

## USO DE PROJEÇÕES RCP 4.5 / RCP 8.5 E ÍNDICE DE VULNERABILIDADE CLIMÁTICA (IVC) PARA MONITORAMENTO DA DESERTIFICAÇÃO EM MUNICÍPIOS DO SERTÃO PERNAMBUCANO, BRASIL

**Rayanna Barroso de Oliveira Alves**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE

**Hernande Pereira da Silva**

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

**José Coelho de Araújo Filho**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

**Marco Antonio de Oliveira Domingues**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE

**Jones Oliveira de Albuquerque**

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE

**RESUMO:** As alterações na distribuição de extremos climáticos vem ocasionando o aumento da temperatura e com isso o cenário climático no Brasil se agrava. No que diz respeito os processos de desertificação, as projeções de anomalias climáticas RCP 4.5 e RCP 8.5 foram calculadas, a fim desenvolver o Índice de Vulnerabilidade Climática para os municípios do Sertão de Pernambuco, com o objetivo de verificar as alterações climáticas, o processo de desertificação e suas influências na população da área piloto. Foi verificado, através dos resultados, que os municípios irão sofrer aumento de temperatura e diminuição

da precipitação, e com isso, possuindo vulnerabilidade social alta para o RCP 4.5 e muito alta para o RCP 8.5

**PALAVRAS-CHAVE:** Desertificação, Mudanças do Clima, Anomalias Climáticas, Vulnerabilidade Socioambiental, Vulnerabilidade Populacional

**USE OF PROJECTIONS RCP 4.5 / RCP 8.5 AND CLIMATE VULNERABILITY INDEX (IVC) FOR MONITORING DESERTIFICATION IN MUNICIPALITIES OF PERNAMBUCANO'S ARID NORTHEAST PERNAMBUCANO, BRAZIL**

**ABSTRACT:** The changes in the distribution of climatic extremes have been causing the increase of temperature and with that the climatic scenario in Brazil is aggravated. With regard to the desertification processes, the climate anomaly projections RCP 4.5 and RCP 8.5 were calculated in order to develop the Climate Vulnerability Index for the municipalities of Sertão de Pernambuco, in order to verify climate change, the process of desertification and its influence on the population of the pilot area. It was verified, through the results, that the municipalities will suffer temperature increase and decrease of precipitation, and with this, having high social vulnerability for CPR 4.5 and very high for CPR 8.5

**KEYWORDS:** Desertification, Climate Changes,

## 1 | INTRODUÇÃO

A intensa exploração desordenada dos recursos naturais vem aumentando a cada século. A região Nordeste do Brasil vem sofrendo com as ações antrópicas irresponsáveis, as quais estão interferindo de forma direta nas mudanças do clima.

As avaliações dos impactos das mudanças do clima colocam o Nordeste em estado de alerta, pois a vulnerabilidade ambiental e social dessa região é alta e há uma grande frequência no número de casos de eventos extremos como a seca e estiagem. Sendo assim, nas zonas semi-áridas o manejo inadequado dos recursos naturais atrelado as ações antrópicas leva ao fenômeno conhecido como desertificação.

Nobre (2011) destaca que as áreas sobre o clima semiárido, as quais têm a predominância do bioma de caatinga, apresenta alta vulnerabilidade climática à desertificação diante dos cenários de mudanças climáticas projetados, constituindo um desafio para o planejamento e a gestão ambiental no Brasil.

Desde a década de 60, o processo de desertificação no Estado de Pernambuco vem sendo estudado e, para tal, o núcleo de desertificação com áreas em alto índice de degradação é o de Cabrobó, o qual é formado pelos municípios de Parnamirim, Salgueiro, Cabrobó, Belém do São Francisco, Itacuruba e Floresta (SILVA, 2009).

As Projeções de mudanças no sistema climático são feitas utilizando uma hierarquia de modelos climáticos que variam modelos simples de clima, a modelos de complexidade intermediária. Esses modelos simulam mudanças com base em um conjunto de cenários de forçantes antrópicas, chamado RCPs (Representative Concentration Pathways) (IPCC, 2013).

