



**UFRPE**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DE PROGRAMAS ESPECIAIS**

**BRAYNNER ANDRADE RUFINO**

**SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO ESTUDO DE MUDANÇAS AMBIENTAIS  
NO NORDESTE DO BRASIL**

**RECIFE/PE**

**BRAYNNER ANDRADE RUFINO**

**SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO ESTUDO DE MUDANÇAS AMBIENTAIS  
NO NORDESTE DO BRASIL**

Relatório apresentado ao curso de Agronomia da UFRPE e utilizado como equiparação ao Trabalho de Conclusão de Curso como requisito da obtenção do título de Bacharelado em Agronomia.

Orientador: GEBER BARBOSA DE ALBUQUERQUE MOURA

**RECIFE/PE  
2023**

## **RESUMO**

A degradação de áreas cultiváveis é um problema que vem se agravando na Região Nordeste. O sensoriamento remoto se destaca como uma importante ferramenta para o seu monitoramento, através da análise dos Índices Vegetativos (IVs). Sendo assim, o presente trabalho visa a utilização da ferramenta Google Earth Engine na manipulação de scripts, para obtenção dos parâmetros biofísicos e mapas dos IVs (NDVI, EVI, SAVI, NDWI) no período de 2000 a 2020 e anos de El-Niño e La-Niña. Os produtos MODIS facilitam o processo para coleta de dados em condições ideais onde os valores coletados serão de maior relevância. A relação entre os espectros das bandas gera os Índices Vegetativos em tempo e espaço requeridos com avaliação precisa, podendo no futuro esses dados obtidos serem usados como base para atividades de agricultura, pesca, reflorestamento ou acompanhamento no avanço de áreas degradadas.

## **ABSTRACT**

Degradation of cultivable areas is a problem that has been getting worse in the Brazil Northeast. Remote sensing stands out as an important tool for its monitoring, through the analysis of Vegetative Indices (VIs). Therefore, the present work aims to use the Google Earth Engine tool in the manipulation of scripts, to obtain the biophysical parameters and maps of the VIs (NDVI, EVI, SAVI, NDWI) in the period from 2000 to 2020 and years of El-Niño and La-Niña. MODIS products facilitate the process for data collection in ideal conditions where the collected values will be of greater relevance. The relationship between the spectra of the bands generates the Vegetative Indices in time and space required with accurate evaluation, and in the future these data obtained can be used as a basis for agriculture, fishing, reforestation activities or monitoring the progress of degraded areas.

## SUMÁRIO

<b>1. RESUMO.....</b>	<b>6</b>
<b>2. INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>6</b>
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 OBJETIVOS GERAIS.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>8</b>
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>8</b>
<b>4.1 ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2 PROCESSAMENTO DIGITAL.....</b>	<b>10</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>12</b>
<b>5.1 MAPA NDVI.....</b>	<b>13</b>
<b>5.2 MAPA EVI.....</b>	<b>15</b>
<b>5.3 MAPA SAVI.....</b>	<b>17</b>
<b>5.4 MAPA NDWI.....</b>	<b>19</b>
<b>5.5 MAPA ÍNDICE ALBEDO.....</b>	<b>21</b>
<b>5.6 MAPA ÍNDICE LST.....</b>	<b>23</b>
<b>6. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO.....</b>	<b>28</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES PARCIAIS/FINAIS.....</b>	<b>28</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>29</b>
<b>9. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA.....</b>	<b>30</b>
<b>10. DIFICULDADES ENCONTRADAS.....</b>	<b>30</b>
<b>11. PARECER DO ORIENTADOR.....</b>	<b>30</b>



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
COORDENADORIA DE PROGRAMAS ESPECIAIS

1. IDENTIFICAÇÃO

ALUNO (A): BRAYNNER ANDRADE RUFINO

CURSO: AGRONOMIA

PROGRAMA:  **PIBIC**  **PIC**  **PIBIC-EM**

ORIENTADOR (A): GEBER BARBOSA DE ALBUQUERQUE MOURA

DEPARTAMENTO/UNIDADE ACADÊMICA: Departamento de Agronomia – DEPA/UFRPE

SEDE

RELATÓRIO:  PARCIAL  FINAL

2. TÍTULO DO PROJETO

SENSORIAMENTO REMOTO APLICADO AO ESTUDO DE MUDANÇAS

AMBIENTAIS NO NORDESTE DO BRASIL

### 3. RESUMO

A degradação de áreas cultiváveis é um problema que vem se agravando na Região Nordeste. O sensoriamento remoto se destaca como uma importante ferramenta para o seu monitoramento, através da análise dos Índices Vegetativos (IVs). Sendo assim, o presente trabalho visa a utilização da ferramenta Google Earth Engine na manipulação de scripts, para obtenção dos parâmetros biofísicos e mapas dos IVs (NDVI, EVI, SAVI, NDWI) no período de 2000 a 2020 e anos de El-Niño e La-Niña. Os produtos MODIS facilitam o processo para coleta de dados em condições ideais onde os valores coletados serão de maior relevância. A relação entre os espectros das bandas gera os Índices Vegetativos em tempo e espaço requeridos com avaliação precisa, podendo no futuro esses dados obtidos serem usados como base para atividades de agricultura, pesca, reflorestamento ou acompanhamento no avanço de áreas degradadas.

### 4. INTRODUÇÃO GERAL

A Região Nordeste do Brasil (1.542.271 km<sup>2</sup>), segunda maior em população, é confundida com frequência com áreas de secas e problemas relacionados a falta de água (Rebouças, 1997). É constituída de 3 regiões climáticas diferentes, com uma variedade única de espécies encontradas e produz em torno de 29% de toda a fruticultura do Brasil. Um problema que vem se mostrando impertinente, com relação a produção, é a degradação de áreas a partir da depredação dos recursos, que dificultam ou até inviabilizam a produção de bens agrícolas (Fachinello, 2011).

O sensoriamento remoto se mostra como uma excelente ferramenta para o monitoramento ambiental através de parâmetros biofísicos, como albedo, temperatura superficial e índices vegetativos (NDVI, EVI, SAVI, NDWI). Esses índices são importantes no controle de áreas degradadas, assim como a melhor maneira de avaliação dos níveis de degradação para uma melhor utilização dos recursos, no intuito de prevenir a expansão dessas áreas ou, dependendo do projeto, recuperá-las (Santos, 2011).

O albedo, por indicar a reflectância das superfícies, pode ajudar a entender os aspectos físicos e fisiológicos de um ecossistema, sendo aplicado em manejos de grandes áreas, constitui-se numa boa alternativa em uma escala regional e reposta espectral de diferentes usos sobre áreas de superfícies heterogêneas (Mariano et al., 2018). A temperatura da superfície é influenciada por variações no clima

cuja estimativa é de grande interesse em trabalhos práticos, como os estudos de mudanças climáticas e o monitoramento agrometeorológico, além do monitoramento do padrão de mudança do uso do solo e na vegetação para o seu melhor aproveitamento (Bezerra et al., 2014).

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) é amplamente utilizado para avaliar as condições da vegetação verde e a sua produção de biomassa vegetal, além também do monitoramento de áreas agrícolas. Identificar diferenças suaves no perfil do NDVI do ambiente pode ser essencial para a detecção de áreas degradadas (Pereira, 2018) enquanto o Índice de Vegetação Melhorado (EVI) possui uma melhor performance por ser mais sensível as condições topográficas que o NDVI, de modo que, possui a vantagem dos efeitos corrigidos as condições atmosféricos e do solo (Matsushita, 2007).

O Índice de Vegetação ajustado ao solo (SAVI) é utilizado quando a cultura está no início de seu crescimento quando há muita área de solo exposta (Almeida, 2008) e o Índice de Água de Diferença Normalizada (NDWI) permite ressaltar os corpos de água e minimizar o restante dos alvos seguindo o mesmo raciocínio das operações de bandas do NDVI, aplicando correções específicas para ajuste aos efeitos do solo (Brenner, 2015).

Com o apoio da plataforma Google Earth Engine é possível analisar rapidamente o banco de dados das imagens entre outros parâmetros, de maneira eficiente, além de gerar mapas informativos e gráficos dos Índices Vegetativos. A partir do baixo custo operacional para a alta aplicabilidade do geoprocessamento e uso de suas geotecnologias com ênfase para o processamento digital em nuvem, destacando assim maior praticidade e efetividade diante das ferramentas essenciais para uma melhor compreensão do espaço geográfico do Nordeste do Brasil (Perilla, 2020).

Portanto, o presente trabalho visa analisar as mudanças ambientais/climáticas no Nordeste no período de 2000 a 2020 em relação às variações de temperatura, as alterações das vegetações, assim como o avanço da degradação do solo, podendo auxiliar como base para tomadas de decisões futuras que visam o controle ou remediação desses problemas, assim como suporte para outras pesquisas.

## 5. OBJETIVOS

### **Objetivo geral**

Nesse estudo haverá uma avaliação de toda a Região Nordeste do Brasil (NEB), no qual serão determinados os parâmetros NDVI, EVI, SAVI, NDWI, Albedo à superfície e Temperatura em anos de El-Niño e La-Niña entre os anos de 2000 a 2020 na coleção de produtos MODIS, como apresentado por Ribeiro (2016) e Silva (2016). O processamento das imagens será desenvolvido na plataforma do Google Earth Engine, ambiente que contém diferentes coleções de imagens de satélites e alta capacidade de processamento.

