

# MAPEAMENTO E ANÁLISE DE ÁREAS DEGRADADAS NO SEMIÁRIDO ALAGOANO POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO

Luiz Eduardo dos Santos Costa<sup>1</sup>

Leandro Rodrigo Macedo da Silva<sup>2</sup>

Humberto Alves Barbosa<sup>3</sup>

Tatiana Vanessa dos Santos<sup>4</sup>

Edson Matias dos Santos<sup>5</sup>

Anselmo Manoel dos Santos<sup>6</sup>

## 1 Introdução

Nos últimos anos o sensoriamento remoto tem assumido grande importância no monitoramento de diversos fenômenos meteorológicos e ambientais, oferecendo suporte nas previsões de tempo e melhor entendimento das mudanças climáticas, além de auxiliar no planejamento agroecológico (BEZERRA; SILVA; BEZERRA, 2011). Técnicas de sensoriamento remoto têm sido utilizadas em estudos temporais de análise das mudanças do uso e cobertura do solo (GÓMEZ; WHITE; WULDER, 2011), como consequência tem se tornado uma ferramenta poderosa para a obtenção de informações necessárias ao manejo, gerenciamento e gestão de recursos naturais (CUNHA et al., 2012). Atualmente, existem diversos sensores remotos com resoluções espaciais, temporais e espectrais diferentes, que vêm sendo utilizados para compreensão desses processos (AMIRI et al., 2009; CARREIRAS et al., 2006). Nessas aplicações o principal interesse é compreender as mudanças ocorridas na paisagem ao longo do tempo. Diante da necessidade do monitoramento regional e/ou global para uma melhor compreensão do seu papel nas atuais mudanças climáticas, novos sensores têm sido propostos, desenvolvidos e lançados para se obter dados com uma melhor qualidade temporal, espacial, espectral e radiométrica (NASA, 2018).

A remoção parcial ou total da vegetação em áreas da Caatinga resulta na redução do estoque da produção de biomassa vegetal e na diminuição da cobertura dos solos do semiárido, fatores esses que junto com as características predominantes de solos rasos e pobres em nutrientes orgânicos, podem levar ao aumento na degradação do bioma (COSTA et al., 2009). De acordo com Santana (2004), a Caatinga é o único bioma tipicamente brasileiro, abrangendo uma área aproximada de 800 mil km<sup>2</sup>, incluindo todos os estados nordestinos, além do norte do estado de Minas Gerais.

Os estudos na região Nordeste do país e principalmente nesse ecossistema são imprescindíveis, pois esse bioma é um dos mais ameaçados devido ao uso inadequado e insustentável dos recursos naturais. A Caatinga é um dos biomas mais alterados pelas atividades antrópicas nos últimos séculos (ALMEIDA; FRANÇA; CUELLAR, 2009).

1 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: eduboard1@hotmail.com.

2 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). E-mail: macedo.leandror@gmail.com.

3 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: barbosa33@gmail.com.

4 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: tatinessasantos@gmail.com.

5 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: edsonmtss@gmail.com.

6 Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS)/Universidade Federal de Alagoas (UFAL). E-mail: anselmo.icat.ufal@gmail.com.

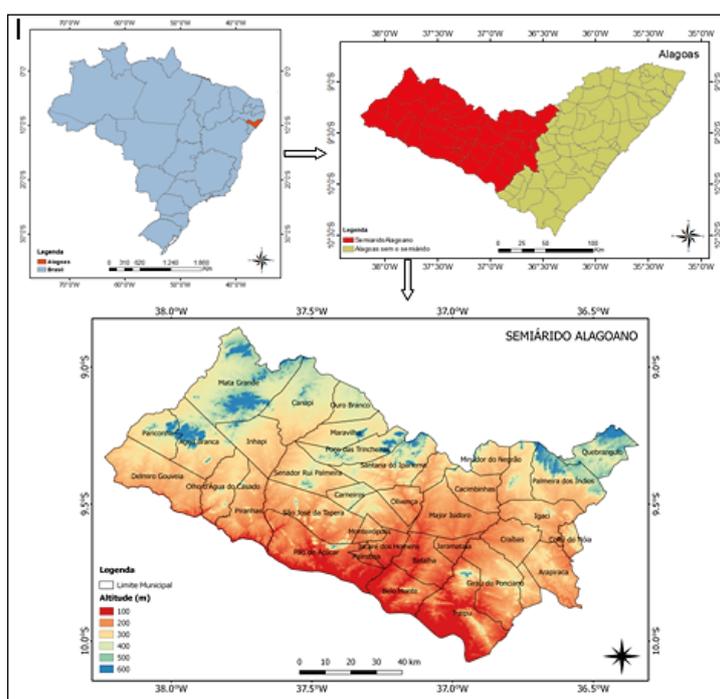
Mesmo com os avanços das geotecnologias, o ainda Brasil é muito carente de informações oficiais atualizadas e existem poucos trabalhos sobre análise ambiental da Caatinga, e não há dados suficientes sobre as áreas degradadas, principalmente na região Nordeste. E além do processo de degradação ambiental no semiárido Alagoano ser contínuo, em virtude dos processos naturais, que se deve ao fato dessa região sofrer um intenso processo de estiagem, também existem uma grande contribuição do homem, fazendo com que já existam grandes áreas em estágio de desertificação.

A importância de contribuir para um levantamento mais atualizado do estágio de degradação ambiental, nas áreas suscetíveis à desertificação no semiárido alagoano é relevante para o estado, de modo que as disponibilizações das informações produzidas sirvam como incentivo para gerar melhorias socioambientais e trabalhos de restauração de áreas degradadas, oferecendo a população uma melhor qualidade de vida. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi mapear e analisar áreas degradadas no semiárido alagoano, durante o período de 2006 a 2016, para delimitar as áreas suscetíveis a desertificação por meio da técnica de sensoriamento remoto.

## 2 Materiais e métodos

### 2.1 Área de estudo

O Semiárido Alagoano está localizado a Oeste do estado de Alagoas, no Nordeste Brasileiro, entre as Latitudes  $-8^{\circ}48'43''$  a  $-10^{\circ}29'58''$  e Longitudes  $-38^{\circ}14'14''$  a  $-36^{\circ}20'08''$  conforme figura, atualmente dividido geopoliticamente em 38 municípios incluídos no polígono das secas e correspondendo a 45,28% do território Alagoano, tendo como sua composição as mesorregiões alagoanas: Sertão, Sertão do São Francisco, e Agreste. Faz limite ao norte e a oeste com Pernambuco, ao sul com Sergipe e Bahia, apresenta uma extensão territorial de 12.579,3 km<sup>2</sup>, uma população de 951.427 de habitantes que representa aproximadamente 4% da população total do semiárido Brasileiro (INSA, 2014; IBGE, 2015; ASA, 2017).



Fonte: Autor.