Na projeção RCP 4.5 as emissões de metano são estabilizadas e há um leve aumento nas emissões de dióxido de carbono até 2010. Atrelada a isso, com a estabilização da demanda energética mundial, essa projeção é congruente com políticas públicas climáticas precisas, programas de reflorestamento precisos (SILVEIRA et al., 2016).

O cenário RCP 8.5, é mais pessimista: as emissões de CO<sub>2</sub> serão altas e resultantes de um crescimento contínuo e desordenado da população agregada a um desenvolvimento tecnológico lento, não havendo mudanças políticas para redução dessas emissões e forte dependência de combustíveis fósseis (SILVEIRA, et al., 2016).

Sendo assim, os cenários climáticos RCP 4.5 e RCP 8.5 possuem emissões e concentração de gases de efeito estufa, onde há alterações na temperatura e precipitação, onde a projeção 4.5 indica intensidade média de emissão – cenário de estabilidade - e a projeção 8.5 alta emissão - cenário pessimista (GUIMARÃES et.

al., 2016).

Outro ponto importante a ser levado em consideração é a vulnerabilidade da população no que diz respeito aos processos de desertificação. Além das projeções climáticas anteriores e futuras, também é importante a realização de análises dos aspectos de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa populacional.

Sendo assim, as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto vêm sendo utilizados para acompanhar as secas e delimitar áreas degradadas que são susceptíveis aos processos de desertificação, contribuindo para análises a fim de monitorar de forma contínua as áreas afetadas e desenvolver ações ambientais preventivas.

Com isso, o presente artigo faz parte do trabalho desenvolvido pela autora em sua dissertação de mestrado e vem a calcular o Índice Climático com projeções de cenários climáticos RCP 4.5 e RCP 8.5, o qual permite a avaliação da vulnerabilidade ambiental e da população futura, onde poderá ser indicado e estimado danos potenciais relativos à desertificação e mudanças climáticas nos municípios de Betânia, Floresta e Itacuruba no Estado de Pernambuco, Brasil.

## **2 | MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1 Localização da Área de Estudo**

A área estudada está localizada no estado de Pernambuco, nas mesorregiões do Sertão Pernambucano e do São Francisco Pernambucano. Os municípios selecionados para este estudo, localizam-se de acordo com a Figura 1.

