



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

VITOR HUGO ANSELMO BATISTA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

RECIFE

2018.1

VITOR HUGO ANSELMO BATISTA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO OBRIGATÓRIO

**MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS E VEGETAÇÃO
EM BACIA DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO**

Relatório apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como pré-requisito para obtenção de nota da disciplina Estágio Supervisionado Obrigatório, sob orientação do Professor Abelardo Antônio de Assunção Montenegro.

**RECIFE
2018.1**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

B333m Batista, Vitor Hugo Anselmo

Monitoramento de variáveis hidrológicas e vegetação em bacia do semiárido pernambucano / Vitor Hugo Anselmo Batista. – Recife, 2018.
30 f.: il.

Orientador: Abelardo Antônio de Assunção Montenegro.

Trabalho de Conclusão de Curso (Relatório) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, Recife, BR-PE, 2018.

Inclui referências.

1. Águas subterrâneas 2. Sensoriamento remoto 3. Hidrogeologia
4. Precipitação (Meteorologia) 5. Índice de vegetação I. Montenegro, Abelardo Antônio de Assunção, orient. II. Título

CDD 631

MONITORAMENTO DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS E VEGETAÇÃO EM BACIA DO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da sub-bacia hidrográfica do alto Ipanema, localizada no município de Pesqueira, Pernambuco, Brasil.	14
Figura 2 - Mapa de solos da bacia representativa do Alto Ipanema, Brasil.	15
Figura 3 - Mapa de localização dos pluviômetros na bacia representativa do Alto Ipanema, Brasil.	16
Figura 4 - Mapa de distribuição espacial dos piezômetros ao longo do Vale Aluvial, Pesqueira, Pernambuco, Brasil.	17
Figura 5 - (A) Medição em campo do nível do lençol freático; (B) trena eletrônica Solinst 101 P2 Water Level Meters; (C) medidor de condutividade MB11.	18
Figura 6 - Comportamento das precipitações diária e acumulada e do NDVI no pluviômetro Caraíbas, Pesqueira, Pernambuco.	21
Figura 7 - Comportamento das precipitações diária e acumulada e do NDVI no pluviômetro João Batista, Pesqueira, Pernambuco.	22
Figura 8 - Comportamento das precipitações diária e acumulada e do NDVI no pluviômetro João (Parcelas), Pesqueira, Pernambuco.	22
Figura 9 - Comportamento das precipitações diária e acumulada e do NDVI no pluviômetro Malaquias, Pesqueira, Pernambuco.	23
Figura 10 - Comportamento das precipitações diária e acumulada e do NDVI na Estação Agroclimatológica, Pesqueira, Pernambuco.	23
Figura 11 - Gráfico que demonstra a relação da precipitação com o nível do lençol freático e com a CE de janeiro de 2016 até julho de 2018 em Pesqueira, Pernambuco.	24
Figura 12 - Comportamento do NDVI de janeiro de 2015 até dezembro de 2017 na bacia do Alto Ipanema, Pesqueira, Pernambuco.	26
Figura 13 - Ícone de registro do endereço eletrônico do USGS.	28
Figura 14 - Endereço eletrônico para realização do cadastro do usuário.	28
Figura 15 - Guia de inicialização do uso dos filtros de pesquisa.	29
Figura 16 - Aba de seleção pela disposição do conjunto de dados.	29
Figura 17 - Ícone para carregar os resultados da pesquisa.	30
Figura 18 - Visão dos resultados dentro dos critérios selecionados.	30
Figura 19 - Visualização da imagem "plotada" no mapa.	31
Figura 20 - Ícone para proceder para o <i>download</i> da imagem.	31
Figura 21 - Ícone de <i>download</i> da imagem.	32
Figura 22 - Disposição das equações para correção da radiância e reflectância.	33
Figura 23 - Extração do arquivo baixado e disposição dos metadados em "txt".	34
Figura 24 - Cálculo das variáveis utilizadas na correção da radiância e reflectância.	34
Figura 25 - Adição das bandas de interesse no QGIS.	35
Figura 26 - Aplicação do cálculo de correção pela ferramenta Raster Calculator.	35
Figura 27 - Resultado das bandas já corrigidas.	36
Figura 28 - Aplicação do cálculo de ndvi pela ferramenta Raster Calculator.	36
Figura 29 - Aplicação da falsa-cor no mapa de NDVI resultante.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores dos parâmetros estatísticos, mínimo, máximo, médio e desvio padrão, obtidos na análise estatística das cartas do NDVI.	27
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS

CE - Condutividade Elétrica

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LAS - Laboratório de Água e Solo

NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

REHISA - Rede de Hidrologia do Semiárido

SBCS - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SIG - Sistema de Informação Geográfica

UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos

ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS.....	10
2.1. Objetivo Geral.....	10
2.2. Objetivos Específicos.....	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
4. METODOLOGIA	14
4.1. Área de estudo.....	14
4.2. Monitoramento da precipitação.....	15
4.3. Monitoramento do nível do lençol freático e da condutividade elétrica	16
4.4. Monitoramento da vegetação.....	18
4.5. Confecção do guia prático de geração de NDVI voltado à hidrologia	20
5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	21
5.1. Descarregamento dos dados.....	21
5.2. Interpretação dos dados descarregados.....	21
5.3. Medição do nível do lençol freático.....	24
5.4. Medição da condutividade elétrica.....	24
5.5. Geração dos mapas de NDVI	25
5.6. Confecção do guia prático de geração de NDVI	27
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	38
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

1. INTRODUÇÃO

A região semiárida do Nordeste brasileiro se destaca por apresentar um histórico de vulnerabilidade decorrente a elevada variação climática onde há repetidos eventos de estiagem e a distribuição tanto espacial quanto temporal das chuvas é bastante irregular com eventos de alta intensidade e curta duração. Por conta dessa má disponibilidade dos recursos hídricos é que setores do governo, pesquisadores e até mesmo certa parcela dos cidadãos, principalmente os que têm empatia sobre o tema e os que são diretamente influenciados pela escassez, se preocupam e tomam de princípio ações, projetos, pesquisas, medidas para diminuir os efeitos dessa condição que só dificulta a vida do homem.

Com essa condição em mente os estudos relacionados à dinâmica dos processos hidrológicos se tornam bem importantes. Onde entra a importância da caracterização das chuvas e sua interação com o solo, uma vez que essas chuvas intensificam a erosão hídrica e é nos períodos chuvosos com eventos mais intensos que o solo é altamente afetado.

A pluviometria está altamente correlacionada com a quantidade e qualidade da cobertura vegetal. Logo, a realização do monitoramento da cobertura vegetal é essencial para se analisar e avaliar o equilíbrio ambiental ao longo de uma bacia hidrográfica que é a principal unidade de planejamento e gestão ambiental. Neste sentido, o sensoriamento remoto é capaz de promover indícios de mudanças no uso e ocupação do solo de forma não invasiva e eficiente em larga escala por meio do uso de imagem por satélite, através do uso de índices de vegetação que trazem esse viés espaço-temporal para análise, podendo ser avaliado tanto em períodos secos quanto em chuvosos.

Não somente tem-se a vegetação, mas também as águas subterrâneas já que as taxas evaporativas na região semiárida muitas vezes superam a precipitação. Onde os vales aluviais do semiárido pernambucano são de grande importância para agricultura familiar que se utiliza da irrigação para suplementação hídrica dos cultivos assim como consumo humano. E no que se refere ao acúmulo de sais no solo, é essencial o monitoramento contínuo do nível do lençol freático, da salinidade e da precipitação que justamente abastece os lençóis freáticos.

Com a ideia de passar a diante o uso de uma das técnicas de sensoriamento remoto que se refere ao índice de vegetação, se fez por conveniente a execução de um guia prático voltado para o campo da hidrologia, dividido em etapas de fácil entendimento e execução.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Monitorar e analisar processos hidrológicos em bacia hidrográfica do semiárido.

2.2. Objetivos Específicos

- Monitorar a componente de precipitação de bacias experimentais;
- Comparar registros de diferentes pluviômetros dentro da bacia;
- Avaliar a variabilidade espaço-temporal da pluviometria em escala de bacia, no semiárido pernambucano;
- Correlacionar o índice NDVI com a pluviometria de uma bacia hidrográfica;
- Auxiliar no monitoramento e análise de dados hidrológicos;
- Confeccionar um guia prático da geração do NDVI voltado para hidrologia.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

A região semiárida do Nordeste Brasileiro caracterizada por apresentar uma restrita disponibilidade de recursos hídricos, consequente basicamente por dois fatores, os solos que são rasos e com reduzida capacidade de retenção de água juntamente de um regime pluviométrico irregular, com eventos mal distribuídos tanto espacialmente quanto temporalmente (SILVA, 2015).

Nesta região onde ciclos de fortes estiagens, secas e enchentes, costumam atingi-la em intervalos irregulares que vão de poucos anos até décadas, que acabam por fragilizar ainda mais a vida da população que vive no semiárido, em particular pequenos produtores e comunidades pobres (MARENGO et al., 2011).

Ainda sobre o mesmo autor, ele retrata também que o mais importante sistema causador de chuvas na região semiárida é a zona de convergência intertropical (ZCIT), que apresenta, no Atlântico, a convergência dos ventos alísios do Norte e Sul, com movimentos ascendentes, baixas pressões, nebulosidades e chuvas abundantes.

Diante destas acentuadas variabilidades temporais e espaciais das precipitações pluviométricas, se dá de maior valia aos seus estudos onde o monitoramento e o estudo da magnitude, frequência, intensidade e duração são importantes para caracterizar os eventos e seu perfil hidrológico.

Sabendo desta limitação, o conhecimento da dinâmica da água subterrânea é bem válido já que essa água é utilizada como reserva estratégica na questão da segurança hídrica. Para o semiárido brasileiro, os aquíferos aluviais são estratégicos para agricultura familiar, particularmente nos períodos de estiagem. Nesta ótica, o monitoramento contínuo de sua variabilidade espaço-temporal caracteriza-se como de alta importância para pesquisas hidrológicas (ALBUQUERQUE et al., 2015).

Segundo Burte et al. (2011), o uso da água subterrânea dos pequenos aquíferos aluviais para agricultura irrigada e para o consumo humano configura um viés importante e de baixo custo para o desenvolvimento do meio rural no Nordeste brasileiro. Onde, devido às suas características, as águas subterrâneas dos aquíferos aluviais, também quando utilizadas na irrigação, devem ter seu monitoramento realizado visando a identificação de variação tanto espacial quanto

temporal juntamente da realização de um manejo integrado para reduzir o risco de salinização.

Para haver a recarga dessa água na porção mais subterrânea, assim como superficiais e sub-superficiais, é necessário que ocorram eventos pluviométricos que com eles afluem a potencialidade da erosão hídrica do solo. Como dito por Albuquerque *et al.* (2002), tanto o impacto das gotas de chuva quanto à enxurrada exercem modificações das condições físicas da superfície do solo, como a alteração na porosidade e na taxa de infiltração de água.

A magnitude da erosão está associada às características como a média de precipitação anual, distribuição pluviométrica, tipo de vegetação e tipo de solo de cada região (SANTOS *et al.*, 2002). Como dito por Martorano *et al.* (2009), a presença ou a ausência de vegetação, assim como as práticas agrícolas juntamente da ação de agentes naturais, também influenciam nas propriedades hidrodinâmicas da água no solo.

O bioma Caatinga típico da região semiárida do sertão nordestino se estende pela totalidade do estado de Ceará, mais da metade dos estados da Bahia, Paraíba, Pernambuco, Piauí e do Rio Grande do Norte, quase metade de Alagoas e Sergipe, com pequenas porções de Minas Gerais e do Maranhão (IBGE, 2004).

Este bioma vem sofrendo, onde segundo o Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 2011), a principal causa da destruição contínua da Caatinga se deve ao desmatamento da vegetação nativa. Também por conta da prática da agricultura e das áreas de pastagem.

Como dito por Castanheira (2013), as técnicas de sensoriamento remoto podem ser utilizadas para fins de levantamentos e monitoramentos, através do uso de imagens de satélite em regiões florestadas e de reflorestamentos. Na qual, o índices de vegetação são muito utilizados e os mesmos se baseiam na absorção e na reflexão da radiação eletromagnética, nas faixas do visível e do infravermelho.

O monitoramento da cobertura vegetal é essencial para avaliar o equilíbrio ambiental e garantir um gerenciamento eficiente dos recursos naturais em uma bacia hidrográfica. Ballén *et al.* (2016) afirmam que a utilização de índices de vegetação nas análises da evolução espaço-temporal das coberturas vegetais oferecem

informações relevantes para determinar processos de sucessão, características de uso e ocupação do solo e degradação.

Estudos recentes, como Rêgo *et al.* (2012), e Figueiredo (2014), vêm utilizando os índices de vegetação como indicadores da qualidade ambiental, com o intuito de monitorar e analisar esses ambientes, de modo a entender o comportamento ao longo do tempo e minimizar os impactos gerados por essa atividade.

Neste sentido, o sensoriamento remoto é capaz de promover indicativos de modificações efetuadas nas paisagens, através das análises de índice de vegetação que pode ser avaliado em períodos secos e chuvosos em grandes áreas com o uso de imagens de satélite, orientando o planejamento de ações de recuperação e preservação.