**Figura 1.** Localização do Semiárido Alagoano no espaço geográfico brasileiro.

O clima que predomina no Semiárido Alagoano, é o Semiárido BSh, com a presença de manchas de clima Subúmido seco Cfh e Árido B segundo a classificação de Köppen, com precipitação pluviométrica variando entre 400 a 900 mm ao ano e temperaturas variando entre 17 °C a 33 °C (SEMARH, 2014; BARROS et al., 2012; SEPLANDE, 2014)

De acordo com Alves (2008) e Cordeiro e Oliveira (2010) a vegetação que predomina no semiárido Alagoano é do tipo Caatinga Hiperxerófila e Caatinga Hipoxerófila, sendo a Caatinga Hiperxerófila, caracterizada por vegetação arbustiva e pouco densa com forte intensidade de cactáceas e bromeliáceas e Caatinga Hipoxerófila caracterizadas pelo extrato arbustivo-arbóreo, com a maior parte das espécies caducifólias e espinhentas com presença de espécies da mata úmida.

As principais bacias hidrográficas do Semiárido Alagoano são as bacias do Ipanema, Capiá, Talhada, Traipu, Riacho Grande, Piauí, além da Bacia do São Francisco de regime de vazão perene (SEMARH, 2014).

## 2.2 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN)

Os dados de IVDN utilizados neste trabalho foram adquiridos no formato GeoTIFF, com projeção geográfica Datum WGS-84, resolução espacial de 250 metros e resolução temporal a cada 16 dias, para o período de 2006 a 2016, totalizando em 260 imagens. A aquisição dos dados teve como fonte o banco de dados MODIS da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), conforme divulgação das imagens pelo Land Processes Distributed Active Center (LP-DAAC), fornecidos aos usuários produtos em recortes estaduais, disponíveis a partir do ano 2000, no site: <https://www.modis.cnpia.embrapa.br/geonetwork/srv/pt/main.home>

A EMBRAPA ao disponibilizar essas imagens facilita o trabalho do usuário, de modo que o mesmo não precisa pegar o dado bruto, processar e gerar o GeoTIFF.

## 2.3 Precipitação pluviométrica

Os dados de Precipitação pluviométrica utilizados foram obtidos do projeto Climate Hazard InfraRed Precipitation Satellite (CHIRPS). Os mesmos são formados por um conjunto de dados pluviométricos mensais, com a cobertura de 50°S -50°N (e todas as longitudes), adquiridas no formato GeoTIFF, com resolução espacial de aproximadamente 5km e temporal de 30 dias, totalizando em 132 imagens. Os dados CHIRPS estão disponíveis em: <<https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>>.

## 2.4 Dados de uso e cobertura do solo

O dado de uso e cobertura do solo é um mapa da cobertura terrestre em escala global consistente, com resolução espacial de 300 m, resolução temporal anual (ano de referência 2015, pois é o dado mais recente), sistema de coordenadas geográficas baseado no World Geodetic System 84 (WGS-84), elipsóide de referência, disponibilizados pelo projeto Climate Change Initiative Land Cover (CCI-LC) no site: <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php>.

## 2.5 Software estatístico “R”

O “R” é um software de ambiente livre para computação estatística e gráfica, ele compila e roda em uma ampla variedade de plataformas. O “R” pode ser adquirido de forma gratuita através do site: <https://www.r-project.org/>

Foi utilizada a versão (3.14) do “R” para fazer o processamento, empilhamentos (das médias mensais e anuais), ou seja, o empilhamento consiste em uma técnica de

sobreposição de imagens georeferenciadas, onde as ferramentas de processamento podem capturar os valores dos pixels de várias imagens na mesma posição x, y da matriz, e com esses valores a ferramenta faz o somatório dos pixels das imagem e realiza uma média aritmética, gerando uma nova imagem. E em seguida foi feito os recortes das imagens dos produtos de IVDN, precipitação e uso e cobertura do solo para área de estudo. A Figura 2 mostra a interface do RStudio.

```

49 date1 <-paste(c(mon1, yr1), collapse = "/"); date2 <-paste(c(mon2, yr2), collapse = /
50 #
51 # BLOCK 5. DETECTION OF DRY MONTHS BASED ON SPI < -1 FOR THE WHOLE PERIOD
52 #
53 T <- stack()
54 a <-length(L)
55
56 for(i in 1:a){
57   filename <-L[i]
58   r <- raster(filename)
59   T <- stack(T , r)}
60 v <-as.data.frame(rasterToPoints(T))
61 b <-dim(v)[1]
62 M <-create.matrix(nrow=b, ncol=4)
63 library(stats)
64 DS <-as.vector(sapply(c("DS"), function(x) sprintf("%s%01d",x,1:dim(T)[3])))
65 for(j in 1:b){
66   u <-as.vector(t(v[j,-c(1:2)]))
67   M[j,1] <-v[j,1]
68   M[j,2] <-v[j,2]
69   v <-ifelse(u < -1, -1, 1) # threshold for detection (if lesser -1, then -1
70   if (length(which(v==-1))==0) {M[j,3] <-paste(0); M[j,4] <-paste(0);next}
71   check <-sum(is.na(v))

```

Fonte: Autor.

**Figura 2.** Interface gráfica do software RStudio.

Os mapas anuais foram gerados através de dados mensais para os anos de referência (2006 a 2016) e as interanuais a partir dos anos de referências. No geral para cada ano de referência, foram utilizadas 12 imagens referentes aos meses do ano e as interanuais 11 imagens dos anos de referências. Esse cálculo pode ser explicado pela Equação 1:

$$\bar{X}_1 = \frac{1}{n} \sum_{ij=1}^n X_{ij} \quad (1)$$

Onde:

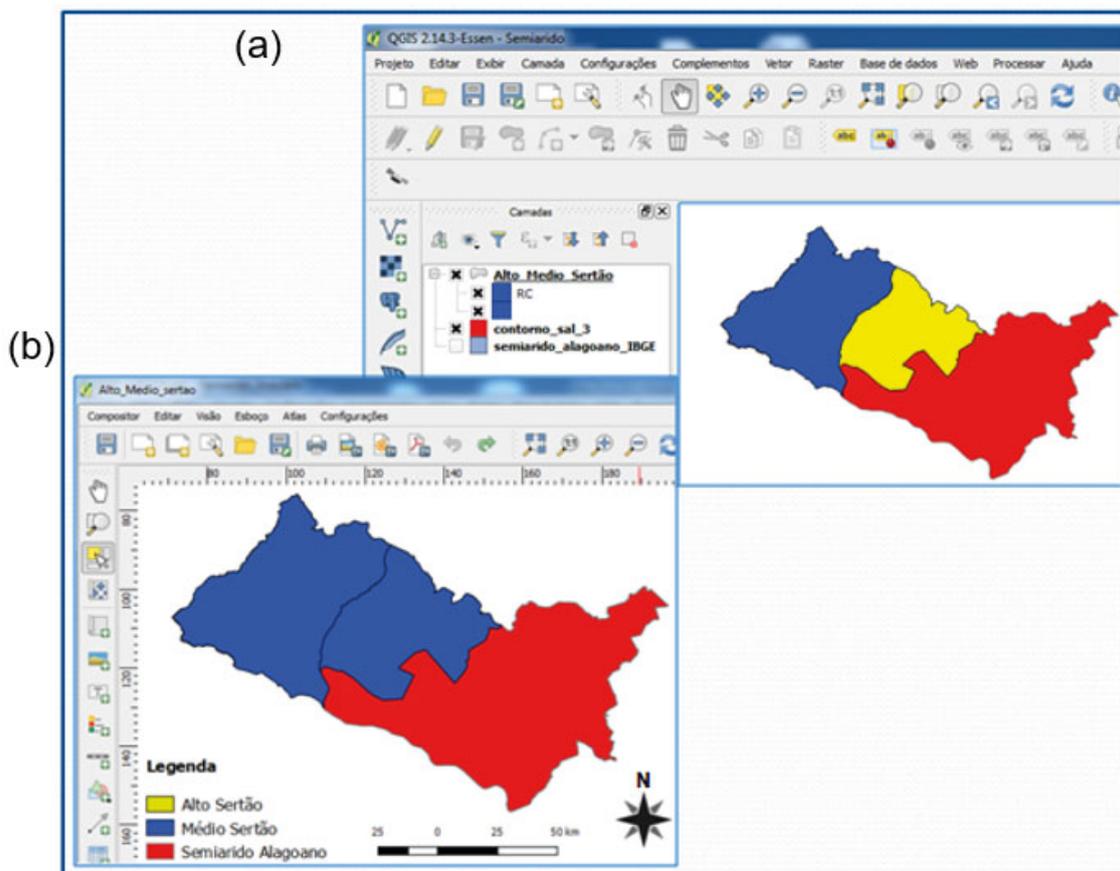
n = número de meses ou anos.

