



II CONPESQ

Congresso de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação

Os novos rumos da ciência pós-pandemia

12 a 16 de abril de 2021 Universidade Federal do Cariri - UFCA

ESTIMATIVA DA TEMPERATURA E RADIAÇÃO TERRESTRE, NA MESORREGIÃO DO SUL CEARENSE, UTILIZANDO DADOS DO SENSOR MODIS/TERRA: UMA ANÁLISE PRELIMINAR

Alexandre Vieira de Sousa¹

Instituto de Formação de Educadores – UFCA
alexandre.sousa@aluno.ufca.edu.br
Programa Institucional de Inicialização
Científica e Tecnológica (PIICT)

Maria Natália Marcena dos Santos²

Instituto de Formação de Educadores – UFCA
natalia.marcena@aluno.ufca.edu.br
Programa Institucional de Inicialização
Científica e Tecnológica (PIICT)

Francineide Amorim Costa Santos³

Instituto de Formação de Educadores – UFCA
francineide.amorim@ufca.edu.br
Programa Institucional de Inicialização
Científica e Tecnológica (PIICT)

RESUMO: O estudo tem como objetivo estimar a temperatura e a radiação emitida pela superfície decorrentes de mudanças na cobertura do solo, as quais podem ser provocadas pela própria natureza ou ocasionadas pela ação humana. Para isso utilizou-se dados provenientes do Sensoriamento Remoto, o qual permite a obtenção de imagens a grandes distâncias, sendo responsável por obter informações amplas sobre a superfície terrestre. O sensor responsável por fornecer os dados para o estudo, foi o *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*, que está a bordo do satélite Terra, fornecendo registros diários do globo terrestre. O local de estudo se trata da mesorregião do Sul Cearense, localizada no estado do Ceará, região do Nordeste do país. O estudo teve um intervalo de 10 anos entre as imagens analisadas, mostrando as diferenças ocorridas após esse intervalo de tempo. Foram processados dados para geração de imagens de temperatura e radiação de onda longa da superfície, também chamada de radiação terrestre. Nos resultados, ainda preliminares, as áreas urbanas destacaram-se por apresentar maiores valores de temperatura e radiação de onda longa emitida, assim como áreas com menos

1 Será preenchido pela Comissão após avaliação com as informações dos metadados da submissão.

2 Será preenchido pela Comissão após avaliação com as informações dos metadados da submissão.

3 Será preenchido pela Comissão após avaliação com as informações dos metadados da submissão.

cobertura vegetal apresentaram maiores valores para essas variáveis, com relação a áreas com cobertura mais densa. Pode-se concluir que a técnica empregada apresentou êxito, pois permitiu a diferenciação das feições da superfície, podendo colaborar com o apelo para a preservação ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto; Radiação de Onda Longa; Temperatura; Vegetação.

ABSTRACT: The study aims to estimate the temperature and radiation emitted by the surface resulting from changes in soil cover, which can be caused by nature or caused by human action. For that, data from Remote Sensing was used, which allows images to be obtained over great distances, being responsible for obtaining ample information about the Earth's surface. The sensor responsible for providing the data for the study, was the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, which is on board the satellite Terra, providing daily records of the terrestrial globe. The study site is located in the mesoregion of Sul Cearense, located in the state of Ceará, in the Northeast region of the country. The study had an interval of 10 years between the analyzed images, showing the differences that occurred after that time interval. Data were processed to generate images of temperature and long-wave radiation from the surface, also called terrestrial radiation. In the results, still preliminary, urban areas stood out for presenting higher values of temperature and long-wave radiation emitted, as well as areas with less vegetation cover presented higher values for these variables, in relation to areas with denser coverage. It can be concluded that the technique used was successful, as it allowed the differentiation of the surface features, being able to collaborate with the appeal for environmental preservation.

Keywords: Remote sensing; Long Wave Radiation; Temperature; Vegetation

1. INTRODUÇÃO:

Oyama e Nobre (2004) relatam que os processos em que ocorrem mudanças na cobertura do solo podem afetar o clima, já que a atmosfera é influenciada pelas características da superfície, podendo ser afetadas as trocas de energia, água e carbono. Com o constante aprimoramento dos instrumentos de aquisição e processamento de dados espaciais, tem-se um consenso formado entre os meios acadêmicos e políticos de que é necessária a utilização de novas tecnologias que tenham como foco principal a representação e quantificação das áreas da superfície terrestre para auxiliar os diagnósticos finais, principalmente os de meio ambiente, uma vez que essas tecnologias estão se tornando cada vez mais modernas e dinâmicas (MOURA e SILVA J. B, 2015).

Nessa perspectiva pode ter grande importância a utilização do Sensoriamento Remoto (SR), para estudos ambientais, o qual tem como função propalar a percepção sensorial do ser humano, ou seja, nossa relação com o espaço e a percepção das situações ao nosso redor, independente se é através da visão panorâmica dada pela visão aérea ou obtendo informações em regiões do espectro eletromagnético inacessíveis à visão humana. Segundo a definição mais clássica o SR se trata de uma técnica que nos possibilita obter imagens e informações da superfície terrestre sem precisar haver um contato físico entre o sensor e objeto de estudo. (BATISTA e DIAS, 2005). A radiação eletromagnética é a forma de energia usada no registro dessas informações que os objetos emitem em direção aos sensores, que são equipamentos instalados a bordo dos satélites, para capturar essa energia. As duas principais fontes de energia eletromagnética aproveitadas pelo sensoriamento remoto são o Sol e a Terra (FLORENZANO, 2011).

Em se tratando de problemas ambientais, assim como nos demais biomas terrestres, fatores que acarretam a remoção parcial ou por vez total da cobertura vegetal da Caatinga, associados às características predominantes de solos rasos e pobres em nutrientes orgânicos,

podem levar ao aumento na degradação desse bioma (COSTA et al., 2009). Comumente a Caatinga está associada ao fornecimento de recursos madeireiros e medicinais e, pelas formas de obtenção de alguns desses produtos da natureza, não se tem enxergado alternativa que não seja a proteção total das áreas remanescentes, principalmente quando se considera o uso intenso de algumas espécies que apresentam uma esparsa distribuição e/ou pequenas populações (ALBUQUERQUE, 2002). No entanto, Sá et al. (2014) relatam sobre a importância da cobertura vegetal no controle do fenômeno da desertificação em áreas semiáridas, mesmo tendo a Caatinga a característica de perder suas folhas durante certo período do ano, ela desempenha o papel de protetor do solo contra as intempéries e diminuindo o processo de degradação.