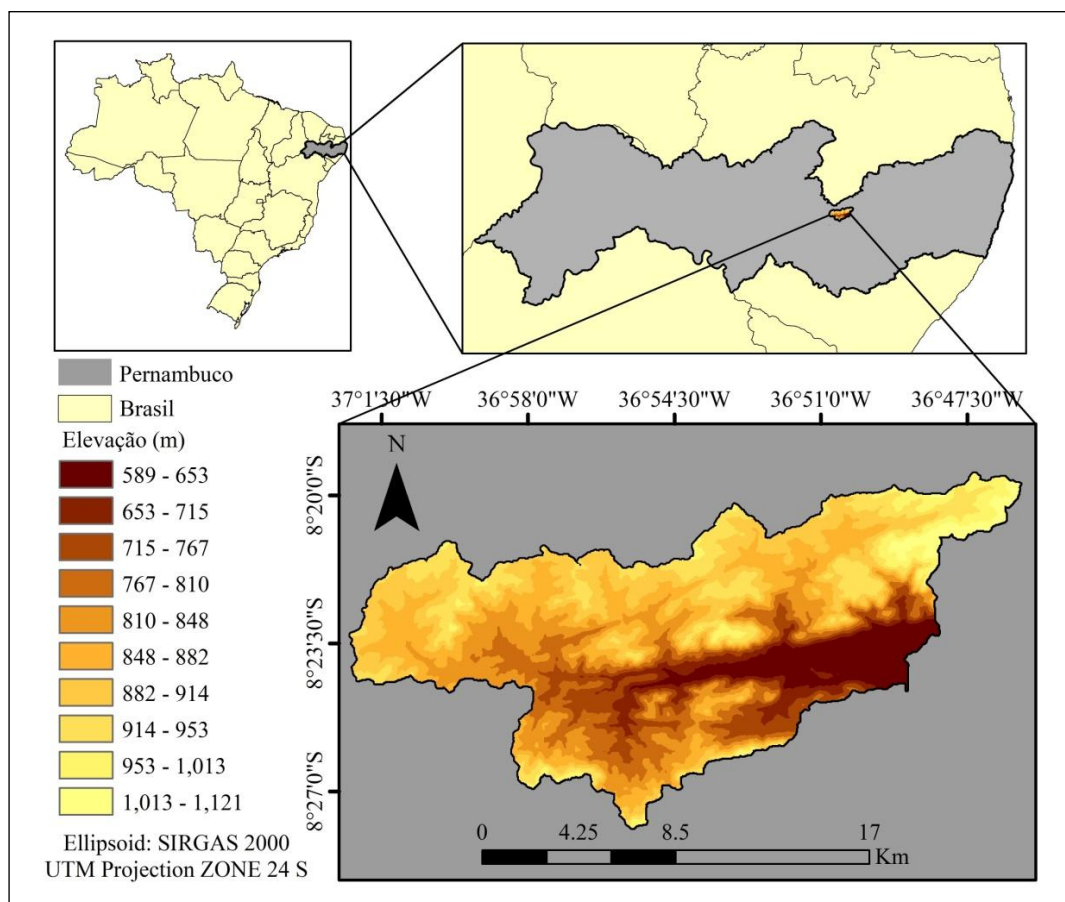
4. METODOLOGIA

4.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na sub-bacia do Alto Ipanema que faz parte da bacia do rio Ipanema, sendo também uma das sub-bacias em estudo pela Rede de Hidrologia do Semiárido (REHISA). Abrange os municípios de Pesqueira e Arcoverde, fronteira entre o Agreste e o Sertão Pernambucano, localizada entre as coordenadas 8° 34' 17" e 8° 18' 11" de latitude sul, e 37° 1' 35" e 36° 47' 20" de longitude oeste. A região de estudo possui uma área de 212,58 km² com altitude de 589 a 1121 m em relação ao nível do mar (Figura 1).

A área se constitui em assentamento estadual de agricultura irrigada, essencialmente com agricultura familiar. A bacia representativa do Alto Ipanema é constituída por duas bacias experimentais (bacia do Jatobá e do Mimoso), pertencente ao sistema do Rio Ipanema, em sua porção Ocidental mais a montante.

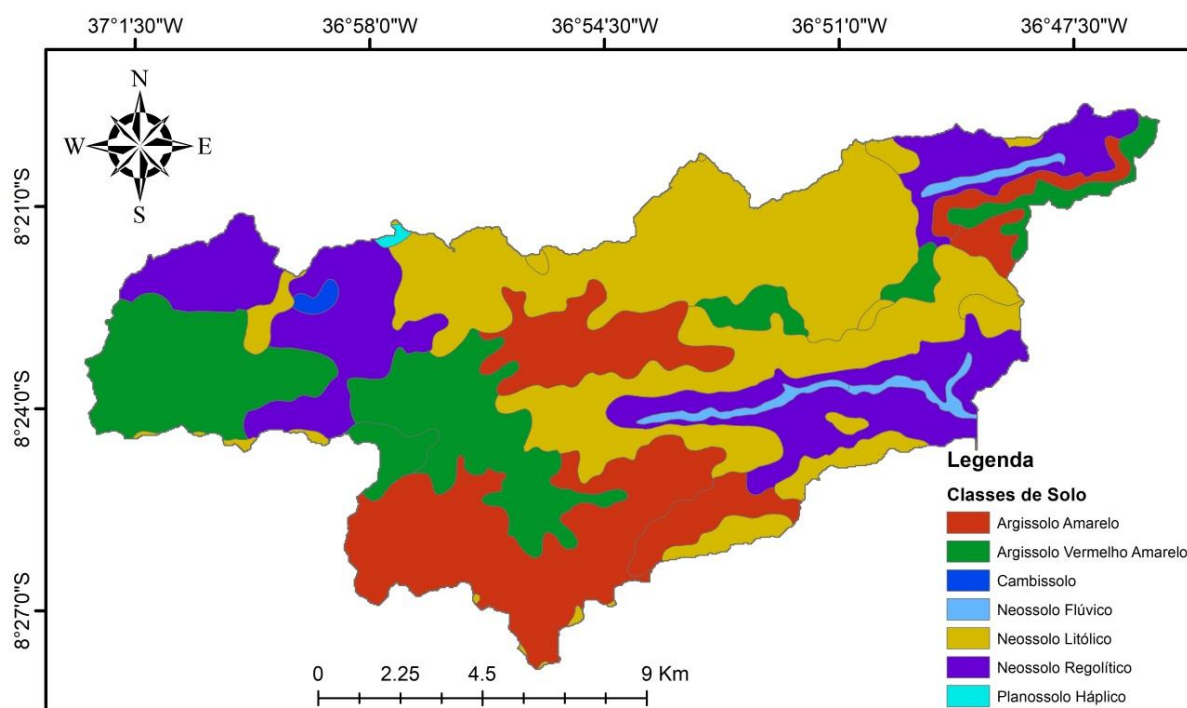
Figura 1 - Localização da sub-bacia hidrográfica do Alto Ipanema, localizada no município de Pesqueira, Pernambuco, Brasil.



Fonte: Autor.

O clima da região é do tipo BSsh (extremamente quente, semiárido) de acordo com a classificação de Köppen, com pluvimetria total anual média de 607 mm (SANTOS et al., 2012). A vegetação predominante é a caatinga hipoxerófila, cactáceas e bromeliáceas, com explícita sazonalidade entre os períodos úmidos e secos (MONTENEGRO; MONTENEGRO, 2004). Os solos da bacia de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SBCS) distinguem-se em Argissolos Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos, Cambissolo, Neossolos Flúvicos, Neossolos Regolíticos, Neossolos Litólicos e Planossolo Háplico (Figura 2).

Figura 2 - Mapa de solos da Bacia Representativa do Alto Ipanema, Brasil.

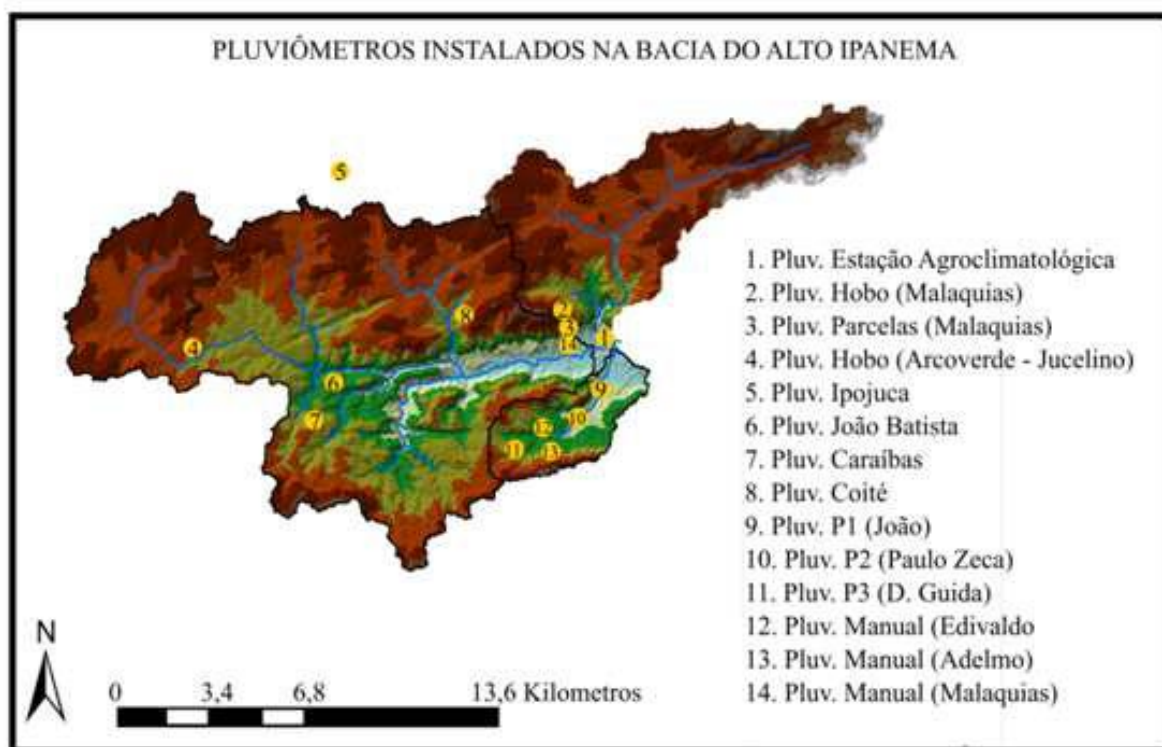


Fonte: EMBRAPA (2000). Adaptado.

4.2. Monitoramento da precipitação

A precipitação na sub-bacia é monitorada por 14 pluviômetros entre automáticos e manuais. Destes, 6 pluviômetros automáticos e 3 pluviômetros manuais estão instalados na sub-bacia do riacho Mimoso, e 3 pluviômetros automáticos e 2 pluviômetros manuais foram instalados na sub-bacia do riacho Jatobá (Figura 3). As medições climáticas de temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, radiação solar são obtidas a partir de estação climatológica instalada próximo ao exutório da bacia do Mimoso.

Figura 3 - Mapa de localização dos pluviômetros na Bacia Representativa do Alto Ipanema, Brasil.

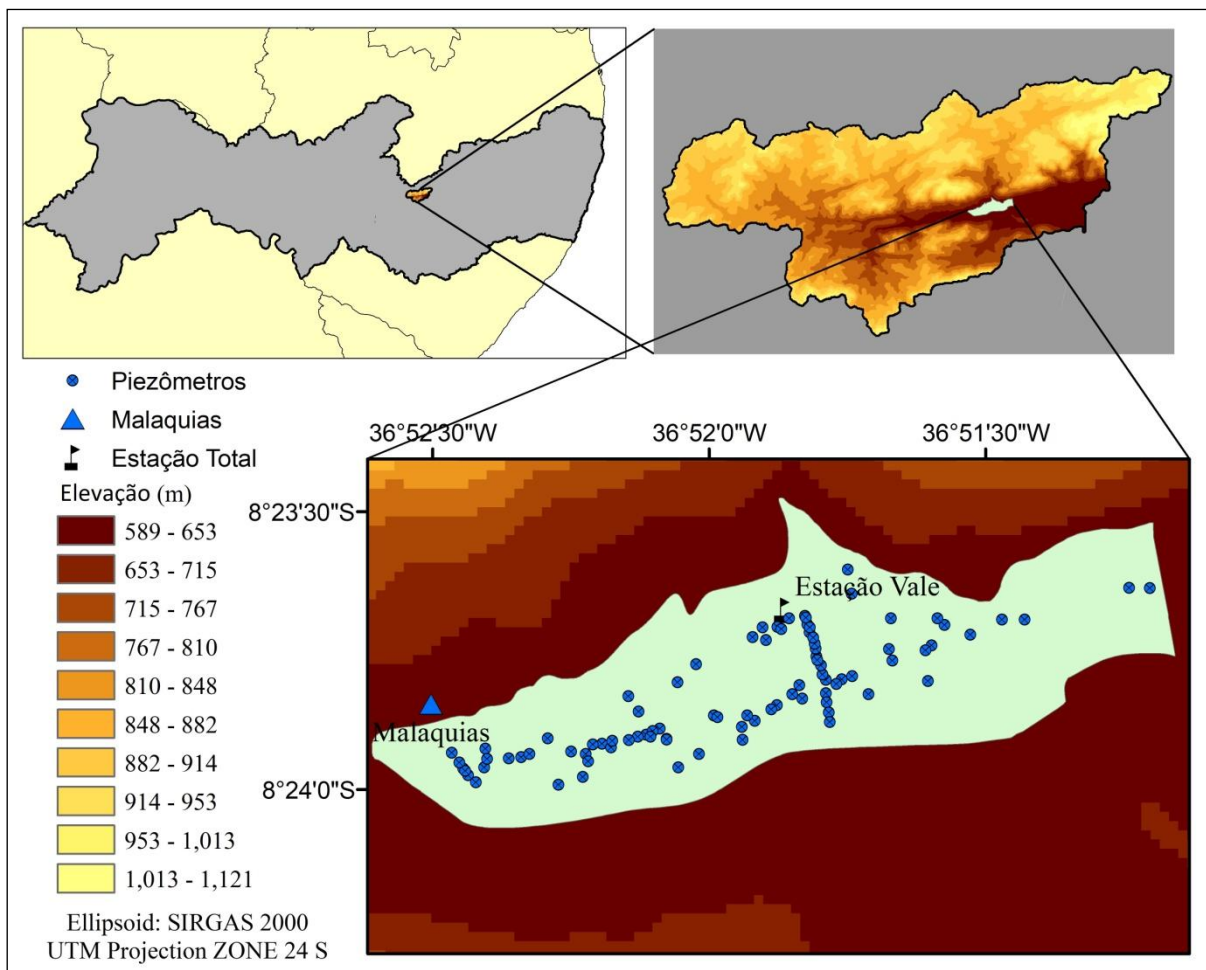


Fonte: Fontes Júnior (2016).

