedades de reflexão, transmissão e absorção da superfície, havendo assim, uma variação em termos de radiação eletromagnética. Visto isso, um método alternativo para correção de efeitos atmosféricos seria a variável meteorológica conhecida como Albedo, pois segundo Silva et al., (2006), este que é a razão entre a irradiância refletida e a quantidade de energia eletromagnética incidente e é um importante parâmetro radiométrico utilizado nas ciências atmosféricas, na climatologia, no sensoriamento remoto e na astronomia.

Santos et al., (2020), resumem precisamente as faixas de frequência que compõe o Espectro Eletromagnético, onde, as Ondas de rádio: são aquelas que possuem a menor frequência e, conseqüentemente, os maiores comprimentos de onda, que vão de 10 m a 10 km. São amplamente empregadas nas transmissões de rádio e TV. As Micro-ondas: são ondas cujo comprimento vai 10^{-1} m até 10^{-3} m. Essas ondas têm por característica atravessar a ionosfera e por isso são amplamente utilizadas nas transmissões de radar. A radiação infravermelha: é composta de ondas de comprimento entre 10^{-3} m (1 mm) e 10^6 .

Sendo emitida por corpos aquecidos e é através dela que recebemos o calor que vem do sol. A radiação visível: é representada pela menor faixa do espectro eletromagnético e nós a percebemos sob forma de luz. O comprimento de onda dessa radiação vai de $8 \cdot 10^{-7} \text{m}$, que corresponde a cor vermelha, até $4 \cdot 10^{-7} \text{m}$.

Ainda segundo os mesmos autores, Os Raios x: São ondas eletromagnéticas de alta frequência que apresentam capacidade de penetração em sistemas de baixa densidade. Eles são utilizados para o diagnóstico feito por imagens muito pequenas, da ordem 10^{-10}m , e frequências muito altas, da ordem de 1020 Hz. E por fim, Os Raios Gamas, que são ondas eletromagnéticas de altíssima frequência produzidas por transições nucleares. Em virtude do seu alto poder de penetração, são utilizados nas radioterapias para cauterização de células tumorais.

2.2 Albedo

O albedo, também chamado de coeficiente de reflexão, é caracterizado como um dos principais componentes do balanço de energia, e é definido como a proporção do fluxo de energia refletida por um corpo ou uma superfície em relação ao fluxo de energia incidente.

É considerado uma importante medida meteorológica, e de acordo com Ideão (2009), é usada para o conhecimento e acompanhamento de recursos naturais, principalmente em países como o Brasil, por possuir dimensões continentais, sendo a técnica do sensoriamento remoto uma alternativa. Visto que, se faz possível o gerenciamento ambiental de extensas áreas sem a necessidade de visitação.

Segundo Giordano (2013), o albedo é um índice da capacidade que o material tem de refletir parte da radiação solar incidente, variando de 0 a 1. Quanto maior o albedo, maior a porcentagem da radiação incidente que é refletida, e por tanto, uma menor parcela de energia é convertida em calor, resultando em temperaturas superficiais menores. O autor afirma ainda que, a retenção maior ou menor desse calor no interior do material dependerá da emissividade da superfície.

Os elevados valores de albedo de superfície estão associados a superfícies suaves, secas e de coloração clara, enquanto que albedos menores são associados a superfícies rugosas, úmidas e de coloração escura (CORREIA,

et, al. 2002).

Índices baixos de albedo são encontrados em superfícies escuras, como os asfaltos, por exemplo, isto porque, a absorção de luz solar nestes lugares é maior que a refletância. Já em areia são encontrados os maiores índices de albedo.

É importante ressaltar que os valores de albedo estão diretamente ligados ao sol. Ou seja, ao longo do dia ele varia de acordo com o seu ângulo de elevação, e com isso, Leitão (1989) concluiu que, durante o dia, o albedo decresce com a elevação do sol alcançando, em geral, valores máximos próximo ao nascer e pôr-do-sol, enquanto os valores mínimos são observados em torno do meio-dia. Contudo, em algumas pesquisas e estudos não se considera o albedo próximo ao nascer e pôr-do-sol, visto que, durante este período ocorre muitas variações e irregularidades nas copas das árvores, o que implicará em alterações significativas, como, por exemplo, aumento do albedo através de reflexões laterais.

Eck e Deering (1992), concluíram que, o albedo menor para ângulos de elevação solar maiores se deve a maior penetração de radiação no dossel vegetativo, resultando no aumento da absorção e espalhamento da radiação. Quando o ângulo de elevação solar é pequeno, a radiação incidente não penetra no interior do dossel, ocorrendo redução da absorção por espalhamento múltiplo, o que concorre para uma reflexão maior da superfície e, em consequência, para um albedo maior.

O Albedo não tem suas medidas realizadas de forma rotineira, e quando se trata de uma superfície vegetada, como florestas muito densas, por exemplo, sofre com algumas variações de inclinação do sol, umidade do ar, e vegetação.

2.3 Uso e Ocupação do Solo

A cobertura do solo refere-se a vários atributos, dentre eles, a topografia, biota, e vegetação, por exemplo. Silva (2018), enfatiza que, o uso da terra, por outro lado, está relacionado aos propósitos de exploração dos tipos de cobertura da terra. A relação entre uso e cobertura da terra acontece por meio do manejo destas, que constitui os métodos pelos quais os seres humanos cultivam e utilizam os recursos naturais.

As atividades humanas impactam diretamente no uso e cobertura da terra, no espaço e no tempo, seja através da economia, da urbanização, ou dos avanços tecnológicos. Com o passar dos anos este impacto tem gerado e motivado inúmeras pesquisas, em âmbitos regionais, locais e globais, visto que, as mudanças se intensificaram no mundo globalizado.