Esse bioma faz parte da mesorregião do Sul Cearense, pertencente ao estado do Ceará, da Região do Nordeste do país, essa região que está se transformando devido à um grande número de impactos ambientais ocasionado pelo setor imobiliário, é o foco de nossa pesquisa. Entendendo que a perda da diversidade nesse ambiente pode alterar a interação entre a superfície e a atmosfera, consequentemente modificando essa interação, o clima dessa região poderá sofrer danos, e assim interferindo com a vida da população no ambiente. Segundo Cunha et al. (2011 apud Sá et al., 2014) a paisagem da Mesorregião Sul Cearense, tem passado por constantes alterações devido às ações humanas, com degradação da vegetação original por causa do processo extrativista e uso agrícola.

Segundo a (NASA, 2018), o sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), a bordo do satélite Terra, está posicionado para visualizar toda a superfície da Terra, os registros de imagens geradas pelo sensor, melhoram a nossa compreensão das dinâmicas e processos globais que ocorrem na terra, nos oceanos e na baixa atmosfera (NASA, 2018). Nessa perspectiva, a radiação eletromagnética emitida pela superfície pode ser utilizada para estudos que visam entender a interação entre a superfície e a atmosfera, colaborando no entendimento do papel da vegetação no microclima local.

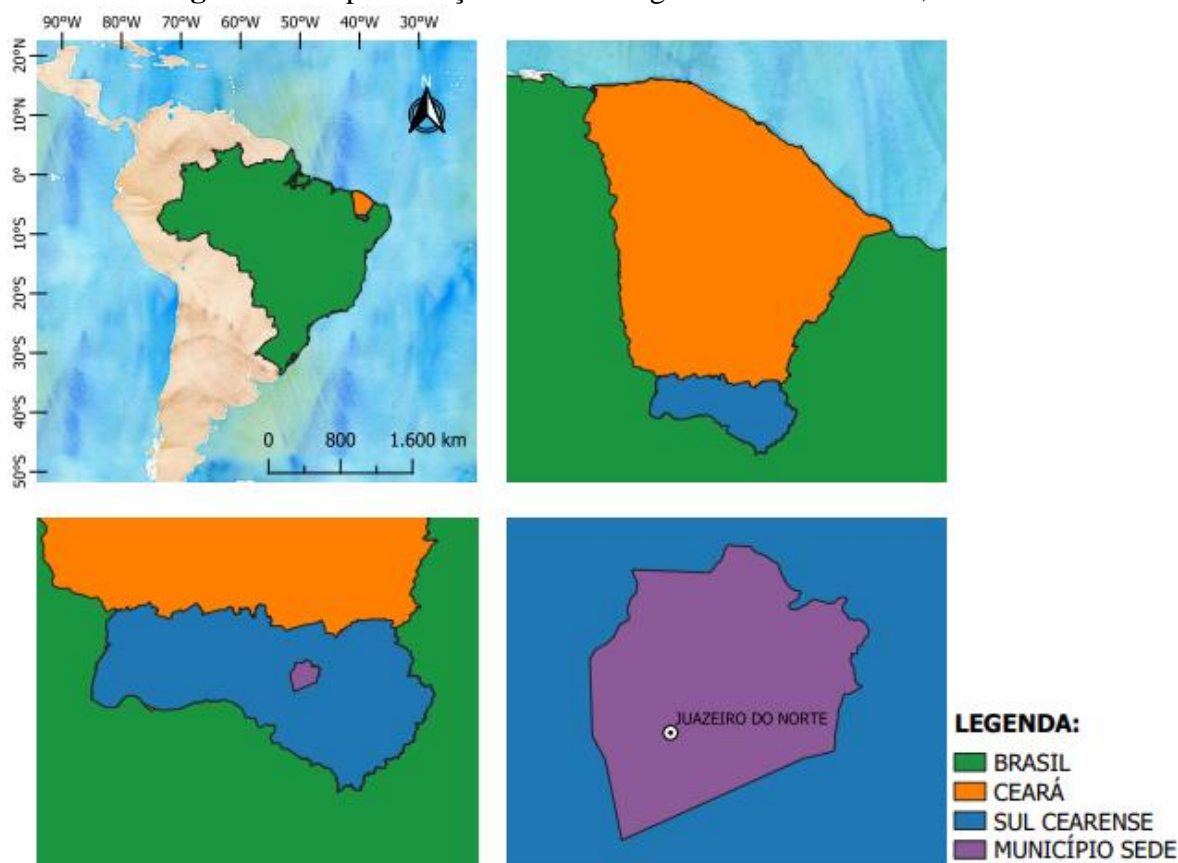
Como, então, utilizar o SR como um dos meios de monitorar a preservação da vegetação? Como as alterações na superfície podem ser detectadas a partir de análises de dados gerados pelo sensor MODIS? O presente estudo tem como o principal foco identificar se podemos enxergar alterações no meio ambiente, naturais ou antrópicas, analisando as propriedades radioativas da superfície a partir da radiação de onda longa (ROL) emitida. A ROL é a radiação emitida pela superfície terrestre, na forma de calor, a qual pode ser estimada a partir de dados registrados nas imagens geradas pelo sensor MODIS. Há outros objetivos não abordados nesse texto, que também são intentos do projeto de pesquisa que originou o presente trabalho, o qual ainda falta seis meses para sua conclusão. Nós restringimos a apresentar apenas resultados prévios, sem muitos detalhamentos, enfatizando, no entanto, que os mesmos serão ponto de partida para novos resultados e conclusões até a finalização do referido projeto de pesquisa.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS:

A área de estudo fica localizado no Ceará, estado brasileiro da Região Nordeste do país, e de acordo com o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE) possui como clima predominante Tropical Quente Semiárido, que abrange 9 dos 184 municípios sede, esse clima por vez apresenta características como escassez e altas taxas de evapotranspiração, onde essas condições o torna o Estado apto ao fenômeno das secas. O estado foi dividido geograficamente pelo IBGE em sete mesorregiões (Nordeste Cearense, Norte Cearense, Metropolitana de Fortaleza, Sertões Cearenses, Jaguaribe, Centro-Sul Cearense e Sul

Cearense). Nosso foco na pesquisa é a mesorregião do Sul Cearense (Figura. 1), que é coincidente com a região conhecida como Cariri, dado que a Chapada do Araripe, que atribui sua identidade regional, está distribuída ao longo dos limites do Estado ao Sul, tendo como município sede Juazeiro do Norte (LAT: 7.21°S; LONG: 39.32°W). Segundo dados estimados (IBGE 2020), o mesmo é o primeiro município em população da mesorregião em estudo (**276.264 habitantes**). Entre os 25 municípios da região, ganham um destaque (Barro, Brejo Santo, Caririaçu e Araripe) como os mais populosos da mesorregião.