### **Objetivos específicos**

- Desenvolvimento de script para a plataforma do *Google Earth Engine*
- Análise dos índices de vegetação em anos de El-Niño e La-Niña no período de 2000 a 2020
- Manipulação de imagens de satélite
- Determinação da reflectância nas bandas 1 e 2;
- Estimativa do albedo planetário e da superfície;
- Estimativa da Temperatura da Superfície;

## 6. METODOLOGIA

### **Área de estudo**

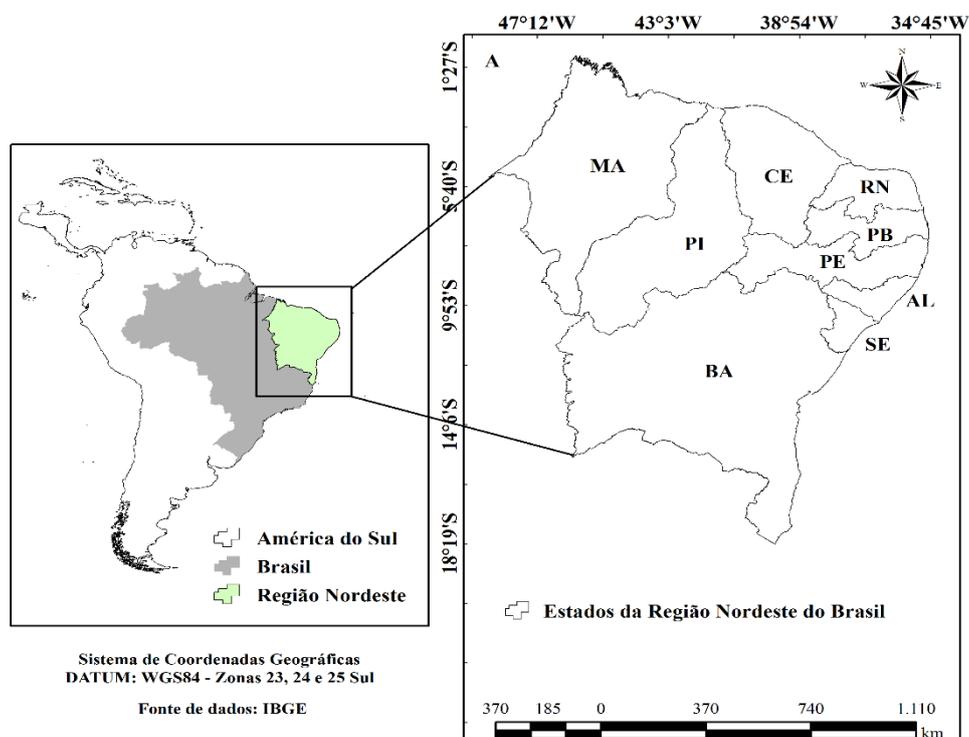
A região Nordeste tem Localização Geográfica e ocupa posição norte-oriental do país entre 1° e 18°30' de latitude sul e 34°20' e 48°30' de longitude, Oeste de Greenwich. População e Área Territorial - A população do Nordeste, de acordo com a contagem de População 2007 do IBGE, é de 51.535.782 pessoas. A Região ocupa uma área de 1.561.177,8 km<sup>2</sup>, o que equivale a 18,3% do território brasileiro, abrangendo um total de 1.793 municípios, distribuídos por nove estados.

Uma das características do relevo nordestino é a existência de dois antigos e extensos planaltos, o Borborema e a bacia do rio Parnaíba e de algumas áreas altas e planas que formam as chamadas chapadas, como a Diamantina, onde se localiza o ponto mais elevado da região, o Pico do Barbado, com 2 033 metros de altitude, na Bahia, e a do Araripe, nas divisas entre os Estados do Ceará, Piauí,

Pernambuco e a Paraíba. Entre essas regiões há algumas depressões, nas quais está localizado o sertão, região de clima semiárido.

A Região Nordeste está em 3º lugar no total de áreas correspondentes a bacias hidrográficas com 18% do total, apenas suplantada pelas regiões Norte e Centro-Oeste, sua vegetação vai desde a Mata Atlântica no litoral até a Mata dos Cocais no Meio Norte com ecossistemas variados como os manguezais, o cerrado, as restingas dentre outros. A região Nordeste do Brasil apresenta média anual de temperatura entre 20° e 28° C. Nas áreas situadas acima de 200 metros e no litoral oriental, as temperaturas variam de 24° a 26 °C. As médias anuais inferiores a 20 °C encontram-se nas áreas mais elevadas da Chapada Diamantina e do planalto da Borborema.

O índice de precipitação anual varia de 300 a 2 000 mm. Quatro tipos de climas estão presentes no Nordeste: Clima equatorial úmido presente em uma pequena parte do estado do Maranhão, na divisa com o Piauí, Clima litorâneo úmido presente do litoral da Bahia ao do Rio Grande do Norte, Clima tropical presente nos estados da Bahia, Ceará, Maranhão e Piauí e o Clima semiárido presente no sertão e em parte do agreste. Com precipitação média de chuvas de cerca de 300 milímetros por ano, às quais ocorrem durante no máximo três meses, dando vazão a estiagens que duram às vezes mais de dez meses, Cabaceiras, na Paraíba, tem o título de município mais seco do país.



**Figura 1.** Localização geográfica da área de estudo, região Nordeste do Brasil.

### Processamento digital

Para a geração dos parâmetros biofísicos, será necessário criar as funções para cálculo de NDVI, EVI, SAVI, NDWI, Albedo à superfície e Temperatura, conforme metodologia abaixo. Os produtos MODIS escolhidos para execução dessa etapa foram o MOD11A1 que possuem 12 camadas com 1 km de resolução espectral, sendo utilizado a temperatura da superfície (K), o horário local e as emissividades das bandas 31 e 32; e o produto MOD13A3 com 11 camadas com 1 km de resolução espectral sendo utilizado as bandas 1(vermelho), 2(infravermelho próximo), 3(azul) e 7(infravermelho médio) para obtenção do NDVI, EVI e SAVI, e o produto MOD09A1 para NDWI e Albedo.

Para a aplicação adequada e utilização eficaz das imagens do sensor MODIS na plataforma Google Earth Engine, principalmente para a determinação dos diferentes índices de vegetação e albedo da superfície, foram aplicados fatores de correção/calibração e fatores multiplicador referente a cada banda multiespectral do sensor MODIS (Tabela 1 e 2).

**Tabela 1.** Fatores e resolução das imagens do produto MOD11A1 (Satélites Terra/Aqua)

<b>MOD11A1 ou MYD11A1 Versão 6</b>				
<b>Discriminação da Camada</b>	<b>Fatores</b>		<b>Resoluções</b>	
	<b>Multiplicador</b>	<b>Adicional</b>	<b>Temporal</b>	<b>Espacial</b>
Temperatura da superfície (k)	0,02	-	Diária	1 km
Horário local (hora)	0,1	-	Diária	1 km
Emissividade de cada pixel banda 31 (-)	0,002	0,490	Diária	1 km
Emissividade de cada pixel banda 32 (-)	0,002	0,490	Diária	1 km
<b>MOD09A1 Versão 6</b>				
Reflectância das Bandas1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7	0,0001	-	8 dias	500

Fonte: DOI: 10.5067 / MODIS / MOD11A1.006

**Tabela 2.** Características do produto da refletância da superfície do sensor MOD13A3 (Satélites Terra/Aqua)

<b>Refletância da superfície – Terra (MOD13A3) Versão 6</b>					
<b>Banda multispectral</b>	<b>Resolução temporal</b>	<b>Resolução espacial</b>	<b>Resolução radiométrica</b>	<b>Nível de processamento</b>	<b>Fator multiplicador</b>
R1 - RED (0,620-0,670 μm)					
R2 - NIR (0,841-0,876 μm)	Mensal	1 km	16 bits	L3	0,0001
R3 - BLUE (0,459-0,479 μm)					
R7 - MIR (2,105-2,155 μm)					

Fonte: DOI: 10.5067 / MODIS / MOD13A3.006

Equações dos Índices de Vegetação e Albedo:

$$NDVI = \frac{R2 - R1}{R2 + R1};$$

$$EVI = 2,5 * \frac{R2 - R1}{(R2 + 6) * (R1 - 7,5) * (R3 + 1)};$$

$$SAVI = (1 + L) * \frac{R2 - R1}{R2 + R1 + L};$$

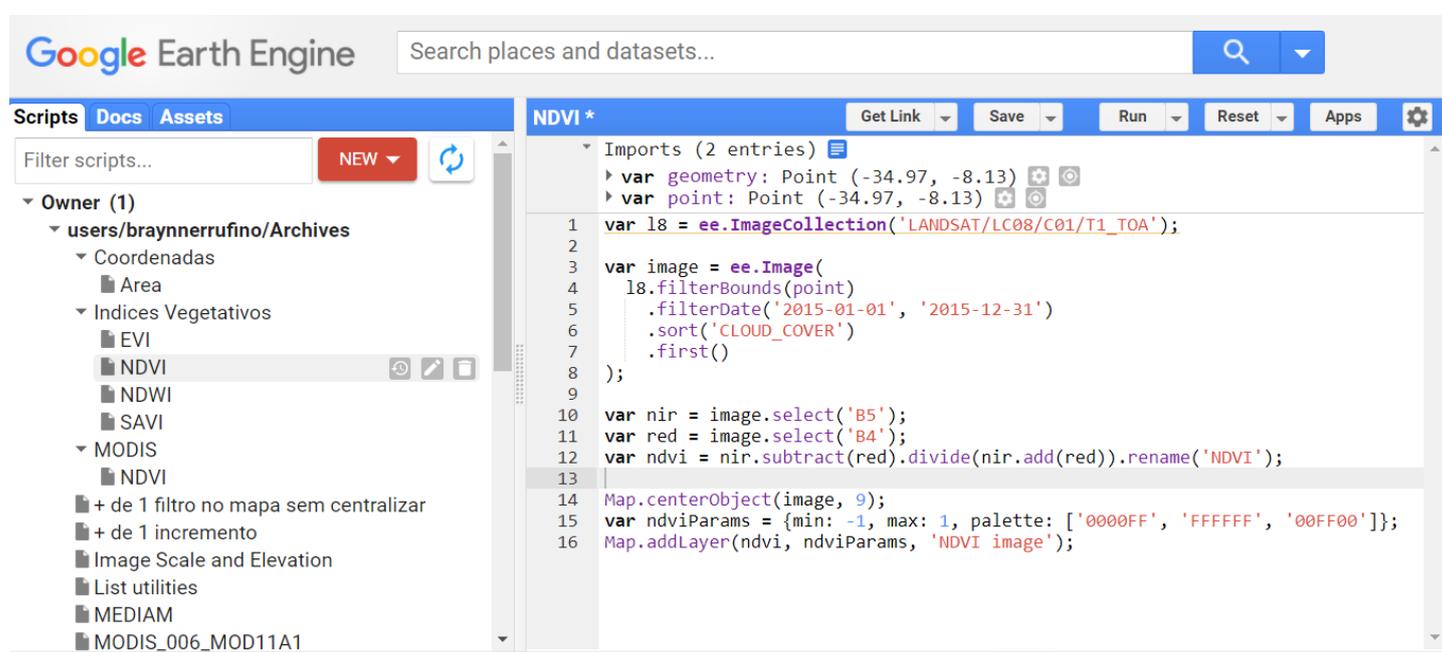
$$NDWI = \frac{R2 - R7}{R2 + R7};$$

$$Albedo = (0,215 * R1) + (0,215 * R2) + (0,242 * R3) + (0,129 * R4) + (0,101 * R5) + (0,062 * R6) - (0,036 * R7);$$

Com essas imagens serão realizadas a correção, por meio de fatores de correção – multiplicado e adicional – referente à cada camada (Tabela 1), de forma gerar uma imagem com valores reais. Mapas temáticos à superfície foram confeccionados para destacar o padrão de comportamento espectral dos parâmetros biofísicos no Nordeste Brasileiro.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o auxílio das ferramentas Google Earth Engine (GEE), e com o processamento de dados em Excel e imagens em QGIS, foi possível chegar nos resultados dos 4 Índices Vegetativos (NDVI, EVI, SAVI e NDWI), assim como o Albedo e a Temperatura da superfície para os 21 anos da pesquisa (2000-2020). Durante o tempo de Projeto foram desenvolvidos os códigos para os Índices Vegetativos (IVs) utilizando a linguagem JavaScript, ou seja, os scripts de processamento digital, com o compilador do Google Earth Engine (GEE): Earth Engine Code Editor (Figura 2).



The screenshot displays the Google Earth Engine Code Editor interface. The top navigation bar includes 'Scripts', 'Docs', and 'Assets'. A search bar is present with the text 'Search places and datasets...'. The left sidebar shows a tree view of the user's workspace, including folders for 'Coordenadas', 'Indíces Vegetativos', and 'MODIS'. The main editor area is titled 'NDVI \*' and contains the following JavaScript code:

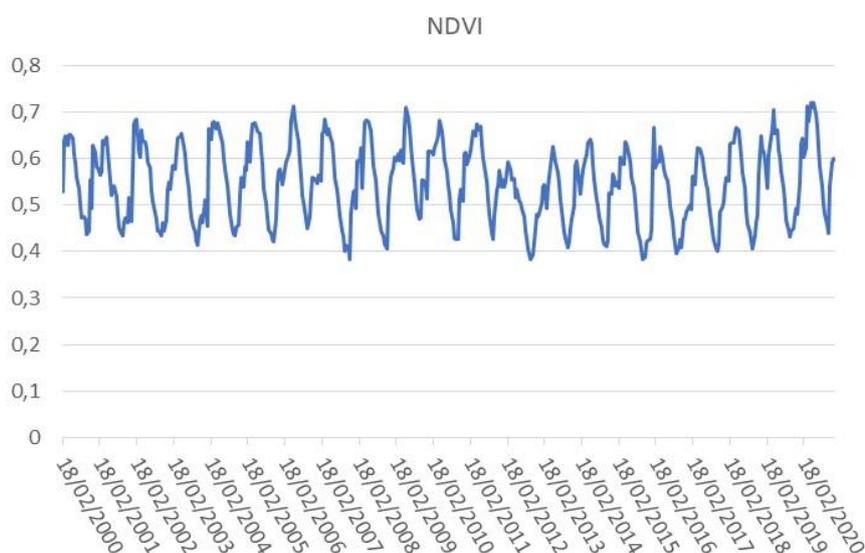
```
1 var l8 = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC08/C01/T1_TOA');
2
3 var image = ee.Image(
4   l8.filterBounds(point)
5     .filterDate('2015-01-01', '2015-12-31')
6     .sort('CLOUD_COVER')
7     .first()
8 );
9
10 var nir = image.select('B5');
11 var red = image.select('B4');
12 var ndvi = nir.subtract(red).divide(nir.add(red)).rename('NDVI');
13
14 Map.centerObject(image, 9);
15 var ndviParams = {min: -1, max: 1, palette: ['0000FF', 'FFFFFF', '00FF00']};
16 Map.addLayer(ndvi, ndviParams, 'NDVI image');
```

**Figura 2.** Interface do Earth Engine Code Editor com scripts de aprendizado para coleta de dados.

A partir da elaboração desse script para determinação do NDVI, foi reunido as informações necessárias para análise dos índices e elaboração dos mapas com qualidade para acompanhamento do comportamento vegetal. Utilizando parâmetros de propriedades como cobertura de nuvem (CLOUD\_COVER), data das imagens, utilização de funções para cálculo, paleta de cores, centralização e resposta do parâmetro requerido para análise, foi gerada o NDVI para setor do Nordeste do Brasil (Figura 3), resultado do aprendizado do Guia do GEE (Google Earth Engine). Assim como o gráfico para a exposição no decorrer do tempo e o comportamento geral do Nordeste nos 21 anos da pesquisa.

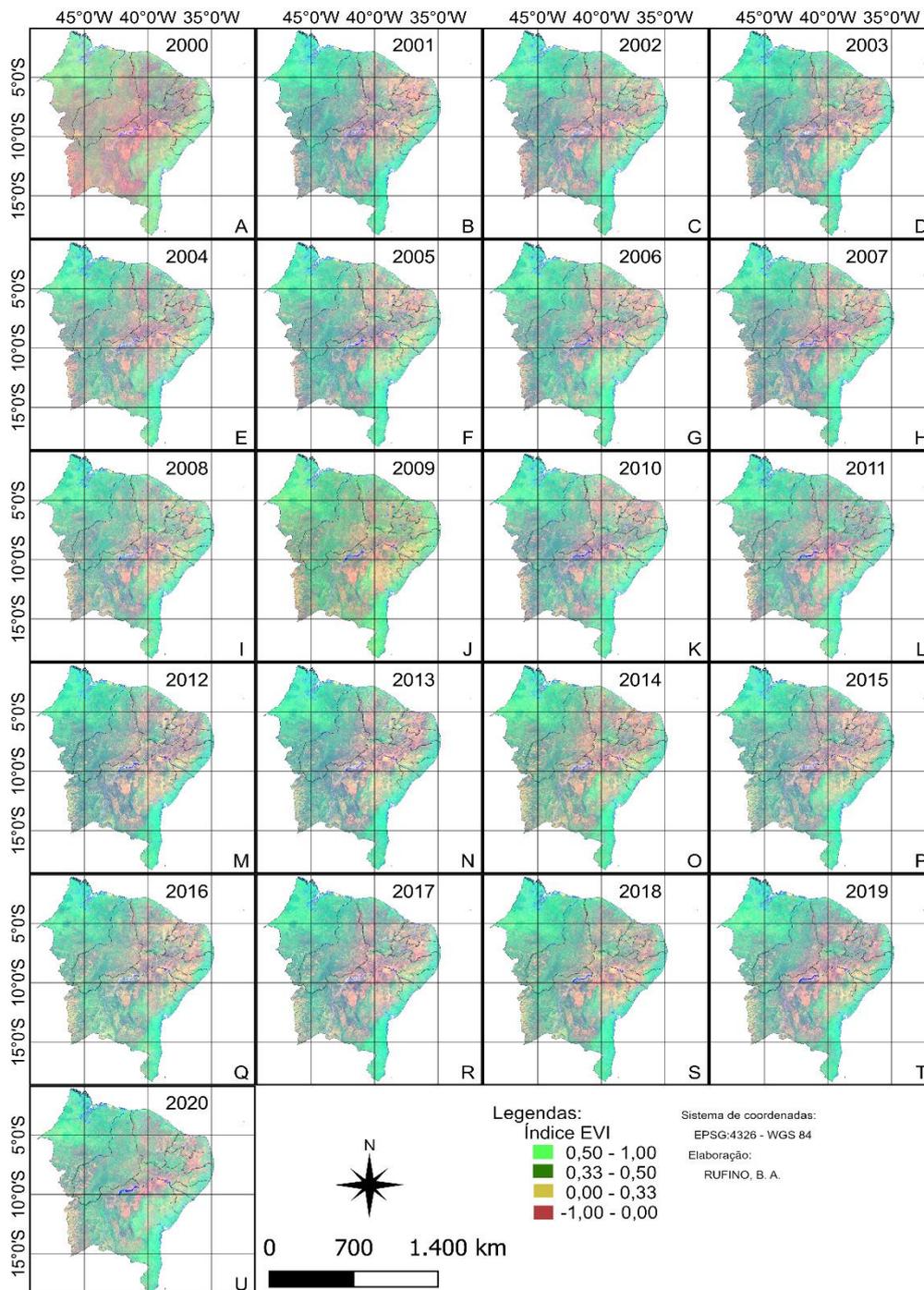


Na figura 3, é importante destacar a progressão dos índices, como por exemplo a transição do ano 2011 para o 2012, a parte amarela que pode ser representada pela seca foi expandida, como também do ano 2005 para o 2006 houve regressão dessa parte amarela o que indica que foi um ano chuvoso e a vegetação conseguiu expandir.



