



**VARIAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NA  
UNIDADE DE CONSERVAÇÃO STOESSEL DE BRITO,  
JUCURUTU-RN**

**VARIATION OF VEGETATION COVER IN A  
CONSERVATION UNIT STOESSEL DE BRITO,  
JUCURUTU-RN**

**VARIACIÓN DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA  
UNIDAD DE CONSERVACIÓN STOESSEL DE BRITO,  
JUCURUTU-RN**

**Paulo Jerônimo Lucena de Oliveira**

Membro do Grupo de Pesquisa em Biogeografia de Ecossistemas Tropicais (TRÓPIKOS)  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)  
E-mail: paulo.labigeo@ceres.ufrn.br  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7620-5681>

**Carlos Roberto da Silva Filho**

Licenciado em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)  
E-mail: carlos.labigeo@ceres.ufrn.br  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4879-2652>

**Jânio Carlos Fernandes Guedes**

Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Oeste da Bahia (UFOB)  
E-mail: janio.labigeo@ceres.ufrn.br

**RESUMO:**

As Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN's) são categorias de Unidade de Conservação criadas pela iniciativa de proprietários rurais para assegurar a conservação da diversidade biológica. A RPPN Stoessel de Brito está situada em uma área susceptível a desertificação, associados aos processos históricos desenfiados de uso e ocupação da terra. Nesse contexto, este trabalho traz como objetivo analisar o comportamento da cobertura vegetal ao longo de 30 anos (1988-2018). Nesse sentido, utilizou-se de imagens do satélite LANDSAT 5 e 8 através das bandas espectrais no vermelho e infravermelho próximo para a obtenção do NDVI. Foram identificados 05 tipos de classes de cobertura vegetal na qual a caatinga lenhosa densa apresentou uma perda contínua de área entre os anos analisados. A classe de caatinga herbácea apresentou a maior área dentre as demais (217ha). No entanto, apresentou o mais elevado erro de omissão na acurácia do mapeamento (74,35%), com o grau de concordância do índice Kappa de 81%. A variação da cobertura vegetal revela que não existe uma sucessão ecológica contínua na área de estudo, mostrando a fragilidade ambiental no que diz respeito às questões fisiográficas para a manutenção e regulação do ambiente.

**Palavras-chave:** RPPN; Floresta Sazonal; Semiárido; Caatinga.

**ABSTRACT:**

Private Natural Heritage Reserves (RPPN's) are categories of Conservation Unit created by the initiative of rural owners to ensure the conservation of biological diversity. The RPPN Stoessel de Brito is located in an area susceptible to desertification, associated with the historical processes of land use and occupation, with vegetation cover being the most affected by anthropic action. In this context, this work aims to analyze the behavior of vegetation cover over 30 years (1988-2018). In this sense, LANDSAT 5 and 8 satellite images were used through the spectral bands in red and near infrared to obtain the NDVI. We identified 05 types of vegetation cover classes in which dense woody caatinga presented a continuous loss of area between the years analyzed. The herbaceous caatinga class had the largest area among the others (217ha). However, it presented the highest error of omission in the accuracy of the mapping (74.35%),



with the degree of agreement of the Kappa index of the entire mapping being 81%. The variation in vegetation cover reveals that there is no continuous ecological succession in the study area, showing the fragility of the environment with regard to physiographic issues for the maintenance and regulation of the environment.

**Keywords:** RPPN; Seasonal Forest; Semi-arid; Caatinga.

## RESUMEN:

Las Reservas Privadas del Patrimonio Natural (RPPN's) son categorías de Unidades de Conservación creadas por iniciativa de los propietarios rurales para asegurar la conservación de la diversidad biológica. La RPPN Stoessel de Brito se ubica en una zona susceptible a la desertificación, asociada a los desenfrenados procesos históricos de uso y ocupación del suelo. En este contexto, este trabajo tiene como objetivo analizar el comportamiento de la cobertura vegetal a lo largo de 30 años (1988-2018). En este sentido, se utilizaron imágenes de satélite LANDSAT 5 y 8 a través de las bandas espectrales en rojo e infrarrojo cercano para obtener el NDVI. Se identificaron 05 tipos de clases de cobertura vegetal en que la caatinga leñosa densa presentaba una pérdida continua de área entre los años analizados. La clase de caatinga herbácea tuvo el área más grande entre las demás (217ha). Sin embargo, presentó el mayor error de omisión en la precisión del mapeo (74,35%), siendo el grado de concordancia del índice Kappa el 81%. La variación en la cobertura vegetal revela que no existe una sucesión ecológica continua en el área de estudio, evidenciando la fragilidad ambiental en cuanto a aspectos fisiográficos para el mantenimiento y regulación del medio.

**Palabras clave:** RPPN; Bosque Estacional; Semiárido; Caatinga.

## 1 INTRODUÇÃO

As Unidades de Conservação (UCs), majoritariamente, tem sua criação baseada na preservação da fauna e flora endêmicas dos diversos ecossistemas terrestres e/ou aquáticos (MORSELLO, 2001; DIEGUES, 2004; BENSUSAN, 2006; MMA, 2011). Dessa forma, essas áreas são de suma importância e consideradas essenciais do ponto de vista da conservação da biodiversidade em escala local e regional, pois asseguram a proteção de serviços ecossistêmicos associados aos recursos hídricos, manejo de recursos naturais, desenvolvimento de pesquisas científicas e manutenção do equilíbrio climático (MARTA-PEDROSO et al., 2014).

No Bioma Caatinga, as UCs foram criadas com o objetivo de barrar um contínuo e sistemático processo de degradação ambiental que vem ocorrendo desde o período da colonização europeia, sendo intensificado com a introdução da pecuária extensiva e a retirada da madeira para diversos usos (FREIRE et al., 2018). As ações incessantes e prolongadas geraram diversos núcleos de desertificação, como é o caso da Região do Seridó - RN/PB (COSTA et al., 2009).

Segundo Guagliardi (2018), nas últimas décadas houve um aumento no interesse dos proprietários rurais em transformar parte de suas propriedades em áreas protegidas, convertendo-as em Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) em resposta a esse cenário atual de degradação da caatinga. Todavia, poucas pesquisas descrevem o estado de conservação ou as características da cobertura vegetal nessas UC's antes e após sua criação (ANDRADE et al., 2008; VASCONCELLOS et al., 2010; LIMA; COELHO, 2015; LIMA et al., 2019).



Além do mais, estudar a vegetação de caatinga em diferentes temporalidades é um desafio, dada a dinâmica dos regimes climáticos e a resposta tardia das espécies vegetais aos valores pluviométricos e à interferência da ação antrópica através da retirada da cobertura vegetal (BARBOSA et al., 2019). Para tanto, diferentes índices de vegetação são frequentemente utilizados para avaliar a resposta espectral das espécies e seu nível espectral.

Dentre os diversos índices de vegetação, destaca-se o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) por apresentar uma forte capacidade de assinalar a dinâmica natural da vegetação de caatinga entre os períodos antes e depois da seca na zona do semiárido nordestino (FENSHOLT et al., 2006), com o índice variando entre os valores de -1 a 1 (ROUSE et al., 1973). Nesse sentido, a partir dos dados obtidos através do NDVI, o presente trabalho traz como objetivo realizar uma análise da variação multitemporal da cobertura vegetal entre os anos de 1988, 1998, 2008 e 2018.