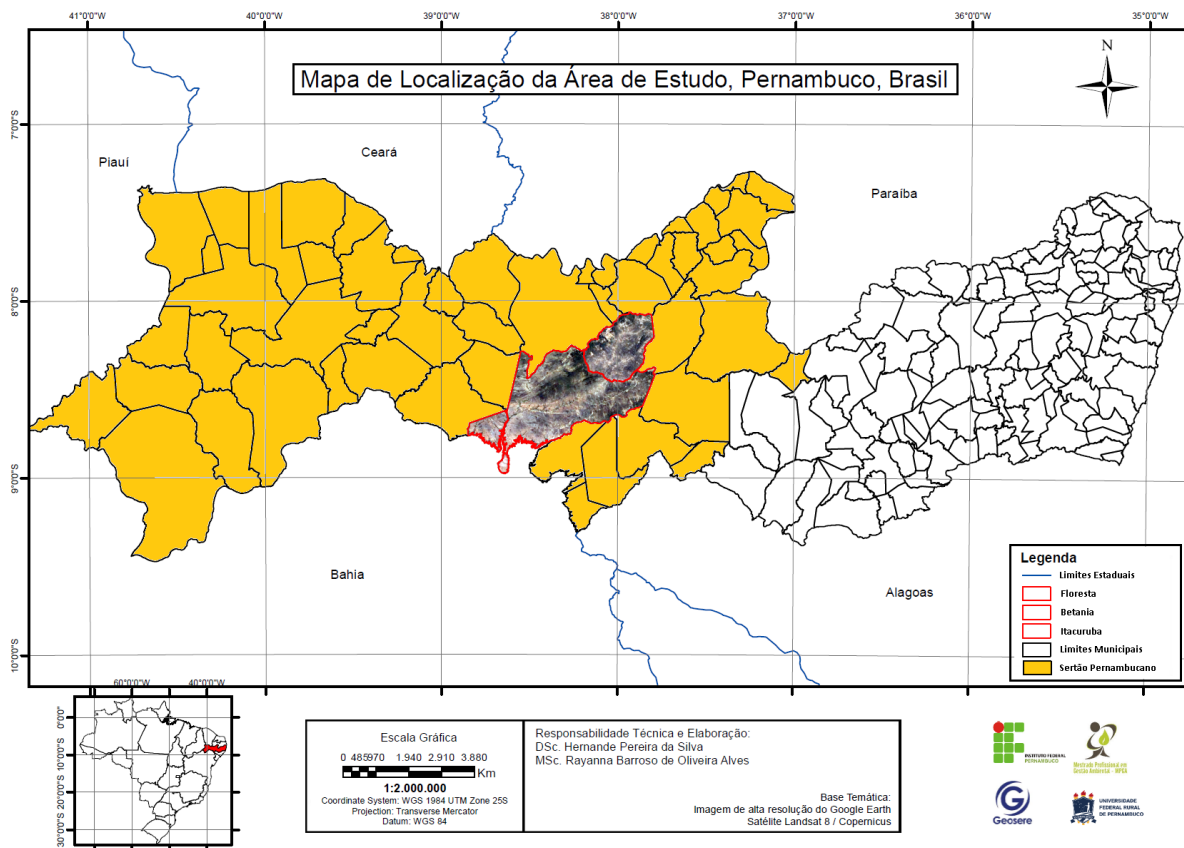


Figura 1: Localização do município de Betânia.

Fonte: Autor.

### 2.1.1 Município de Betânia

O município de Betânia está presente no bioma caatinga, possui uma área total de 1.244,074 km<sup>2</sup> com população de 12.003 habitantes e está localizado na parte setentrional da microrregião Pajeú, porção norte do Estado de Pernambuco: Latitude: 8° 16' 31" Sul, Longitude: 38° 2' 15" Oeste (IBGE, 2010).

A vegetação é composta por Caatinga Hiperxerófila com trechos de Floresta Caducifólia. Está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja. O clima é do tipo Tropical Semi-Árido, com chuvas de verão (CPRM, 2015).

### 2.1.2 Município de Itacuruba

Itacuruba está localizada na mesorregião do Sertão do São Francisco e microrregião do Sertão de Itaparica, está inserido na unidade geoambiental da Depressão Sertaneja. O clima é do tipo Tropical Semi-Árido e bioma Caatinga: Latitude: 8° 49' 6" Sul, Longitude: 38° 41' 57" Oeste. Apresenta uma população de 4.369 habitantes e uma extensão territorial de 430,038 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

A vegetação é xerófila, alternando em meses secos como sendo caducifólia com pequenas intrusões de xerofitismo (ROCHA FILHO, 2016).

### 2.1.3 Município de Floresta

“O município de Floresta está localizado na mesorregião do São Francisco Pernambucano e microrregião do Sertão de Itaparica: Latitude: 8° 35' 55” Sul, Longitude: 38° 33' 50” Oeste” (IBGE, 2010).

A vegetação predominante no município de Floresta é a caatinga hiperxerófila (ARAÚJO FILHO, 2001), ocorrendo também trechos de floresta caducifólia nos ambientes de serras (RODAL, 1992).

#### 2.2 Índice Climático

O Índice Climático (IC) foi calculado baseado nas variáveis de temperatura e precipitação das anomalias do clima nos intervalos dos anos: 2011 a 2040, 2041 a 2070 e 2071 a 2100. Os dados são disponibilizados no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, no CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos.

Os RCP 4.5 e 8.5 foram calculados para cada intervalo de anos, durante as estações do ano – primavera, verão, outono e inverno - de município estudado (Tabela 1).

Intervalo	Primavera	Verão	Outono	Inverno
2011-2040	a1	b1	c1	d1
2041-2070	w1	x1	y1	z1
2071-2100	r1	s1	t1	u1

Tabela 1: Variáveis para cálculo da temperatura para o RCP 4.5.

Fonte: Autor.