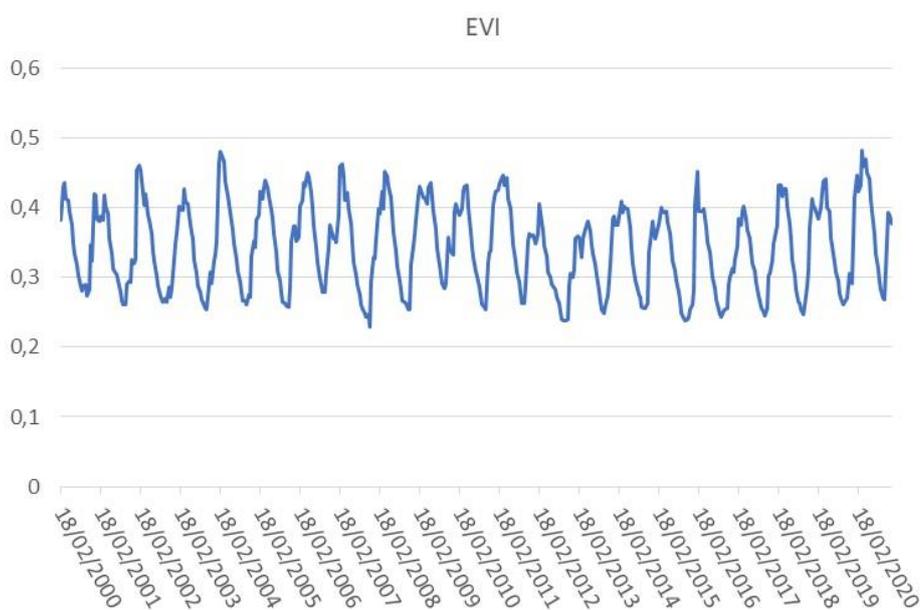
**Figura 4.** Gráfico da variabilidade do NDVI no decorrer de 2000 a 2020 por valores médios na área da Região Nordeste.

A variedade de informações que os Mapas e o Gráficos dispõem são suficientes para fazer uma análise com relação a períodos mais impactantes das secas ou retração da vegetação, ou crescimento de uma vegetação por parte de um clima mais úmido, por isso a relação desses mapas com os outros índices se mostra importante junto com seus gráficos para tornar explícito qualquer mudança que se tenha acontecido ao longo desses anos. Na Figura 3, temos a variação do Índice do NDVI, onde vemos o comportamento das regiões aos longos dos anos e quais regiões possuem mais vegetação do que outras, em complemento com o gráfico da Figura 4, podemos ver que os picos e vales representam respectivamente o verão e o inverno na Região Nordeste, as chuvas do inverno favorecem o crescimento da vegetação.



**Figura 5.** Mapa Visual do EVI de 2000 a 2020.

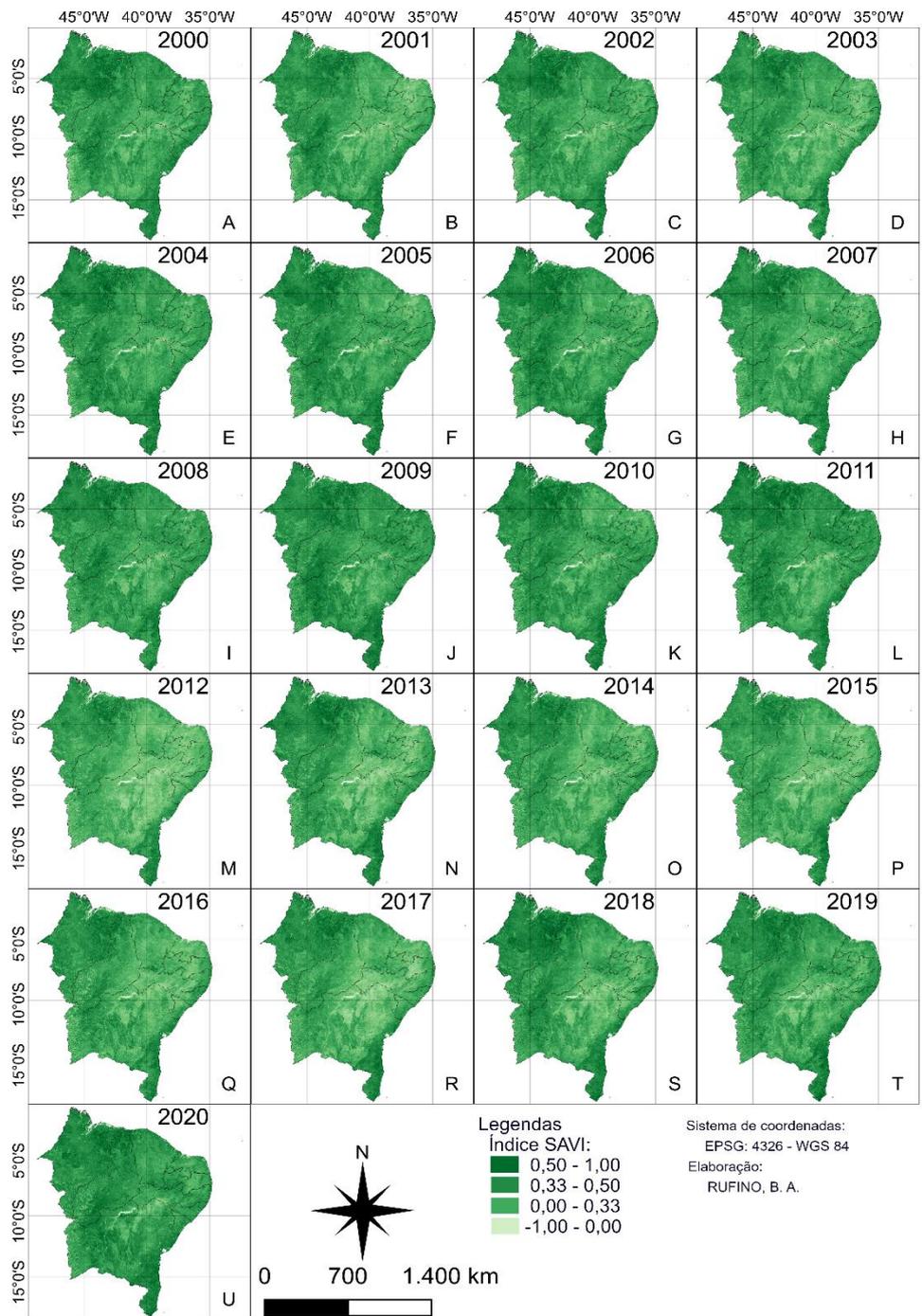
Visualmente o ano de 2000 para 2001 foi claramente um ano chuvoso, onde houve crescimento da vegetação e isso foi mostrado no aumento do índice assim como de 2019 para 2020, uma não em que fica claro que o índice diminuiu foi de 2011 para 2012 o que índice um ano de secas mais severas.



**Figura 5.** Gráfico da variabilidade do EVI no decorrer de 2000 a 2020 por valores médios na área da Região Nordeste.

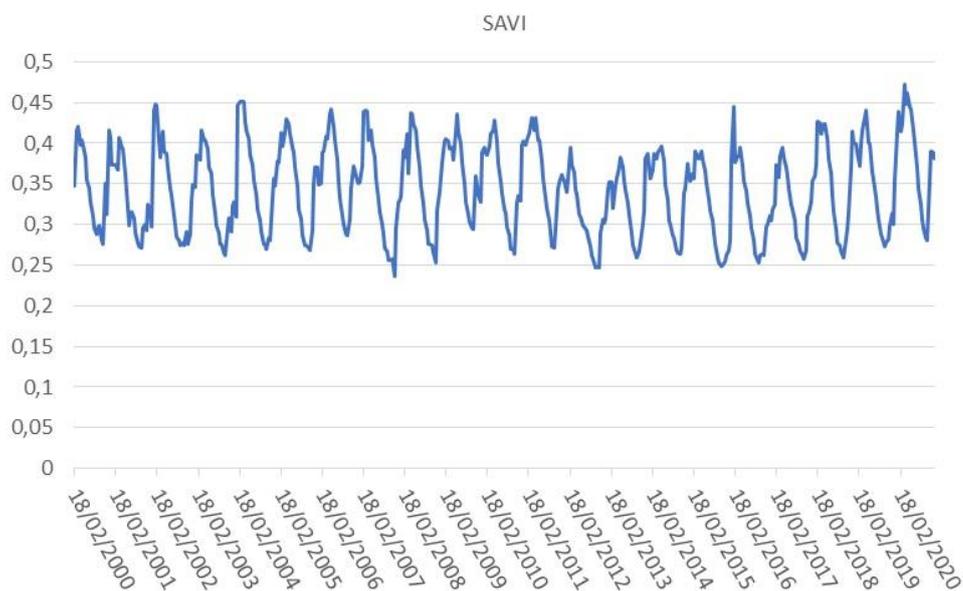
O índice EVI possui um comportamento semelhante ao NDVI. O índice EVI se destaca pela minimização das influências/ruídos da atmosfera, como os efeitos dos aerossóis, apresentando-se sensível diante das variações da biomassa vegetal de alta densidade (HUETE et al., 2002).