Figura 1 – Representação da Mesorregião do Sul Cearense, área de estudo

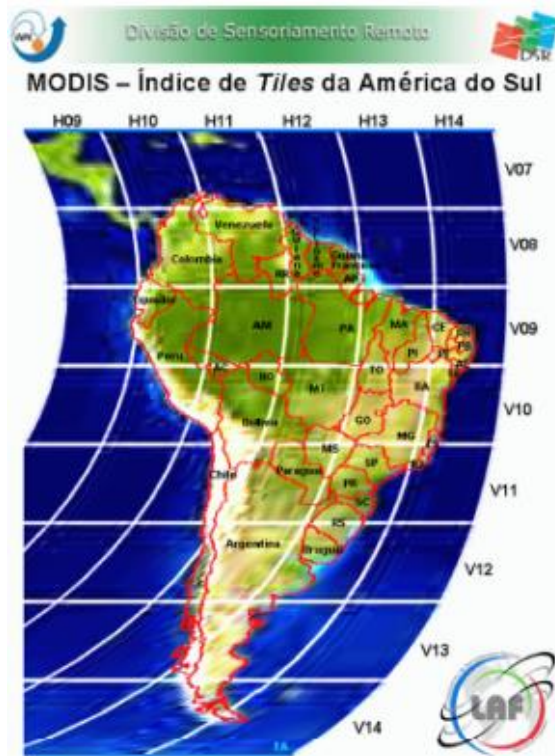


Fonte: Autoria própria, utilizando dados do IBGE.

As imagens selecionadas para o estudo estão separadas por um intervalo de tempo de 10 anos (2003/2013) referentes ao mês de janeiro, para assim apresentar resultados aos quais serão possíveis a comparação entre esses períodos. Essas imagens de estudo, se encontram nos *tiles*⁴ h13v09 e h14v09 (Figura 2), região em que está localizado o estado do Ceará. As imagens foram escolhidas de acordo com o critério de presença mínima de nuvens, ou seja, as imagens em estudo, são imagens que não podiam estar em dias nublados por exemplo, pois assim seriam ocultadas informações que poderia interferir no resultado.

Figura 2 – Imagem que representa a área onde se encontra o estado e a mesorregião em estudo. No presente projeto os tiles utilizados foram o H13-V09/H14-V09

⁴Tiles são os retângulos (ou recortes) de “tamanho” 10 x 10 graus que dividem o planeta, para fins de escolha e aquisição dessas imagens, caso a área de interesse esteja inserida em mais de um *tile*, é necessário fazer a junção desses *tiles*, comumente chamada de “mosaico” (SANTOS, et al., 2018).



Fonte: Aragão et al. (2012).

Escolhidas as datas das imagens, procedeu-se a solicitação das mesmas. As variáveis/produtos que foram utilizadas para gerar as imagens de Rol estão contidas no produto **MOD11A2** (que contém imagens de temperatura da superfície e de emissividade da superfície) presentes na Tabela 1. É necessário aplicar um fator de correção a essas imagens antes de processá-las, que está disponível no site dos produtos MODIS, esses fatores são fornecidos pelo próprio site dos produtos MODIS, eles servem para converter os valores das imagens em valores “reais” das variáveis. Um exemplo prático, seria ao processar uma imagem sem multiplica-la pelo fator de correção, o resultado poderia dar (1400K), resultado esse que se multiplicado por (0,02) fator de correção equivale a 298K.

Tabela 1 – Apresentação dos arquivos MODIS utilizados para gerar as imagens de ROL

Produto	Descrição	Fator Multiplicativo	Fator Adicional	Unidades	Resolução espacial
MOD11A2	Temperatura da superfície	0,02	-	Kelvin	1000 m
	Emissividade das bandas 31 e 32	0,002	0,490	Adimensional	1000 m

Fonte: Adaptada de <https://modis.gsfc.nasa.gov/>

Para o cálculo da radiação de onda longa fizemos uso do programa QGIS, que é um programa de Sistema de Informação Geográfica (SIG) que permite visualizar e editar dados da superfície terrestre. Utilizou-se, também, o MRT (*MODIS Reprojection Tool*), programa responsável por descompactar as imagens, alterando o formato e a projeção do produto. Além de realizar o mosaico das imagens, esse software altera o formato das imagens que quando baixadas vem no formato HDF (*Hierarchical Data Format*), o MRT por vez as deixa em outro formato, GEOTIFF ou TIF, passível de ser lido pela maioria dos programas de geoprocessamento. Esses arquivos de imagens são adquiridos gratuitamente por meio de plataformas virtuais da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

Para realizar o download desses dados visitamos o site “earthexplorer.usgs.gov” e realizamos o download das imagens, que devem ser produtos que apresentem um bom aspecto de leitura. Baixados os arquivos realizamos o uso dos programas de processamento, o programa MRT da NASA, que será utilizado para o pré-processamento desses arquivos, alterando o tipo de formato e também responsável por modificar o sistema de projeção geográfica (aqui temos alguns conceitos inerentes ao geoprocessamento que optamos por não detalhar devido à grande quantidade de informações). Depois dos procedimentos necessários, as imagens são levadas ao segundo *software* utilizado nesse processo, o QGIS, onde será feito o processamento utilizando a calculadora de imagens (chamada calculadora raster).