4.3. Monitoramento do nível do lençol freático e da condutividade elétrica

A área de monitoramento é relativamente plana e possui uma malha de 60 piezômetros de observação georreferenciados (Figura 4).

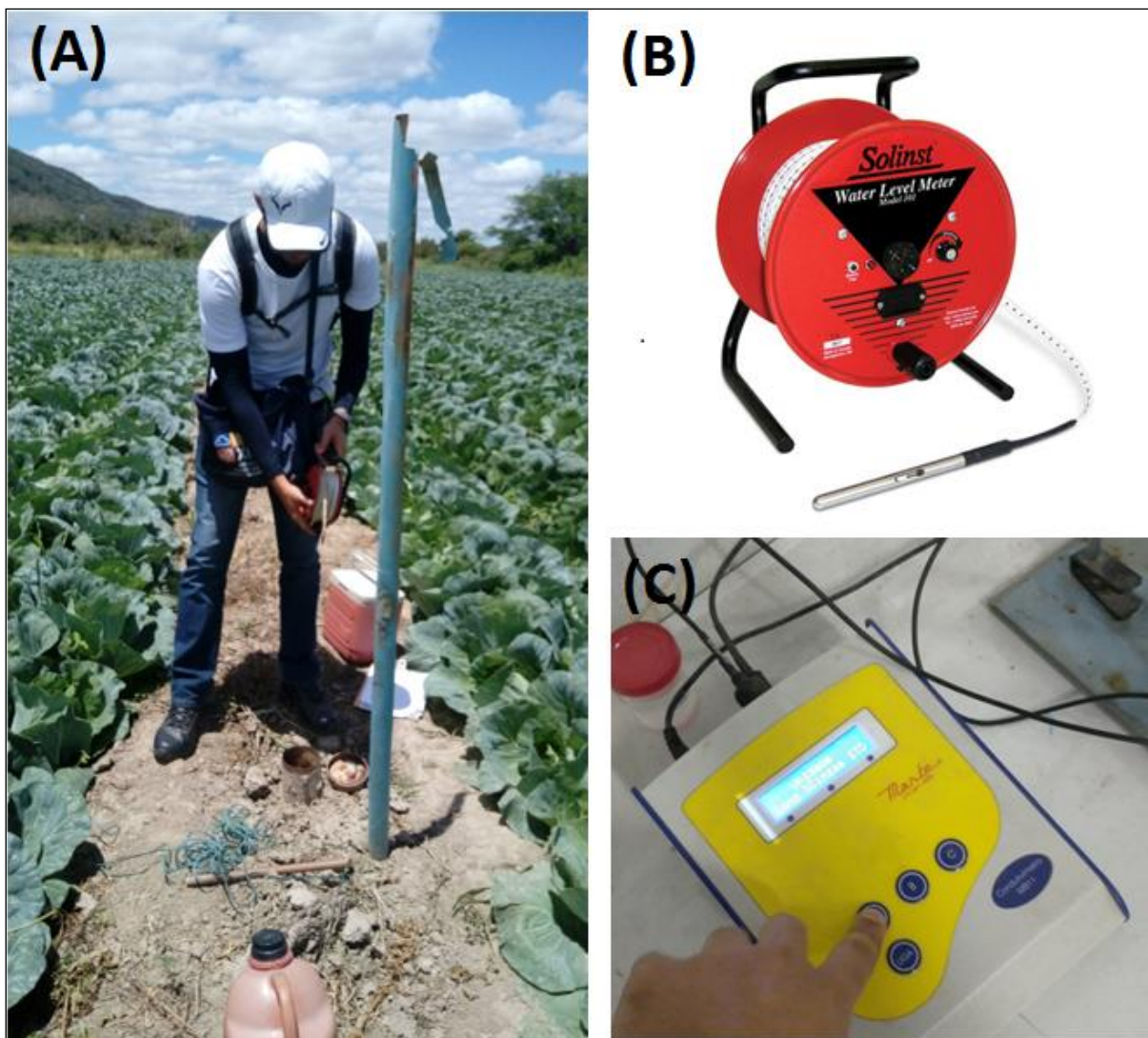
Figura 4 - Mapa de distribuição espacial dos piezômetros ao longo do Vale Aluvial, Pesqueira, Pernambuco, Brasil.



Fonte: Autor.

O monitoramento do aquífero aluvial é realizado mensalmente, com leituras de nível do lençol freático nos pontos de observação por meio de uma trena eletrônica Solinst 101 P2 Water Level Meters e a amostra de água coletada será transportada para a Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE para análise de condutividade elétrica (CE). Após as análises dos dados, os mesmos são submetidos à análise estatística descritiva para comparação com as variáveis meteorológicas entre datas de coleta do nível do lençol e da condutividade elétrica (Figura 5).

Figura 5 - Medição em campo do nível do lençol freático (A); trena eletrônica Solinst 101 P2 Water Level Meters (B); medidor de condutividade MB11 (C).



Fonte: Autor.

4.4. Monitoramento da vegetação

O monitoramento da vegetação se deu por meio da análise do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) onde as imagens foram adquiridas pelo satélite Landsat-8 OLI, disponibilizadas pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey – USGS), com resolução espacial de 30 m. A manipulação se deu por meio dos Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) ArcGIS 10.2.2 e o QGIS 2.12.

A determinação do NDVI é realizada pela razão entre a diferença das refletividades das bandas do infravermelho próximo (banda 4 - 0,64 μm a 0,67 μm) e do vermelho (banda 5 – 0,85 μm a 0,88 μm), e pela soma das mesmas:

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

Onde,

NDVI, é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR, a banda espectral do Infravermelho Próximo;

R, a banda espectral do Vermelho.

Antecedendo ao cálculo dos índices de vegetação (NDVI), as imagens foram submetidas à calibração da radiância e reflectância através do cálculo da radiância das bandas 4 e 5. Cálculo este que consiste na conversão dos números digitais de cada pixel das imagens em grandezas de radiância espectral no topo da atmosfera como demonstrado por Santos et al., 2014, seguindo a equação:

$$L_{\lambda} = M_L \times Q_{cal} + A_L \quad (2)$$

Em que,

L_{λ} , a radiância espectral no topo da atmosfera;

M_L , o fator multiplicativo reescalado da radiância para a banda específica;

Q_{cal} , o número digital do pixel;

A_L , o fator aditivo reescalado da radiância para a banda específica.

Os parâmetros das imagens para cada dia analisado foi obtido nos metadados de cada imagem, advindo juntamente à imagem.

Para correção da reflectância planetária no topo da atmosfera, as imagens foram submetidas a seguinte equação:

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} \times L_{\lambda} + A_{\rho} \quad (3)$$

Na qual,

ρ_{λ}' , a reflectância planetária no topo da atmosfera sem correção do ângulo solar;

M_{ρ} , o fator multiplicativo reescalado da reflectância para a banda específica;

L_λ , a radiância espectral;

A_ρ , o fator aditivo reescalado da reflectância para a banda específica.

Para correção da reflectância planetária no topo da atmosfera com a correção pela inclinação solar, é necessária utilizar a seguinte fórmula (USGS, 2016):

$$\rho_\lambda = \frac{\rho_{\lambda'}}{\sin \theta_{SE}}$$

(4)

Em que,

$\rho_{\lambda'}$, a reflectância planetária no topo da atmosfera sem correção do ângulo solar;

ρ_λ , a reflectância planetária no topo da atmosfera corrigida de acordo com a inclinação solar;

θ_{SE} , o ângulo de inclinação do sol do centro da cena em graus.

Após as correções, foram realizadas as análises do NDVI, em que seu valor pode variar entre -1 e +1 (quanto mais próximo de +1, indica a maior densidade possível de cobertura vegetal) (BALLÉN et al., 2016).

4.5. Confeção do guia prático de geração de NDVI voltado à hidrologia

A produção do guia se deu pela realização de cada passo necessário para realização de um mapa de NDVI, desde a obtenção das imagens até a aplicação de uma falsa-cor para melhor entendimento dos resultados.

5. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

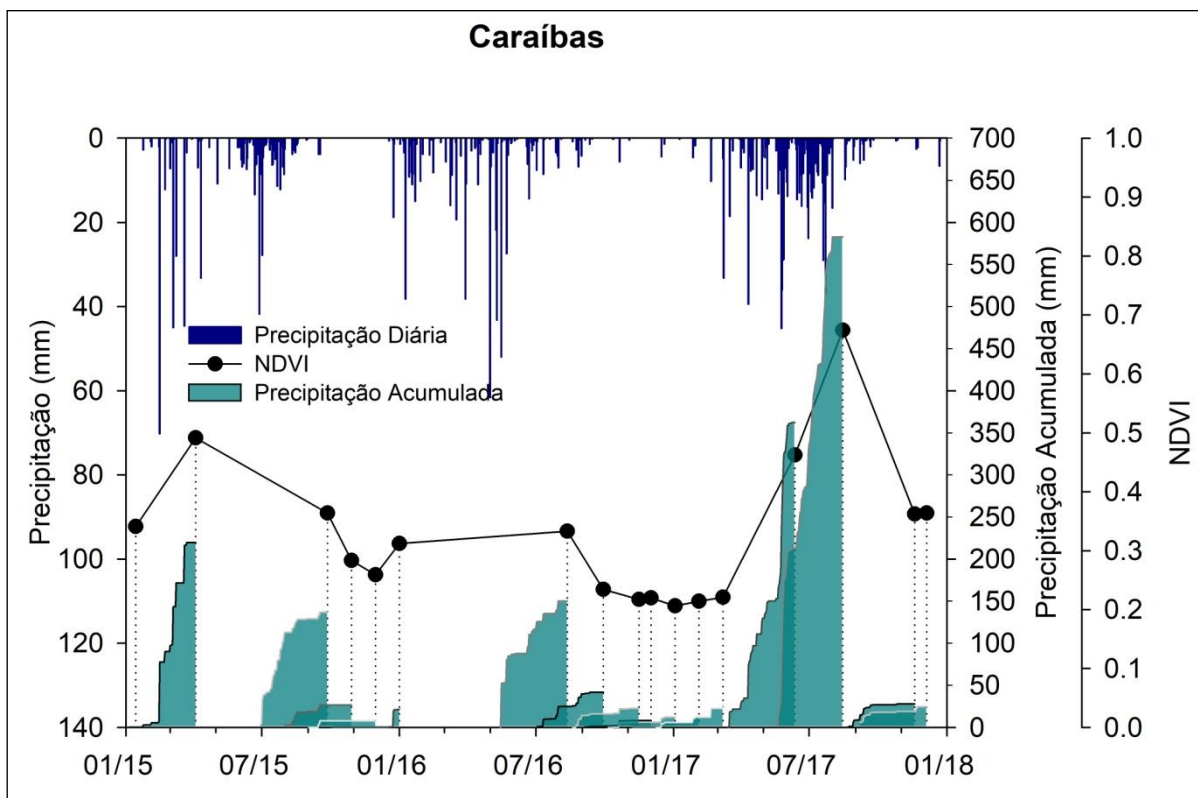
5.1. Descarregamento dos dados

- a) Foi necessário ir ao campo na área do projeto para obtenção dos dados pluviométricos da estação agroclimatológica assim como dos pluviômetros por meio de um notebook de campo que conecta-se ao equipamento e baixa os dados.

5.2. Interpretação dos dados descarregados

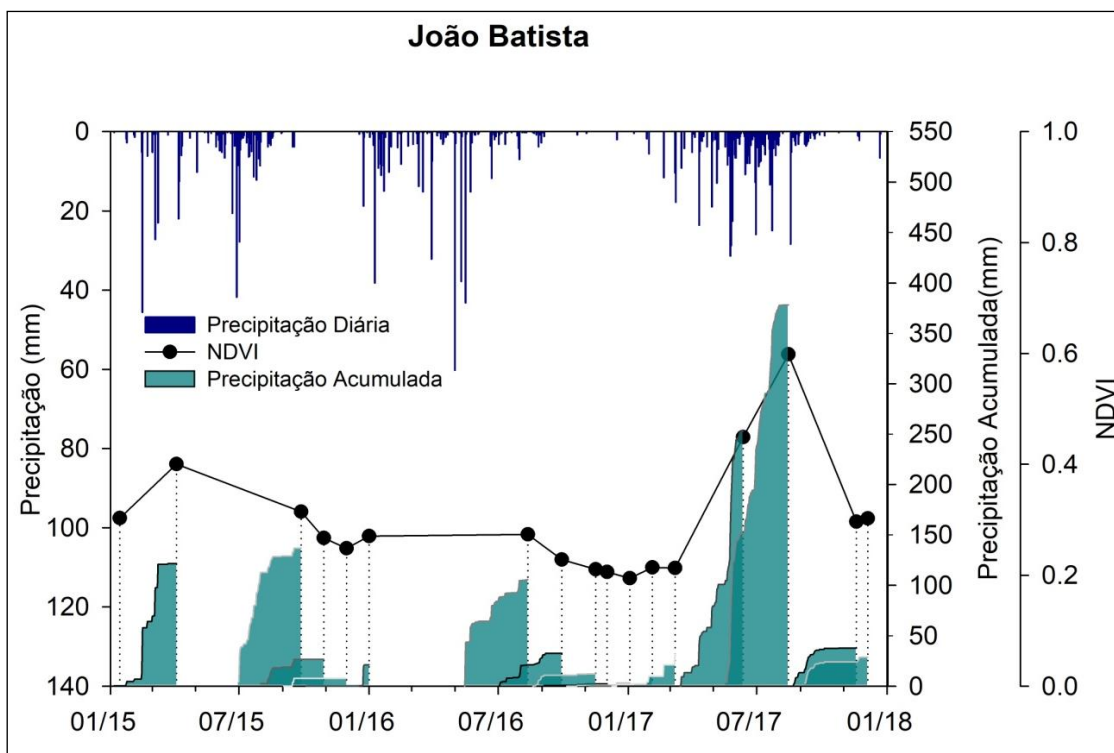
- a) Realização da configuração dos dados, verificação de falhas para assim gerar tabelas e gráficos que possibilitem sua análise.

Figura 6 - Comportamento das precipitações diária e acumulada e do NDVI no pluviômetro Caraíbas, Pesqueira, Pernambuco.