Em uma abordagem de comparação entre o NDVI e o EVI o melhor é possuir os dois, a abrangência de dados dos dois além de se complementarem podem reforçar indícios de eventos meteorológicos.



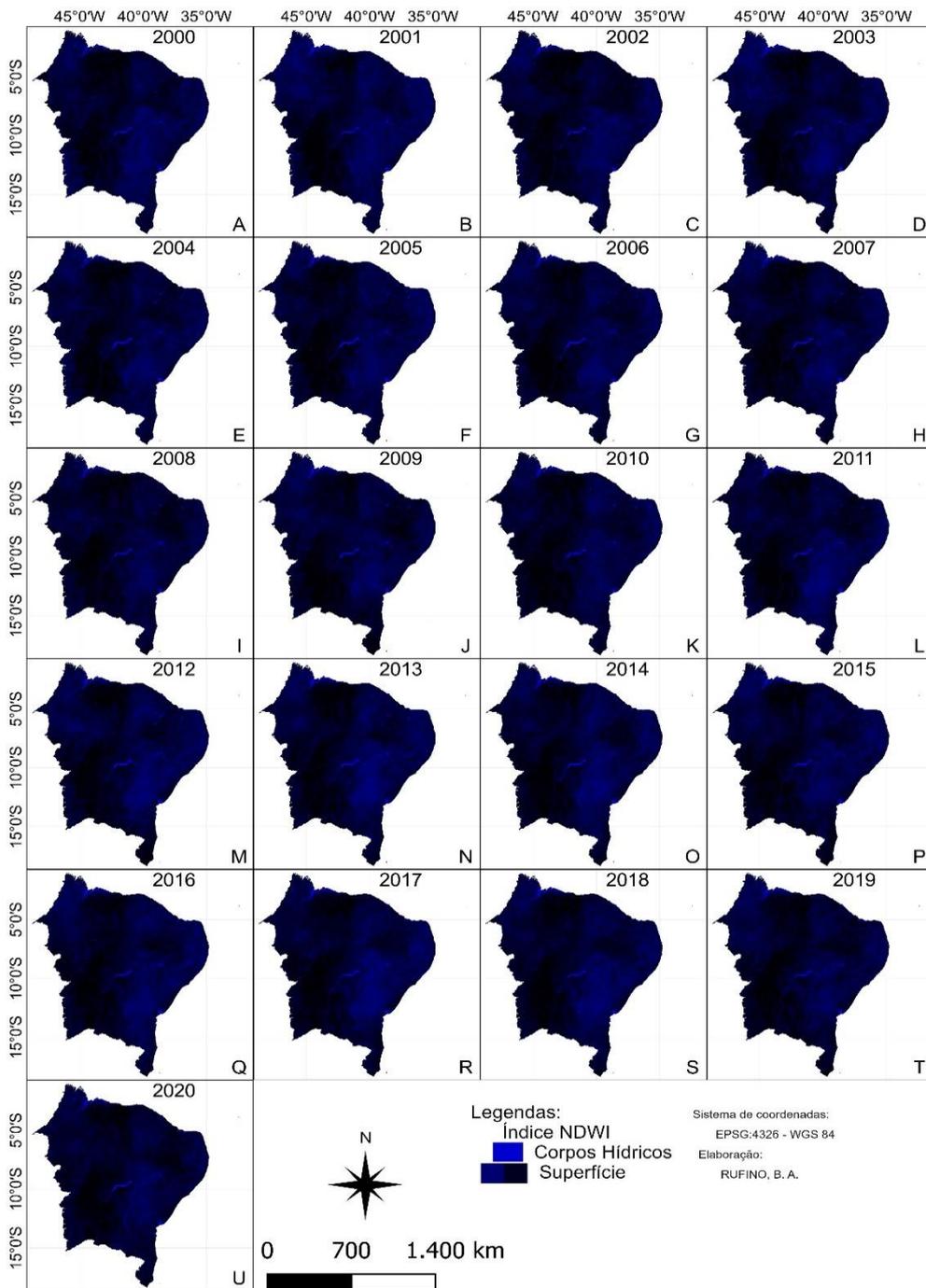
**Figura 6.** Mapa Visual do SAVI de 2000 a 2020.

A Figura 6 mostra os mapas de SAVI, podemos observar que a imagem do ano 2000 é mais esverdeada que a de 2001, a de 2011 é mais esverdeada que a de 2012, indicando período de secas e assim fazendo a vegetação diminuir, notamos também uma melhora do ano de 2019 para 2020 indicando um ano mais chuvoso.



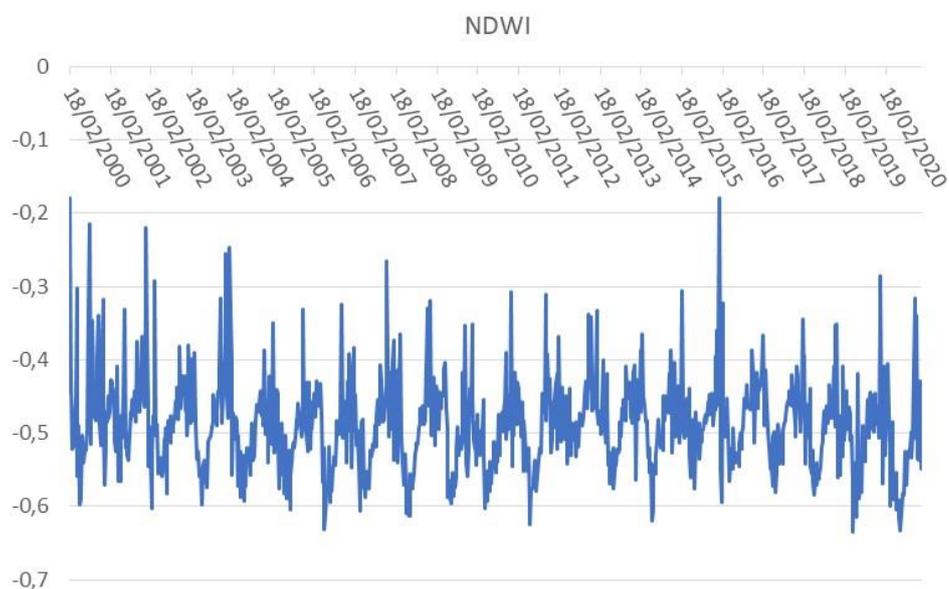
**Figura 7.** Gráfico da variabilidade do SAVI no decorrer de 2000 a 2020 por valores médios na área da Região Nordeste.

O índice de vegetação SAVI leva em consideração os efeitos do solo exposto para ajuste do NDVI quando a superfície não está coberta totalmente por vegetação, é possível notar as semelhanças com os mapas do NDVI e do EVI, porém é mais preciso quando se há regiões onde há solo exposto, o SAVI se assemelha muito ao NDVI quando a vegetação ocupa o espaço da superfície.



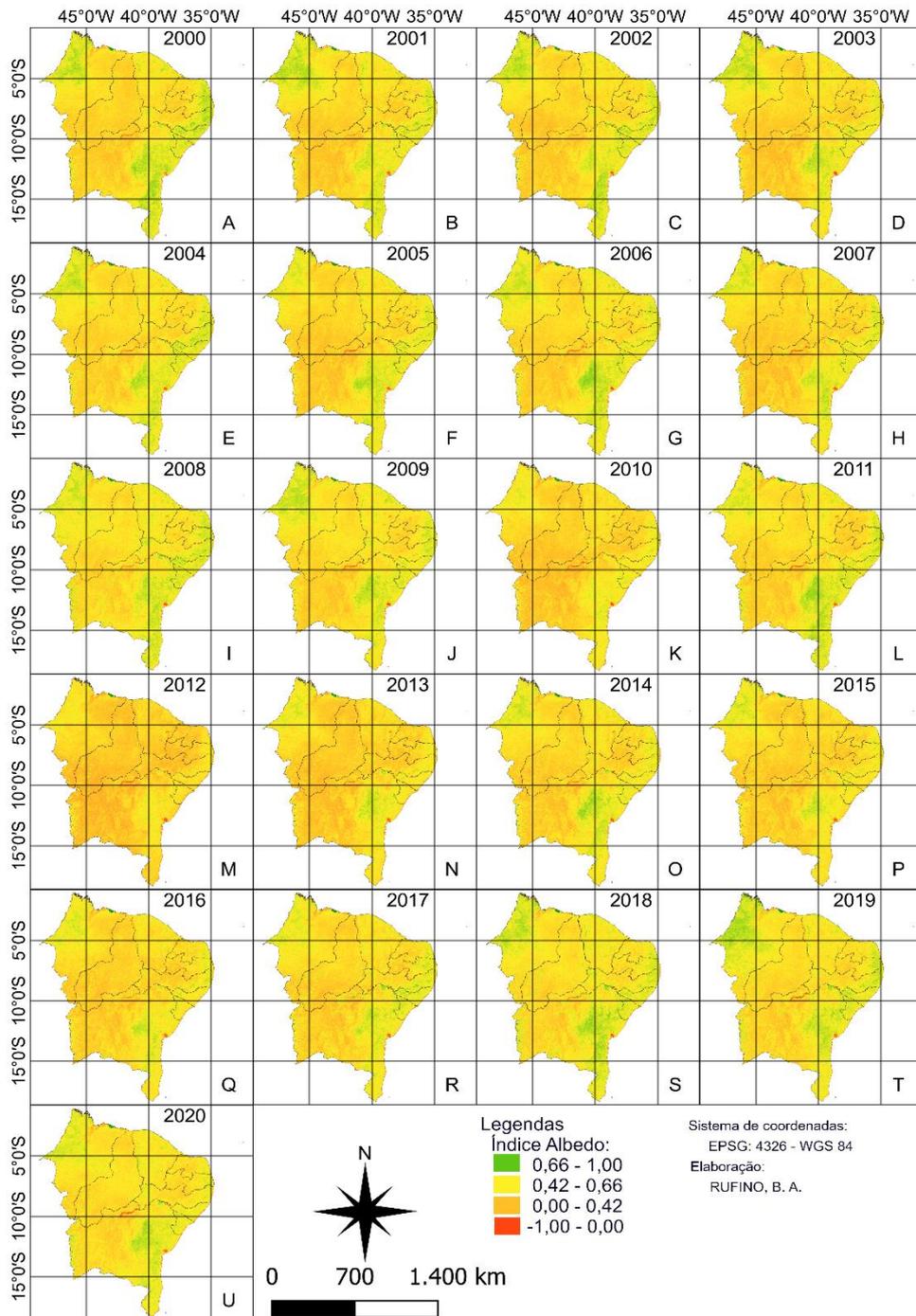
**Figura 8.** Mapa Visual do NDWI de 2000 a 2020.