Diversas pesquisas assinalaram a variação e estado de conservação da cobertura vegetal através do NDVI (HUETE, 1988; JACKSON; HUETE, 1991; YU et al., 2003; MASELLI et al. 2009; PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012; MOTA, 2013; AQUINO et al., 2017; BILAR, 2018; SALIMON, 2018; SHIMABUKURO; PONZONI, 2019; BARBOSA et al., 2019; SANTANA, 2019), principalmente por ser passível de identificar variações quantitativas apresentadas nos componentes vegetais de uma determinada área (AMORIM et al., 2005; AHMADI; NUSRATH, 2010, HUETE, 2012; GANDHI et al., 2015).

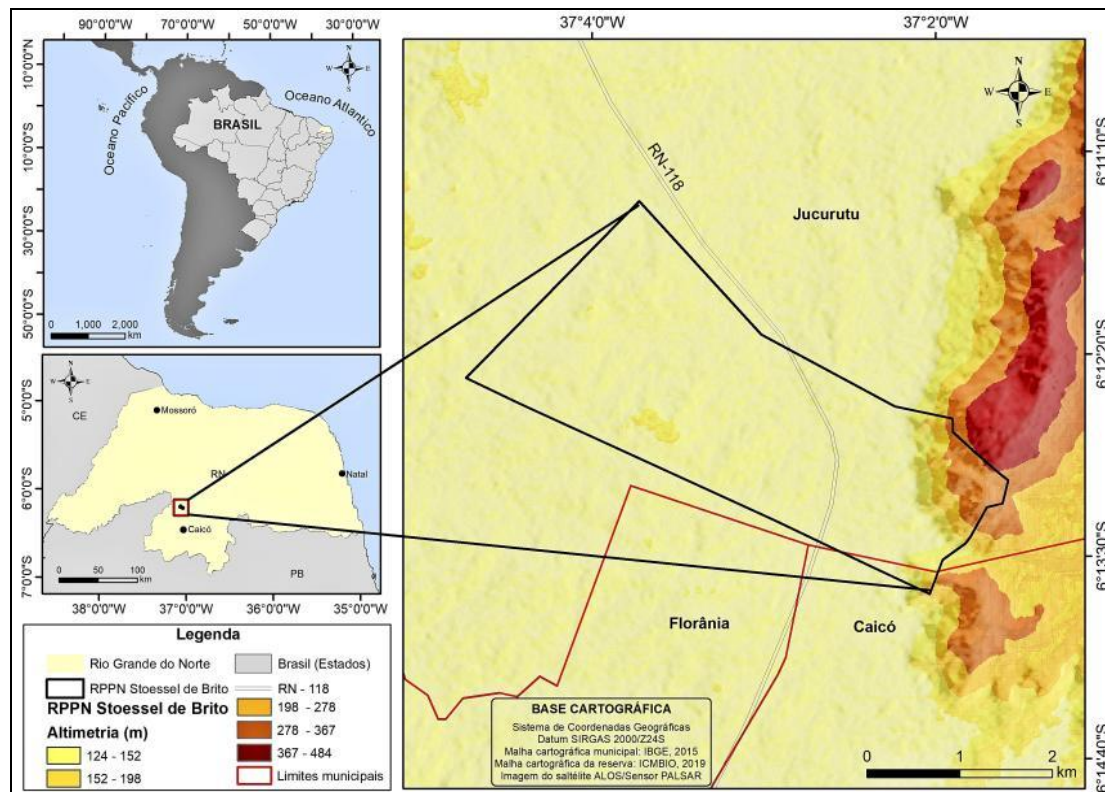
## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O desenvolvimento desta pesquisa teve como área de estudo a RPPN Stoessel de Brito, localizada no município de Jucurutu-RN, a qual se tornou uma área protegida no ano de 1994, com cerca de 818,50 ha, pela Portaria IBAMA nº 52, de 20 de maio de 1994. No entanto, neste trabalho foi realizado uma adaptação na delimitação da reserva, uma vez que a oficial está dividida em 2 poligonais separadas pela rodovia estadual RN-118, dessa forma, gerou-se um único polígono a partir da junção da delimitação da reserva que aumentou a área para cerca de 978 hectare (Figura 1).



**Figura 1:** Localização da RPPN Stoessel de Brito, Jucurutu-RN.



**Fonte:** acervo dos autores (2021).

O clima na área de estudo, segundo a classificação de Köppen, é o semiárido quente e seco (Bsw) com temperaturas que variam entre 25°C e 35°C, com estação chuvosa no verão proveniente do sistema atmosférico atuante, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que produz chuvas no período de janeiro a abril, com déficit hídrico mais crítico nos meses de setembro a novembro (VARELA-FREIRE, 2002; DINIZ; PEREIRA, 2015).

No contexto geológico e geomorfológico, a RPPN apresenta relevo de cristas associado às rochas ígneas graníticas e rochas metamórficas de gnaisses da mofoestrutural depressão sertaneja interplanáltica Oriental do maciço da Borborema, orientadas principalmente na direção NE-SW da Borborema, formado através do processo de pediplanação ou dissecação (MAIA; BEZERRA, 2014). Segundo esses mesmos autores, os maciços são importantes testemunhos de processos erosivos cenozóicos, com elevações entre 200 m (cota de base) e 700 (cota média do topo) de altitude.

Os tipos de solos mais comum na reserva são Luvisolo Crômico Órtico e Neossolo Litólico Eutrófico (EMBRAPA, 2018; IBGE, 2019), típicos de área de baixa pluviosidade e profundidade rasa. Do ponto de vista da fitogeografia, a área de estudo está inserida na Ecorregião



da Depressão Sertaneja Setentrional (VELLOSO; SAMPAIO; PAREYN, 2002; SILVA; BARBORA; TABARELLI, 2017), ligada à região florística das depressões Sertaneja e do São Francisco (SILVA et al., 2017), e as fisionomias de caatinga são caracterizadas por variações na biomassa arbórea-arbustiva xerófitas densa ou aberta (COSTA et al., 2002; BEZERRA JÚNIOR; SILVA, 2007).

## 2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a análise da série histórica foram utilizadas cenas do satélite LANDSAT 5 (sensor TM/resolução espacial de 30 metros), dos anos 1988, 1998 e 2008 (datas: 08/08/1988; 11/08/1998; 06/08/2008) e do LANDSAT 8 (sensor OLI; resolução espacial de 30 metros), do ano de 2018, data: 18/08/2018. Todas essas imagens estão disponibilizadas gratuitamente através da plataforma da USGS (<https://www.usgs.gov/>).

As imagens foram pré-processadas com a calibração radiométrica e correção atmosférica, utilizando-se a correção por Dark-Object Subtraction – DOS (CHAVEZ-JR, 1988). O pré-processamento (plugin Semi-Automatic Correction) e elaboração dos mapas foi realizado em ambiente de SIG (Sistema de Informações Geográficas), empregando o QGIS versão 2.14.1 (Essen/GNU - General Public License<sup>©</sup>) (QGIS TEAM, 2015).