Segundo Silva (2018), estudos de mudanças de uso e cobertura da terra em diferentes regiões do globo têm usado diferentes fontes de dados, como censos agropecuários e demográficos, e principalmente dados de sensoriamento remoto.

O Sensoriamento Remoto age neste sentido, utilizando imagens de satélite através sensores para identificar mudanças, seja no âmbito florestal, degradação do solo, equilíbrio de ecossistemas, ou até alterações do clima. As mudanças são mensuradas tanto por meio de comparações visuais, quanto pela caracterização espectral dos alvos presentes.

2.4 Transição Florestal

Nolasco (2017), enfatiza que, na atualidade, as exigências quanto ao planejamento espacial e ao gerenciamento dos recursos naturais vem crescendo na mesma medida em que crescem os conflitos de uso da terra.

Regiões de transição florestal, por exemplo, segundo Remanamanjato et al., (2002), apresentam ao mesmo tempo características únicas e derivadas de biomas limítrofes, sendo comum registrar nesses locais um elevado número de espécies de diferentes tipos de habitats.

O município em questão neste trabalho, Boa Nova encontra-se na transição entre a Caatinga e a Mata Atlântica, regionalmente conhecida como mata de cipó, formação da fito classe Florestas Estacionais Deciduais e Semideciduais (BRASIL, 2012). Essa região é berço da biodiversidade e dos recursos naturais, apresenta em sua extensão dois grandes e importantes biomas, cabendo destacar a vasta diversidade ambiental, existência de variáveis espécies vegetais e silvestres, principalmente aves.

Mesmo tendo significativa relevância para conservação da biodiversidade, esta área, como muitas outras pelo globo, é fragmentada, principalmente, pela remoção da vegetação para atividades agrícolas e expansão urbana ao longo

dos anos. Neste contexto, é de fundamental importância um bom planejamento e estratégias para a conservação do meio ambiente e da biodiversidade, o sensoriamento remoto se retifica como um recurso primordial para compreensão destes e outros problemas ambientais como um todo.

2.5 PDI e Classificação de Imagens

Segundo Crósta (1992) o processamento digital de imagens (PDI) é entendido como a análise e a manipulação de imagens por computador, cuja finalidade é identificar e extrair informações da imagem e transformar a imagem de tal modo que a informação seja mais facilmente discernível por um analista humano. Além disso, pode ser definida como um conjunto de diversas técnicas, ou tarefas interconectadas, que podem ser utilizadas com o intuito de caracterizar agregados de forma mais completa e realista, facilitando a extração de informações a partir de imagens.

O PDI é uma área multidisciplinar, e possui uma ampla gama de aplicações, como mencionado anteriormente, sendo muito utilizado no processamento de imagens adquiridas por satélites de sensoriamento remoto, principalmente para o monitoramento do meio ambiente.

Segundo Bessa (2012), o PDI vem sendo aprimorada e possui diversas metodologias, desde o uso de métodos mais tradicionais que utilizam equipamentos simples como computador e scanner, até o uso de equipamentos sofisticados como o AIMS e/ou a tomografia computadorizada de Raios-X.

Este processamento permite-se obter resultados desejados em várias aplicações práticas, dentre elas, podemos citar duas Técnicas de Classificação de Imagens, não supervisionada e supervisionada. De acordo com Venturieri e Santos (1998), é dito não-supervisionado quando o classificador não utiliza a priori nenhum conhecimento sobre as classes existentes na imagem e define, sem a interferência do analista, a estratificação da cena, atribuindo a cada pixel uma determinada classe. Já o método de classificação supervisionado baseia-se na disponibilidade prévia de amostras representativas, identificadas na imagem, para cada classe de interesse (MATHER, 1999).

3. METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

A pesquisa foi conduzida em áreas de transição de Caatinga, Mata de Cipó e Mata Atlântica, com três formas de uso e ocupação do solo, sendo elas: Floresta Nativa, Pastagem e Solo Exposto, ambas localizadas na região de Boa Nova, situando-se nas coordenadas geográficas de Latitude 14° 21' 15" Sul, e Longitude 40° 12' 46" Oeste, conforme indica a Figura 1.