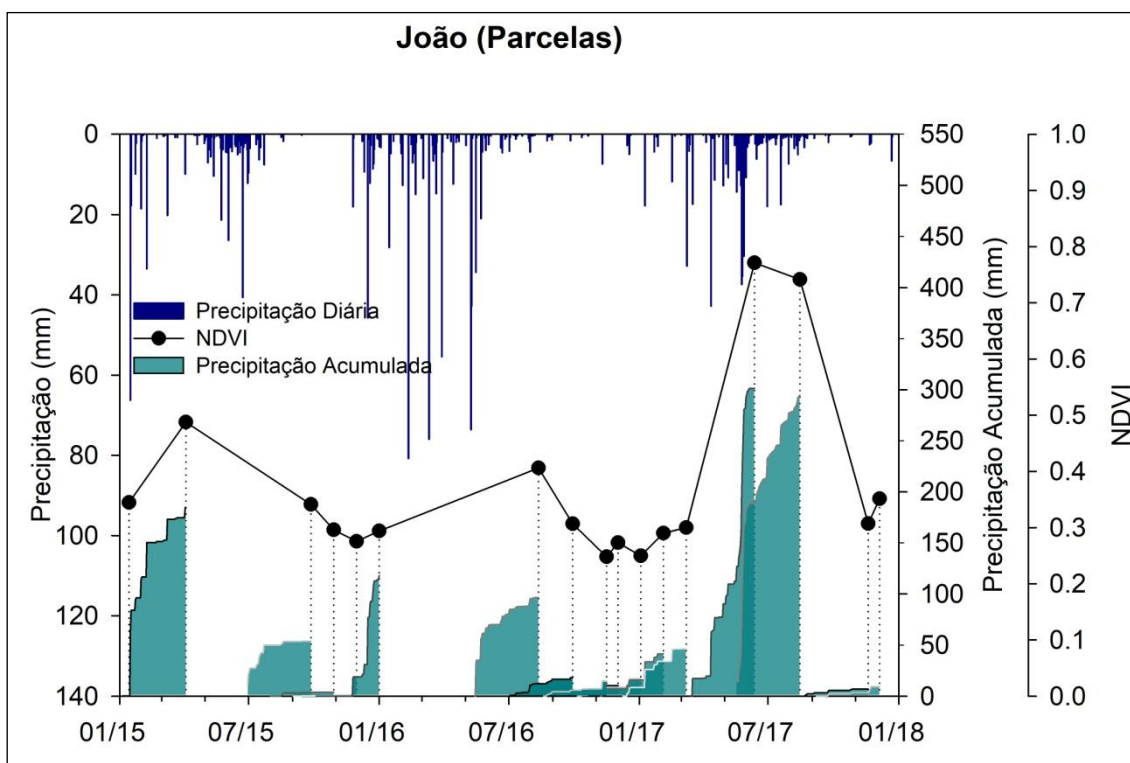
Fonte: Autor.

Figura 7 - Comportamento das precipitações diária e acumulada e do NDVI no pluviômetro João Batista, Pesqueira, Pernambuco.



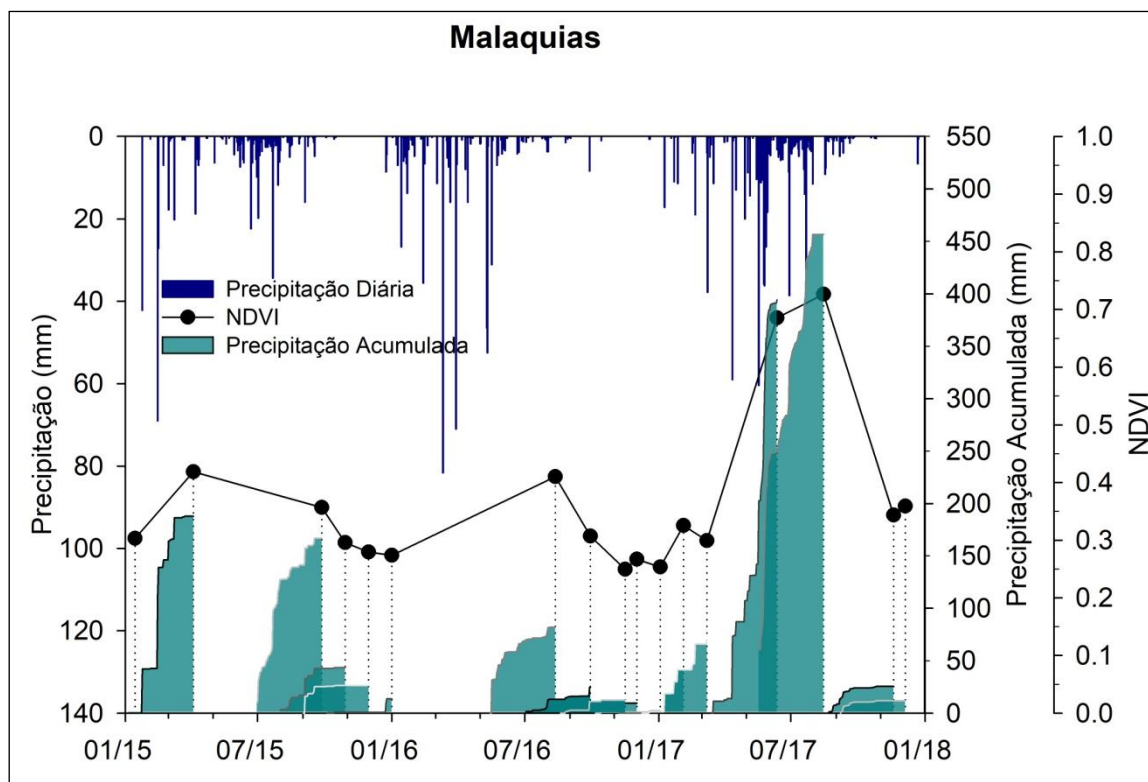
Fonte: Autor.

Figura 8 - Comportamento das precipitações diária e acumulada e do NDVI no pluviômetro João (Parcelas), Pesqueira, Pernambuco.



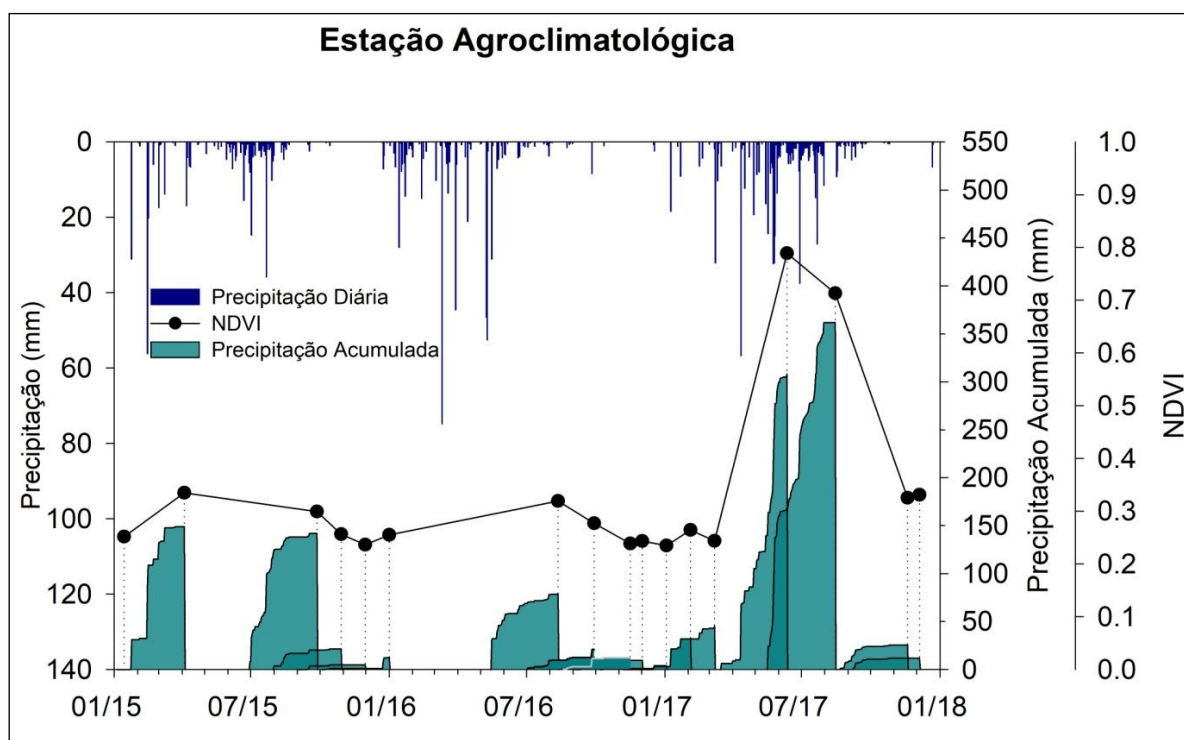
Fonte: Autor.

Figura 9 - Comportamento das precipitações diária e acumulada e do NDVI no pluviômetro Malaquias, Pesqueira, Pernambuco.



Fonte: Autor.

Figura 10 - Comportamento das precipitações diária e acumulada e do NDVI na Estação Agroclimatológica, Pesqueira, Pernambuco.



Fonte: Autor.

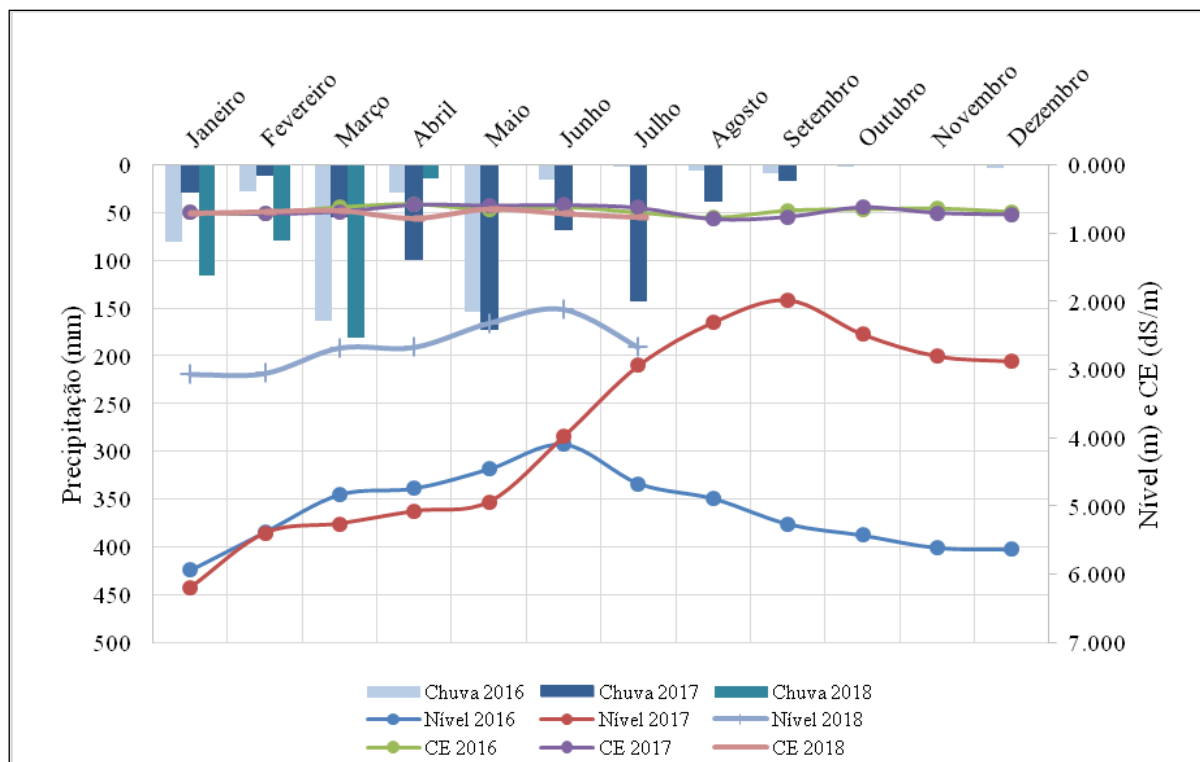
5.3. Medição do nível do lençol freático

- Realizada a partir da ida mensal à área de monitoramento, localizada no Vale Aluvial, que com a utilização da trena eletrônica há essa medição e registro do valor obtido numa tabela de monitoramento;
- Tabela esta que será digitalizada para permitir, com seu acúmulo de dados ao longo dos meses, a análise por um viés espaço-temporal.

5.4. Medição da condutividade elétrica

- Faz-se necessária a visita mensal aos piezômetros juntamente de uma coleta amostral de volume suficiente que será transportada para o Laboratório de Água e Solo (LAS) da UFRPE;
- Aferição da condutividade da água de cada amostra coletada nos diferentes piezômetros por meio do uso do condutivímetro e registro numa tabela de monitoramento;
- Tabela esta que será digitalizada para permitir, com seu acúmulo de dados ao longo dos meses, a análise por um viés espaço-temporal.

Figura 11 - Gráfico que demonstra a relação da precipitação com o nível do lençol freático e com a CE de janeiro de 2016 até julho de 2018 em Pesqueira, Pernambuco.