X = mês ou ano de referência.

$\bar{X}$  = Médias mensais anuais ou interanual.

## 2.6 Software Qgis

A elaboração dos mapas temáticos foi feita por meio do compositor do software livre Quantum gis (Qgis). O (QGIS) é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) de código aberto licenciado segundo a Licença Pública Geral GNU e nesta ferramenta foi possível gerar alguns shapes e elaborar toda parte de layout. As Figuras 3 (a) e 3 (b) mostram a tela principal e o compositor do Qgis. Esse software pode ser adquirido de forma gratuita através do site [https://www.qgis.org/pt\\_BR/site/forusers/download.html](https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html).

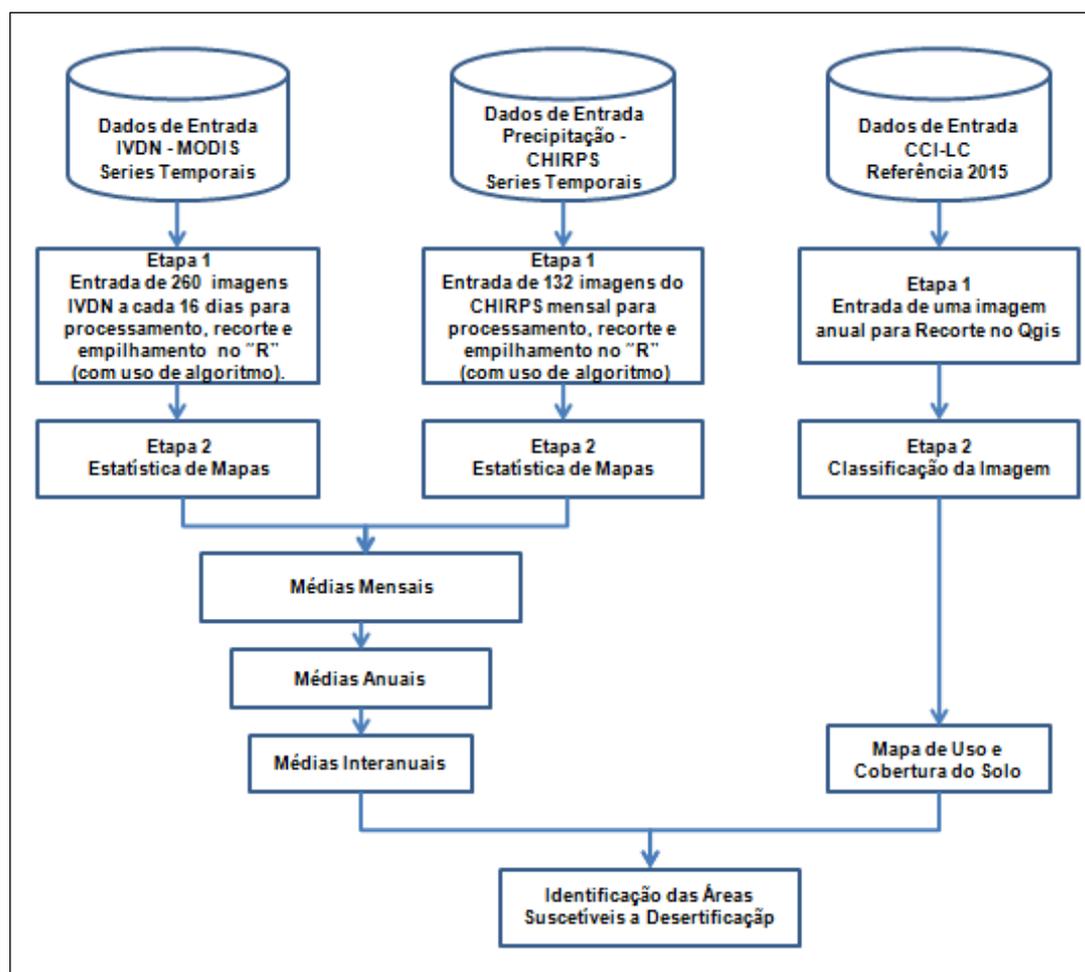


Fonte: Autor.

**Figura 3.** Tela principal (a) e compositor (b) do Qgis.

## 2.7 Procedimentos metodológicos

Essa metodologia propôs realizar o mapeamento e análise de áreas degradadas suscetíveis a desertificação no semiárido alagoano, a partir de classificação de imagens de satélite no período de 11 anos. Para tal classificação, foi organizado um banco de dados dos produtos utilizados, para o período de 2006 a 2016. Na execução do artigo, foram utilizados dados de IVDN, precipitação e uso e cobertura do solo. A Figura 4 mostra um fluxograma que descreve as etapas aplicadas na metodologia.



Fonte: Autor.

**Figura 4.** Fluxograma metodológico.

## 2.8 Análise dados de vegetação (IVDN)

Foram selecionadas 260 imagens GeoTiff de IVDN, sem cobertura de nuvens para o período do mapeamento e análise, obtidas a cada 16 dias, com resolução espacial de 250m, cobrindo em totalidade a área do estado de Alagoas. Nesta etapa foi feito o processamento, empilhamento das médias (mensais e anuais) e recorte para a área de interesse. Na 2ª etapa, foram feitas as estatísticas de mapas e em seguida, na mesma foram geradas as médias mensais, anuais e, por fim, médias interanual.

Após o processamento foi feito uma análise para identificar áreas valores baixos de IVDN, a fim de mapear a existência de degradação da vegetação.