A parte azul claro do mapa refere-se a áreas onde o índice identificou como corpos d'água e isso é fácil de ver na região do São Francisco e no Norte do Maranhão na Baía de São Marcos. Olhando para o Rio São Francisco conseguimos identificar quando ele está maior ou menor pelas leituras, do ano 2008 para 2009 houve aumento do seu tamanho indicando um passagem de ano chuvosa, de 2013 para 2014 nota-se uma redução indicando um período mais seco.



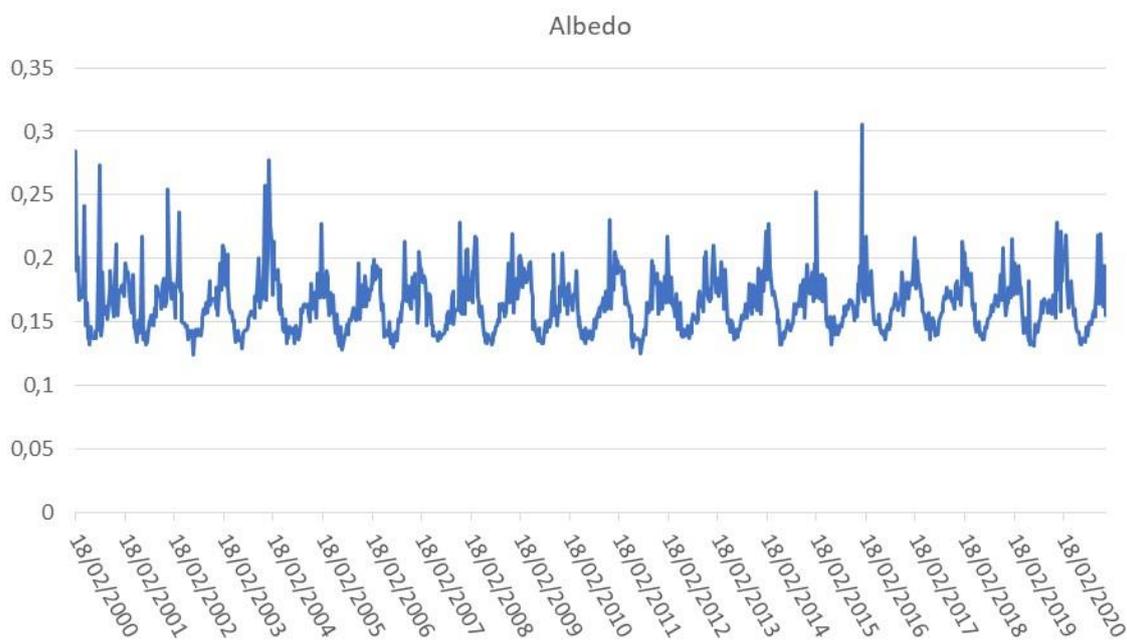
**Figura 9.** Gráfico da variabilidade do NDWI no decorrer de 2000 a 2020 por valores médios na área da Região Nordeste.

O NDWI já se diferencia por ser um parâmetro relacionado a corpos hídricos, na Figura 8 temos a variação desses corpos pelo tempo da pesquisa com a ênfase nas regiões mais claras que ficam os corpos d'água, o gráfico da Figura 9 nos informa valores negativos para esse índice pois estamos aplicando um índice de água em terra, pode-se notar que houveram picos onde os valores se aproximaram de 0, sendo referidos a períodos onde houve precipitação moderada ou forte e com isso veio a elevar essas valores no momento da captura das bandas.



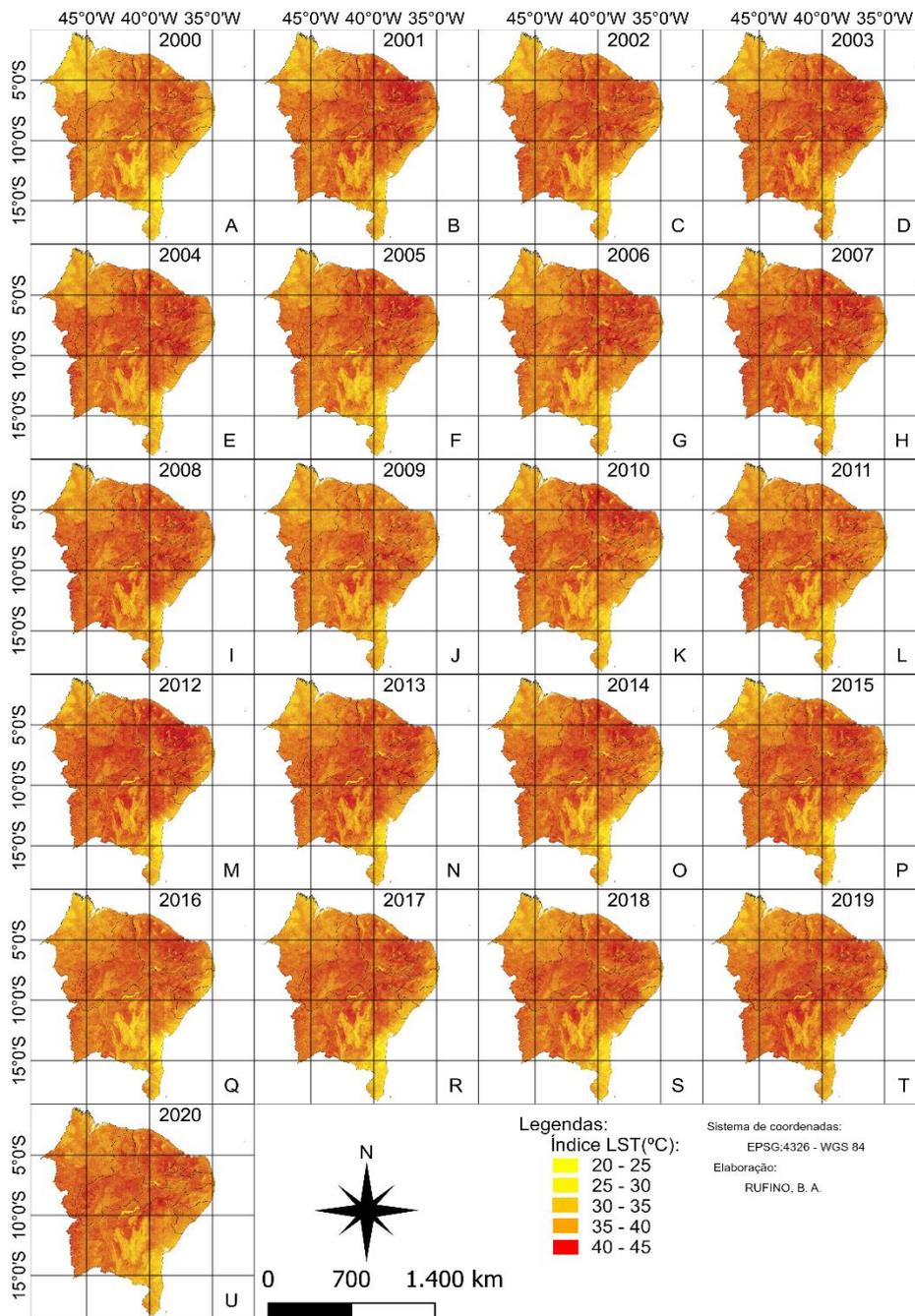
**Figura 10.** Mapa Visual do Albedo de 2000 a 2020.

Com os mapas do Albedo podemos ver as áreas onde a reflectância é maior e com isso podemos fazer um comparativo com anos secos e chuvosos, as florestas possuem um albedo alto, pois o solo sem plantas possui uma maior taxa de absorção da radiação solar o que diminui o albedo, então podemos analisar anos secos e chuvosos a partir da área esverdeada do mapa. No ano de 2011 para 2012 é visto uma redução dessas áreas de vegetação onde indica um ano mais seco, enquanto que de 2013 para 2014 podemos ver que há um crescimento da vegetação mostrado pelo albedo encontrado, indicando um ano chuvoso.