Tendo corrigido as imagens e realizado o cálculo da ROL, foi realizado um recorte sobre a região de estudo (nesse projeto foi feito o recorte sobre a mesorregião do Sul Cearense como já mencionado), utilizando as malhas territoriais, que são representações cartográficas da estrutura territorial brasileira (contorno) em nível de estado, município, distrito e subdistrito. Essas malhas, no formato shp (arquivos *shapefiles*), são encontradas para download no site do IBGE e esse processo também é realizado utilizando o QGIS.

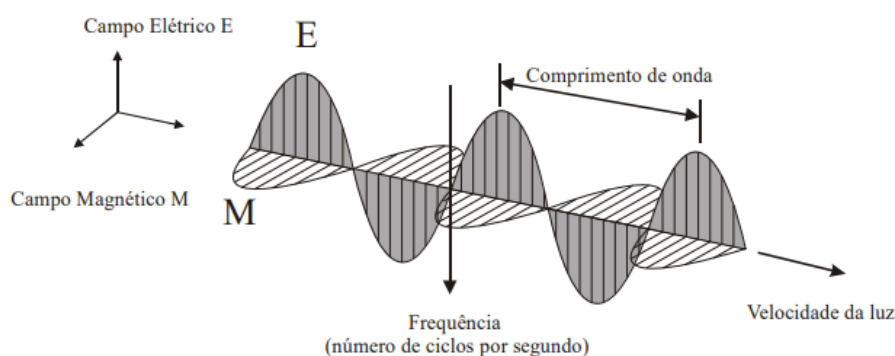
Recortadas as imagens por meio do *shape*, passamos a parte de tratamento das mesmas, no que diz respeito a atribuição de escala de cores, para melhor diferenciar as feições da superfície e obter uma melhor definição dos alvos. Para realizar essa atribuição de cores a imagem, que vem em escala de cinza, utilizamos alguns passos que serão descritos adiante. Em seguida, partimos para a ferramenta chamada compositor de mapas, que faz parte dentre muitas outras ferramentas presentes no programa QGIS. Com ele podemos adicionar a estas imagens alguns aspectos para como escala, legendas, títulos e todo tipo de descrições. Demais tratamentos, como análises estatísticas, serão realizados mais tarde na execução do projeto, tendo em vista que o mesmo ainda tem mais de seis meses para a sua conclusão.

3. REFERENCIAL TEÓRICO:

3.1 A RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA E O SENSORIAMENTO REMOTO:

É devido à maior efetividade e versatilidade que os detectores eletrônicos têm para registrar a radiação eletromagnética em diferentes intervalos de comprimento de onda, que é conferido aos sensores imageadores a capacidade de gerar, simultaneamente, um grande número de imagens em diferentes comprimentos de onda. (MENESES; ALMEIDA.; 2012). Essa é uma importante característica para permitir a discriminação das diferentes feições na superfície terrestre. A luz solar é um tipo de onda (Figura 3), a onda eletromagnética, que apresenta características como o comprimento de onda (λ) medido em metros e frequência (f) que se refere ao números de ciclos de uma onda que passa por um ponto fixo, e estão relacionados pela fórmula ($c = \lambda f$), onde o c é a velocidade da luz (MENESES e ALMEIDA, 2012). Assim, essas duas variáveis relacionam-se inversamente uma a outra, ou seja, quanto maior o comprimento de onda, menor será a frequência.

Figura 3 – Direção de propagação da radiação eletromagnética na forma de uma onda, em função das oscilações ortogonais dos campos magnéticos(M) e elétrico(E)



Fonte: (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Os vários tipos de radiação, com suas características de comprimento de onda e frequência formam o espectro eletromagnético, esse que foi dividido pelo homem em intervalos de comprimento de onda, o nome desses intervalos foi dado em função de como eram utilizados. Cada subdivisão é função do tipo de processo físico que dá origem a energia eletromagnética, do tipo de interação que ocorre entre a radiação e o objeto sobre o qual está incidindo, e da transparência da atmosfera em relação à radiação eletromagnética. O espectro eletromagnético se estende desde comprimentos de onda muito curtos associados aos raios cósmicos, até as ondas de rádio de baixa frequência e grandes comprimentos de onda. (MORAIS; 2002). A Figura 4, mostra as principais faixas espectrais, à medida que se avança para a direita do espectro eletromagnético as ondas apresentam maiores comprimentos de onda e menores frequências.

Figura 4 – O espectro eletromagnético com as principais faixas espectrais conhecidas.



Fonte: (BATISTA; DIAS, 2005).

Um dos intervalos mais conhecidos é a faixa de luz visível, emitida da radiação solar, ela é a mais familiar por ser captada pelo olho humano, sendo a região do espectro solar com mais intensidade de fluxo radiante, ela é bastante usada pelo sensoriamento remoto. É de grande importância saber os valores dos comprimentos de onda quando se trabalha com o SR, precisamos saber quais os intervalos e quais comprimentos de onda que o sensoriamento remoto mais utiliza, na Tabela 2, estão os limites de comprimentos de onda do espectro, os intervalos que estão em negrito são os mais utilizados no SR.

Tabela 2 – Divisão do Espectro Eletromagnético

INTERVALO ESPECTRAL	COMPRIMENTOS DE ONDA
Raios cósmicos	0,01 A°
Raios gama	0,01 – 0,1 A°
Raio X	0,1 – 10 A°
Ultravioleta	100nm – 0,38µm
Visível	0,38 – 0,76µm
Infravermelho próximo	0,76 – 1,2µm
Infravermelho de ondas curtas	1,2 – 3,0µm
Infravermelho médio	3,0 – 5µm
Infravermelho termal	5,0µm – 1mm
Micro-ondas	1mm – 100cm
Rádio	1m – 10km
Áudio	10 – 100km
Corrente alterada	> 100km

Obs: A° = 10⁻¹⁰ m; nm = 10⁻⁹ m; µm = 10⁻⁶ m

Fonte: (MENESES; ALMEIDA, 2012).

A Terra, por ter uma temperatura muito menor que a do Sol, emite a maior parte de sua radiação em comprimentos de onda relativamente longos, isto é, na faixa do infravermelho (entre 5 μm e 25 μm), sendo que o Sol, que tem grandes temperaturas, emite radiação principalmente em comprimentos de onda menores do que (2 μm); assim, a radiação terrestre é chamada de radiação de onda longa (ROL), e a radiação solar, de radiação de onda curta (ROC), (YNOUE et al., 2017 apud SANTOS et al., 2018). Esse fato é conhecido como lei de deslocamento de Wien, onde quanto maior a temperatura menor será o comprimento de onda da radiação emitida.