## 2.9 Análise dos dados de precipitação (CHIRPS)

Foram utilizadas 132 imagens GeoTiff, obtidas com resolução temporal mensal e resolução espacial de 5km, para realizar o processamento, empilhamentos e recortes do produto CHIRPS para a área do artigo. Na 2ª etapa, foram feitas as estatísticas de mapas, sendo assim geradas as médias anuais e por fim, obteve-se a média interanual de precipitação pluviométrica, mantendo as mesmas características de resolução temporal dos dados.

Após o processamento foi feito uma análise para identificar áreas com baixos índices pluviométricos, a fim de mapear a existência de regiões com déficits hídricos recorrentes.

## 2.10 Análise do produto de uso e cobertura de solo (CCI-LC)

Está etapa foi feita a partir de uma imagem GeoTiff, do produto de uso e cobertura do solo, disponibilizado pelo projeto CCI-LC, que fornece mapas da cobertura terrestre, com resolução espacial de 300m, pelo fato desse dado ter uma resolução espacial mais próxima dos dados de IVDN MODIS 250m.

Foi utilizada a imagem do ano de referência 2015 (por ser a mais atual), e com base nas classificações do uso e cobertura do solo do próprio produto, verificar as áreas suscetíveis a desertificação, que além do próprio clima (processo natural), também poderiam ter influências antrópicas. Na análise deste produto fez-se uma comparação entre as características encontradas em uma mesma região, com diferentes tipos de dados, confrontando a causa da degradação ambiental, em relação a um processo natural e também por interferências antrópicas.

## 2.11 Identificação das áreas suscetíveis à desertificação

A partir da média interanual de IVDN, foram analisadas as áreas que tiveram valores abaixo de 0,4 para identificar as áreas degradadas suscetíveis à desertificação. E de acordo com Paixão et al., (2009); Lopes et al., (2010); Chaves et al. (2012) apud GONÇALVES; FRANCISCO; VIEIRA, 2013, valores de IVDN abaixo de 0,4 para o período seco, são mais compatíveis para respostas da vegetação de Caatinga hiperxerófila.

Posteriormente, foi feito uma relação desses valores com dados de precipitação pluviométrica das respectivas áreas. Em sequência foi utilizado o dado de uso e cobertura de solo para verificar se áreas suscetíveis a desertificação mapeadas, ocorreram exclusivamente devido ao processo natural ou se além disso houve influência antrópica.

## 3 Resultados

### 3.1 Análise do IVDN

Ao analisar a Figura 5, que traz o mapa interanual de vegetação do período de 2006 a 2016, pôde-se notar que dos 38 municípios do semiárido Alagoano, 11 destacaram-se entre os demais, por apresentar o IVDN muito baixo. Neste sentido, os 11 municípios foram escolhidos para serem analisados com mais detalhes. O Anexo 1 exibe a sequência dos mapas de IVDN usados para gerar o mapa interanual do período 2006 a 2016.

A Tabela 1 expressa o resultado dos valores predominantes dos pixels encontrados dentro dos limites de cada município. Vale salientar, que nos municípios em destaque foram encontrados valores de IVDN (máximo de 0.33, médio de 0.27 e mínimos de 0.10), onde o valor máximo foi encontrado no município de São José da Tapera e o mínimo em Delmiro Gouveia. Abaixo encontram-se os municípios citados anteriormente com os seus respectivos valores de IVDN.

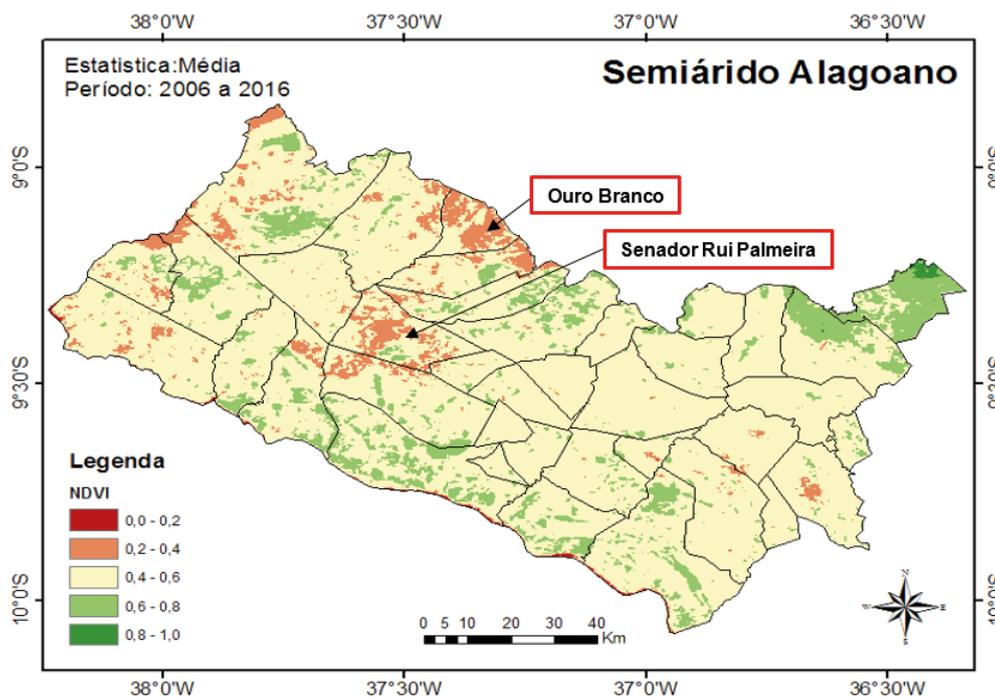
**Tabela 1.** Municípios que tiveram os mais baixos valores de IVDN.

Municípios	Valor IVDN	Municípios	Valor IVDN
Água Branca	0.30	Pariconha	0.29
Canapi	0.31	Piranhas	0.11
Delmiro Gouveia	0.10	Poço das Trincheiras	0.34
Maravilha	0.32	São José da Tapera	0.33
Mata Grande	0.31	Senador R. Palmeira	0.31
Ouro Branco	0.26		

Fonte: Autor.

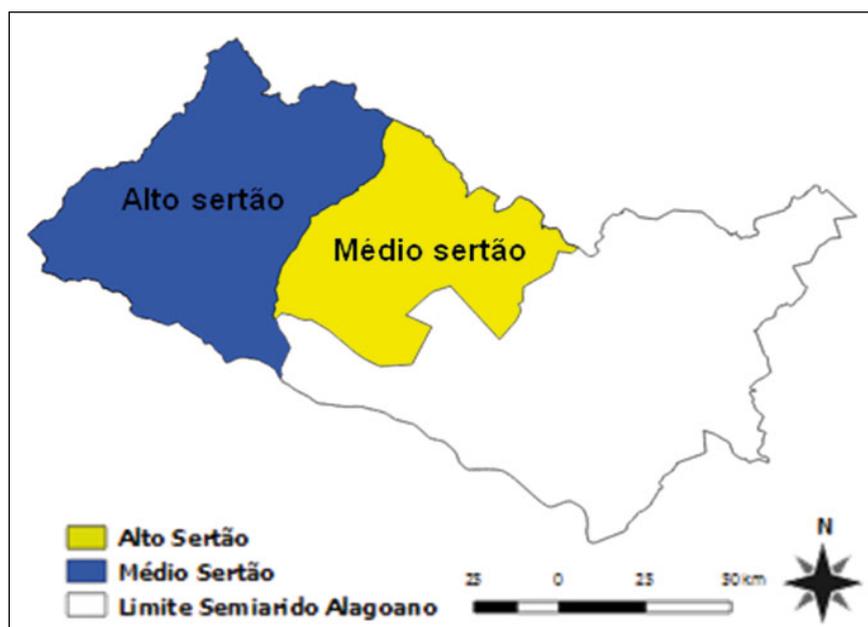
Ao fazer a análise da Figura 5, pôde-se observar a partir da resposta da vegetação, que os valores mais baixos de IVDN estão compreendidos entre 0.0 e 0.4, e encontram-se concentrado nas regiões do alto e médio sertão, áreas essas representadas na Figura 6, dos municípios apresentados na Tabela 1.