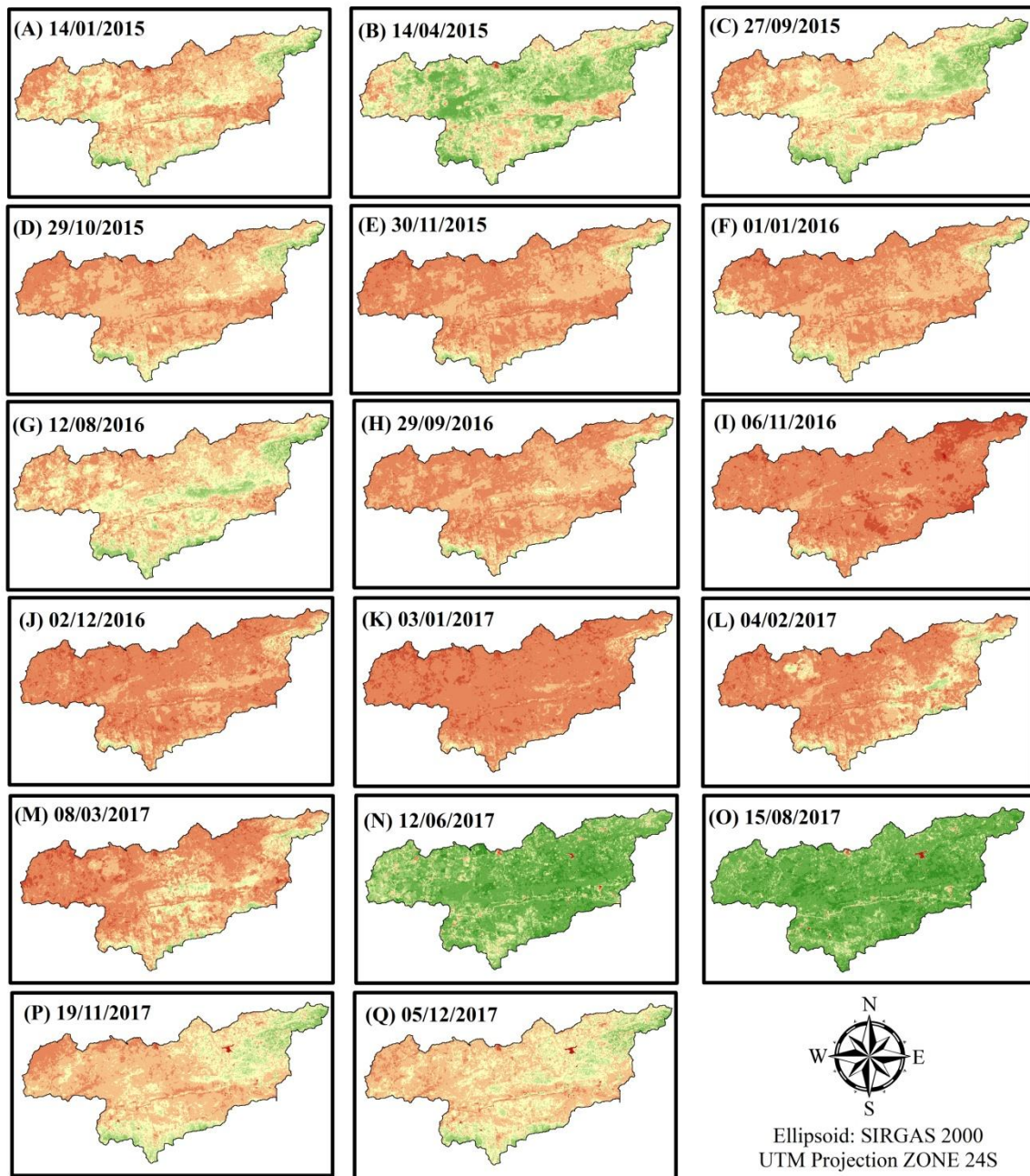


Fonte: Autor.

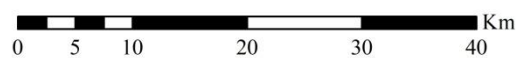
5.5. Geração dos mapas de NDVI

- a) A elaboração destes mapas se inicia pela obtenção das imagens de satélite disponíveis no site da instituição da (USGS);
- b) Submeter as imagens obtidas às correções diante a reflectância e radiância, apenas das bandas utilizadas pelo índice, via equações (2), (3) e (4);
- c) Calcular o NDVI pela equação (1);
- d) Gerar o mapa e aplicar falsa-cor para melhor analisá-lo.

Figura 12 - Comportamento do NDVI de janeiro de 2015 até dezembro de 2017 na bacia do Alto Ipanema, Pesqueira, Pernambuco.



Legenda



Fonte: Autor.

Tabela 1 - Valores dos parâmetros estatísticos, mínimo, máximo, médio e desvio padrão, obtidos na análise estatística das cartas do NDVI.

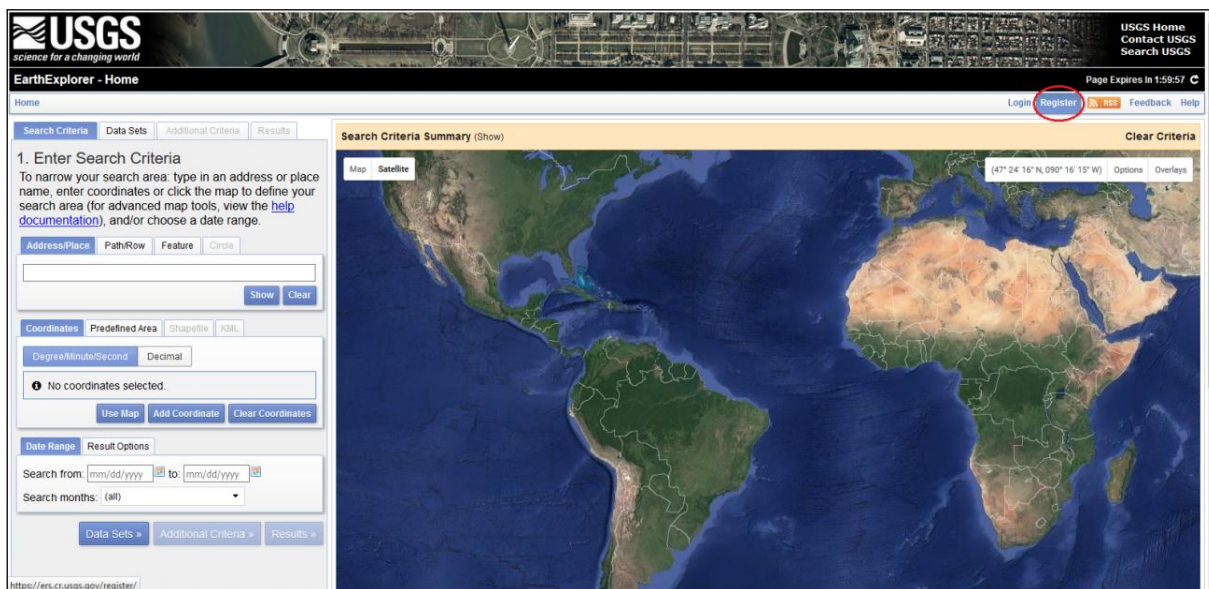
Imagens	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
14/01/15	-0.4642	0.8096	0.3844	0.0963
04/04/15	-0.6363	0.8435	0.5289	0.1314
27/09/15	-0.4899	0.8228	0.4307	0.1106
29/10/2015	-0.3891	0.7426	0.3338	0.0814
30/11/2015	-0.3796	0.7626	0.3022	0.0693
01/01/16	-0.7071	0.7723	0.3116	0.0754
12/08/16	-0.3045	0.7823	0.4086	0.0984
29/09/16	-0.3718	0.7401	0.3096	0.0705
16/11/16	-0.2649	0.6566	0.2473	0.0524
02/12/16	-0.3517	0.6961	0.2719	0.0582
03/01/17	-0.0012	0.5872	0.2494	0.0471
04/02/17	-0.3025	0.7248	0.3016	0.0858
08/03/17	-0.2122	0.7653	0.31	0.0894
12/06/17	-0.7358	0.8766	0.6887	0.1148
15/08/17	-1.0000	0.8831	0.727	0.0986
19/11/17	-0.2210	0.7728	0.3927	0.0919
05/12/17	-0.4459	0.8017	0.4083	0.0917

Fonte: Autor.

5.6. Confeção do guia prático de geração de NDVI

- Deu-se através da caracterização pontual de cada etapa necessária para a realização de um mapa de NDVI, por meio do uso da ferramenta de livre acesso QGIS;
- Iniciando por meio do uso seu browser padrão, indo ao endereço eletrônico da USGS <https://earthexplorer.usgs.gov>;
- Será necessário realizar um cadastro no sítio do USGS, clicando no link **Register**. Onde se torna requisito para conseguir baixar as imagens;

Figura 13 - Ícone de registro do endereço eletrônico do USGS.



Fonte: Autor.

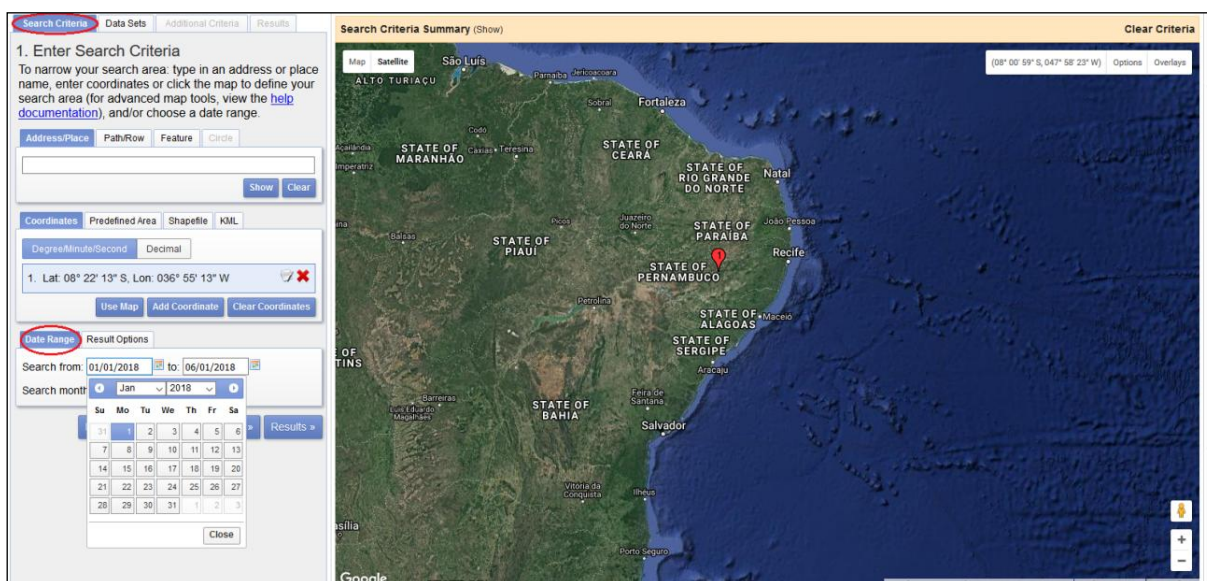
- d) Após ser redirecionado ao endereço para o registro, dispor seus dados seguindo os critérios básicos para assim efetuar o cadastro;

Figura 14 - Endereço eletrônico para realização do cadastro do usuário.

Fonte: Autor.

- e) Voltando à interface inicial, após ter sido realizado o *login* com sua conta, ir à guia **Search Criteria** onde será iniciado o processo de filtração das variáveis de acordo com os dados desejados;

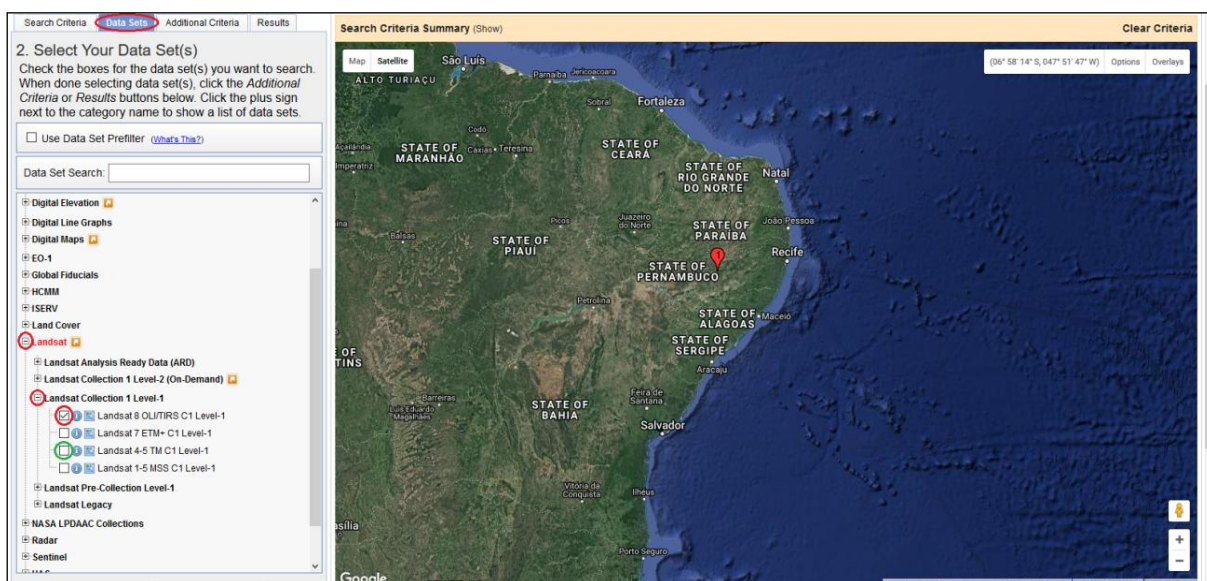
Figura 15 - Guia de inicialização do uso dos filtros de pesquisa.



Fonte: Autor.