Para cada município, foi realizada uma média aritmética dos valores para cada intervalo de tempo (2011-2040, 2041-2070, 2071-2100), como observado nas equações 1, 2 e 3.

$$\text{AnomTempBet2011-2040} = \frac{a1 + b1 + c1 + d1}{4} \quad (1)$$

$$\text{AnomTempBet2041-2070} = \frac{w1 + x1 + y1 + z1}{4} \quad (2)$$

$$\text{AnomTempBet2071-2100} = \frac{r1 + s1 + t1 + u1}{4} \quad (3)$$

A partir de cada resultado, calculou-se mais uma média aritmética, a fim de

obter o resultado geral da Anomalia de Temperatura e Precipitação 4.5 e 8.5 na equação a seguir.

$$\text{AnomTempBetGeral} = \frac{\text{AnomTempBet2011-2040} + \text{AnomTempBet2041-2070} + \text{AnomTempBet2071-2100}}{3}$$

Sendo assim, o procedimento do RCP 4.5 deve ser realizado para todos os municípios e para a anomalia de precipitação. Com isso, calculou-se também os valores das anomalias temperatura e precipitação para o RCP 8.5.

Os valores dos Pesos para as anomalias das variáveis temperatura e precipitação dos RCP 4.5 (Figura 2) e 8.5 (Figura 3) foram calculados a partir das variáveis dos cenários futuros das projeções regionalizadas, disponibilizados pelo CPTEC do INPE, onde, para as duas anomalias, a temperatura possui um intervalo de 0,5 e a precipitação um intervalo de 0,125.

Pesos	Anomalia (C)	Pesos	Anomalia (mm/dia)
0	0 a 0,5	0	0 a -0,125
1	0,6 a 1	1	-0,126 a -0,250
2	1,1 a 1,5	2	-0,251 a -0,375
3	1,6 a 2	3	-0,376 a -0,5
4	> 2	4	> 0,5

Figura 2: Quadro do peso referente às anomalias de temperatura e precipitação RCP 4.5.

Fonte: Autor.

Pesos	Anomalia (C)	Pesos	Anomalia (mm/dia)
0	0 a 0,75	0	0 a -0,064
1	0,76 a 1,50	1	-0,065 a -0,128
2	1,51 a 2,25	2	-0,129 a -0,256
3	2,26 a 3	3	-0,257 a -0,514
4	> 3	4	> 0,514

Figura 3: Quadro do peso referente às anomalias de temperatura e precipitação RCP 8.5.

Fonte: Autor.

Com isso, os valores obtidos após a realização dos cálculos anteriores foram interpretados com base no Índice de Vulnerabilidade Social do IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, em seu Atlas de Vulnerabilidade Social dos Municípios

Brasileiros. O Índice de Vulnerabilidade varia numa faixa entre 0 e 1. Quanto mais próximo a 1, maior é a vulnerabilidade social de um município (Figura 4).

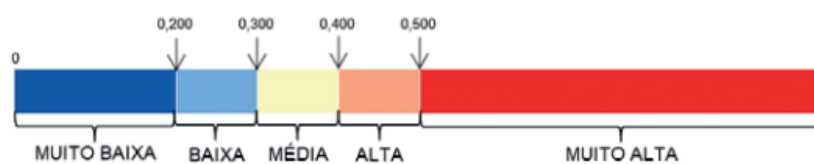


Figura 4: Faixa do Índice de Vulnerabilidade Social.

Fonte: IPEA, 2015.

Com isso, os municípios que apresentam valores entre 0 e 0,200, considera-se que possuem vulnerabilidade muito baixa. Valores entre 0,201 e 0,300 indicam baixa vulnerabilidade. Aqueles que apresentam Índice de Vulnerabilidade entre 0,301 e 0,400 são de média vulnerabilidade, ao passo que, entre 0,401 e 0,500 são considerados de alta vulnerabilidade. Qualquer valor entre 0,501 e 1 indica que o município possui muito alta vulnerabilidade.

Sendo assim, para todos os pesos de intensidade calculados para o IC foi estabelecida a associação com a faixa do Índice de Vulnerabilidade, onde possui valores de 0 a 4, onde o 0 é de menor vulnerabilidade e 4 de maior, como apresentado na Figura 5.

IV	Intensidade	Peso
0 a 0,2	Muito Baixa	0
0,201 a 0,3	Baixa	1
0,301 a 0,4	Média	2
0,401 a 0,5	Alta	3
0,501 a 1	Muito Alta	4

Figura 5: Faixa do Índice de Vulnerabilidade.