Os valores expressos em números digitais (DNs) das imagens foram convertidos para valores de radiância e, em seguida, para reflectância, conforme os procedimentos descritos por Markham e Barker (1986). Posteriormente, foi obtido o NDVI utilizando a banda 03 (Red - Vermelho) e a banda 04 (NIR - infravermelho próximo) do LANDSAT 5 (1988, 1998, 2008) e a banda 04 (Red - Vermelho) e banda 05 (NIR - infravermelho próximo) do LANDSAT 8 (2018), seguindo a fórmula desenvolvida por Rouse et al. (1973) (Equação 1).

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

Os dados do mapeamento foram armazenados em planilhas eletrônicas do OpenOffice.org Calc/Apache OpenOffice v. 4.1.5 (2013 - GNU Lesser General Public License v.3<sup>©</sup>), onde os valores das classes da cobertura vegetal foram extraídos e tabulados com o valor total em hectare distribuído por ano.

Após o mapeamento da cobertura vegetal, fez-se necessário analisar com exatidão a confiabilidade das classes geradas no mapeamento (CONGALTON; GREEN, 2019). Nesse caso, foi elaborada uma matriz de confusão entre os pontos coletados em campo com informações obtidas no mapeamento, sendo posteriormente calculado o índice Kappa para verificar as assinaturas





espectrais diferentes ao que foi constatado em campo (CONGALTON; GREEN, 1993; PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

Para a montagem da matriz de confusão e avaliação da acurácia das classes geradas no mapeamento, foram coletados 167 pontos de controle em campo, caracterizados como “verdade observada” distribuídos por toda área de estudo. Os pontos foram adquiridos de forma aleatória através de GNSS (Global Navigation Satellite System) de navegação portátil (Garmim Montana 650) com precisão de 3 metros.

No tocante ao mapa utilizado para a sobreposição dos pontos coletados *in loco*, foi utilizado apenas o mapeamento do ano de 2018, por ser o ano mais próximo, ou seja, menos possível de alterações na paisagem para determinar os tipos de classes identificados em campo. Após a coleta dos pontos, foi refeita a distribuição das áreas de cobertura vegetal do mapeamento para obtenção de um maior grau de concordância possível do índice Kappa, de acordo com Landis e Koch (1977) (Tabela 1).

**Tabela 1:** Classificação segundo o coeficiente de concordância Kappa.

<b>Índice Kappa</b>	<b>Grau de concordância</b>
< 0,00	Péssimo
0,00 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 – 0,60	Bom
0,61 – 0,80	Muito Bom
0,81 – 1,00	Excelente

**Fonte:** traduzido de Landis e Koch (1977).

Como o NDVI serve como ferramenta de monitoramento da vegetação por captar perfis sazonais das espécies em resposta aos períodos secos e chuvosos (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012), foram coletados valores pluviométricos dos anos de 1998, 2008 e 2018 da estação meteorológica Seridó – Caicó-RN da INMET (Instituto Nacional de Meteorologia - <http://www.inmet.gov.br/>), distante 30km da RPPN.

### 3 RESULTADOS

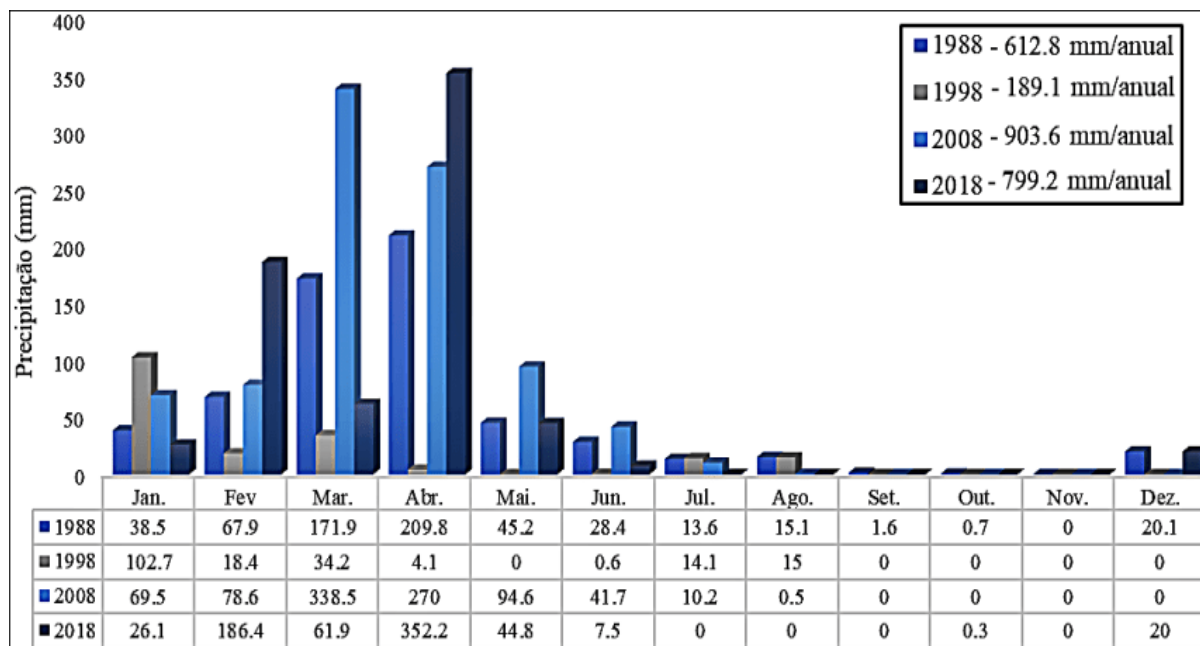
#### 3.1 PRECIPITAÇÃO

A partir da obtenção da pluviometria, verificou-se que os anos de 2008 e 2018 apresentaram valores iguais ou superiores da média anual da poligonal no qual constitui a região semiárida brasileira (precipitação inferior a 800 milímetros anual), atualizada através da Portaria



Interministerial N° 6, de 29 de março de 2004, sendo anos considerados chuvosos. Já o ano de 1988 pode-se considerar chuvoso, mas ficou abaixo da média pluviométrica anual do semiárido (612 mm/anual). Apenas o ano de 1998 foi considerado um ano seco, como mostra no trabalho de Barbosa; Carvalho e Camacho (2017), apresentando pluviometria abaixo dos 200 mm/anual (Figura 2).

**Figura 2:** Valores mensais pluviométricos dos anos de 1988, 1998, 2008 e 2018 da estação climatológica do Seridó.



Fonte: <https://bdmep.inmet.gov.br/>

No estudo realizado por Barbosa; Carvalho e Camacho (2017), no levantamento do aumento do processo de desertificação no Bioma Caatinga, se apresenta uma série temporal de valores pluviométricos de 1901 até 2016, onde anomalias padronizadas de chuva foram calculadas para classificar cada ano em seco ou chuvoso, tendo 1988 e 2008 considerados chuvosos, enquanto 1998 caracterizado como seco. De fato, em 1998 se apresentou um menor valor de reflectância do NDVI neste estudo, no qual os valores pluviométricos interferem diretamente na resposta espectral do índice.