A radiação solar quando penetra a atmosfera, interage fazendo com que uma parte dessa radiação seja refletida, absorvida ou transmitida. A parte dessa energia que alcança a atmosfera e se dirige à superfície do solo é chamada de radiação direta, enquanto a energia originada pelas outras direções, forma a radiação difusa. Esses componentes se referem à radiação de onda curta, já fluxo de radiação de onda longa, é consequência da capacidade da própria superfície de emitir radiação, sendo proporcional a quarta potência da temperatura (LIBERATO; CARDOSO, 2010).

A Lei de Stefan-Boltzman (Equação 1) pode ser utilizada para determinar essa quantidade de radiação emitida que, para o presente estudo, refere-se à radiação emitida pela superfície terrestre:

$$R_{OL} = \epsilon_{\lambda} \sigma T_s^4 \quad (\text{Equação 1})$$

onde (R_{OL}) é a radiação de onda longa emitida, ϵ_{λ} é a emissividade da superfície, T_s é a temperatura da superfície e σ é a constante de Stefan Boltzman ($5,67 \times 10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$). Todos esses dados empregados para o cálculo da ROL são obtidos do sensor MODIS, estão inclusos no produto MOD11A2.

Observando a forma como é construída a expressão, percebemos que por menor que seja uma variação na temperatura, ocasiona uma modificação significativa na radiação de onda longa. Por isso devemos nos preocupar com as alterações da cobertura da superfície terrestre, pois áreas degradadas irão aquecer mais que áreas vegetadas, já que aquelas não utilizam a radiação recebida do Sol para a realização de processos biofísicos como, por exemplo, evaporação da água e fotossíntese, mas sim para aquecimento do solo e, em consequência, um maior aquecimento do ar (SANTOS et al., 2018).

Portanto, áreas degradadas podem intensificar o aquecimento, pois esse local degradado enviará uma maior quantidade de calor à atmosfera, a ROL, que vai aumentar a temperatura do ar, situação amenizada em ambientes com vegetação preservada, controlando assim o aumento da temperatura. Onde há vegetação, a radiação de onda curta enviada pelo Sol (luz solar) será “bem utilizada”, mas nos locais onde o índice de vegetação é baixo essa radiação vai em direção a superfície da terra/solo, o aquece e é enviada de volta para a atmosfera em forma de calor (ROL), a atmosfera por sua vez vai absorver esse calor (que é radiação infravermelha) através de gases de efeito estufa como o CO_2 , e conseqüentemente enviar mais calor para a superfície, intensificando, assim, o efeito estufa.

3.2 O SENSOR MODIS:

Este sensor foi projetado para satisfazer os requerimentos de três campos de estudos diferentes: atmosfera, oceano e terra, com bandas de resolução espectral e espacial selecionadas para o conhecimento de diferentes necessidades observacionais e para oferecer uma cobertura global quase diariamente (JUSTICE, 2002).

O MODIS está a bordo dos satélites TERRA e AQUA, que foram lançados em 1999 e 2002, respectivamente. A órbita do satélite Terra ao redor do planeta Terra é cronometrada de modo que passe de Norte a Sul, cruzando o equador às 10h30min da manhã, o que favorece um imageamento diário do globo terrestre com uma resolução espacial moderada. Justice, (1998 apud Anderson et al., 2003).

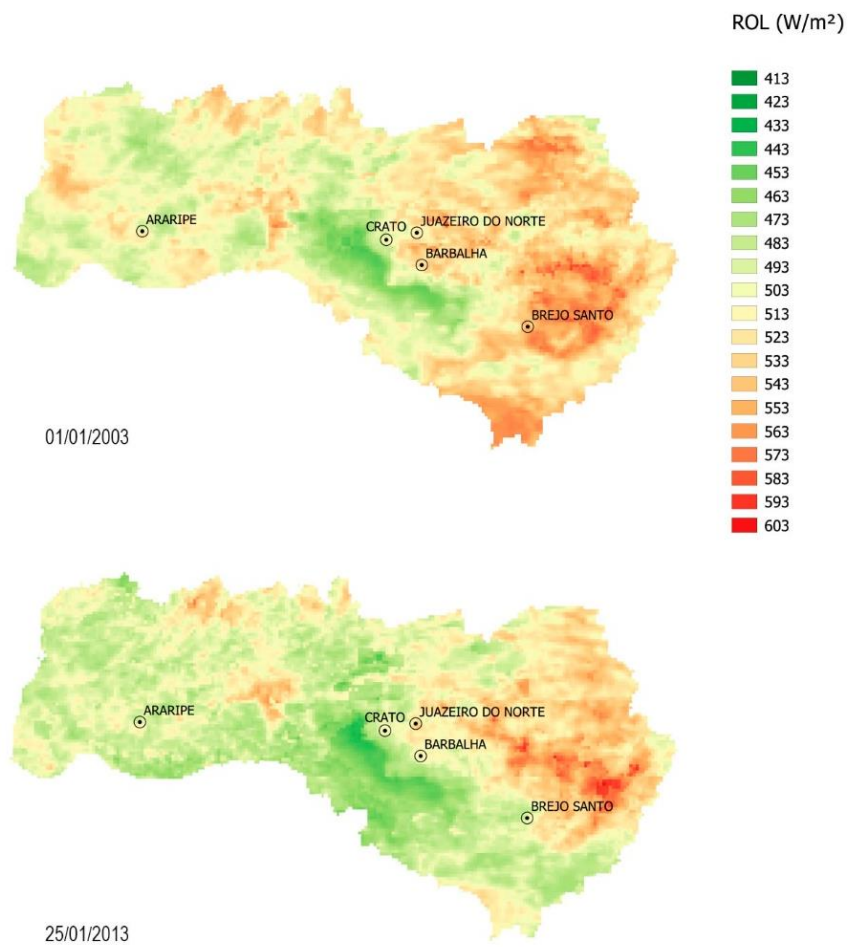
As 36 bandas espectrais deste sensor estão localizadas em função de um comprimento de onda, cuidadosamente escolhido para a observação de feições das propriedades das nuvens, dinâmica e as propriedades da vegetação na cobertura terrestre, e a temperatura da superfície dos oceanos no mundo (SALOMONSON; TOLL, 1990).