Também é notório a existência de alguns municípios, como Mata grande e Água Branca, que possuem em seus limites áreas preservadas. E os municípios Ouro Branco e Senador Rui Palmeiras, que estão com quase totalidade de seu território apresentando valores de IVDN baixo, sendo possível que a maioria dessas áreas estejam em processo de desertificação.



Fonte: Autor.

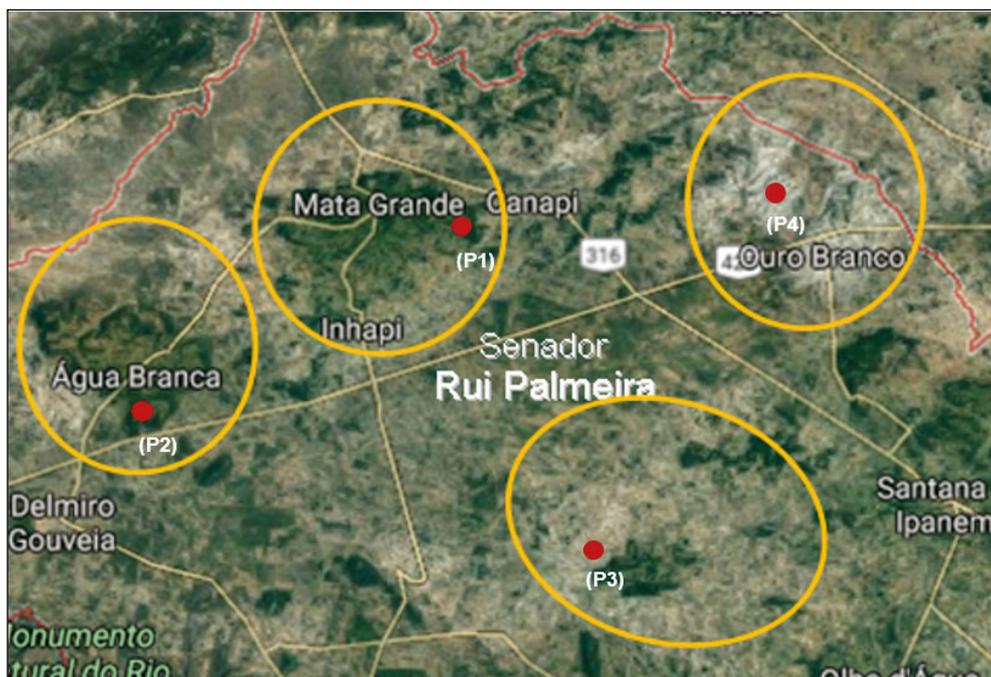
**Figura 5.** Média interanual do IVDN (2006 – 2016).



Fonte: Autor.

**Figura 6.** Semiárido alagoano destacando o alto e médio sertão.

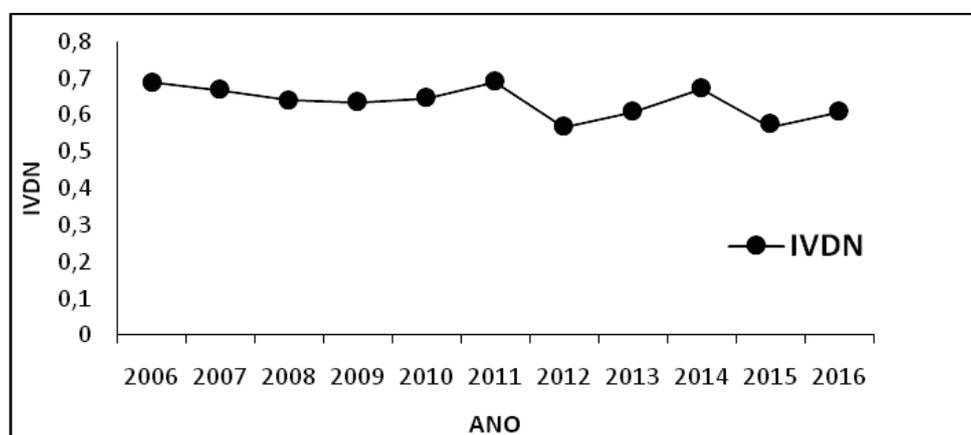
A Figura 7 destaca as áreas onde foram extraídos os valores dos pontos, para à análise do comportamento temporal do IVDN, dos municípios de Mata grande (P1), Água Branca (P2), Ouro Branco (P3) e Senador Rui Palmeiras (P4).



Fonte: Google maps, (2018).

**Figura 7.** Áreas onde foram extraídos os valores dos pontos, para à análise do comportamento temporal do IVDN.

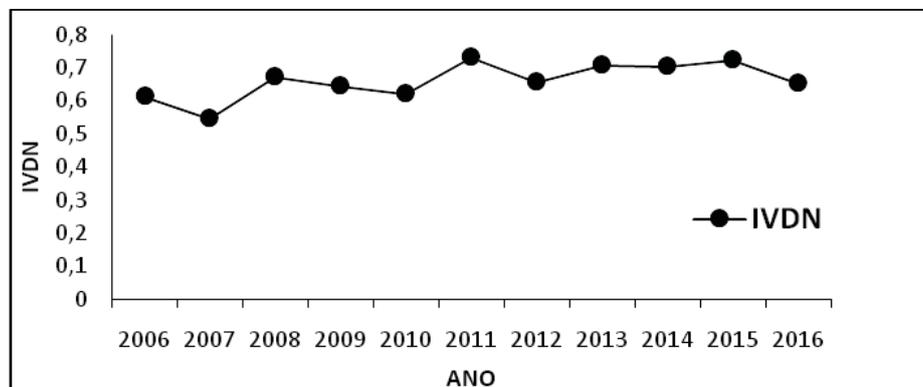
Ao analisar o gráfico da Figura 8, pôde-se perceber que o IVDN se manteve com seus valores quase constante entre os anos de 2006 a 2011, tendo uma pequena queda desses valores a partir de do ano de 2012 e oscilando até o ano de 2016. No geral os valores encontrados neste ponto do município de Mata Grande tiveram uma variação do IVDN entre 0,6 e 0,7. A observação desse ponto isolado de área de vegetação natural, serviu para verificar que possivelmente essa vegetação permanece preservada devido essa resposta do índice de vegetação contribuir para essa suposição.