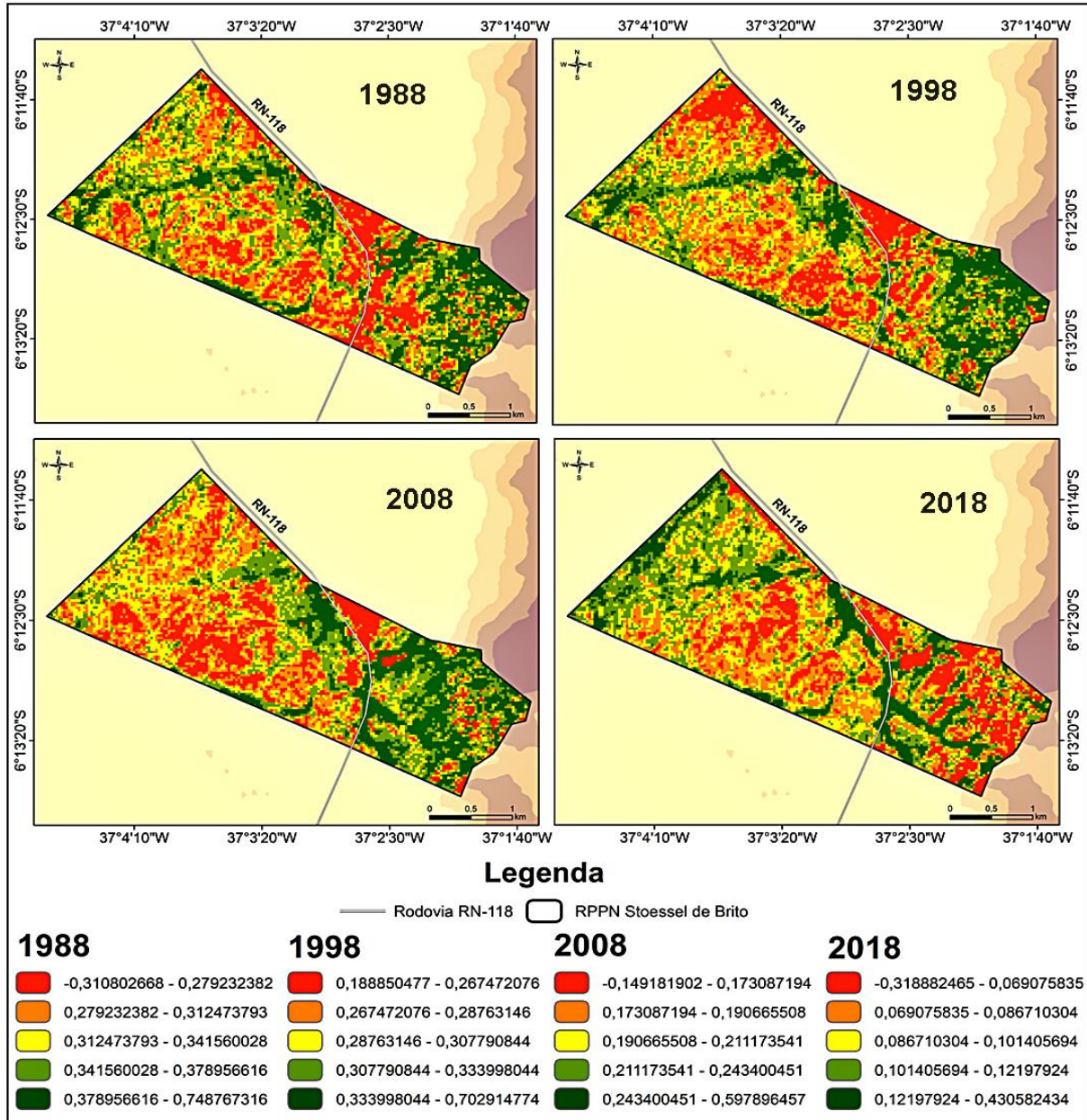
O ano de 2018 registrou valor zero de precipitação nos meses que antecederam a passagem do satélite na área de estudo (julho e agosto), além de apresentar menor valor em termos de reflectância da vegetação, por constituir meses secos até a data do imageamento (18/08/2018). No entanto, foi o segundo ano de maior precipitação, ficando atrás apenas de 2008.



### 3.2 MAPEAMENTO MULTITEMPORAL

A utilização da série histórica LANDSAT proporcionou uma análise da cobertura vegetal dos anos de 1988, 1998, 2008, e 2018, seguindo o mesmo padrão de imagens orbitais, o que possibilitou quantificar e identificar as alterações na área de estudo, seguindo os mesmos critérios de análise para os respectivos anos mencionados anteriormente (Figura 3).

**Figura 3:** Valores de NDVI dos anos 1988, 1998, 2008 e 2018 - RPPN Stoessel de Brito.



Fonte: acervo dos autores (2021).

A partir da aplicação da fórmula do NDVI em cada ano da série histórica foram obtidas 05





classes de cobertura vegetal, classificadas e adaptadas de acordo com Cavalcanti (2014), são elas: caatinga densa; caatinga intermediária; caatinga aberta; solo exposto/vegetação sazonal e água (Quadro 1).

**Quadro 1:** Classes geradas no mapeamento com suas descrições.

Classes de cobertura vegetal	Descrição das classes gerada no mapeamento
Solo exposto	Enquadra-se nas áreas com ausência de cobertura vegetal e de afloramento rochosa desprovido de vegetação.
Caatinga herbácea	Vegetação dominada por gramíneas com presença limitada ao período chuvoso do ano.
Caatinga gramínea-lenhosa	Apresenta diferentes feições de coberturas vegetais, com presença de indivíduos lenhosos (árvore ou arbustos) esparsos ou em agrupamentos isolados.
Caatinga Lenhosa aberta	Vegetação dominada por elementos lenhosos com dominância de arbustos onde não há entrelaçamento entre as copas.
Caatinga Lenhosa densa	São áreas ocupadas por árvores e arbustos cuja as copas se tocam ou se entrelaçam.

**Fonte:** adaptado de CAVALCANTI (2014).

No ano de 1988 as classes de caatinga lenhosa aberta, gramínea-lenhosa e gramíneas obtiveram os mesmos valores de hectare, correspondendo a cerca de 20%; já o solo exposto representa 19,75% e a caatinga lenhosa densa, 18,99%. No mapeamento realizado na imagem do ano de 1998, a área ocupada por herbácea foi a de maior relevância (21,42%), seguida da gramínea-lenhosa e lenhosa aberta com 20,23% e 20,17, respectivamente. Já o solo exposto representa 19,35% da área total e a caatinga lenhosa densa, 18,83%, sendo a de menor valor dentre as demais (Tabela 2).