- f) Após definir os critérios de seleção, focando no intervalo temporal e na área desejada, ir para a aba **Data Sets**, para escolher o satélite de preferência;
- g) Expandir a marcação **Landsat** e demarcar a opção **Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1** para imagens mais recentes (desde abril de 2013) e caso for utilizar imagens para datas mais antigas, até março de 1984, marcar a opção **Landsat 4-5 TM C1 Level-1**;

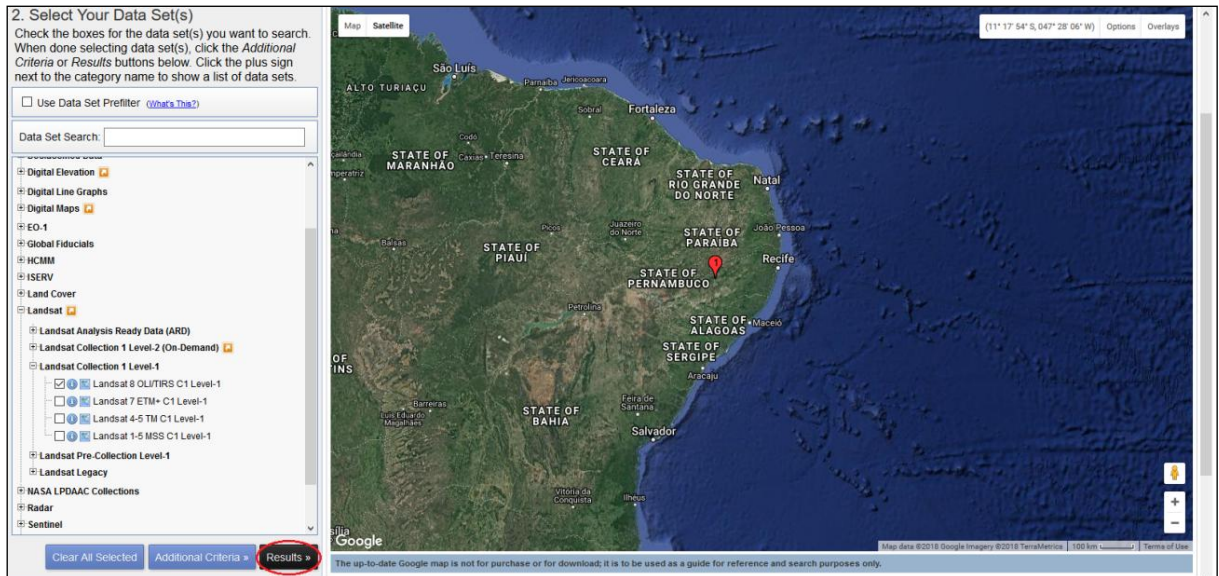
Figura 16 - Aba de seleção pela disposição do conjunto de dados.



Fonte: Autor.

- h) Clicar em **Results** para receber as respostas dos exemplares que se encaixam em seu critério;

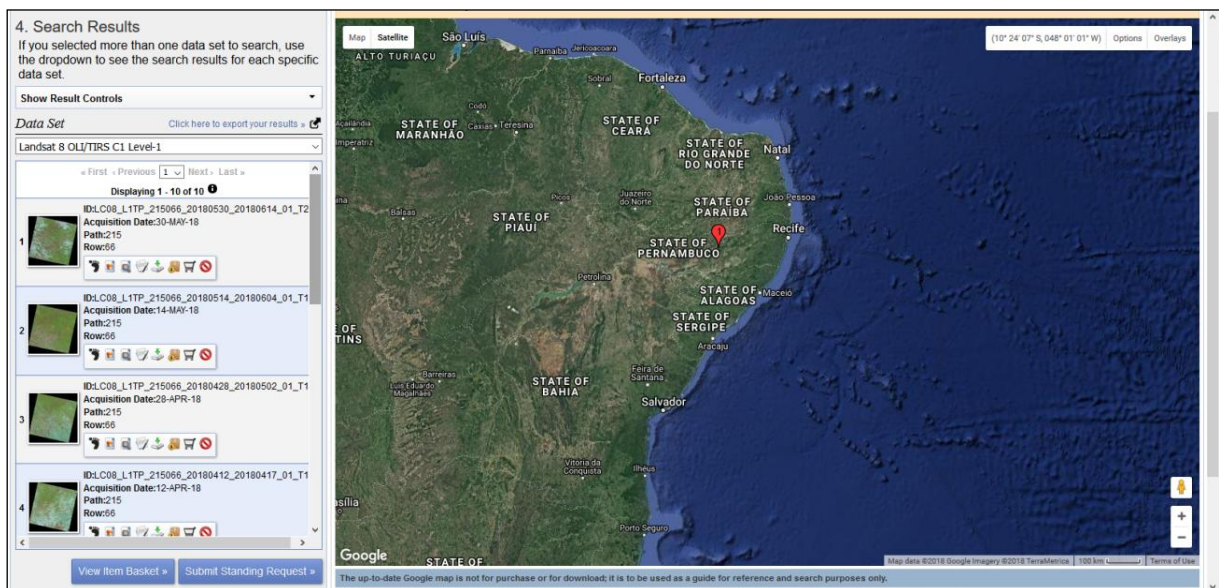
Figura 17 - Ícone para carregar os resultados da pesquisa.



Fonte: Autor.

- i) O satélite em questão, Landsat 8, passa duas vezes no mesmo local em um intervalo de 16 dias, com isso em mente, estarão disponíveis as imagens que satisfizeram os parâmetros;
- j) Há o redirecionamento para a aba **Results** onde estarão dispostos os exemplares que se encaixarem no filtro;

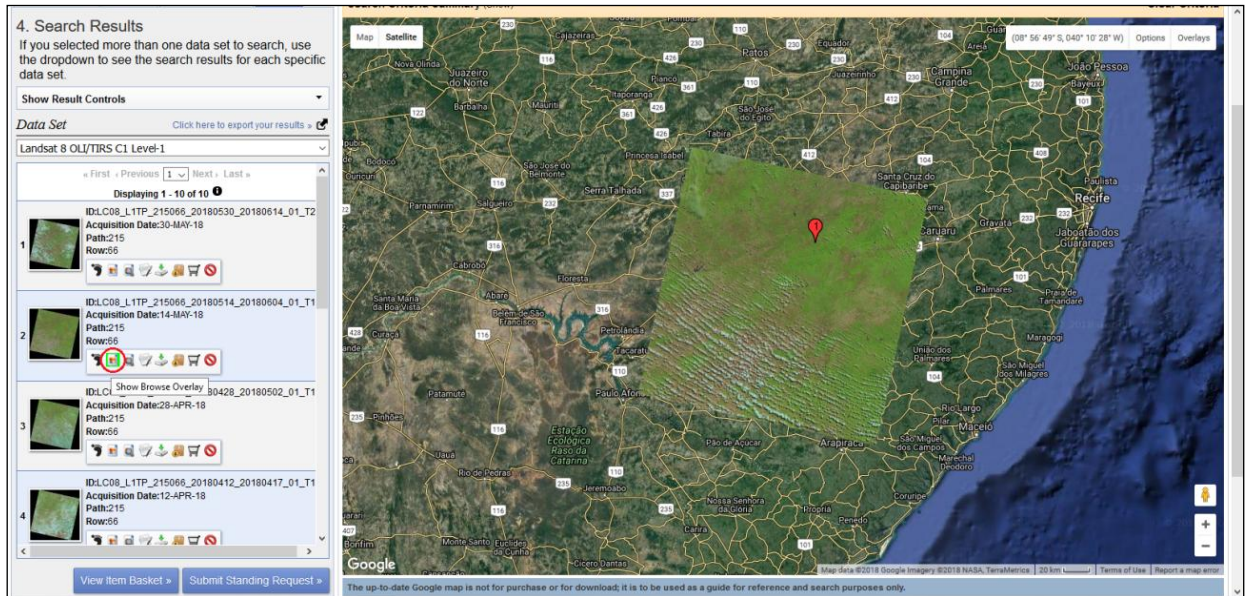
Figura 18 - Visão dos resultados dentro dos critérios selecionados.



Fonte: Autor.

- k) Para melhor conferir a adequabilidade com seus parâmetros, há a possibilidade de ver uma prévia dela “plotada” no mapa, ao clicar no ícone **Show Browse Overlay**;

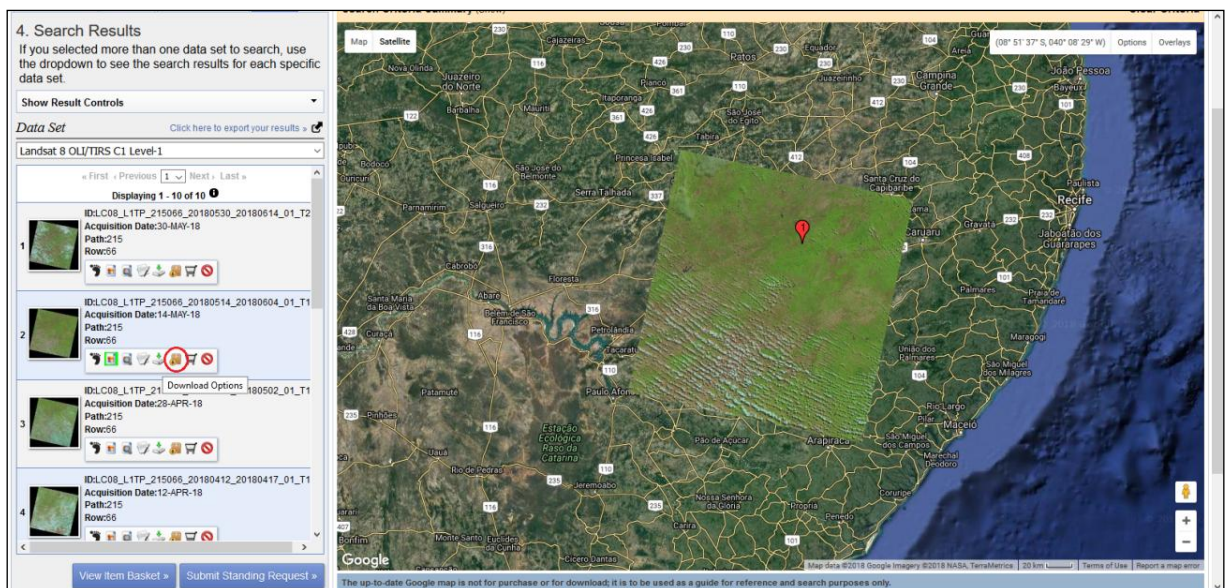
Figura 19 - Visualização da imagem "plotada" no mapa.



Fonte: Autor.

- l) Caso a imagem cumpra suas necessidades, encaminha-se para baixá-la indo no ícone **Download Options**;

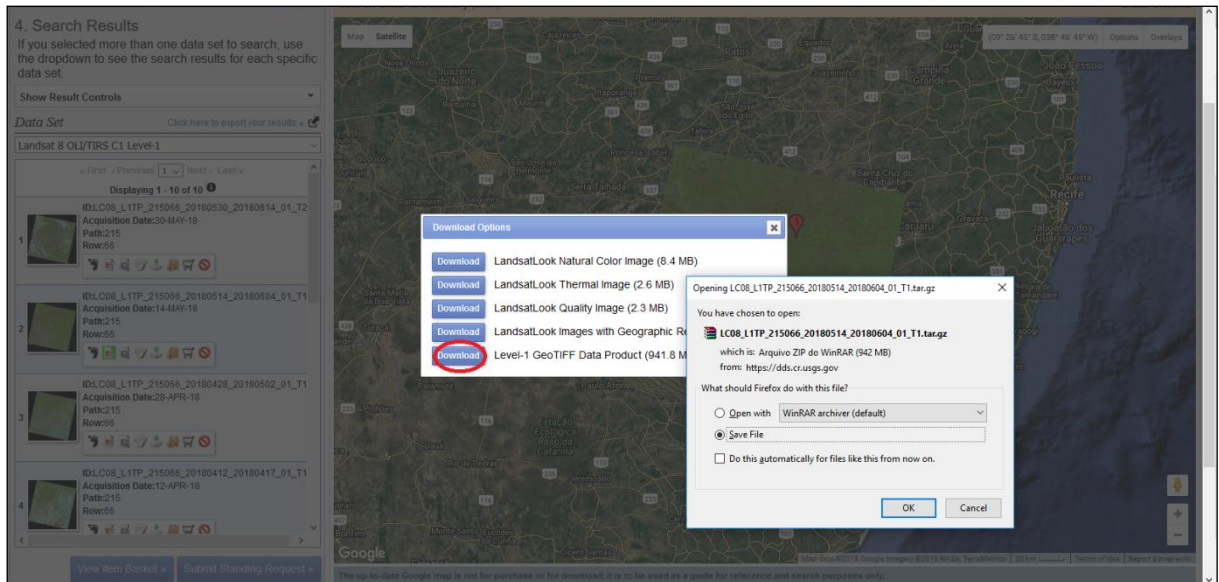
Figura 20 - Ícone para proceder para o *download* da imagem.



Fonte: Autor.

- m) Escolher a opção mais completa para baixar, a que contém o GeoTIFF e realizar o *download*;

Figura 21 - Ícone de *download* da imagem.



Fonte: Autor.

- n) Para a correção da radiância espectral e reflectância do topo da atmosfera pode se guiar pelo guia do usuário do Landsat 8 (<https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product>).