Fonte: Autor.

**Figura 8.** Gráfico do comportamento temporal do IVDN no município de Mata Grande (P1).

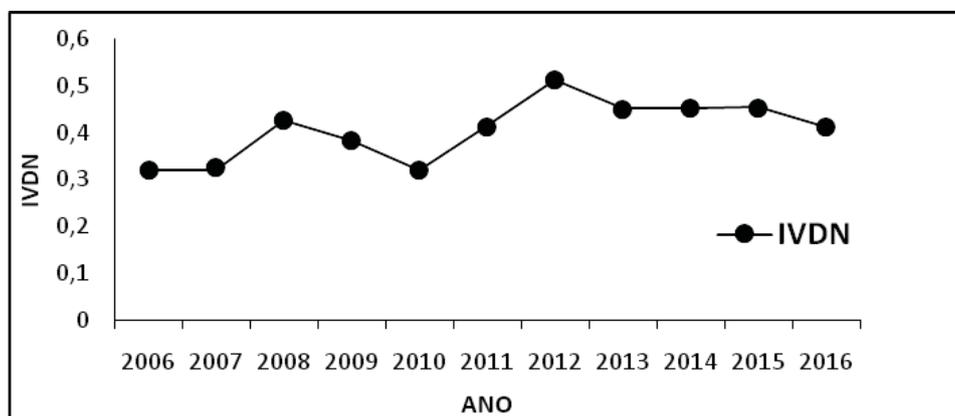
Na análise do comportamento do IVDN no gráfico da Figura 9, foi visível que o mesmo mostrou para o ponto do município de Água Branca, uma vegetação saudável, onde teve sua variação do IVDN compreendida entre os valores de 0,6 e 0,7, onde teve apenas uma pequena queda no valor do índice em 2007, o que contribuiu para afirmarmos que essa área de vegetação natural, possivelmente também permanece preservada.



Fonte: Autor.

**Figura 9.** Gráfico do comportamento temporal do IVDN no município de Água Branca.

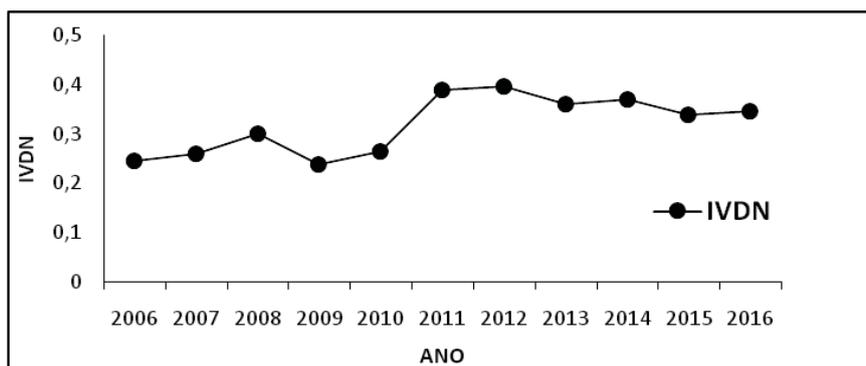
Analisando o gráfico da Figura 10, referente a um ponto do município de Senador Rui Palmeira, pôde-se perceber que os valores de IVDN variaram entre 0,3 e 0,5, onde o mesmo teve predominância dos seus valores próximos de 0,4. Ainda foi possível observar que neste ponto, o menor valor do índice encontrado foi bem próximo de 0,3 no ano de 2010 e teve seu pico em 2012 onde seu valor encontrava-se próximo de 0,5.



Fonte: Autor.

**Figura 10.** Gráfico do comportamento temporal do IVDN no município de Senador Rui Palmeira.

Ao analisar o gráfico da Figura 11, pôde-se notar que os valores do IVDN nesse ponto do município de Ouro Branco, foram os mais baixos dentre os pontos observados. Sendo ainda verificado, que esses valores estão compreendidos entre 0,2 e 0,4, onde pôde-se constatar que seu valor mais baixo foi no ano de 2006 inferior a 0,3 e teve seu pico no ano de 2012 com valores próximos de 0,4.



Fonte: Autor.

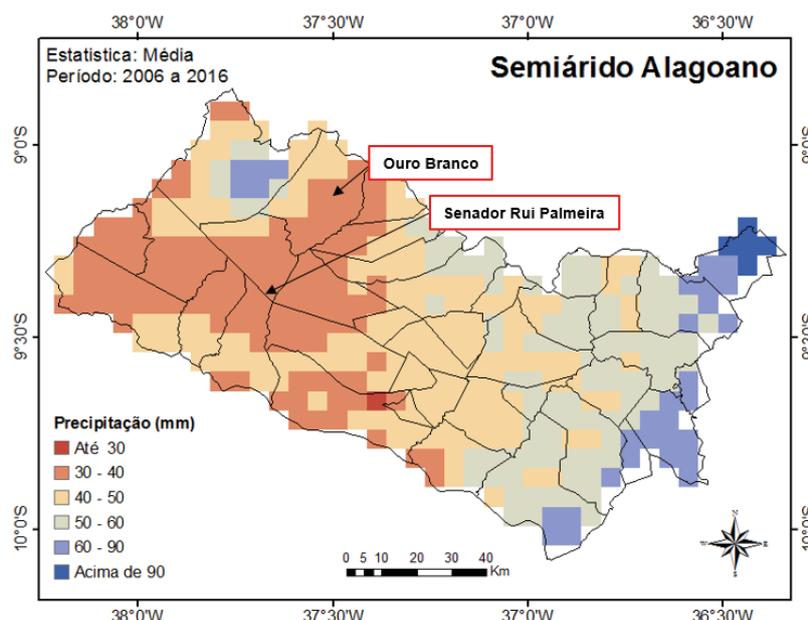
**Figura 11.** Gráfico do comportamento temporal do IVDN no município de Ouro Branco.

### 3.2 Análise da precipitação pluviométrica

Ao analisar a distribuição espaço temporal na Figura 12, foi verificado que ao longo dos anos do período de estudo, houve um déficit de precipitação pluviométrica na maior parte da região do alto e médio sertão alagoano, onde os valores encontrados variaram entre 30 mm até 40 mm, e em um setor isolado (município Mata Grande) essa variação é de 60 mm até 90 mm.

É possível visualizar no alto sertão, no município de Mata Grande, a existência de uma área que predomina uma grande concentração de chuvas (valores mensais compreendidos entre 60mm e 90mm), possivelmente devido o favorecimento das características do relevo da região, gerando uma precipitação pluviométrica excedente em relação as demais áreas. Esse padrão pode ser observado em todos os anos do período analisado até gerar o resultado final (média interanual 2006 a 2016). O Anexo 2 nos mostra a sequência dos mapas de precipitação pluviométrica usados para gerar o mapa interanual do período 2006 a 2016.