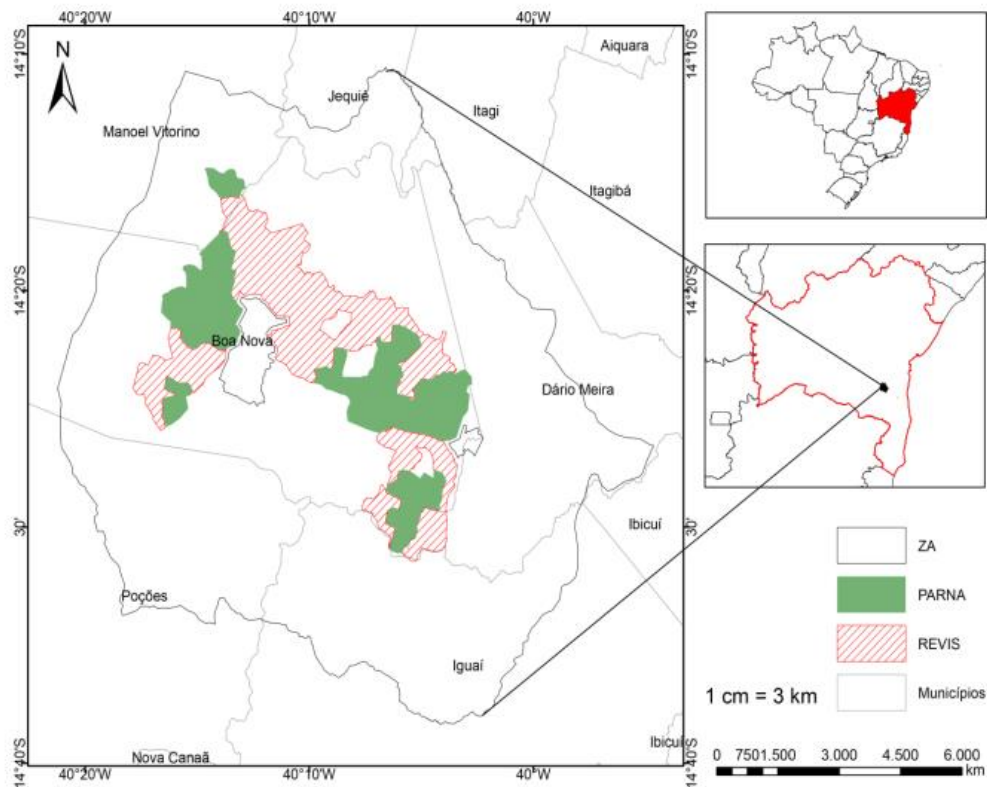


Figura 1: Região de estudo, localização do Parque Nacional de Boa Nova, Refúgio de Vida Silvestre de Boa Nova. Fonte: Nolasco, 2017.

De acordo com Brasil (2010), o município possui uma área de 868,78 km² e é destaque no que diz respeito à biodiversidade, preservação do meio ambiente e desenvolvimento socioambiental, e é compreendido pela unidade de conservação - Parque Nacional de Boa Nova (PARNA - 12.065 ha), Refúgio de Vida Silvestre de Boa Nova (REVIS - 15.024 ha) – e também a zona de amortecimento (ZA - 119.803 ha).

Nolasco (2017), enfatiza ainda que, a região de Boa Nova é considerada uma importante área de transição entre Mata Atlântica e Caatinga, a transição

entre estes dois biomas é formada pela presença de uma zona estreita de florestas estacionais (deciduais e semideciduais), regionalmente conhecidas por Mata de Cipó.

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger: o município se enquadra no segmento Aw, o qual é caracterizado como tropical com estação seca. Já em relação a temperatura, Brasil (2016) caracteriza a região a uma temperatura média anual de 23 °C, sendo a máxima de 26 °C e a mínima de 14 °C, com precipitação média de 1.300 mm/ano.

3.2 Obtenção das imagens de satélite

Para obter o Albedo de Superfície e analisar as mudanças na cobertura e ocupação do solo no município de Boa Nova/BA, foram utilizadas imagens do Landsat-8/OLI-TIRS, satélite em reflectância de superfície, imagens da coleção Landsat Surface Reflectance Higher-Level Data que contém nove bandas espectrais cada. Este satélite obtém imagens com resolução espacial de 30 metros, e segundo Ganem (2017), essa base de dados da série Landsat contém o maior registro contínuo da superfície da Terra, e o LandSat 8 em questão, devido à sua alta cobertura temporal, contribui consideravelmente para pesquisas voltadas à mudança da cobertura do solo. Vale ressaltar que, todas estas estão disponíveis em coleções no Google Earth Engine (GEE).

O GEE é uma plataforma de processamento em nuvem, e é amplamente utilizada com o objetivo principal de fazer análise de dados ambientais, principalmente detecção de desmatamento e classificação da cobertura da terra, e de acordo com o próprio site da plataforma Google Earth Engine (2017), esta também fornece ferramentas e uma vasta capacidade computacional para o desenvolvimento de análises e exploração de uma elevada amplitude de dados.

3.3 Classificação dos dados

A delimitação da área de estudo foi disponibilizada em formato shapefile pelo MapBiomas, foram feitos downloads de três shapes, um da delimitação do município e os outros dois dos biomas que adentram a região, Caatinga e Mata Atlântica.

Na área de edição de códigos do GEE, foi feito o processamento dos dados, executado a partir de um script.

O primeiro passo para a obtenção do Albedo, foi aplicar um filtro para retirar das imagens utilizadas todos os pixels que continham coberturas de nuvens, visto que, as nuvens atrapalham significativamente a visualização, interferem no cálculo da variável sobre a superfície terrestre e nos dados finais.

Com a região de interesse devidamente delimitada, buscou-se distribuir os pontos em toda a área de estudo, isto de acordo com a fisionomia da vegetação ali observada, e cada conjunto desses pontos resultou em uma classe específica, e no total foram 3. A primeira foi a classe de Solo Exposto, que são áreas sem ou com pouca vegetação, onde são observados solo nu, que também inclui área urbana. A segunda, denominada de Pastagem, esta é uma classe intermediária, isto pois, apresenta em alguns pontos uma vegetação com predomínio de espécies herbáceas e em outros pontos uma vegetação bem rasteira, e pouco densa. A terceira e última classe, é caracterizada pela mata densa, Mata Atlântica, áreas de vegetação densa e de grande porte.

3.4 Processamento e análise dos dados

Dando continuidade ao processo, foi adicionado ao script a fórmula do albedo, a fim de encontrar os valores necessários para as análises, são constantes desenvolvidas para este cálculo em questão, estas, disponíveis na plataforma Geographic Information Systems. O sensor OLI utiliza bandas espectrais que estão diretamente ligadas a fórmula proposta, a Banda 2 (blue-azul), a Banda 3 (green-verde), a Banda 4 (red-vermelho), a Banda 5 Near Infrared (NIR), a Banda 6 Shortwave Infrared (SWIR), como podemos visualizar na equação a seguir e na Figura 2.

$$\frac{((0.356 * blue) + (0.130 * red) + (0.373 * nir) + (0.085 * swir) + (0.072 * swir2) - 0.018)}{1.016}$$

Sensor	Spectral Band	Use Area	Wavelength	Resolution
OLI	Band 1	Coastal/Aerosol	0.433 – 0.453 μm	30 m
OLI	Band 2	Blue	0.450 – 0.515 μm	30 m
OLI	Band 3	Green	0.525 – 0.600 μm	30 m
OLI	Band 4	Red	0.630 – 0.680 μm	30 m
OLI	Band 5	Near Infrared	0.845 – 0.885 μm	30 m
OLI	Band 6	Short Wavelength Infrared (SWIR 1)	1.560 – 1.660 μm	30 m
OLI	Band 7	Short Wavelength Infrared (SWIR 2)	2.100 – 2.300 μm	30 m

Figura 2: 7 bandas espectrais do Landsat 8. Fonte: EOS Data Analytics, 2022.