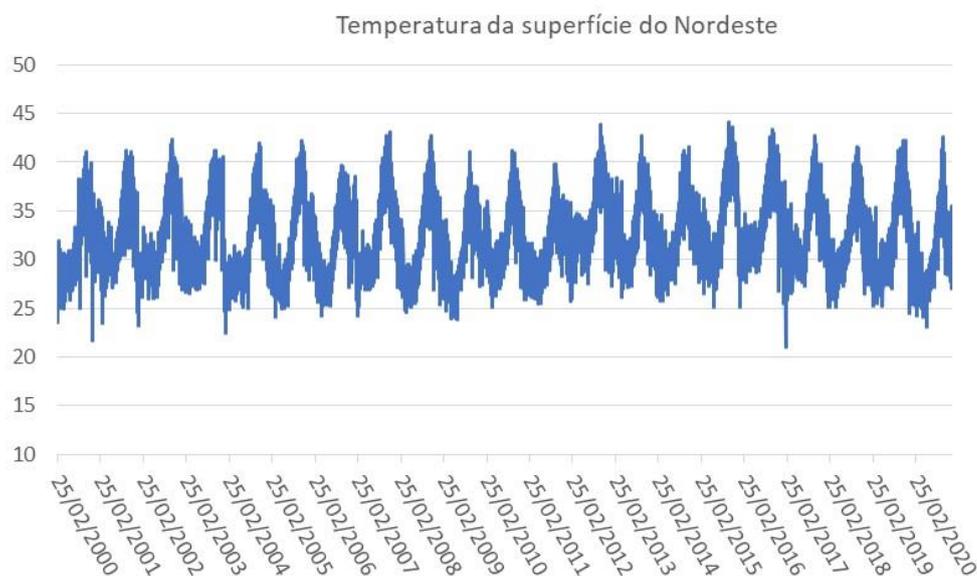
**Figura 11.** Gráfico da variabilidade do NDWI no decorrer de 2000 a 2020 por valores médios na área da Região Nordeste.

O gráfico da Figura 11 nos mostra o comportamento do albedo durante os anos com mais detalhes, podendo ver alterações dentro de um período específico.



**Figura 12.** Mapa Visual da Temperatura da superfície (LST – Land Surface Temperature) de 2000 a 2020.

A Temperatura da superfície do Nordeste diferentemente dos outros índices foi medida diariamente, os mapas mostrados nas Figura 12 são relacionados aos valores médios anuais, a variação não é grande e se destaca pela região da Caatinga do Nordeste onde se concentram os maiores valores de temperatura.



**Figura 13.** Gráfico da variabilidade da Temperatura de superfície no decorrer de 2000 a 2020 por valores médios na área da Região Nordeste.

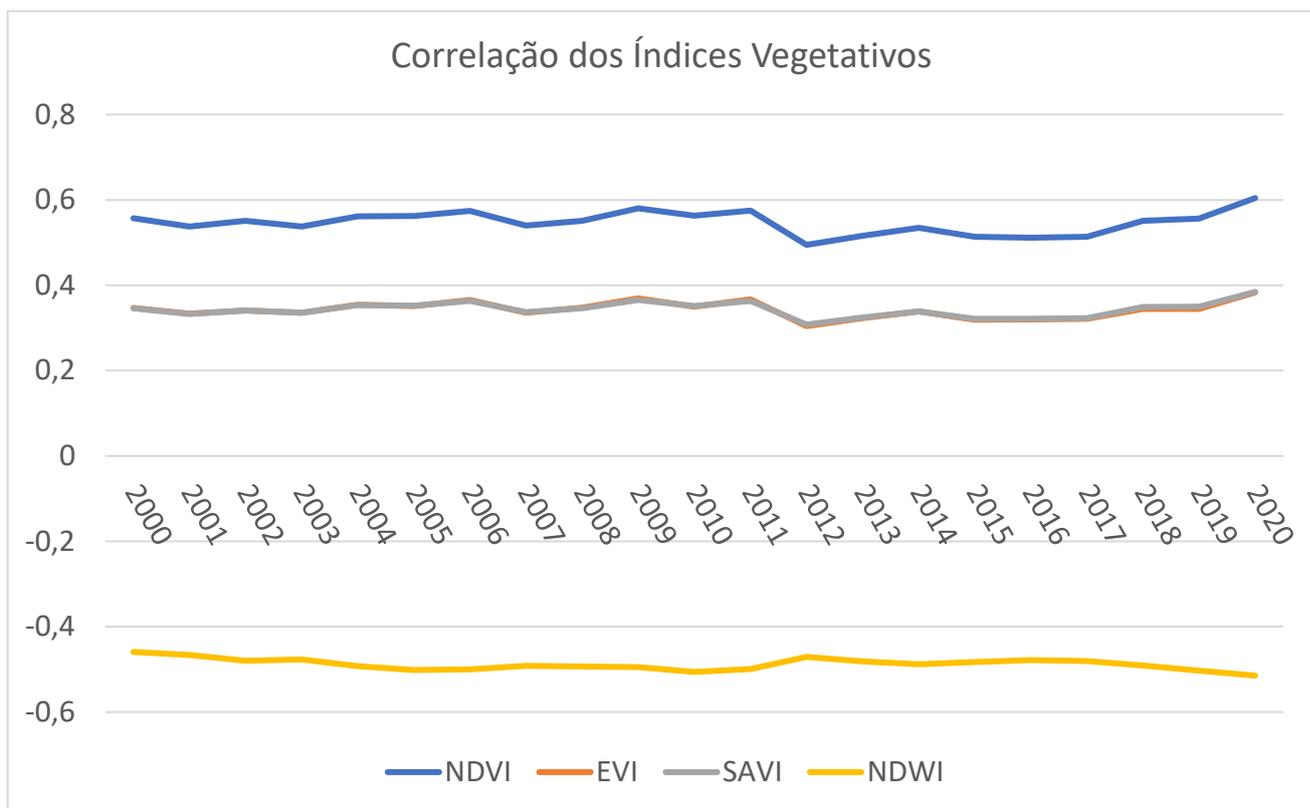
O gráfico da Figura 13 nos mostra claramente a temperatura do Nordeste ao longo dos anos, alterando entre picos e vales, respectivamente os verões e invernos, temos máximas próximas de 45°C enquanto que temos mínimas em torno de 25°C.

Para fazer uma análise do El Niño Oscilação Sul (ENOS), tanto para oscilações nas quais o oceano Pacífico se encontra mais quente (El Niño) ou mais frio (La Niña) do que a média de temperaturas, o CPTEC/INPE disponibiliza as últimas ocorrências dos ENOS, onde classifica de acordo com a intensidade do fenômeno. Os últimos anos foram 2006-2007, 2009-2010 e 2015-2016, visto que se trata de uma faixa de tempo de um ano para o início do outro, as duas primeiras

foram classificadas como moderadas e a última 2015-2016 foi classificada como forte. As últimas ocorrências da La Niña foram 2007-2008, 2010-2011 e 2017-2018 e essas três últimas ocorrências foram classificadas como moderadas. Para analisar o desempenho dos IVs no Nordeste nesses anos foi feito uma tabela de correlação desses índices para melhor visualizar o comportamento geral tomando como base os dados médios anuais.

**Tabela 3.** Correlação dos índices vegetativos entre 2000 e 2020 com valores médios anuais da Região Nordeste.

	<b>NDVI</b>	<b>EVI</b>	<b>SAVI</b>	<b>NDWI</b>
<b>2000</b>	0,557149	0,347149	0,345917	-0,45916
<b>2001</b>	0,537433	0,333302	0,332983	-0,46658
<b>2002</b>	0,5507	0,340782	0,340835	-0,48004
<b>2003</b>	0,537422	0,335295	0,33598	-0,47706
<b>2004</b>	0,561577	0,354577	0,353272	-0,49278
<b>2005</b>	0,562093	0,351311	0,352344	-0,50124
<b>2006</b>	0,574059	0,36562	0,363325	-0,49987
<b>2007</b>	0,539635	0,335514	0,337081	-0,49193
<b>2008</b>	0,550951	0,347277	0,346347	-0,49313
<b>2009</b>	0,580411	0,369291	0,365531	-0,49463
<b>2010</b>	0,563279	0,350193	0,351466	-0,50618
<b>2011</b>	0,575323	0,367149	0,363436	-0,4994
<b>2012</b>	0,494628	0,304255	0,307951	-0,47083
<b>2013</b>	0,516203	0,323266	0,324685	-0,48096
<b>2014</b>	0,534398	0,338884	0,338386	-0,48785
<b>2015</b>	0,513498	0,319035	0,321067	-0,48291
<b>2016</b>	0,511772	0,319954	0,321421	-0,47847
<b>2017</b>	0,513988	0,321126	0,323026	-0,48052
<b>2018</b>	0,551067	0,344846	0,349168	-0,49098
<b>2019</b>	0,556409	0,344415	0,349493	-0,50288
<b>2020</b>	0,604287	0,383173	0,384437	-0,51465

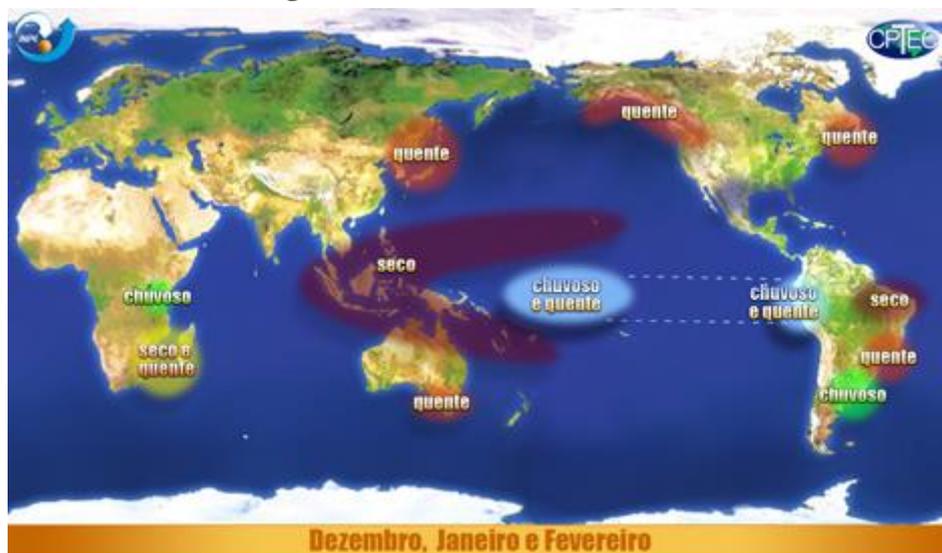


**Figura 14.** Gráfico da correlação dos Índices Vegetativos de 2000 a 2020 por valores médios na área da Região Nordeste.