**Tabela 2:** valores em hectare de cada classe por ano - RPPN Stoessel de Brito.

Classes	1988	%	1998	%	2008	%	2018	%
<b>Solo exposto</b>	193,23	19,75	189,36	19,35	195,12	19,94	184,95	18,90
<b>Caatinga herbácea</b>	199,89	20,43	209,61	21,42	202,5	20,70	217,44	22,22
<b>Caatinga gramínea-lenhosa</b>	197,73	20,21	197,91	20,23	208,26	21,28	211,41	21,61
<b>Caatinga Lenhosa Aberta</b>	201,78	20,62	197,37	20,17	191,34	19,55	198,9	20,33
<b>Caatinga Lenhosa Densa</b>	185,85	18,99	184,23	18,83	181,26	18,52	165,78	16,94
<b>Total</b>	978,48	100	978,48	100	978,48	100	978,48	100,00

**Fonte:** acervo dos autores (2021).

Para o mapeamento de 1998 a classe dominante foi a de caatinga herbácea (21,42%), seguida das classes de gramínea lenhosa (20,23%) e lenhosa aberta (20,17%), com solo exposto



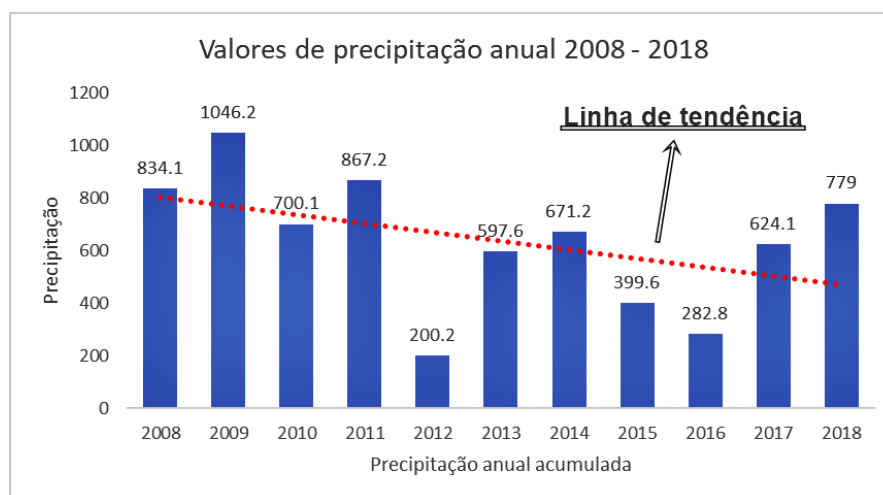
obtendo o valor de 19,35% e lenhosa densa, 18,83%. Já no trabalho realizado por Ferreira et al. (2012) para o município de Petrolina-PE, se apresentou uma dominância de 58,94% da área de estudo em uma única classe de cobertura vegetal, a de caatinga lenhosa aberta.

No mapeamento realizado na imagem do ano 2008, a classe dominante foi a gramínea-lenhosa (21,28%), seguida da caatinga herbácea (20,70%), solo exposto (19,94%), lenhosa aberta (19,55%) e lenhosa densa (18,52%). Camacho e Baptista (2005) em seu trabalho realizado na Estação Ecológica do Seridó - ESEC (Serra Negra do Norte-RN), utilizaram o NDVI para analisar (através de validação em campo) o porte da vegetação relacionado com a altimetria do local, tendo obtido o resultado de caatinga arbórea (neste trabalho classificada como lenhosa densa) com cota altimétrica entre 220m a 385m; arbustiva (lenhosa aberta) com cota de 220m a 300m, e herbácea com cota entre 200m a 230m.

Já nos dados obtidos provenientes do mapeamento gerado na imagem do ano de 2018, a classe de caatinga herbácea corresponde a maior dentre todas analisadas (22,22%), ao mesmo tempo que caatinga lenhosa densa e solo exposto apresentaram o menor valor entre os anos (16,94%) e (18,90%), respectivamente. As demais classes seguiram o mesmo padrão dos anos anteriores: gramínea-lenhosa (21,61%) e lenhosa aberta (20,33%).

A partir da análise temporal foi possível detectar a diminuição da classe de caatinga densa entre os anos de 2008 e 2018, perdendo cerca de 15 hectares (2%). Isso aconteceu devido a mortalidade das espécies vegetais, não suportando o período de estiagem sucessivas que ocorreu ao longo de 7 anos, com valores pluviométricos abaixo da média (800 mm anual) (Figura 4).

**Figura 4:** Valores de precipitação anual acumulada dos anos de 2008 e 2018.



**Fonte:** estação climatológica do Seridó (<https://bdmep.inmet.gov.br/>).



No tocante aos valores de reflectância do NDVI, o mapeamento gerado a partir da imagem de 1988 se destacou por apresentar a maior variação (mínimo e máximo) entre os demais anos estudados (1998, 2008 e 2018), com um valor de -0,31 (mínimo) e 0,74 (máximo). A média da reflectância representada pelo conjunto dos anos se concentrou em 0,23 e a do Coeficiente de variação da reflectância foi de 4%, mostrando que não houve uma dispersão dos valores quando se analisa todo o conjunto (Tabela 3).

**Tabela 3:** Variação mínima e máxima do valor obtido através do NDVI, desvio padrão e coeficiente de variação entre 1988 – 2008 - RPPN Stoessel de Brito.

Anos	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Média	Coeficiente de variação
<b>1988</b>	-0,3108	0,748767	0,749229	0,218982	3,421414
<b>1998</b>	0,18885	0,702915	0,363498	0,445883	0,815233
<b>2008</b>	-0,14918	0,597896	0,528264	0,224357	2,354567
<b>2018</b>	-0,31888	0,430582	0,529952	0,05585	9,488843

**Fonte:** acervo dos autores (2021).

No trabalho realizado por Aquino, Almeida e Oliveira (2012) no núcleo de desertificação de São Raimundo Nonato-PI, foram identificadas apenas 4 classes de cobertura vegetal (agropecuária/solo exposto, caatinga arbustiva aberta, caatinga arbustiva densa, caatinga arbórea), entre os anos de 1987 e 2007, onde houve uma diminuição da caatinga arbórea, representada neste trabalho como caatinga lenhosa densa, com uma perda de 7,1%. Vale salientar que essa área não é uma unidade de conservação, o que justifica a diminuição da cobertura vegetal por intensificação dos processos antrópicos.

Já para o município de Sumé-PB entre os anos de 1987 e 2009 foram identificados 08 tipos de classes de cobertura vegetal, classificando-as da seguinte forma: corpos d'água, solo exposto, subarbustiva arbustiva muito rala, subarbustiva arbustiva rala, arbustiva subarbustiva aberta, arbustiva subarbórea densa, subarbórea arbustiva densa e arbórea subarbórea densa. Os valores de NDVI variaram entre <0 (corpos d'água) e 0,31 (arbórea subarbórea densa) (RIBEIRO et al., 2014), mostrando que não houve uma grande oscilação, como foi apontado neste trabalho, com valores do NDVI variando entre -0,38 e 0,76.

Sob a perspectiva de analisar a resposta da vegetação entre os períodos seco, de transição e chuvoso, utilizando técnicas do NDVI, Loureço, Ramos e Costa (2017) obtiveram os seguintes valores: 0,02 a 0,42 (seco); 0,03 a 0,69 (transição); e 0,03 a 0,76 (chuvoso), mostrando pouca variação entre os períodos seco e chuvoso através da aplicação do NDVI. Todavia, nesse caso



foram utilizadas imagens de um único mês (agosto) para que não houvesse interferência dos fatores pluviométricos no comportamento espectral da vegetação ao longo do seu ciclo vegetativo (caducifolia), como destacado por Novo (2010).