Logo após, para se obter uma análise satisfatória dos parâmetros de albedo da região em questão, as imagens selecionadas foram filtradas de acordo o decorrer de um ano completo, 24 imagens ao longo do ano de 2015 e 24 imagens ao longo do ano de 2022 (todas de janeiro a dezembro do ano respectivo), estes, foram os dois anos escolhidos para comparação dos valores de Albedo, isto pois, este é um bom intervalo, 7 anos se torna um período satisfatório para comparação das mudanças ao longo do tempo.

Ao final disso, as imagens foram geradas com os resultados, logo após, foram exportadas como banda albedo, com variável mínima de 0 e máxima de 0,14.

Praticamente todo o processo da pesquisa foi feito no GEE, desde a seleção de imagens até a avaliação da classificação. Após a obtenção dos dados necessários, foi gerado outro parâmetro para melhor interpretação dos resultados, também a partir de um script, e foi extraído uma série temporal das áreas, gerando um gráfico das mudanças ao longo do respectivo ano.

Por fim, para a criação final dos mapas, utilizou-se o suporte de outro software, o QGIS Desktop 3.28.6. O resultado obtido foram os mapas de albedo de superfície, os quais possuem os recortes por tipologia de uso e ocupação do solo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Observa-se nas imagens, de modo geral, diferentes tonalidades e cores nos mapas a seguir, e isto torna-se a avaliação do albedo mais detalhada e melhor visualizada, cores estas resultado da refletância do solo em escala regional. A cor verde corresponde aos menores valores de albedo, a Mata Atlântica, ou ainda, podemos classificar como uma classe de vegetação densa e de maior porte. Já a cor amarelada corresponde ao albedo médio, onde classificamos esta classe como Pastagem ou ainda vegetação rala/rasteira. E por fim, a cor vermelha que representa o solo exposto da região como um todo, seja ele devido a degradação, ou a área urbanizada, que podemos observar na Figura 3 a seguir.

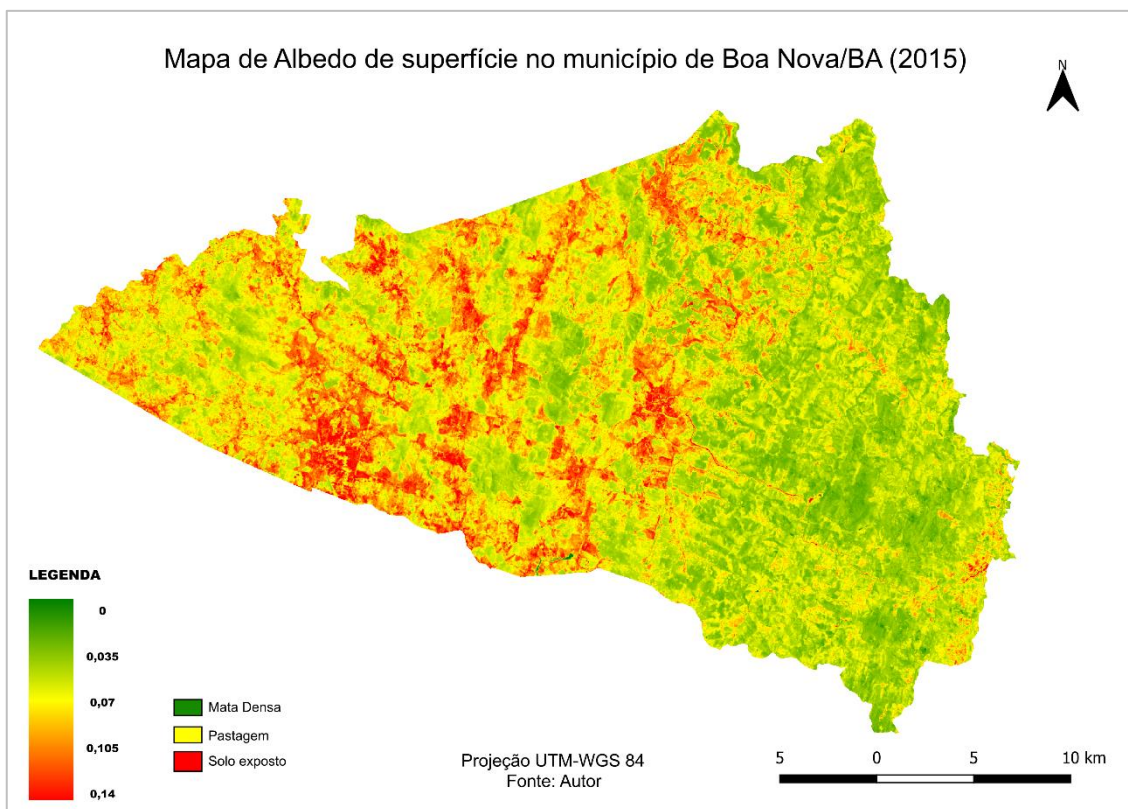


Figura 3: Valores de albedo em Boa Nova, no ano de 2015. Fonte: Autor.

Outro ponto importante a ser observado na imagem são os biomas, do lado direito predomina o bioma de Mata Atlântica, já do lado esquerdo o bioma Caatinga, e os valores do albedo de superfície relacionados com o uso e

ocupação do solo para o ano de 2015.