Com este gráfico é possível verificar a concordância dos índices vegetativos, o comportamento do NDVI, EVI e SAVI são semelhantes, inclusive a curva do SAVI quase sobrepõe totalmente a curva do EVI. O NDWI como é um índice voltado a análise dos corpos hídricos possui um comportamento distinto, mas não aleatório visto que ele tende a subir quando os outros diminuem.

Em anos que ocorrem o El Niño há possibilidades de secas na Região Nordeste do Brasil, causando a diminuição da vegetação. Analisando o El Niño de 2006-2007 no gráfico temos uma redução dos índices para esses anos o que gera concordância entre os dados do produto MODIS e o CPTEC/INPE, o segundo período analisado de 2009-2010 também há uma redução nos índices, já os anos de 2015-2016 que foi classificado como forte não fica claro no gráfico de correlação pois se trata de valores médios anuais que podem mascarar o comportamento do ano, analisando as Figuras 4 e 6 na área de vale entre os respectivos anos há uma queda dos índices e está maior que nos anos adjacentes o que percebe-se a influência do El Niño.

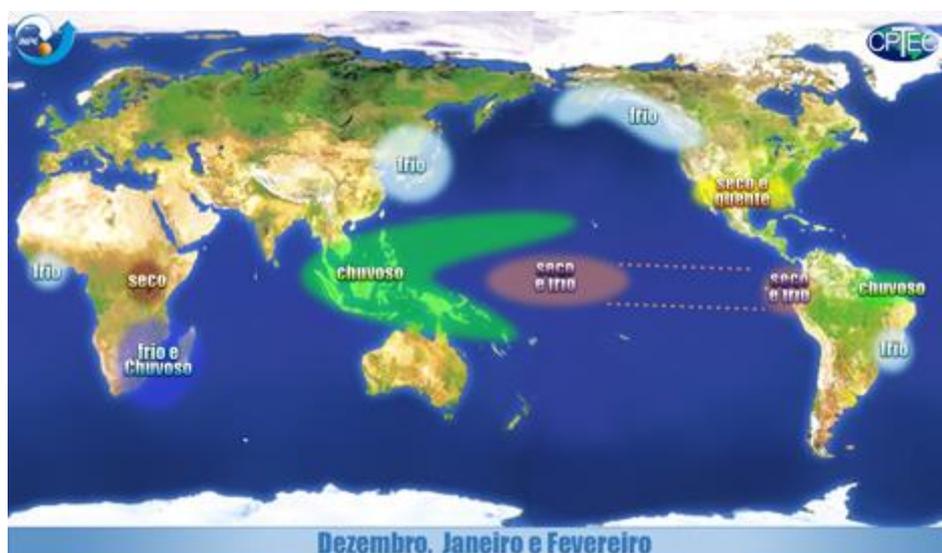
**Figura 15. Efeitos Globais do El Niño**



Fonte de dados: CPTEC/INPE

A La Niña se caracteriza por apresentar temperaturas no Pacífico mais baixas que a média histórica, e resulta em chuvas no Nordeste do Brasil. Analisando os três últimos anos, temos 2007-2008, 2010-2011 e 2017-2018, os três apresentam melhora significativa na Figura 14 onde temos o gráfico de correlação, o que implica que há influência do evento no registro dos índices.

**Figura 15. Efeitos Globais do La Niña**



Fonte de dados: CPTEC/INPE

Com a comparação dos dados mostrados entre os produtos MODIS e a base de dados da CPTEC/INPE, temos a conclusão em que elas concordam entre si, o ENOS influencia as chuvas do Nordeste que refletem nos valores dos índices vegetativos.

## 8. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

Atividades	2020					2021						
	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
Desenvolvimento de script para o software Erdas e processamento das imagens será desenvolvido na plataforma do Google Earth Engine;	x	x	x	x								
Manipulações de imagens, correções atmosféricas, estimativas de albedo	x	x	x	x	x	x	x					
Estimativa de NDVI, EVI, SAVI, NDWI e Albedo e temperatura de superfície				x	x	x	x	x				
Confecção de trabalhos e relatórios										x	x	x

## 9. CONSIDERAÇÕES PARCIAIS/FINAIS

Com o aprendizado do Google Earth Engine (GEE), seguindo o seu próprio guia de aprendizado, o Earth Engine Code Editor possui atalhos de programação referentes a linguagem JavaScript como também um banco de funções próprias ao GEE por se tratar principalmente de manipulação de mapas e informações relacionadas.

## 10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. Q. de et al. Enhanced Vegetation Index (EVI) na análise da dinâmica da vegetação da reserva biológica de Sooretama, ES. *Rev. Árvore*, v. 32, p.1099-1107, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000600015>
- BEZERRA, J. M. et al. Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Rev. bras. eng. agríc. Ambiente**, v. 18, n. 1, p. 73-84, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662014000100010>.
- BRENNER, V. C.; GUASSELLI, L. A. Índice de diferença normalizada da água (NDWI) para identificação de meandros ativos no leito do canal do rio Gravataí/RS – Brasil. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, INPE, 25 a 29 de Abril, p 3693-3699, 2015.
- FACHINELLO, J. C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. *Rev. Bras. Frutic.* v.33, 2011.
- HUETE, A. R.; LUI, H. Q.; BATCHILY, K.; VAN LEEUWEN, W. A Comparison of Vegetation Indices over a Global Set of TM Images for EOS-MODIS. **Remote Sensing of Environment**, v. 59, n. 3, p. 440-451, 1997.
- MARIANO, D. A.; DOS SANTOS, C. A.; WARDLOW, B. D.; ANDERSON, M. C.; SCHILTMAYER, A. V.; TADESSE, T.; SVOBODA, M. D. Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human-induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v. 213, p. 129-143, 2018.
- MATSUSHITA, B.; YANG, W.; CHEN, J.; ONDA, Y.; QIU, G. Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Topographic Effects: A Case Study in High-density Cypress Forest. **Remote Sensing of Natural Resources and the Environment**, *Sensors* 7, n. 11, p. 2636-2651, 2007.
- PEREIRA, O.; FERREIRA, L.; PINTO, F.; BAUMGARTEN, L. Assessing Pasture Degradation in the Brazilian Cerrado Based on the Analysis of MODIS NDVI Time-Series. **Remote Sensing**, v. 10, p. 1761, 2018.
- PERILLA, G. A.; MAS, J. Google Earth Engine (GEE): una poderosa herramienta que vincula el potencial de los datos masivos y la eficacia del procesamiento en la nube. **Investigaciones Geográficas**, n. 101, 2020. ISSN 2448-7279. <http://dx.doi.org/10.14350/rig.59929>.

REBOUCAS, A. da C. Água na região Nordeste: desperdício e escassez. **Estud. av.**, v. 11, p. 127-154, 1997. <https://doi.org/10.1590/S0103-40141997000100007>

SANTOS A. M.; et al. Sensoriamento remoto orbital e SIG aplicados a análise espacial de áreas degradadas na cidade de Ji-Paraná, Rondônia. SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.0667.

TASUMI, M.; ALLEN, R. G.; TREZZA, R. At-surface reflectance and albedo from satellite for operational calculation of land surface energy balance. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 13, p. 51 – 63, 2008.

#### 11. ATIVIDADES RELEVANTES DESENVOLVIDAS PELO BOLSISTA

Houve a participação em um curso na modalidade à distância, ofertado pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), referente as mudanças climáticas e agricultura, com carga horária de 20 horas. Os resultados parciais deste trabalho não foram apresentados em eventos científicos da área devido ao atual cenário da pandemia de Covid-19, que impossibilitou a realização de atividades presenciais.

#### 12. DIFICULDADES ENCONTRADAS

Na construção e aprendizagem dos scripts GEE

#### 13. PARECER DO ORIENTADOR

O discente **Braynner Andrade Rufino** tem desenvolvido bem a pesquisa, e mostrado interesse em aprender novas tecnologias. Neste relatório parcial mostra que tem condição de continuar com a pesquisa, podendo contribuir significativamente, pois, seu desenvolvimento é pertinente e seu relatório tem mostrado isso.

Recife, 18 de março de 2021.



Assinatura do Orientador



Assinatura do Aluno