### 3.3 ACURÁCIA DO MAPEAMENTO

No tocante a validação do mapeamento, foi avaliada a acurácia do mapa através do índice Kappa, onde a partir da matriz de confusão (Tabela 4) se obteve o resultado do índice de confiabilidade de 0,81 (81%). Seguindo a tabela de classificação, o mapeamento se enquadrou na concordância excelente (> 80%), conforme Landis e Kock (1977). O mesmo valor do índice de Kappa foi obtido por Mota et al. (2013) em um estudo realizado na região do baixo de Acaraú-CE, identificando 16 tipos de uso e cobertura da terra, e de Guedes (2016) para o município de Martins-RN.

**Tabela 4:** matriz de confusão gerada dos pontos coletados em campo e das classes no mapeamento.

Classes	Solo exposto	Caatinga herbácea	Gramínea -lenhosa	Lenhosa aberta	Lenhosa densa	Total	Precisão do usuário	Erro de omissão
<b>Solo exposto</b>	31	3	2	0	0	36	86,11%	14%
<b>Caatinga herbácea</b>	4	29	3	2	1	39	74,35%	25,64%
<b>Gramínea -lenhosa</b>	1	1	38	2	0	42	90,47	9,52%
<b>Lenhosa aberta</b>	0	0	1	28	2	31	90,32%	9,67%
<b>Lenhosa densa</b>	0	0	0	2	17	19	89,47%	10,52%
<b>TOTAL</b>	36	33	44	34	20	<b>167</b>	-	-

Fonte: acervo dos autores (2021).

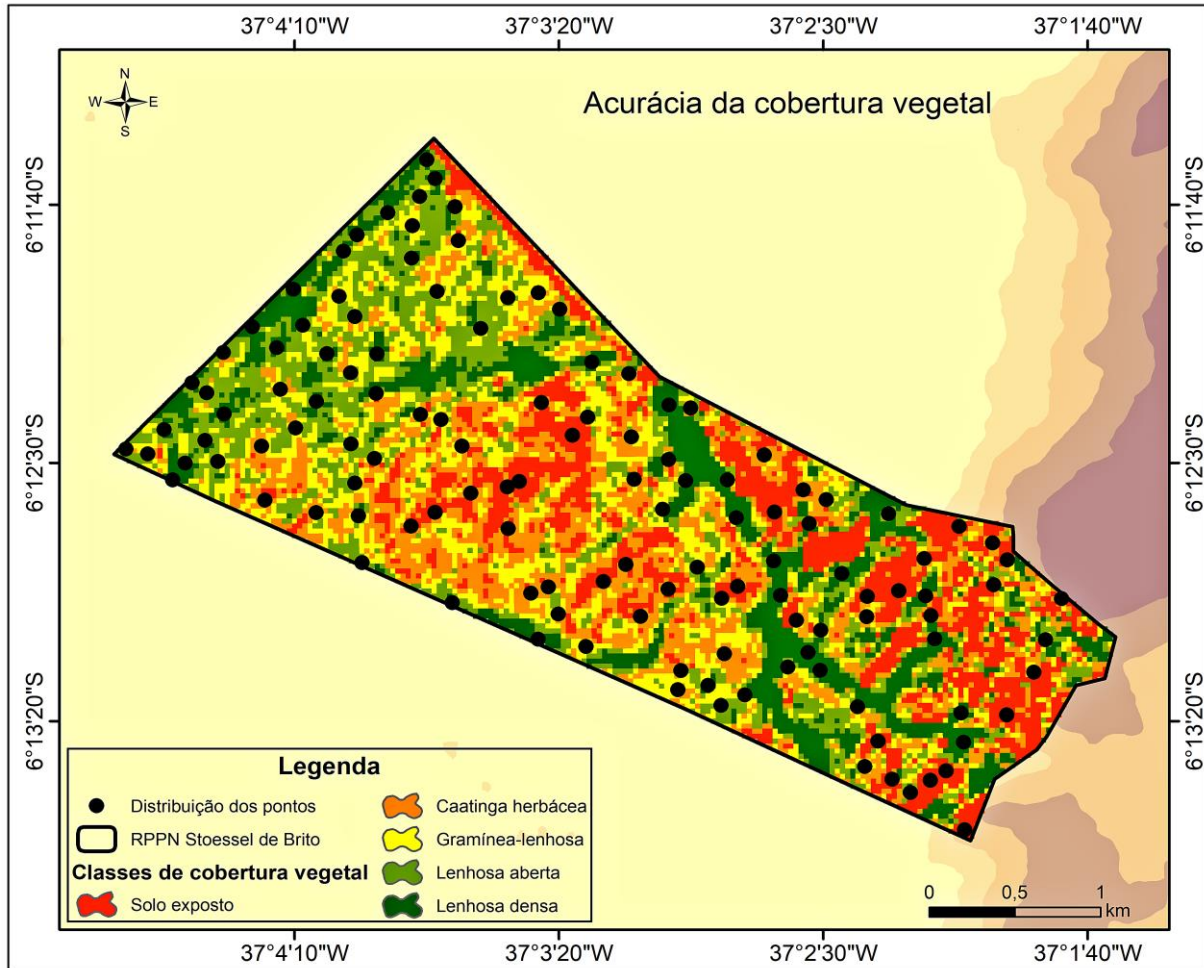
A classe de cobertura vegetal que apresentou a maior confiabilidade foi gramínea-lenhosa, seguida da lenhosa aberta, com cerca de 90% de validação, sendo também a mais representativa entre os pontos coletados (42 pontos amostrais). Valores próximo aos 90% de precisão foram obtidos por Kawakubo (2010), Pessi et al. (2018), Aquino; Santos (2020) e Bazan; Meza; Recra (2021). As classes de lenhosa densa e solo exposto vêm logo em seguida, apresentando um valor de 89,47% e 86,11%, respectivamente.

A classe de caatinga herbácea se destacou por apresentar o menor número de precisão (74,35%) dada ao nível de reflectância e distribuição de sua ocorrência em áreas de clareiras das outras coberturas vegetais, com omissão de cerca de 25% (Figura 5). Esse resultado se justifica pelo



fato do imageamento ocorrer no período de transição entre o chuvoso e o seco (agosto), sendo comum algumas espécies ter iniciado as perdas das folhas (processo de caducifolia) diminuindo o fluxo de radiação que é refletido pela planta (PONZONI; SHIMABUKURO; KUPLICH, 2012).

**Figura 5:** mapa da RPPN Stoessel de Brito com as classes gerado a partir do NDVI para o ano de 2018 e os pontos amostrais coletados em campo.



Fonte: acervo dos autores (2021).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da área de estudo ser uma unidade de conservação, foi observado a partir dos resultados que houve perdas contínuas nos valores de caatinga lenhosa densa entre os anos analisados (1988, 1998, 2008 e 2018). Nesse sentido, este trabalho abre uma discussão a respeito da eficiência desta da RPPN Stoessel de Brito no que diz respeito a proteção dos elementos naturais e prestação de serviços ambientais providos pela UC.