Figura 22 - Disposição das equações para correção da radiância e reflectância.

product. Band 11 is significantly more contaminated by stray light than band 10. It is recommended that users refrain from using Band 11 data in quantitative analysis including use of Band 11 in split-wind surface temperature. [Home](#) [About Landsat](#) [Products](#) [Science & Tech](#) [Tools & Tutorials](#) [Outreach](#) [FAQs](#) [Gallery](#)

Landsat 8 Data User Handbook

Conversion to TOA Radiance

OLI and TIRS band data can be converted to TOA spectral radiance using the radiance rescaling factors provided in the metadata file:

$$L_{\lambda} = M_L Q_{cal} + A_L$$

where:

- L_{λ} = TOA spectral radiance (Watts/(m² * srad * μm))
- M_L = Band-specific multiplicative rescaling factor from the metadata (RADIANCE_MULT_BAND_x, where x is the band number)
- A_L = Band-specific additive rescaling factor from the metadata (RADIANCE_ADD_BAND_x, where x is the band number)
- Q_{cal} = Quantized and calibrated standard product pixel values (DN)

Home About Landsat Products Science Tools Outreach FAQs Gallery

Conversion to TOA Reflectance

OLI band data can also be converted to TOA planetary reflectance using reflectance rescaling coefficients provided in the product metadata file (MTL file). The following equation is used to convert DN values to TOA reflectance for OLI data as follows:

$$\rho_{\lambda}' = M_{\rho} Q_{cal} + A_{\rho}$$

where:

- ρ_{λ}' = TOA planetary reflectance, without correction for solar angle. Note that ρ_{λ}' does not contain a correction for the sun angle.
- M_{ρ} = Band-specific multiplicative rescaling factor from the metadata (REFLECTANCE_MULT_BAND_x, where x is the band number)
- A_{ρ} = Band-specific additive rescaling factor from the metadata (REFLECTANCE_ADD_BAND_x, where x is the band number)
- Q_{cal} = Quantized and calibrated standard product pixel values (DN)

TOA reflectance with a correction for the sun angle is then:

$$\rho_{\lambda} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\cos(\theta_{sZ})} = \frac{\rho_{\lambda}'}{\sin(\theta_{sE})}$$

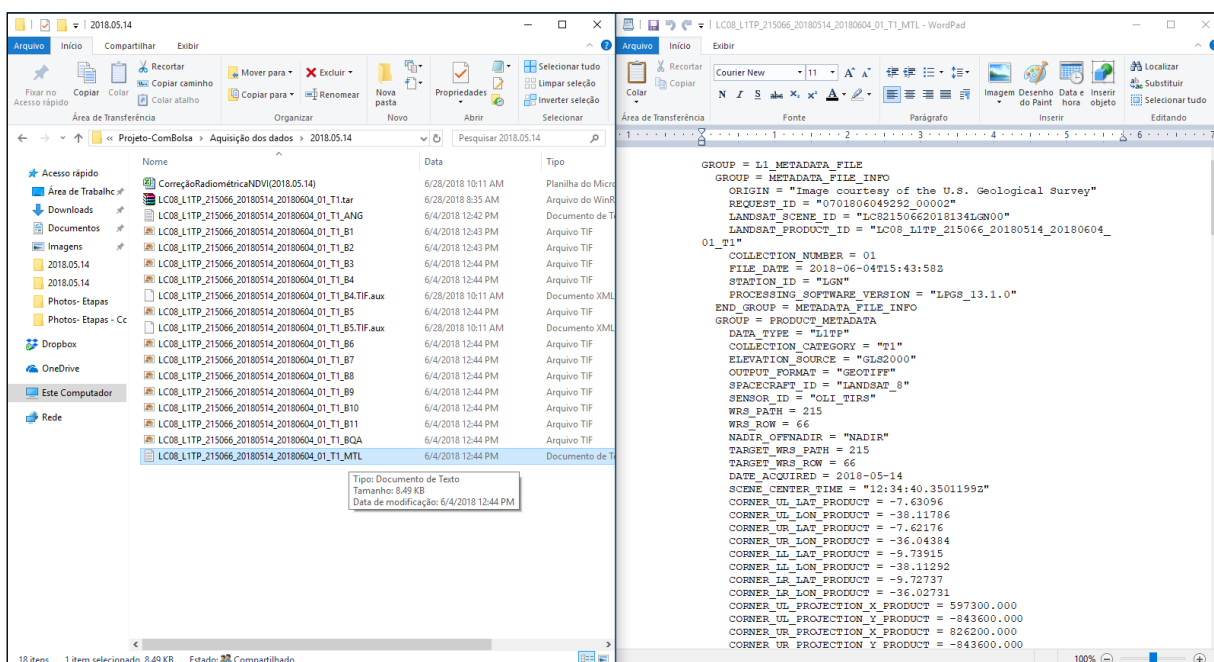
where:

- ρ_{λ} = TOA planetary reflectance
- θ_{sE} = Local sun elevation angle. The scene center sun elevation angle in degrees is provided in the metadata (SUN_ELEVATION).
- θ_{sZ} = Local solar zenith angle; $\theta_{sZ} = 90^{\circ} - \theta_{sE}$

Fonte: Autor.

- o) Depois de baixado e devidamente extraído ir para o arquivo, em bloco de notas, dos metadados;

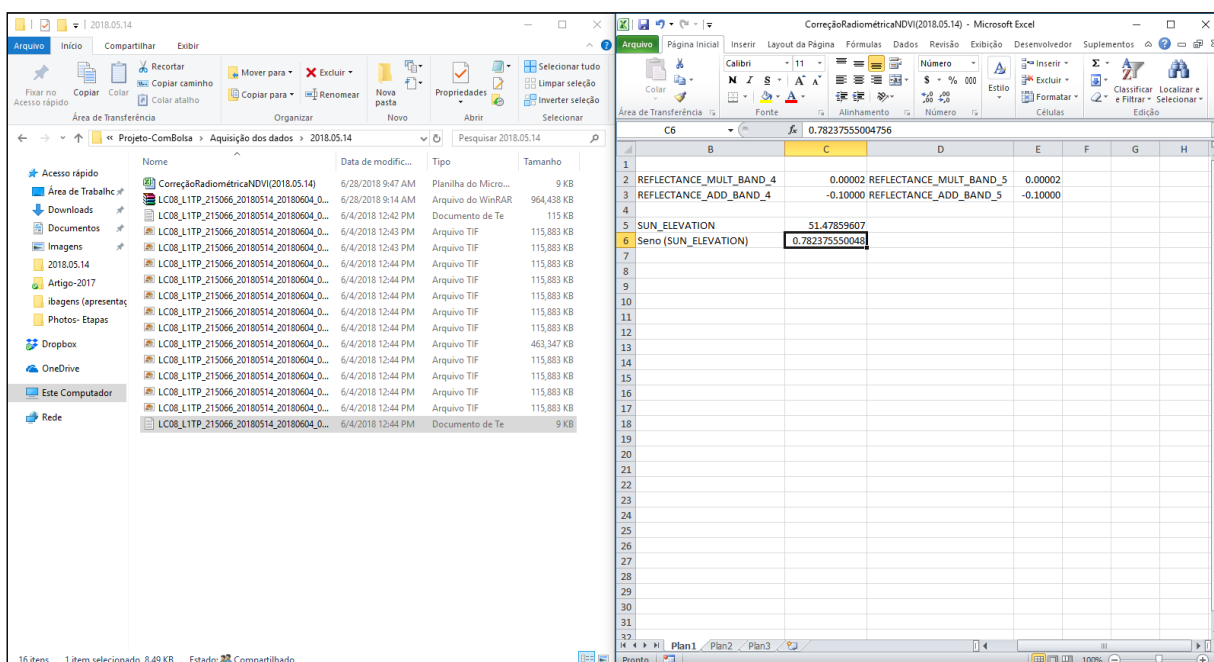
Figura 23 - Extração do arquivo baixado e disposição dos metadados em "txt".



Fonte: Autor.

- p) Será nos metadados a coleta dos dados referentes aos fatores de reescalonamento e o ângulo de elevação solar;

Figura 24 - Cálculo das variáveis utilizadas na correção da radiancia e reflectância.

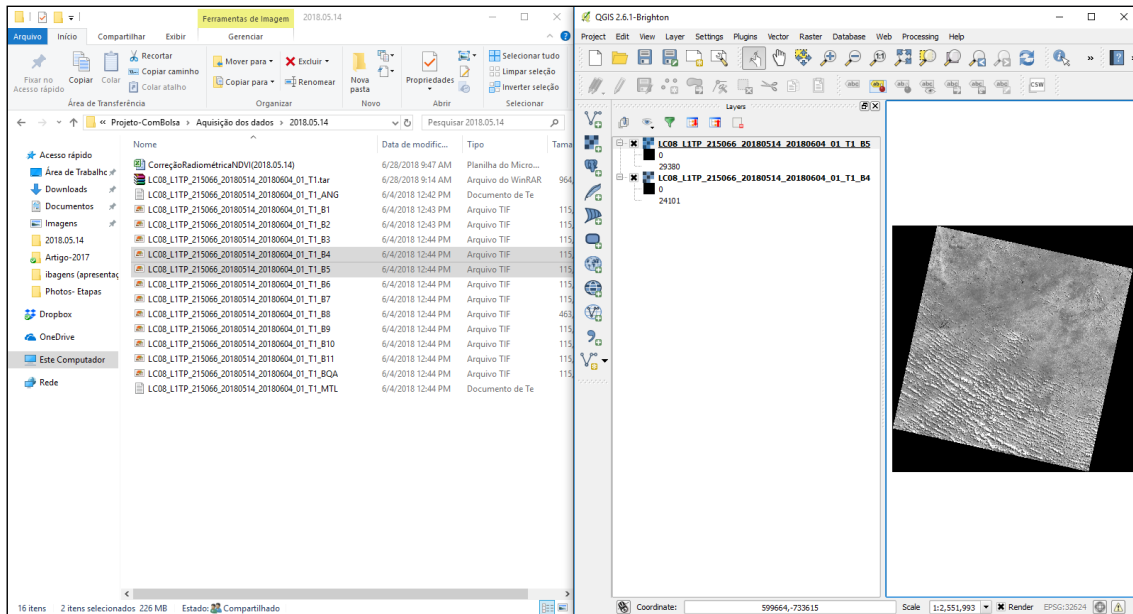


Fonte: Autor.

- q) Já que o NDVI utiliza apenas as bandas do vermelho e do infravermelho próximo, inseri-las no GIS de uso (no caso QGIS). Por

meio do ícone **Add Raster Layer**, ou puxando direto do local arquivado para a interface do QGIS;

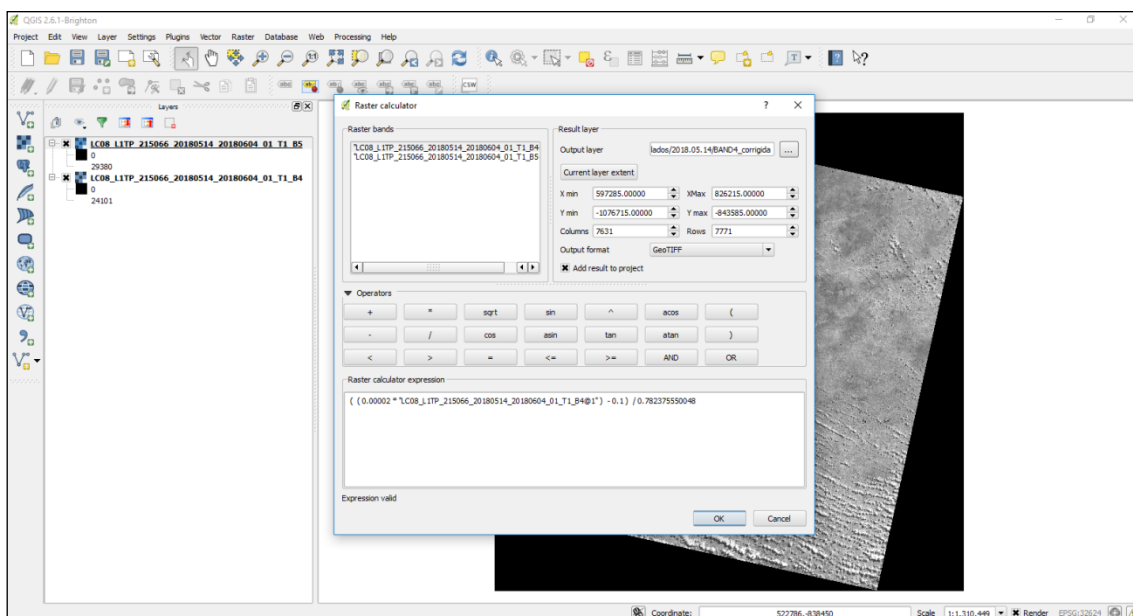
Figura 25 - Adição das bandas de interesse no QGIS.



Fonte: Autor.

- r) Aplicação da fórmula obtida no guia do usuário do Landsat 8 (<https://landsat.usgs.gov/sites/default/files/documents/Landsat8DataUsersHandbook.pdf>), através do **Raster Calculator** para essas conversões;

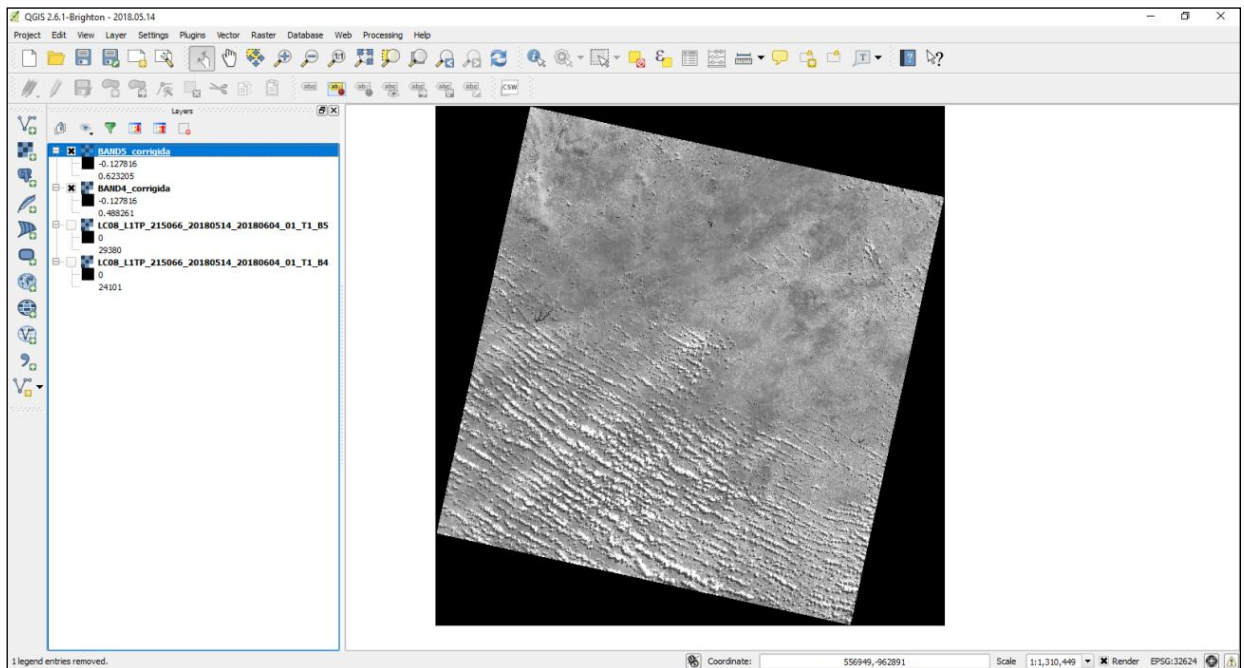
Figura 26 - Aplicação do cálculo de correção pela ferramenta Raster Calculator.