Fonte: IPEA 2015, adaptado.

### 3 | RESULTADOS

Após a aplicação da metodologia proposta, foram obtidos os seguintes resultados.

#### 3.1 Anomalia de Temperatura

A Tabela 2 apresenta os municípios estudados e os valores da anomalia de temperatura para os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5, e o peso referente a cada.

Município	Anomalia de Temperatura 4.5	Peso RCP 4.5	Anomalia de Temperatura 8.5	Peso RCP 8.5
Betânia	1,583	2	3,46	4
Floresta	1,583	2	3,54	4
Itacuruba	1,583	2	3,46	4

Tabela 2: Anomalia de temperatura RCP 4.5 e 8.5 para os municípios estudados.

Fonte: Autor.

### 3.2 Anomalia de Precipitação

A Tabela 3 apresenta os municípios estudados e os valores da anomalia de precipitação e o peso referente.

Município	Anomalia de Precipitação 4.5	Peso RCP 4.5	Anomalia de Precipitação 8.5	Peso RCP 8.5
Betânia	-0,375	2	-0,875	4
Floresta	-0,5	3	-0,96	4
Itacuruba	-0,375	2	-0,80	4

Tabela 3: Anomalia de precipitação para os municípios estudados.

Fonte: Autor.

## 4 | DISCUSSÃO

No que diz respeito ao cenário RCP 4.5, o padrão de emissão de gases de efeito estufa e conseqüente alteração na temperatura e precipitação se mantem estável, aumentando a temperatura em 1,6° C para cada município e reduzindo o volume de precipitação em aproximadamente 0,4 milímetros para os municípios de Betânia e Itacuruba e de 0,5 milímetros para o município de Floresta. O município de Floresta é o único que sofre uma alteração na intensidade da vulnerabilidade.

Já para o RCP 8.5, a alteração da temperatura será de 3,46° C para os municípios de Betânia e Itacuruba e de 3,54° C para o de Floresta. A precipitação será reduzida em 0,875 mm para o município de Betânia, 0,80 mm para o de Itacuruba e 0,96 mm para Floresta, o qual possui maior redução.

A partir dos cálculos de anomalia de temperatura e precipitação para cada cenário, foi possível calcular o IC como apresentado na Tabela 4.



Município	IC 4.5	IC 8.5
Betânia	2	4
Floresta	2,5	4
Itacuruba	2	4

Tabela 4: Índice climático para cada município.

Fonte: Autor.

Dessa forma, baseado na escala de vulnerabilidade mencionada na metodologia, a vulnerabilidade do IC 4.5 nos municípios de Betânia e Itacuruba que possuem peso 2 dividindo-o por 4, corresponde ao valor de 0,5 na escala do índice de vulnerabilidade. Para Floresta, o peso 2,5 dividido por 4, corresponde ao valor 0,625 (Figura 6). Ou seja, para o IC 4.5, a vulnerabilidade dos municípios de Betânia e Itacuruba é alta, já Floresta possui vulnerabilidade muito alta.

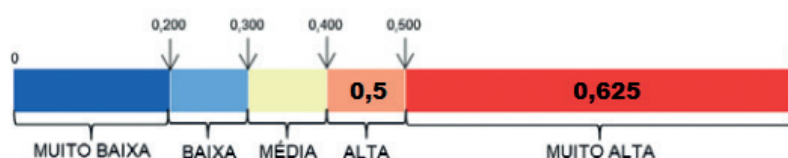


Figura 6: Valor do IC 4.5 na escala de vulnerabilidade.

Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

No que diz respeito ao IC 8.5, os três municípios correspondem ao valor de peso 4 e dividindo-o por 4, o valor na escala do IV é de 1, o qual indica que os três municípios possuem vulnerabilidade muito alta (Figura 7).

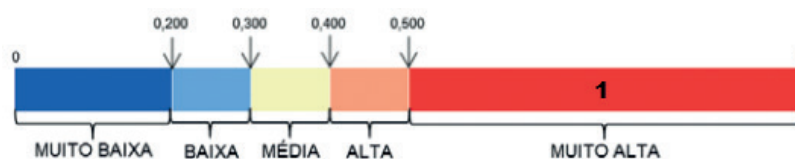


Figura 7: Valor do IC 8.5 na escala de vulnerabilidade.