A utilização de um índice voltado à reflectância da vegetação (NDVI) foi satisfatório nos estudos das tipologias de cobertura vegetal e mensuração da evolução de perdas e ganhos das classes ao longo dos anos. Além do mais, o emprego de técnicas de validação do mapeamento trouxe uma segurança nos dados quantitativos obtidos através do sensoriamento remoto, produzindo resultados bastante confiáveis do produto gerado em SIG e no que foi constatado em campo.

A variação da cobertura vegetal revela que não existe uma sucessão ecológica contínua na área de estudo, demonstrando a necessidade de identificação dos fatores que estão interferindo na sucessão natural dos vegetais.

Foi constatado que a pluviometria com valores inferiores à média (800 mm/a) afeta, principalmente, a classe de lenhosa densa, na qual há uma predominância de espécies de maior porte e de entrelaçamento das suas copas, podendo gerar perdas significativas ao ambiente a ponto de causar instabilidade ao ecossistema.

Estudos futuros de identificação e mapeamento das espécies vegetais devem ser aplicados na área de estudo, tendo como foco entender a dinâmica de oscilação na sucessão ecológica das espécies lenhosas nas diferentes classes de cobertura vegetal, como também sua estrutura e hábito. Além disso, intervenções devem ser feitas para que haja uma continuação linear da sucessão ecológica das espécies vegetais pois, por se tratar de uma unidade de conservação, a sucessão ecológica das espécies tende a ser de forma natural, algo que não foi constatado neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- AHMADI, H.; NUSRATH, A. Vegetation change detection of Neka River in Iran by using remote-sensing and GIS. **Journal of Geography and Geology**, v. 2, n. 1, p. 58-67, 2010.
- AMORIM, I. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; DE LIMA ARAÚJO, E. Flora e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea de uma área de caatinga do Seridó, RN, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 19, n. 3, p. 615-623, 2005.
- ANDRADE, R. L.; SOUTO, J. S.; SOUTO, P. C.; BEZERRA, D. M. Deposição de serrapilheira em área de caatinga na RPPN Fazenda Tamanduá, Santa Terezinha-PB. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 223-230, 2008.
- AQUINO, C. M. S.; ALMEIDA, J. A. P.; OLIVEIRA, J. G. B. Aspectos socioambientais do núcleo de desertificação de São Raimundo Nonato/Piauí. **Mercator**, v. 11, n. 26, p. 171-182, 2012.
- AQUINO, C. M. S.; VALLADARES, G. S.; AQUINO, R. P.; OLIVEIRA, J. G. B.; NASCIMENTO, V. G. Monitoramento do uso e da cobertura das terras do parque nacional da serra da capivara e entorno nos anos de 1987 e 2010. **GEOgraphia**, v. 19, n. 40, p. 138-149, 2017.



AQUINO, J. W. C.; SANTOS, A. M. Análise da estrutura e distribuição da cobertura vegetal das caatingas em diferentes áreas de sequeiro no Vale do São Francisco (Bahia e Pernambuco) nas últimas três décadas. **Geografia Ensino e Pesquisa**, v. 24, n. 55, p. 1-33, 2020.

BARBOSA, A. H. S.; CARVALHO, R. G.; CAMACHO, R. G. V. Aplicação do NDVI para a análise da distribuição espacial da cobertura vegetal na Região Serrana de Martins e Portalegre – Estado do Rio Grande do Norte. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 33, p. 128-143, 2017.

BARBOSA, H. A.; KUMAR, T. L.; PAREDES, F.; ELLIOTT, S.; AYUGA, J. G. Assessment of Caatinga response to drought using Meteosat-SEVIRI Normalized Difference Vegetation Index (2008–2016). **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 148, p. 235-252, 2019.

BAZAN, F. S.; MEZA, H. M.; RECRA, R. R. Mapeo de la cobertura vegetal en la subcuena Quillcay (Ancash, Perú) con el clasificador de Árbol de decisiones. **Aporte Santiaguino**, v. 14, n. 1, p. 78-91, 2021.

BENSUSAN, N. **Conservação da biodiversidade em áreas protegidas**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. 176p.

BEZERRA JÚNIOR, J. G. O.; DA SILVA, N. M. Caracterização geoambiental da Microrregião do Seridó Oriental do Rio Grande do Norte. **Holos**, v. 2, p. 78-91, 2007.

BILAR, A. B. C.; MENDONÇA P. R. M.; CERQUEIRA, M. A. Monitoramento da cobertura vegetal através de índices biofísicos e gestão de áreas protegidas. **Geosul**, v. 33, n. 68, p. 236-259, 2018.

CAMACHO, R. G. V.; BAPTISTA, G. M. M. Análise geográfica computadorizada aplicada à vegetação da caatinga em unidades de conservação do Nordeste: Estação Ecológica do Seridó - ESEC/RN/Brasil. In: EPIPHANIO, J.C.N; BANON, G.J.F. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, abril 2005, INPE, p. 2611-2618.

CAVALCANTI, L. C. S. **Cartografia de Paisagens**. São Paulo. Oficina de Textos, 2014.

CHAVEZ-JR, P. S. An improve dark-subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. **Remote Sensing of Environment**, v. 24, n. 3, p. 459-479, 1988.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. A practical look at source of confusion in error matrix generation. **Photogram. Engin. and Rem. Sens.**, v. 59, n. 5, p. 641-644, 1993. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF02184644>

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. 3ª ed. Boca Raton: CRC Pres, 2019. 346p.

COSTA, T. C. C.; ACCIOLY, L. J. O.; OLIVEIRA, M. A. J.; BURGOS, N.; SILVA, F. H. B. B. Phytomass mapping of the “Seridó caatinga” vegetation by the plant area and the normalized difference vegetation indexes. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 4, p.707-715, 2002.

COSTA, T. C. C.; OLIVEIRA, M. A. J.; ACCIOLY, L. J. O.; DA 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**, v.13, p. 961–974, 2009.