Fonte: Autor.

s) Gerando as bandas 4 e 5 corrigidas;

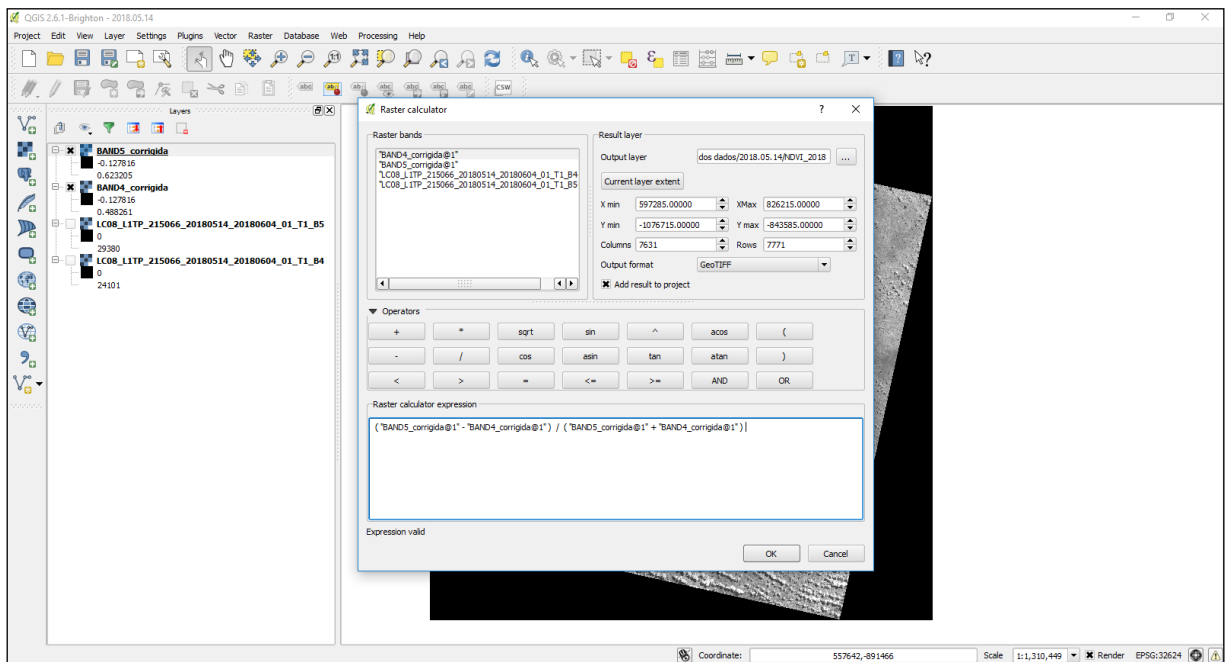
Figura 27 - Resultado das bandas já corrigidas.



Fonte: Autor.

t) Aplicar a fórmula do NDVI;

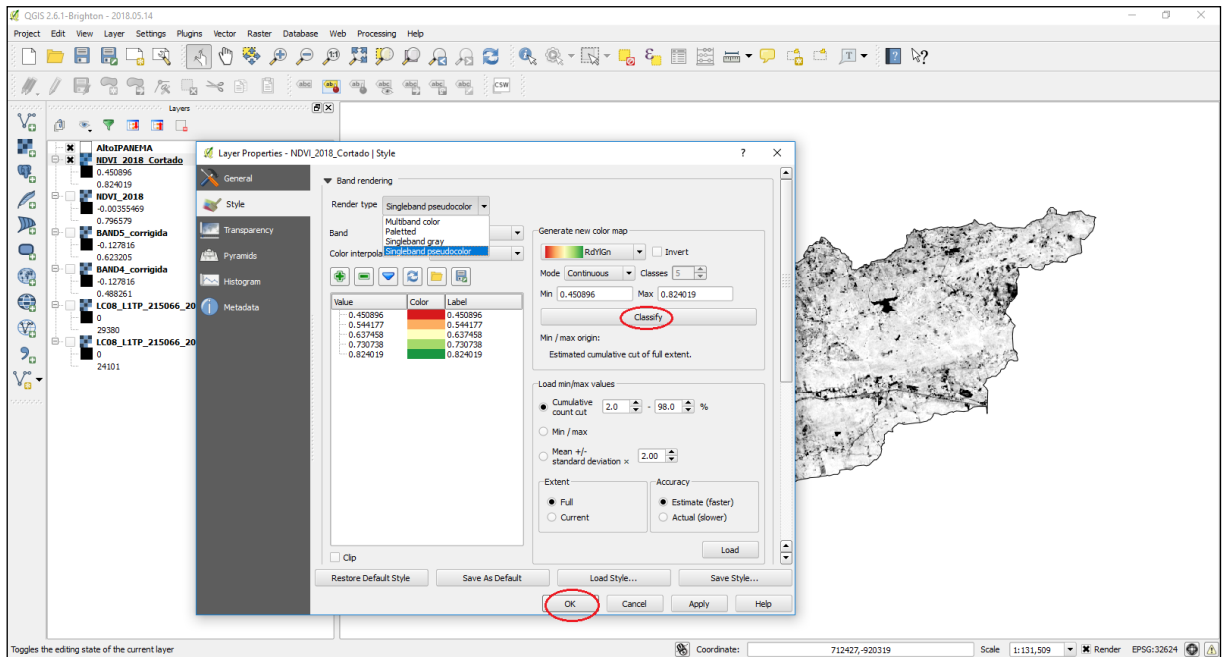
Figura 28 - Aplicação do cálculo de NDVI pela ferramenta Raster Calculator.



Fonte: Autor.

- u) Manipular o NDVI para facilitação do entendimento com a aplicação de falsa-cor. Com o botão direito do mouse, ir a **Properties**, na aba **Style** mudar o tipo de renderização para **Singleband pseudocolor**, clicar em **Classify** e aplicar.

Figura 29 - Aplicação da falsa-cor no mapa de NDVI resultante.



Fonte: Autor.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da vegetação aplicada, por meio do índice de vegetação NDVI, à bacia do Alto Ipanema se fez eficaz em relação à proporcionar um melhor entendimento da variação da fitomassa, tanto por um viés espacial quanto temporal. Onde se pode constatar uma correlação entre a variação do NDVI com a flutuação da pluviosidade. Também levando em conta a resposta inerente da Caatinga à chuva e à variações edafoclimáticas que ocorrem no decorrer das estações.

A oscilação das variáveis hidrológicas no vale aluvial demonstra-se mais intensa para o nível do lençol freático e a precipitação do que a CE no decorrer dos anos de estudo. Com o nível do lençol freático se mantendo numa taxa mais elevada que a média dos outros dois anos antecedentes.

O guia prático para realização de NDVI voltado para a hidrologia foi focado na simplicidade das informações e demonstração passo-a-passo da realização das etapas e suas repercussões.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS, J. R. **Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v.6, n.1, p.136-141, 2002.

ALBUQUERQUE, C. G.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; FONTES JÚNIOR, R. V. P. **Recarga de aquífero aluvial sob uso agrícola.** Águas Subterrâneas, v. 29, p. 56-67, 2015.

BALLÉN, L. A. C.; SOUZA, B. I.; LIMA, E. R. V. **Análise espaço-temporal da cobertura vegetal na área de proteção ambiental do Cariri, Paraíba, Brasil.** Boletim Goiano de Geografia, v. 36, n. 3, 2016.

BEZERRA, J. M.; MOURA, G. B. DE A.; SILVA, B. B. DA; LOPES, P. M. O.; SILVA, E. F. F. **Parâmetros biofísicos obtidos por sensoriamento remoto em região semiárida do estado do Rio Grande do Norte, Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 1, p. 73 – 84, 2014.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento dos biomas Brasileiros por satélite: acordo de Cooperação Técnica MMA/IBAMA.** Monitoramento do Bioma Caatinga 2002 a 2008. MMA: Brasília, 2011. 46 p.

BURTE, J. D. P.; COUDRAIN, A.; MARLET, S. **Uso das águas de pequenos aquíferos aluviais para irrigação nas regiões semiáridas.** Revista Ciência Agronômica, v. 42, n. 3, p. 1-9, 2011.

CASTANHEIRA, L. B. **Variabilidade do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) em áreas reflorestamento: floresta estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA)/Rio Claro (SP).** 2013. 127 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2013.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; NETO, A. R.; MOURA, G. S. S. DE. **Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 1, p. 64–72, jan. 2014.

ESSAID, H. I.; CALDWELL, R. R. **Evaluating the impact of irrigation on surface water – groundwater interaction and stream temperature in an agricultural watershed.** Science of the Total Environment, v. 599, p.581–596, 2017.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento de reconhecimento de baixa e média intensidade dos solos do estado de Pernambuco.** Recife: Embrapa Solos – UEP Recife; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2000. 252 p.

FIGUEIREDO, A. C. **Dinâmica de vegetação e regime de precipitação em bacia hidrográfica da região semiárida de Pernambuco.** 2014. Tese (Doutorado em

Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2014, 97f.

FONTES JÚNIOR, R. V. P. **Experimentação e modelagem hidrológica aplicada à bacia do Alto Ipanema-PE**. 2016. 156 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2016.

FONTES JÚNIOR, R. V.; MONTENEGRO, A.A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SANTOS, T. E. M. **Estabilidade temporal da potenciometria e da salinidade em vale aluvial no semiárido de Pernambuco**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 11, p. 1188-1197, 2012.

GALVINCIO, J. D.; PEREIRA, J. A. D. S.; FRANÇA, L. M. D. A.; LINS, T. M. P. **Análise da variação da vegetação dos períodos secos e chuvosos através de savi e albedo de superfície no município de Belo Jardim-PE**. REDE-Revista Eletrônica do PRODEMA, v. 10, n. 2, 2017.

GONDIM, R. S.; FUCK JÚNIOR, S. C. F.; EVANGELISTA, S. R. M. **Impacto das Mudanças Climáticas na Evapotranspiração em Nível de Bacia Hidrográfica Utilizando um Sistema de Informações Geográficas**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.16, n.2, p.5-12, abr/jun 2011.

IBGE. **Mapa de Biomas do Brasil, primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE. 2004. Disponível em: <<https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm/>>. Acesso em: 20 de Agosto de 2015.

LIMA, J. E. F. W.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; KOIDE, S. **Comparative hydrology: relationships among physical characteristics, hydrological behavior, and results of the SWAT model in different regions of Brazil**. Revista Brasileira de Geografia Física, v.7, n.6, p.1187-1195, 2015.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. In: MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. de (Ed.) Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. Campina Grande – PB, 2011. P. 383–416.

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; FARIA, R. T.; MIELNICZUK, J. & COMIRAN, F. **Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 13, n. 4, p. 397-405, 2009.

MEDEIROS, V. S.; BARROS, M. T. L. **Metodologia para classificação de eventos extremos de precipitação em São Luiz do Paratinga – SP**. In: XX Simpósio de Recursos Hídricos. Bento Gonçalves – RS: ABRH, Anais, 2013.

MONTENEGRO, A. A. A.; RAGAB, R. **Hydrological response of a Brazilian semi-arid catchment to different land use and climate change scenarios: a modelling study**. Hydrological Processes, v.24, p.2705–2723, 2010.

MONTENEGRO, S. M. G.; MACKAY, R.; MONTENEGRO, A. A. A. **Análise estocástica de fluxo e transporte em solos não saturados para avaliação de risco de salinização.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.7 n.2, p.17-34, 2002.

MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A. **Variabilidade espacial de classes de textura, salinidade e condutividade hidráulica de solos em planície aluvial.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, p.30-37, 2006.

RÊGO, S. C. A.; LIMA, P. P. S.; LIMA, M. N. S.; MONTEIRO, T. R. R.; SOUZA, B. I. **Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no Município de São Domingos do Cariri-PB.** Revista GeoNorte (UFAM), v. 1, p. 1217-1229, 2012.

SANTOS, A. R.; EUGENIO, F. C.; SOARES, V. P.; MOREIRA, M. A. SANTOS, G. M. A. D. A. **Sensoriamento Remoto no ArcGIS 10.2.2. passo a passo: processamento de imagens orbitais.** V.1 (recurso eletrônico). Alegre, ES: CAUFES, 2014. 107 p.

SANTOS, C. A.; SOBREIRA, F. G.; COELHO NETO, A. L. **Comportamento hidrológico superficial e erodibilidade dos solos da região de Santo Antônio do Leite, Distrito de Ouro Preto - MG.** Revista Escola de Minas, v.55, p.25-36, 2002.

SANTOS, D. DOS; SILVA, C. B. DA; CABRAL, J. F. **Análise do uso e ocupação das terras em pequenas bacias hidrográficas do semiárido alagoano: riachos da Torta e do Mel no Alto Curso do Rio Traipú.** Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, v. 1, n. 2017, p. 679–686, 24 nov. 2017.

SANTOS, K. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; ALMEIDA, B. G.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ANDRADE, T. S.; FONTES JÚNIOR, R. V. P. **Variabilidade espacial de atributos físicos em solos de vale aluvial no semiárido de Pernambuco.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.16, p.828-835, 2012.

SANTOS, M. J.; ARAÚJO, L. E.; OLIVEIRA, E. M.; SILVA, B. B. **Seca, precipitação e captação de água de chuva no semiárido de Sergipe.** Revista de Engenharia Ambiental, V.6, n.1, p.055-073, jan/abr 2009.

SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A. **Erosividade e padrões hidrológicos de precipitação no Agreste Central pernambucano.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 16, n. 8, p. 871-880, 2012.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. S.; GOMES JUNIOR, W. F. **Demanda hídrica e eficiência do uso de água da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Impresso), v. 15, p. 1257-1265, 2011.

SILVA, J. R. L. DA; **Investigação da dinâmica dos processos hidrológicos e sedimentológicos em região semiárida, Pesqueira-PE. 2015.** Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, BR-PE, 2015, 118p.

USGS - United States Geological Survey. **Landsat 8 (L8) Data Users Handbook**. United States Department of the Interior. 2016. 98 p.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. **Influence of land use and occupation on water resources of the Três Barras stream (Marinópolis, SP, Brazil)**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 14, n. 1, p. 55–64, jan. 2010.