Ainda analisando a Figura 3, verificou-se que em relação ao ano de 2015, o solo exposto está muito presente e evidente, e em grande número na área onde predomina a região da Caatinga, evidenciando elevados graus de devastação, com a variável máxima deste estudo de 0,14.

No trabalho de Ferreira Jr. & Dantas (2018), que trata da “Análise do albedo da superfície e índices de vegetação por sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do rio Pacoti/CE”, o albedo da superfície no ano de 2006, foi de 0,21 (variável mínima) para áreas com pouca vegetação e de 0,36 para áreas que indicaram a presença de solos expostos. Com relação a classe de Pastagem, representada pela cor amarela, podemos notar o quanto ela está distribuída em todo território, a vegetação mais rasa está tanto entre manchas de caatinga arbustiva, quanto na região de mata densa.

Já a cor esverdeada está representando a classe de Mata atlântica, e quando a vegetação está mais verde e densa, reflete menos, ou seja, apresentam menor albedo, no caso deste trabalho, apresentando uma variável mínima.

Ganem (2017), enfatiza em seu trabalho de “Comparação entre dados com e sem correção atmosférica na classificação da cobertura da terra de uma área da caatinga utilizando o Google Earth Engine” que, em zona de transição, entre uma faixa encoberta por vegetação e uma área não vegetada, como é o caso da área de estudo, pode ocorrer interferências, ou seja, um certo impacto nos resultados das classificações dessa natureza devido a resolução do Landsat. Isto acontece quando, o pixel acabará sendo vinculado à classe que maior prevalecer nas dimensões. Foi o que ocorreu na classe de Pastagem, esta foi classificada como uma vegetação baixa e rasteira, e por esse motivo foi confundida com áreas de vegetação mais rala, que é característico da Caatinga.

Fato também ocorrido com o solo exposto, que tem similaridades com a área urbana, ou seja, sem de vestígios de vegetação. Resultados semelhantes foram encontrados por Giongo e Vettorazzi (2014), intitulado de “Impacto nas variáveis biofísicas em ambientes submetidos à mudanças na cobertura e uso do solo no bioma Cerrado”, que obtiveram resultados significantes acima de 0,31 (variável máxima) para essas áreas específicas, solo desnudo, áreas urbanizadas e antropizadas. Este fatos influenciaram consideravelmente nos

valores, porém, nada que tire a relevância dos resultados encontrados.

De acordo com Ideão (2009), a redução da cobertura vegetal também aumenta o valor do albedo sobre circunstâncias específicas. Ou seja, o aumento do albedo reduz a precipitação local, intensificando os processos de degradação ambiental, além do aumento do uso e ocupação do solo na região.

Com relação ao ano de 2022, houve uma diferença perceptível do albedo quando comparado ao ano de 2015 em relação ao solo desprovido de qualquer tipo de vegetação, o solo nu. Analisando visualmente as duas figuras já é bem claro a mudança considerável da vegetação, o cenário mudou consideravelmente ao longo destes 7 anos, como indica a Figura 4 a seguir.

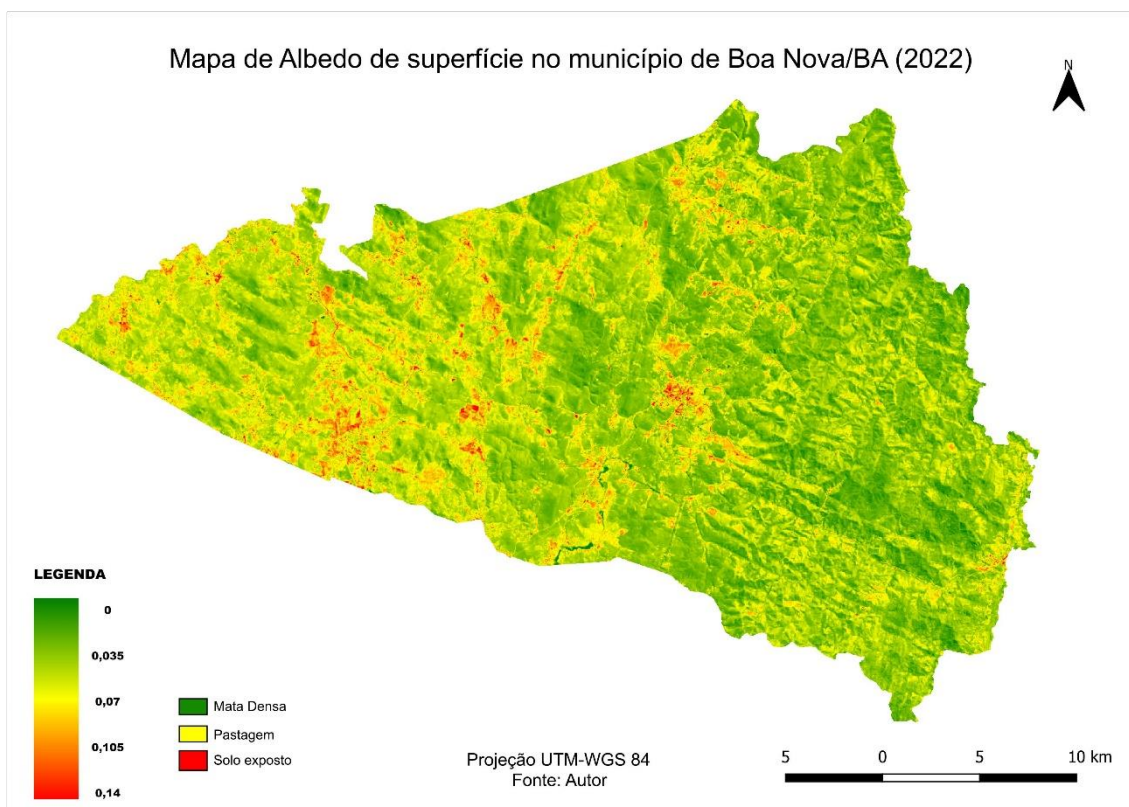


Figura 4: Valores de albedo em Boa Nova, no ano de 2022. Fonte: Autor.