Concordando com os dados de IVDN, Ouro branco e Senador Rui Palmeira apresentaram índices pluviométricos interanual médio muito baixo, cerca de 30 a 50 mm (acumulado ~ 360 – 700 mm), onde constata-se que esse pode ser um fator relevante para os baixos valores de IVDN.



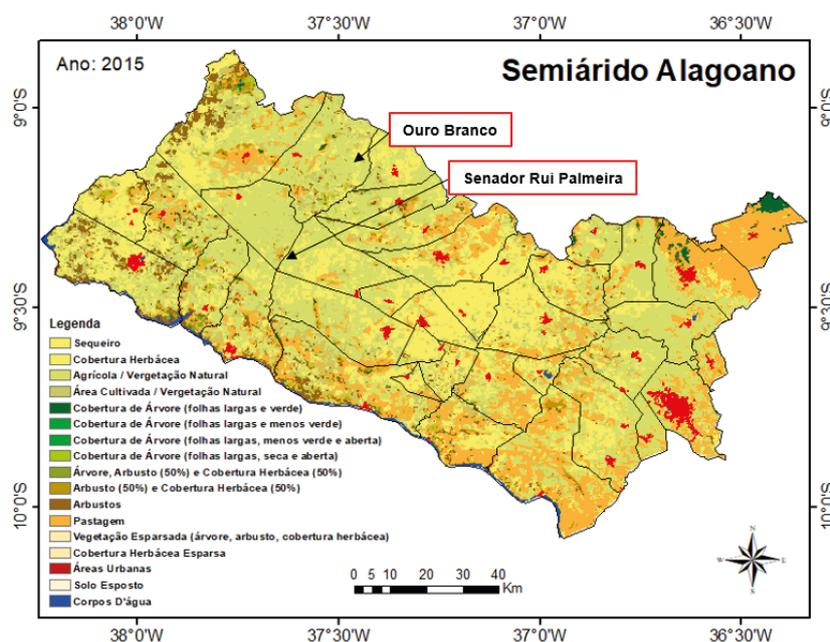
Fonte: Autor

**Figura 12.** Precipitação pluviométrica média interanual (2006 - 2016).

### 3.4 Análise do Produto de Uso e Cobertura do Solo

Ao analisar o produto de uso e cobertura do solo, conforme a Figura 13 foi possível perceber que além dos corpos d'água e áreas urbanas, existem algumas classes de solos que se destacam no semiárido Alagoano. Tais classes são: sequeiro, cultivada, agrícola/vegetação natural, arbusto, pastagem e cobertura de árvore (de folhas largas e verde).

Destacando Ouro Branco e Senador Rui Palmeira, percebe-se que os municípios estão classificados sobre a cobertura e uso do solo na sua maioria terras agrícolas de sequeiro, vegetação herbácea e uma mescla entre agricultura e vegetação natural, onde configura a agricultura familiar dentre a vegetação nativa. Essa configuração diz muito sobre a relação dos baixos valores de IVDN e precipitação, pois tanto a agricultura de sequeiro, quanto a vegetação nativa dependem intimamente da precipitação, onde acompanham o comportamento das chuvas.



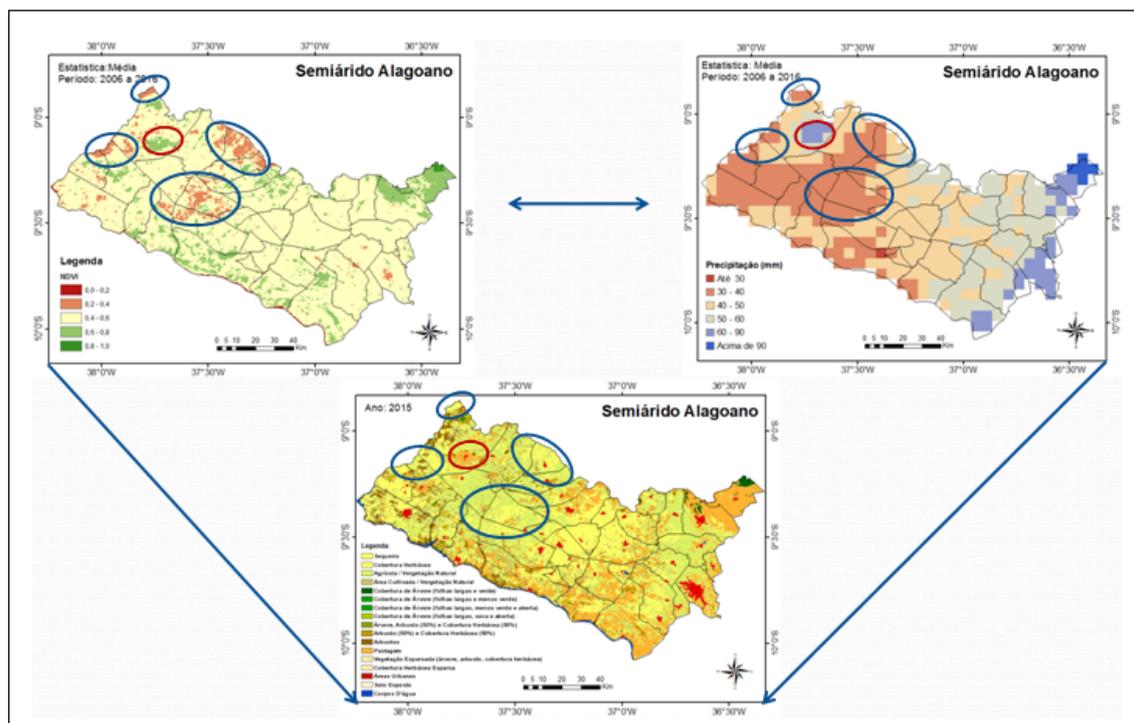
Fonte: Autor.

**Figura 13.** Mapa de uso e cobertura de solo.

### 3.5 Identificação das Áreas Suscetíveis à Desertificação

Nesta parte do artigo, pôde-se verificar áreas que têm forte relação entre o IVDN baixo e baixa precipitação pluviométrica, devido ser notório a influência do clima com predominância de baixa precipitação pluviométrica, que contribui para resposta da vegetação que tem os valores de IVDN encontrados, compreendidos entre 0,0 e 0,4.

Identificando as áreas classificadas como degradadas, a partir dos dados observados com baixos valores de IVDN e baixa precipitação pluviométrica e comparando-as com o produto de uso e cobertura do solo, áreas essas localizadas na região do alto e médio sertão de Alagoas, pôde-se notar que ocorreu uma alteração no uso do solo, causada pela ação humana, como pode ser visto na Figura 14. Neste momento pode-se constatar que a maioria dos municípios analisados sofreram de forma significativa interferências antrópicas, tendo como algumas das mudanças do solo com vegetação natural, para solo cultivado ou solo agrícola. Entre eles estão em destaque: Canapi, Delmiro Gouveia, Maravilha, Mata Grande, Ouro Branco, Pariconha, Piranhas, São José da Tapera e Senador Rui Palmeira.