4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS:

Os resultados do processamento das imagens estão apresentados nas Figuras 5 e 6. Pretende-se investigar alterações na cobertura da superfície, no intervalo de tempo de dez anos, a partir das análises de variações nas imagens de Temperatura e Radiação de onda longa (ROL). A Figura 5, apresenta a variação da ROL, em Wm^{-2} da mesorregião do Sul Cearense, nos anos de 2003 a 2013, na Figura 6 temos a variação da Temperatura, em graus Celsius, para as mesmas datas. A Figura 7 apresenta a delimitação da Floresta Nacional do Araripe, segundo o trabalho de Alves e Cecilia (2011) para fins de comparação com o nosso. Pode-se observar que o contorno da floresta aparece em destaque nos resultados do presente trabalho.

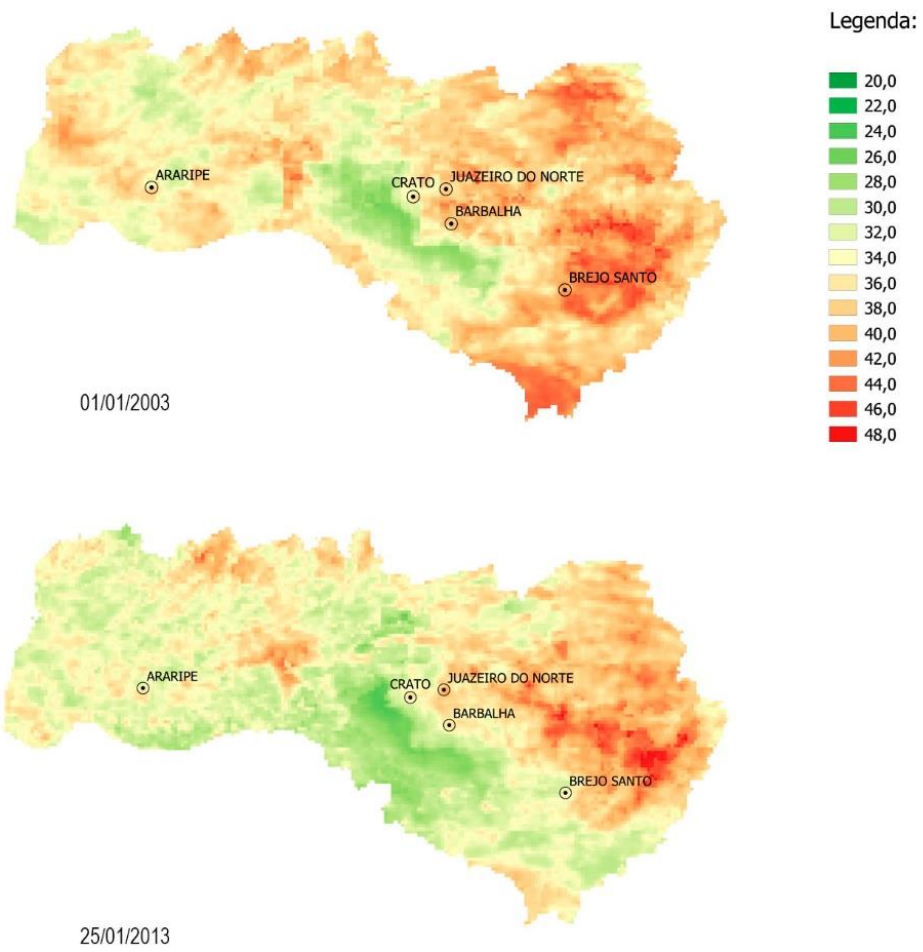
Foram criados intervalos de classe iguais, para cada variável, para facilitar a comparação entre as imagens. Os valores foram distribuídos em escalas de cores (20 classes) para facilitar a visualização, tendo em vista que a imagem original tem escala de cinza.

Figura 5 – Radiação de onda longa emitida pela superfície (ROL) para a mesorregião do Sul Cearense



Fonte: Imagem processada pelo autor.

Figura 6 – Temperatura da superfície (ROL) para a mesorregião do Sul Cearense



Fonte: Imagem processada pelo autor.

Figura 7 – Floresta Nacional do Araripe - Apodi



Fonte: (Alves e Cecília, 2011)

A análise da Figura 5 nos permite concluir que, para a mesorregião como um todo, ocorre uma diminuição da ROL emitida pela superfície no intervalo de dez anos, o que é devido a uma menor temperatura da superfície (Figura 6). No entanto, se focarmos nossa atenção na Floresta Nacional do Araripe (mancha verde acentuada na porção central inferior da mesorregião, Figuras 5 e 6), podemos observar que o calor emitido (ROL) por essa região apresentou menores valores na imagem de janeiro de 2003 (Figura 5) apresentando um tom de verde mais acentuado, correspondendo a menores valores. Esse destaque é ainda mais evidente se focarmos na imagem de temperatura (Figura 6) onde temos um tom de verde mais escuro, correspondendo a temperaturas na casa dos 26° para a porção da floresta na imagem de janeiro de 2003, enquanto para a imagem de 2013 a temperatura está na casa dos 28°.

Esse comportamento observado na região da Floresta Nacional do Araripe ocorre devido a sua vegetação densa, que não é dependente do regime de chuvas, pois como já retratado, o calor interage com a superfície e atmosfera por meio da radiação, áreas que possuem uma vegetação mais elevada, irão possuir um conforto térmico maior, vale ressaltar que a energia proveniente da luz solar, nesse ambiente realiza processos como fotossíntese e a evaporação d'água, tratando assim essa energia de forma bem distribuída no local (SANTOS et al., 2018).