Fica evidente que a classe Pastagem representada pela cor amarela, foi a segunda classe mais frequente observada, destacando o positivo fato de que, com o passar dos anos a Caatinga foi sendo regenerada. E a classe de menor proporção está representada pela cor vermelha.

É valoroso destacar o fato de que, a região de mata densa também teve

resultados muito positivos, esses aspectos de melhora podem ser explicados devido a criação do Parque Nacional nesta região em 2010. Essa unidade de conservação vem objetivando proteger ao longo destes anos essa importante área na transição entre a Caatinga e a Mata Atlântica. Outro fator determinante para a diferença entre os intervalos de albedo nos sete anos analisados (2015 e 2022), pode ser a precipitação, a quantidade de chuvas em mm, aumentou com o passar dos anos.

No caso deste trabalho, os resultados foram estruturados em mapas e gráficos de avaliação temporal, em prol de uma avaliação sob as duas perspectivas, onde, uma vez complementadas, garantem um melhor resultado acerca dos dados gerados, ambas as figuras mostram um exemplo de comportamento anual.

Com base nos valores mínimos e máximos obtidos da variável Albedo, 0 e 0,14 respectivamente, pode-se observar por meio de ambos os gráficos, a distribuição da variação do albedo de superfície. Na Figura 5, encontram-se os valores de Albedo ao longo do ano de 2015, apontando que sofreram algumas variações. No mês de março, o albedo apresentou uma queda acentuada, com um valor chegando a 0,3. Com a chegada do outono, no meio do ano, o índice voltou a subir, logo após, se manteve estável em média e quando se inicia o período de seca, nos meses de setembro a novembro, começa atingir o maior pico, chegando a 0,10. O ano de 2015 foi um ano de grande veranico nesta região, o que também colabora para as explicações dos resultados.

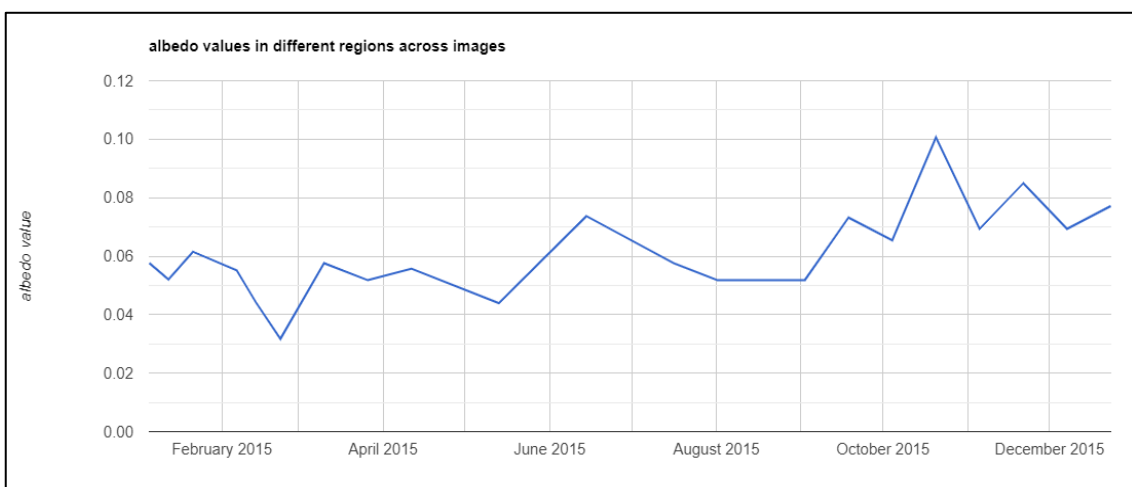


Figura 5: Valores de albedo em meses ao decorrer do ano de 2015. Fonte: Autor.

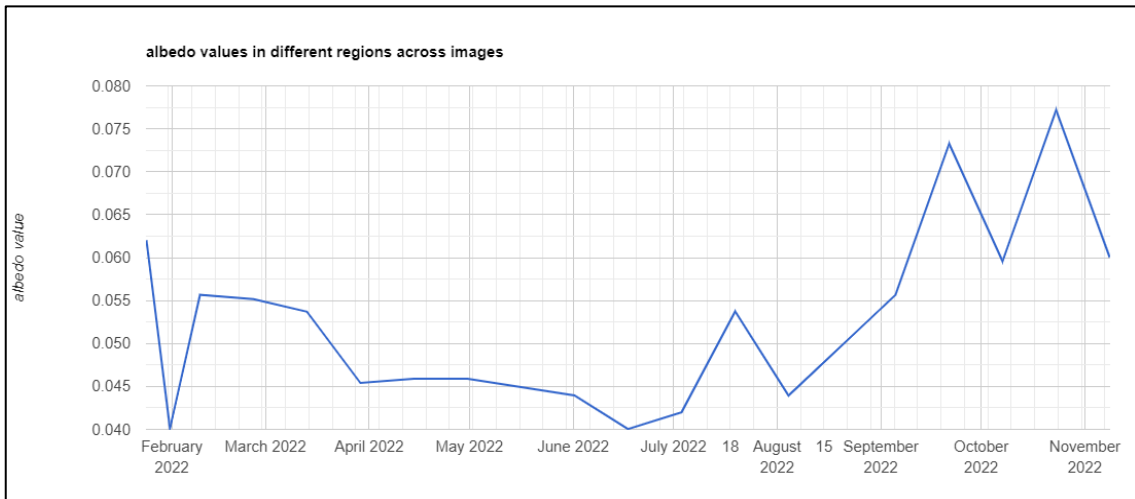


Figura 6: Valores de albedo em meses ao decorrer do ano de 2022. Fonte: Autor.