Fonte: IPEA, 2015, adaptado.

## 5 | CONCLUSÕES

As anomalias de intensidade média (4.5) e alta (8.5) terão uma alta diminuição dos níveis de precipitação e aumento de temperatura, com isso, terão vulnerabilidade muito alta, a qual interfere diretamente no abastecimento e consequentemente nos meios de subsistência da população dos municípios estudados.

Ressaltando ainda que tais fenômenos podem corroborar para o surgimento de

processos de desertificação no Sertão Pernambucano, visto que esses municípios fazem parte ou estão próximos do Núcleo de Desertificação de Cabrobó.

Sendo assim, pode-se observar que para ambos os casos o aumento de temperaturas e redução da precipitação causa consequências negativas e intensifica o processo de desertificação, principalmente no índice climático 8.5. A redução desses fatores afeta na sistematização do ciclo hidrológico, com consequências diretas no crescimento e restauração da cobertura vegetal. Com isso, a agricultura e pecuária ficam comprometidas e a população desses municípios virá a sofrer impactos socioeconômicos.

O reconhecimento por parte dos governos Estadual e Municipais da questão da vulnerabilidade climática à desertificação é importante para desenvolver ações eficazes de políticas públicas para a melhoria da qualidade de vida da população frente as mudanças climáticas.

Sugere-se realizar os estudos dos demais Índices componentes do Índice de Vulnerabilidade Humana dos municípios estudados frente aos processos de desertificação, nos cenários futuros de projeção das mudanças do clima.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO FILHO, J. C. de; et. al. **Investigações preliminares sobre a pedogênese de horizontes coesos em solos dos tabuleiros costeiros do Nordeste do Brasil.** p.123-139, 2001.

CPRM, **Diagnóstico do Município de Betânia.** Recife, p. 4, 2005.

GUIMARÃES, S.O; COSTA, A.A; JÚNIOR, F.C.V; SILVA, E.M; SALES, D.C; JÚNIOR, L.M.A; SOUZA, S.G. **Projeções de Mudanças Climáticas sobre o Nordeste Brasileiro dos Modelos do CMIP5 e do CORDEX.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 31, n.3, 337-365. 2016.

IBGE. Infográficos: **Dados Gerais do Município de Betânia, PE.** Censo 2010.

IBGE. Infográficos: **Dados Gerais do Município de Itacuruba, PE.** Censo 2010.

IBGE. Infográficos: **Dados Gerais do Município de Floreta, PE.** Censo 2010.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. IPEA. **Atlas de Vulnerabilidade Social nos Municípios Brasileiros.** p. 18. Brasília. 2015.

IPCC. Climate Change 2013: **The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.** United Kingdom and New York, p.19, 2013.

NOBRE, C.A. **Mudanças Climáticas Globais: Possíveis Impactos nos Ecossistemas do País.** 2001. vol. 6, n. 12, p. 240-258. Disponível em: < [http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias\\_estrategicas/article/viewFile/186/180](http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/186/180)> Acesso em: 08 jan 2018.

ROCHA FILHO, G.B. **Estudo do Potencial Agrícola e Não Agrícola do Município de Itacuruba, Pernambuco, Brasil.** Recife, 2016. p. 41. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão Ambiental). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, 2016.

RODAL, M.J.N., SAMPAIO, E.V.S. & FIGUEIREDO, M.A. **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico - ecossistema Caatinga**. Sociedade Botânica do Brasil, Brasília. 1992

SILVA, H.P. **Mapeamento das Áreas Sob Risco de Desertificação no Semi-Árido de Pernambuco a Partir de Imagens de Satélites**. Recife, 2009. p. 13. Tese (Doutorado em Ciências do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2009.

SILVEIRA, C.S; FILHO, FS; MARTINS, ESPR; OLIVEIRA, J.L; COSTA, A.C; NOBREGA, M.T; SOUZA, S.A; SILVA, R.F.V. **Climate change in the São Francisco river basin: analysis of precipitation and temperature**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol. 21, n.2, Porto Alegre abr./jun. 2016 p. 416 – 428

Leonardo Tullio  
(Organizador)

# Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto 3

Atena Editora  
2019