Fonte: Autor

**Figura 14.** Relação do IVDN com precipitação pluviométrica e comparação com o uso e cobertura do solo

Durante o estudo ficou visível que existe uma tendência para as variações detectadas no intervalo de tempo da investigação, onde algumas das mudanças observadas foram: de vegetação natural para solo cultivado, ou de vegetação natural para solo agrícola.

Durante a análise foi possível perceber que existem áreas que a degradação é um processo natural do ambiente, devido a climatologia e os demais fatores. Em alguns casos pôde-se comprovar através do IVDN, da precipitação pluviométrica e do produto de uso e cobertura do solo, que o processo de degradação é devido ambos os fatores, sendo eles, processo climático e por influências humana.

Também ficou evidente que em outras áreas do semiárido alagoano, onde não há uma forte relação entre o IVDN baixo e baixa precipitação pluviométrica, pôde-se observar através do produto de uso e cobertura do solo, que são áreas que ainda não estão em estágios críticos, mas que já sofrem o processo de interferências antrópicas.

## Conclusões

A metodologia adotada mostrou-se satisfatória para a realização do mapeamento, análise e delimitação, das áreas degradadas suscetíveis a desertificação proposta neste artigo. A mesma foi eficaz tendo em vista que propiciou o emprego de técnicas de sensoriamento remoto e desta forma favorecer a cumprir com os objetivos do estudo.

Na execução deste artigo foi possível mapear áreas com baixos valores de IVDN e precipitação pluviométrica, assim possibilitando estabelecer uma relação entre os resultados encontrados. Também pôde-se através da metodologia, identificar as áreas degradadas suscetíveis a desertificação e classificá-las no Qgis, como sendo por processo natural ou também por interferências antrópicas. Essa etapa de identificação só foi possível, uma vez que comparamos os resultados obtidos do IVDN e precipitação pluviométrica com o produto de uso e cobertura do solo.

Portanto, mesmo com a presença de vegetação nativa, as áreas degradadas requerem atenção, tendo em vista que as mesmas são vulneráveis e interferem

diretamente na qualidade de vida dos habitantes da região, uma vez que os mesmos dependem de uma boa terra, pois a maioria vivem do trabalho agrícola.

A cobertura vegetal proveniente de agricultura, pode contribuir para vulnerabilidade do solo, pois geralmente as técnicas utilizadas de maneira inadequada, ameniza a baixa resposta da vegetação, mas ao longo do tempo prejudica o solo, levando o mesmo a degradação e torna-o suscetível a desertificação.

Contudo os resultados finais atingidos neste artigo podem ser considerados uma contribuição relevante para um planejamento mais eficaz das atividades nas áreas de vegetação natural, auxiliando na preservação de ambientes naturais, mitigação da mudança do micro clima e minimizar os danos causados em áreas que já sofrem um processo de degradação no semiárido alagoano, de modo que traga benefícios socioambientais.

Vale salientar, que em estudos futuros além das relações entre os produtos analisados, podem ser inseridas na metodologia outras análises estatísticas tais como: análise de agrupamento de dados e testes de hipóteses, trazendo melhores resultados para o estudo.

## Referências

- ALVES, J. J. A. **Biogeografia**. João Pessoa: Editora Fotograf, 2008. 108 p.
- ALMEIDA, S. A. S.; FRANÇA, R. S.; CUELLAR, M. Z. Uso e ocupação do solo no bioma caatinga do estado do Rio Grande do Norte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal/RN. **Anais [...]**. Natal/RN, Brasil, 2009. p. 5555-5561.
- AMIRI, R.; WENG, Q.; ALIMOHAMMADI, A.; ALAVIPANAH, S. K. Spatial-temporal dynamics of land surface temperature in relation to fraction al vegetation cover and land use/cover in the Tabriz urban area, Iran. **Remote Sensing of Environment**. v. 113, p. 2606–2617, 2009.
- ASA Alagoas. **Um grave problema avança no Semiárido alagoano**, 2017. Disponível em: <http://asaalagoas.blogspot.com/2017/04/um-grave-problema-avanca-no-semiarido.html>. Acesso em: 05 jun. 2018.
- BARROS, A. H. C. et al. **Climatologia do Estado de Alagoas**. 21. ed. Recife: Embrapa Solos, 2012. 32 p.
- BEZERRA, M. V. C.; SILVA, B. B. da; BEZERRA, B. B. Avaliação dos efeitos atmosféricos no albedo e NDVI obtidos com imagens de satélite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 709-717, 2011.
- CARREIRAS, J. M. B.; PEREIRA, J. M. C.; CAMPAGNOLO, M. L.; SHIMABUKURO, Y. E. Assessing the extent of agriculture/pasture and secondary succession forest in the Brazilian Legal Amazon using Spot Vegetation Data. **Remote Sensing of Environment**. v. 101, p. 283–298, 2006.
- CORDEIRO, J. M. P.; OLIVEIRA, A. G. Levantamento fitogeográfico em trecho de Caatinga hipoxerófila, sítio Canafístula, Sertãozinho, Paraíba, Brasil. **Revista OKARA: Geografia em Debate**. João Pessoa, v. 4, n. 1-2, p. 54-65, 2010.
- 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.
- CUNHA, J. E. de B. L.; RUFINO, I. A. A.; SILVA, B. B. da; CHAVES, I. de B. Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe/PB: utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 539-548, 2012.
- GÓMEZ, C.; WHITE, J. C.; WULDER, M. A. Characterizing the state and processes of change in a dynamic forest environment using hierarchical spatio-temporal segmentation. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, p. 1665-1679, 2011.

GONÇALVES, J. L. G.; FRANCISCO, P. R. M.; VIEIRA, E. N. L. Identificação de áreas degradadas através de técnicas de detecção de mudanças. In: CONGRESSO NORTE NORDESTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO, 8., 2013, Salvador/BA. **Anais [...]**. Salvador/BA, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados de abastecimento urbano estados do Nordeste 2015**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 jun. 2016.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. **População do Semiárido Estimada para 2014**. 2014. Disponível em: [http://sigdados.insa.gov.br/images/docs/Populacao\\_Semiario\\_Estimada\\_2014\\_Sintese.pdf](http://sigdados.insa.gov.br/images/docs/Populacao_Semiario_Estimada_2014_Sintese.pdf). Acesso em: 12 jun. 2018

NASA: **Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer – NASA’s Earth Observing System**, 2003. Disponível em: <https://terra.nasa.gov/about>. Acesso em: 26 fev. 2018.

SANTANA, A. C. A. **Caatinga: esquecimento e riqueza**. 2004. Disponível em: [www.planetaverde.org](http://www.planetaverde.org). Acesso em: 05 nov. 2015.

SEMARH. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Alagoas em mapas**. 2014. Disponível em: <http://www.semarh.al.gov.br/>. Acesso em: 25 jan. 2016.

SEPLANDE. Secretaria de Estado do planejamento e Desenvolvimento Econômico. **Perfil Municipal**. 2. ed. Maceió: SEPLANDE/AL, 2014. 26 p.

SILVA F. B., **Geotecnologias no mapeamento de áreas degradadas no núcleo de desertificação em Gilbués, PI**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Piauí, 2008.