No entanto, o entorno da Floresta Nacional do Araripe, assim como as demais áreas da mesorregião, apresentam, no geral, valores mais elevados de ROL e Temperatura no ano de 2003, ou seja, dez anos antes a temperatura da superfície está maior e, conseqüentemente, também a radiação infravermelha enviada para a atmosfera. Esse comportamento não pode, entretanto, representar um “resfriamento” da superfície, tendo em vista que estamos analisando apenas duas imagens. Também é importante levarmos em conta o fato de a maior parte da mesorregião ser composta da vegetação Caatinga, que sofre modificações bruscas a depender do regime de chuvas apresentando assim rapidamente, grandes diferenças já no início do período chuvoso e, aspecto seco e sem folhas no término das chuvas. Como a Região Nordeste possui um clima tropical semiárido apresentando temperaturas elevadas o ano todo, os índices pluviométricos são baixos com duas estações bem definidas: seca e chuvosa (PEDROSA, 2018). Para uma análise mais detalhada seria necessário estudar um maior número de imagens. O ano de 2013 pode ter sido mais chuvoso que o ano de 2003, fato esse que pode ser investigado nas etapas posteriores da pesquisa. Também, faz-se necessário, o processamento de imagens que representem o período seco da região, para os anos 2003 e 2013, assim como imagens referentes a outros anos.

Focando em um dos pontos por exemplo, como no município de Brejo Santo - área urbana, as imagens mostram que em 2003 o município teve uma temperatura variando entre 40° a 45° graus de temperatura, em 2013 nesse mesmo período de análise, foi observado que houve uma variação menor entre as temperaturas, indo entre 30° a 33° graus. Isso indica que a cobertura do solo apresenta padrões de comportamento diferenciados de absorção de energia,

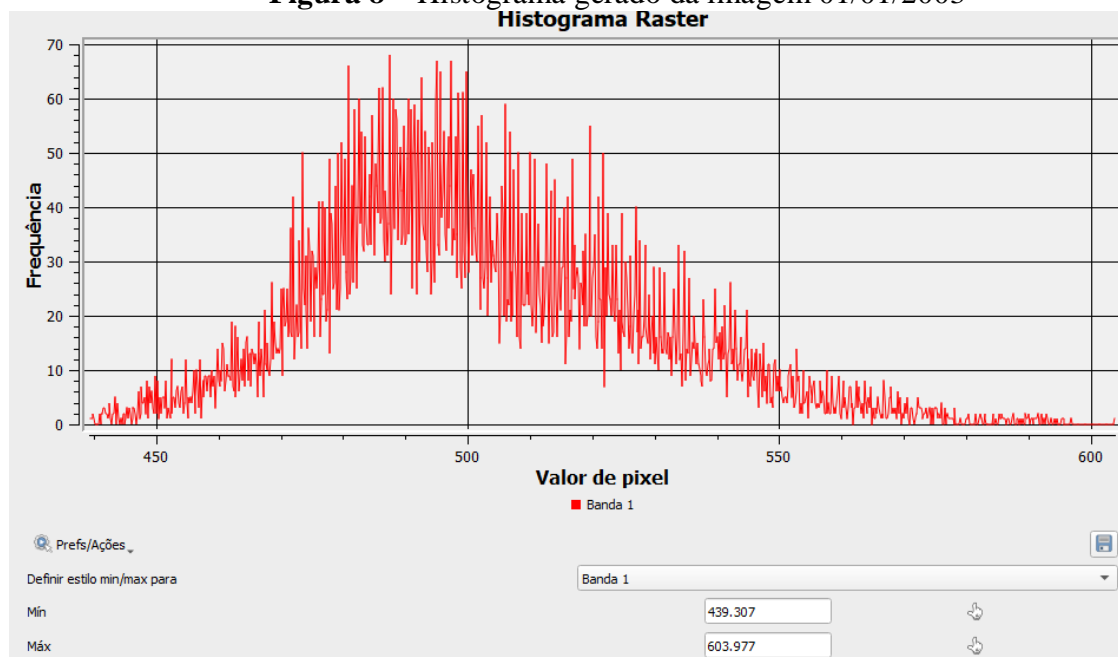
produção de calor e reflectância⁵ (PEREIRA et al 2012). E que, nesse caso, pode estar atrelados ao comportamento da Caatinga, vegetação que sofre grandes variações e dependência das chuvas.

Essa diferenciação nas imagens analisadas, podem ser percebidas por conta dos pixels que compõem a imagem por completo. Em uma imagem digital, quanto maior o intervalo de possíveis valores assumidos por um pixel, maior sua resolução radiométrica, e quanto maior o número de elementos da matriz, maior sua resolução espacial. A resolução espacial, é um parâmetro do sensor que irá determinar o menor objeto a ser identificado na imagem registrada, para esse objeto ser identificado a radiação espacial dele precisa ser no mínimo igual ou maior que o tamanho do mesmo, mas não somente isso, o objeto também precisa mostrar um bom contraste de reflectância. (MENESES; ALMEIDA.; 2012). Embora o sensor seja projetado para ter uma determinada resolução espacial efetiva, esta é geralmente pior do que a resolução da projeção na superfície terrestre. A resolução radiométrica, é a medida de intensidade de radiação identificada, quanto maior a capacidade de identificar as intensidades e suas diferenças, maior será a resolução radiométrica. As bandas desenvolvidas para o monitoramento da superfície terrestre têm capacidades melhoradas tanto nos menores comprimentos de onda quanto no infravermelho. Justice, (1998 apud Anderson et al., 2003).

O histograma de um conjunto de dados é a distribuição da frequência de ocorrência dos valores dos atributos. Ele nos mostra qual o valor do atributo que tem a maior probabilidade de ocorrência. (ROSA, 2013). Na Figura 8 está representado o histograma referente a imagem do dia 01 do ano 2003, podemos perceber um número maior de valores que se repetem, que ficam entre (480W/m^2 - 500W/m^2). O Histograma também pode servir para a correção atmosférica, método esse que consiste na identificação de interferências nas imagens, como sombra de nuvens, sobra de relevo, onde se assume que essas áreas possuem valores de cinza não nulos, provenientes do efeito do espalhamento atmosférico (ROSA, 2013). Também podemos utilizar o histograma para auxiliar na criação do intervalo de classes, de modo a permitir a maior discriminação possível de valores na imagem colorida.

⁵Reflectância é a razão entre a quantidade de energia radiante que deixa uma unidade de área no terreno (Radiância) pela quantidade de energia incidente naquela área (Irradiância), medida no mesmo instante de tempo. (MENESES.; ALMEIDA 2012).

Figura 8 – Histograma gerado da imagem 01/01/2003



Fonte: Imagem referente ao Histograma, uma das funções do Qgis – *print* de tela.