No ano de 2022, como indicado na Figura 6, o albedo teve algumas variações quando comparado ao ano de 2015, se manteve menor que no ano de 2015. É importante destacar que, no ano em questão, os valores de albedo não ultrapassaram a variável de 0,08 o que corrobora com o apresentado no mapa de 2022 (Figura 4), ou seja, foi um ano em que o albedo apresentou os menores valores, ficando abaixo quando comparado com 2015. Outro ponto é que, o mês de dezembro não está presente na análise temporal do gráfico, isso pode ser explicado pelo fato de que, esta foi uma época de fortes chuvas, em razão disso, o satélite não capturou imagens adequadas.

A variação anual do albedo é fonte de diversos fatores, dentre eles podemos citar as estações do ano e o elevado índice pluviométrico que podem influenciar de forma significativa nestes valores.

5. CONCLUSÃO

Diante dos resultados obtidos é possível inferir que as análises revelaram o quanto a refletância da superfície apresentou variação entre os anos de 2015 e 2022, positivamente.

Os valores de albedo obtidos em cada período apresentado permitiram avaliar seu comportamento, e com isso, foi possível identificar classes com maiores e menores capacidades de reflectância. O albedo nas áreas de vegetação densa, é baixo, e, conseqüentemente, tem a menor capacidade de reflectância. Já o solo exposto, por apresentar um solo desnudo e sem vegetação, sempre irá apresentar altos valores de albedo, em concordância com os valores encontrados por outros estudos, isto independente da fórmula ou algoritmo usado, pois é uma das classes que possui maior capacidade de reflectância.

E relevante destacar que, regiões com uma valiosa cobertura de florestas está sujeita a exploração ilegal, visto, isso, é necessário que haja um monitoramento. O uso das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, aliadas com aliado com Sistema de Informações Geográficas (SIG), possibilitam a obtenção do albedo e de outras variáveis meteorológicas extremamente importantes para planejamento e gestão do uso do solo e dos recursos naturais.

Já com relação à ferramenta Google Earth Engine, concluiu-se que é uma plataforma bastante ágil e que fornece dados de qualidade, podendo gerar os resultados em menos tempo que diversos outros softwares do mercado.

Por fim, fica evidente quanto o algoritmo desenvolvido para a extração destes dados pode contribuir significativamente com informações reais e valiosas, tanto para discussões acerca das mudanças climáticas e ambientais, quanto ao desmatamento e as mudanças do uso e cobertura do solo, entre outros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. A. J.; SILVA, F. H. B. B.; BURGOS, N. **Avaliação de Mudanças no Albedo do Núcleo de Desertificação do Seridó através de Imagens do Landsat TM**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10. 2001, Foz do Iguaçu. Anais. São José dos Campos: INPE, 2001.

ANDRADE, R. G. et al. **Análise de metodologias para correção atmosférica e estimativa do albedo da superfície usando imagens Landsat 5, TM**. Anais. 3º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cáceres, MT, p.133 -14, 2010.

BASTIAANSEN, W. G. M. **Regionalization of surface flux densities and moisture indicators in composite terrain: a remote sensing approach under clear skies in Mediterranean climate**. 1995. 272 p. Tesis, (PhD Dissertation - CIP Data Koninklijke Bibliotheek), Den Haag, 1995.

BASTIAANSEN, W. G. M.; MENENTI, M.; FEDDES, R. A.; HOLTSLAG, A. A. M.; A remote sensing surface energy balance algorithm for land (SEBAL) 1. Formulation. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 212, p. 198-212, 1998.

BESSA, Iuri Sidney. Avaliação do processamento digital de imagens como ferramenta para caracterização de agregados e misturas asfálticas. 2012. 153 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

BEZERRA, H. N. Estimativa da evapotranspiração espacial em uma região semiárida utilizando sensoriamento remoto. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Sanitária) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2013.

BOEGH, E.; SOEGAARD, H.; THOMSEM, A. **Evaluating evapotranspiration rates and surface conditions using Landsat TM to estimate atmospheric resistance and surface resistance**. Remote Sensing of Environmental, New

York, v. 79, p. 329- 343, 2002.

BRASIL. 2010. Diário Oficial da União (DOU). Decreto de 11 de Junho de 2010. Criação do Parque Nacional de Boa Nova. Presidência da República.

BRASIL, 2012. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ªed revisada e ampliada. 271p.

Brasil. 2016. Relatório Parametrizado – Unidade de Conservação. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.

Crósta, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas, SP IG/UNICAMP, 1992. 170 p.

DANTAS, Maria Jorgiana F. Evapotranspiração na sub-bacia do Riacho Jardim - CE, por sensoriamento remoto. 2013. 120 f. **Tese** (Doutorado) - Curso de Agronomia, Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2013.

DINGMAN, S. L. **Physical hydrology**. Long Grove: Prentice Hall, 600p. 2002.

Eck, T.F.; Deering, D.W. Canopy albedo and transmittance in spruce-hemlock forest in mid-September. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.59, n.3-4, p.237-248, 1992.

GARCIA, Maurício Labrador; BRONDO, Juan Antônio Évora; PÉREZ, Manuel Arbelo. **Satélites para Detecção Remota Aplicada à Gestão Territorial**. Projecto SATELMAC, Programa de Cooperação Transnacional Madeira – Açores – Canárias - 2007-2013 (PCTMAC).