- DIEGUES, A. C. **Comunidades Litorâneas e Unidades de Proteção Ambiental: Convivência e Conflitos**. O caso de Guaraqueçaba, Paraná. São Paulo: NUPAUB - USP, 2004. 55p.
- DINIZ, M. T. M.; PEREIRA, V. H. C. Climatologia do estado do Rio Grande do Norte, Brasil: sistemas atmosféricos atuantes e mapeamento de tipos de clima. **Bol. Goia. Geogr.**, v. 35, n. 3, p. 488-506, 2015.
- FENSHOLT, R.; SANDHOLT, I.; STISEN, S.; TUCKER, C. J. Vegetation monitoring with the geostationary Meteosat Second Generation SEVIRI sensor. **Remote Sensing of Environment**, v. 101, n. 2, p. 141-282, 2006.
- FERREIRA J. M. S.; FERREIRA H. S.; SILVA H. A.; SANTOS A. M.; GALVÍNCIO, J. D. Análise Espaço-Temporal da Dinâmica da Vegetação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 4, p. 904-922, 2012.
- FREIRE, N. C. F.; MOURA, D. C.; SILVA, J. B.; MOURA, A. S. S.; MELO, J. I. M.; PACHECO, A. P. **Atlas das Caatingas**: o único bioma exclusivamente brasileiro. Recife: Editora Massangana, 2018. 200p.
- GANDHI, G. M.; PARTHIBAN, S.; THUMMALU, N.; CHRISTY. A. NDVI: vegetation change detection using remote sensing and GIS – a case study of Vellore District. **Procedia Computer Science**, v. 57, p. 1199-1210, 2015.
- GUAGLIARDI, R (Org.). **Programa Estadual de Reservas Particulares do Patrimônio Natural - RPPNs**: 10 anos de apoio à conservação da biodiversidade. Rio de Janeiro: Instituto Estadual do Ambiente, 2018. 320p.
- GUEDES, J. C. F. **Comparação de índices de vegetação no mapeamento da cobertura da terra no semiárido: estudo de caso no Município de Martins/RN**. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes. Natal-RN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.
- HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index. **Remote Sensing of Environment**, v. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.
- HUETE, A. R. A. Vegetation indices, remote sensing and forest monitoring. **Geography Compass**, v. 6, n. 9, p. 513-532, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **BDIA – Banco de Dados de Informações Ambientais**. Disponível em: <<https://bdiaweb.ibge.gov.br/#/consulta/pedologia>>. Acesso em: 30/06/2019.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP-Dados Históricos**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>> Acesso em: 05/02/2020.
- JACKSON, R. D.; HUETE, A. R. Interpreting Vegetation Indices. **Journal of Preventive Veterinary Medicine**, v. 11, n. 3-4, p. 185-200, 1991.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174. 1977.





LIMA, J. R.; SILVA, R. G. D.; TOMÉ, M. P.; SOUSA-NETO, E. P. D.; QUEIROZ, R. T.; BRANCO, M. S. D.; MORO, M. F. Fitossociologia dos componentes lenhoso e herbáceo em uma área de caatinga no Cariri Paraibano, PB, Brasil. **Hoehnea**, v. 46, n. 3, p. 1 – 26, 2019.

LIMA, B. G.; COELHO, M. F. B. Structure of a shrub-tree in a fragment of Caatinga in Ceará state, Brazil. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 665-672, 2015.

LOURENÇO, V. R.; RAMOS, N. N. D. L. A.; COSTA, C. A. G. Distribuição Espaço-Temporal do NDVI sob Condições de Caatinga Preservada. **Espaço Aberto**, v. 7, n. 1, p. 101-110, 2017.

KAWAKUBO, F. S. **Metodologia de classificação de imagens multiespectrais aplicada ao mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal na Amazônia: exemplo de caso na região de São Félix do Xingu, sul do Pará**. 2010. 129 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia Física. Universidade de São Paulo, 2010. 129p.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. **Tópicos de geomorfologia estrutural: Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Edições UFC, 2014. 124p.

MARKHAM, B. L.; BARKER, J. L. Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges exoatmospheric reflectance and at-satellite temperatures. **EOSAT Landsat Technical Notes**, v. 1, p. 3-8, 1986.

MARTA-PEDROSO, C.; LAPORTA, L.; PROENÇA, V.; AZEVEDO, J. C.; DOMINGOS, T. Changes in the ecosystem services provided by forests and their economic valuation: a review. In: AZEVEDO J; PERERA A; PINTO M. (Orgs.). **Forest Landscapes and Global Change**. New York, NY: Springer, 2014. p. 107-137.

MASELLI, F.; GREGORIO, A.; CAPECCHI, V.; BREDA, F. Enrichment of land-cover polygons with eco-climatic information derived from MODIS NDVI imagery. **Journal of Biogeography**, v. 36, n. 4, p. 639-650, 2009.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Dez anos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: lições do passado, realizações presentes e perspectivas para o futuro**. Brasília: MMA, 2011. 220p.

MORSELLO, C. **Áreas protegidas públicas e privadas: seleção e manejo**. São Paulo: Anablume/Fapesp, 2001. 346p.

MOTA, L. H. S. O.; VALLADARES, G. S.; LEITE, H. M. F.; GOMES, A. S.; MAGALHÃES, R. M. F.; SILVA, T. A. Análise multitemporal do uso e cobertura das terras da região do Baixo Acaraú-CE. **Revista Geociências**, v. 32, n. 2, p. 379-396, 2013.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4ª ed. São Paulo: Blucher, 2010. 388p.

NUNES, C. M. **Análise e classificação de pixels em imagens de satélite empregando agrupamento difuso**. 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado em Ciências ambientais) - Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente. Anápolis-GO: Centro Universitário de Anápolis, 2014.



PESSI, D. D.; EREIO, P. K. B.; ALVES, G. B. M.; MARTARELLO, A. P.; LOVERDE-OLIVEIRA, S. M. Qualidade da Cobertura Vegetal em Áreas de Preservação Permanente de Nascentes. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 3, p. 270-280, 2019.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da vegetação**. São José dos Campos: Oficina de Textos. 2012.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3, Washington, 1973. **Proceedings**, Washington: NASA, v. 1, p. 309-317, 1973.

SALIMON, C.; ANDERSON, L. How strong is the relationship between rainfall variability and caatinga productivity? A case study under a changing climate. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 2121-2127, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170143>>. Acesso em: 15/01/2021.

SANTANA, N. C. Fire Recurrence and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Dynamics in Brazilian Savanna. **Fire**, v. 2, n. 1, p. 1-17, 2019.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Brasília: Embrapa, 2018, 590p.

SILVA, C. R.; MACHADO, S. L. D.; ARAÚJO, A. A.; JUNIOR, C. A. M. A. Analysis of the Phenology Dynamics of Brazilian Caatinga Species with NDVI time series. **CERNE**, v. 24, n. 1, p. 48-58, 2018.

SILVA, J. M. C.; BARBOSA, L. C. F.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. The Caatinga: Understanding the challenges. In: SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (Orgs.) **Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America**. Cham/Switzerland: Springer Publishing Internacional, 2017. p. 3-22.

SHIMABUKURO Y, E.; PONZONI, F. J. **Spectral Mixture for Remote Sensing: Linear Model and Applications**. Switzerland: Springer Nature Switzerland, 2019, 80p.

QGIS TEAM, Q. D. **QGIS Geographic Information System: Free Software Foundation**. 2015. Disponível em: <<http://qgisbrasil.org/comunidade-de-usuarios-qgis-brasil/baixarinstalar/>>. Acesso em: 28/04/2021.

VARELA-FREIRE, A. A. **A caatinga hiperxerófila Seridó: a sua caracterização e estratégias para a sua conservação**. São Paulo: Editora ACIESP, 2002. 39p.

VASCONCELLOS, A.; ANDREAZZE, R.; ALMEIDA, A. M.; ARAUJO, H. F.; OLIVEIRA, E. S.; OLIVEIRA, U. Seasonality of insects in the semi-arid Caatinga of Northeastern Brazil. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 54, n. 3, p. 471-476, 2010.

VELLOSO, A. L.; SAMPAIO, E. V. S. B.; PAREYN, F. G. C. **Ecorregiões propostas para o bioma Caatinga**. Recife: Associação Plantas do Nordeste, 2002. 76p.

YU, F.; PRICE, K. P.; ELLIS, J.; SHI, P. Response of seasonal vegetation development to climatic variations in eastern central Asia. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 1, p. 42-54, 2003.