Os resultados apresentados são apenas alguns dentre vários outros possíveis fazendo-se uso do Sensoriamento Remoto, claro que em algum momento pode haver algum tipo de erro, seja por conta da qualidade da imagem, programas utilizados para fazer o processamento, registro em imagens baixado em dias que apresentavam bastante nuvens, ou outros motivos que por mais minimalistas que sejam, pode vir a interferir em um resultado ou outro. Diante disso por mais que todos os dados passem por várias correções até chegar ao registro/resultado final, os erros são característicos aos arquivos obtidos, muita das vezes sendo o causador dos grandes efeitos moderadores da atmosfera.

Reiteramos que os resultados aqui apresentados são apenas preliminares, ainda não conclusivos, servindo de base e direcionamento para encaminhamentos e demais análises nas etapas posteriores da pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Diante dos resultados encontrados, ainda preliminares, pode-se concluir que o sensor MODIS pode ser utilizado com êxito na detecção de alterações na superfície, tendo em vista que áreas urbanas destacaram-se por apresentar maiores valores de temperatura e radiação de onda longa emitida. Assim como área com vegetação mais densa, como a Floresta Nacional do Araripe apresentou-se destacada das demais áreas com vegetação mais rala. Além da detecção das mudanças, os resultados trazem o apelo para a preservação da vegetação nativa, uma vez que alterações na vegetação são acompanhadas de alterações nas propriedades radiativas da superfície, impactando em aumento da temperatura e, conseqüentemente, influenciando no conforto térmico.

AGRADECIMENTOS:

Agradecemos o financiamento do Programa Institucional de Iniciação Científica e Tecnológica (PIICT) na modalidade PIBIC da Universidade Federal do Cariri viabilizando realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS:

ANDERSON L. O.; LATORRE M. L.; SHIMABUKURO Y. E.; Sensor MODIS: Uma Abordagem Geral. **Instituto Nacional de Pesquisas e Espaciais – INPE**. 2003, p. 09-22.

ALBUQUERQUE, U. P., ANDRADE, L. H. C. Conhecimento botânico tradicional e conservação em uma área de caatinga no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil, **Acta Bot. Bras, São Paulo**, v. 16, n. 3, p 273-285, 2002.

ALVES E.; CECILIA C.; BEZERRA A.; A Importância da Conservação/Preservação Ambiental da Floresta Nacional do Araripe para a Região do Cariri, **Revista Geográfica da América Central – Ceará**. vol. 2, p. 01-10, 2011.

ARAGÃO, J. R. L.; ARAI, E.; SATO, F. Y.; VALERIANO, M. M.; SHIMABUKURO, E. Y. Sintetização da descrição dos produtos MODLAND de imagens orbitais para monitoramento do Pantanal Matogrossense. **Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Bonito, MS**. Anais, p.354 -363, 2012.

BATISTA, G.T.; DIAS N.W.; Introdução ao sensoriamento remoto e processamento de imagens. **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. 2005, v. 6, p. (09-10)

COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J.; ACCIOLY, L. J. O.; SILVA, F. H. B. B. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/ PB). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 13, p. (961-974), 2009.

FLORENZANO, T.G. Iniciação em Sensoriamento Remoto. **São Paulo: Oficina de Texto**, 2011. 3ª ed. Ampliada e atualizada.

HUETE, A.; JUSTICE, C.; MODIS vegetation index (MOD13) algorithm theoretical basis document. versão 3, p. 1-142, 1999.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ce/>. Acesso em: 12 fev. 2021.

IPECE.; Características Geográficas, Recursos Naturais e Meio Ambiente. 2012. p. (01).

JUSTICE, C.O.; VERMOTE, E.; TOWNSHEND. J. R.G.; DEFRIES, R.; ROY, The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v.36, n.4, p.1228-1247

LIBERATO, A.M.; CARDOSO F.L.; Análise da Radiação de Onda Curta e Onda Longa na Amazônia. **Revista de Geografia UFPE**. 2010, p. 174-175.

MENESES P.R.; ALMEIDA T.; Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. **Brasília 2012**. p. 01-07.

MOURA D.B.; SILVA J. B.; Sensoriamento Remoto e Meio Ambiente. **Universidade Federal de Campina Grande**. 2015, p. 01-02.

MORAIS E. C.; Fundamentos do Sensoriamento Remoto. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos**. 2002, p. 01-09.

OYAMA, M. D.; NOBRE, C. A. Climatic consequences of a large-scale desertification in northeast Brazil: a GCM simulation study. **Journal of Climate**, v. 17, p. 3203–3213, 2004.

PEREIRA, C. C.; MARIANO, Z. F.; WACHHOLZ, F.; CABRAL, J. B. P. Análise da Temperatura de superfície e do uso da terra e cobertura vegetal na bacia Barra dos Coqueiros (Goiás). **Revista Geonorte**, v. 1, p. 1243-1255, 2012

PEDROSA R.C.; Caracterização de parâmetros ambientais a partir do sensor MODIS para a região do Nordeste do Brasil. **Universidade Federal Rural de Pernambuco**. 2018.1, p. 01-18.

ROCHA C.P.F.; OLIVEIRA E.P.; MACHADO F.L.V.; Práticas de Geoprocessamento com o QGIS. **Belo Horizonte 2019**. v3.4 Madeira, p 12-19

ROSA R.; Introdução ao Geoprocessamento. Instituto de Geografia Laboratório de Geoprocessamento. **Universidade Federal de Uberlândia**. p. 04-05

Sá, I. B.; Cunha, T. J. F.; Taura, T. A.; Drumond, M. A. Mapeamento da desertificação da mesorregião Sul do Ceará com base na cobertura vegetal e nas classes de solos. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 3, p. (572-583), 2014.

SANTOS, F.A.C.; SILVA, B.B.; ARAÚJO, A.L.; SILVA, M.T.; BRAGA, A.C. Comparação de Modelos de Estimativa da Radiação de Onda Curta a partir de dados MODIS/Terra. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, n. 4, p. 1037- 1049, 2013.

SALOMONSON, V.V.; TOLL, D.L. Execution phase (C/D) spectral band characteristics of the EOS Moderate Resolution Imaging Spectrometer (MODIS-N) facility instrument. **Advances in Space Reserach**, v.2, n.3, p. 231-236, 1990.