GANEM, K. A. Classificação da Cobertura do Solo na Caatinga a partir de Imagens do Landsat-8 e da Ferramenta Google Earth Engine: uma comparação entre dados com e sem correção atmosférica. 2017. 182p. **Dissertação de Mestrado** – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília – Distrito

Federal.

GEE. **Google Earth Engine**. Uma plataforma em escala planetária para dados e análises de ciências da Terra. Disponível em: <https://earthengine.google.com/>. Acesso em: 15 de março de 2023.

GOMES, H. B. **Balço de radiação e energia em áreas de cultivo de cana-de-açúcar e cerrado no estado de São Paulo mediante imagens orbitais**. Tese de Doutorado em Meteorologia, UFCG, Campina Grande – PB. 2009.

GÓMEZ, J.M. RODRÍGUEZ; CARLESSO, F.; Vieira, L.E.; da Silva, L. A irradiância solar: conceitos básicos. **REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA (ONLINE)**, v. 40, p. e3312-1-e3312-12, 2018.

GIORDANO, D. E.; KRÜGER, E. **Potencial de redução da temperatura de superfície pelo aumento do albedo nas diversas regiões brasileiras**. Paranoá, Brasília, no 11, p. 13-22, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEORGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Cidades**. 2014. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>> Acesso em: 12 mar. 2015

JÚNIOR, JOSÉ JEOVÁ FERREIRA; FERREIRA, MARIA JORGIANA. **Análise do albedo da superfície e índices de vegetação por sensoriamento remoto na bacia hidrográfica do rio Pacoti/CE**. REVISTA TECNOLOGIA (UNIFOR). v. 39, p. 1, 2018.

LEITÃO, M. M.V.B.R. **Balço de radiação e energia numa cultura de soja irrigada**. Campina Grande: DCA/CCT/UFPB, 1989. 111p. Dissertação Mestrado

LIMA, K. C.; PITIÁ, A. M. A.; SANTOS, J. M. dos. **Uma contribuição aos estudos de geomorfologia climática em ambiente semiárido na região sudoeste da Bahia**. Anais. Conferência em Geomorfologia, Goiânia - GO, p. 1-15, 2006.

Mather, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. 2 ed. Chichester:John Wiley & Sons, 1999. 292 p

MAIA, M. R. **Zoneamento geoambiental do município de Vitória da Conquista - BA: um subsídio ao planejamento**. 2016. 169f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Salvador: UFBA, 2016.

Medina, J. L.; E. Camacho; J. Reça, R. López; J. Roldán. Determination and analysis of regional evapotranspiration in Southern Spain based on Remote Sensing and GIS. **Physical Chem. Earth**, v. 23, n. 4, p. 427-432, 1998.

MOHAMED, Y. A.; BASTIAANSSEN, W.G.M.; SAVENNIJE, H.H.G.; Spatial variability of evaporation and moisture storage in the swamps of the upper Nile studied by remote sensing techniques. **Journal of Hidrology**, Amsterdam, v. 289, n. 1/4, p. 145-164, 2004.

NOLASCO, G. M. Análise da paisagem das Unidades de Conservação de Boa Nova – Bahia, Brasil. **Dissertação** (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga, BA, 2017.

OLIVEIRA, L. G. L. **Avaliação de Metodologias de Caracterização Atmosférica na Conversão de Dados Radiométricos Digitais em Valores Físicos**. 133 p. Dissertação de Mestrado. São José dos Campos, INPE-2008.

QUEIROZ, J.E.R. DE; GOMES, H. M. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v. XIII, p. 11-42, 2006.

RAMANAMANJATO, J. B.; MCINTYRE, P. B.; NUSSBAUM, R. A; Reptile, amphibian, and lemur diversity of the Malahelo Forest, a biogeographical transition zone in southeastern Madagascar. **Biodiversity & Conservation**, v. 11, n. 10, p. 1791-1807, 2002.

RUHOOF, A. L.; SILVA NOVO, B. B.; ROCHA, H. R. **Determinação da irradiância solar no topo da atmosfera para cálculo do albedo e balanço de energia a partir de imagens LANDSAT 8 OLI.** Anais. VVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, João Pessoa-PB, p. 4495-4502, 2015.

PAIVA, C. M.; TSUKAHARA, R. Y.; França; G. B.; Nicacio, R. M. **Estimativa da evapotranspiração via sensoriamento remoto para fins de manejo de irrigação.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 2011.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C. **Agrometeorologia Fundamentos e Aplicações Práticas.** Guaíba-RS: Livraria e Editora Agropecuária Ltda, 2002.

Santos, F. P., Oliveira, G. C. A., Cruz, G. S. da, Silva, J. C. da, Barreto, P. K. A., Lima, V. C. N., & Pereira, J. da S. (2020). O ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO. **Cadernos Macambira**, 4(1), 61–60.

SILVA, B. B., LOPES, G. M., AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens Landsat 5 – TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, n.2, p. 201-211. 2005.

SILVA, A., L. **Transição florestal e dinâmica de uso e cobertura da terra no centro-sul paulista.** 2018. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

SILVA, Lucas da; COSTA FILHO, J. F; LIMA, E. R. V; ALMEIDA, H. A. **Análise do Albedo e do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) em uma Bacia Hidrográfica, usando o SEBAL - SURFACE ENERGY BALANCE ALGORITHM FOR LAND.** In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009.

TASUMI, M. **Progress in operational estimation of regional**

evapotranspiration using satellite imagery. PhD thesis. Dept. Biological and Agricultural Engineering, University of Idaho, Idaho, 2003.

VENTURIERI, Adriano; SANTOS, João Roberto dos. Técnicas de Classificação de Imagens para análise cobertura vegetal. In: Eduardo Delgado Assad; Edson Eyji Sano. (Org.). Sistema de Informações Geográficas: aplicações na Agricultura. 2ed. Brasília: Embrapa, 1998, v. 01, p.