



ISSN: 2525-815X

# Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: [www.jeap.ufrpe.br/](http://www.jeap.ufrpe.br/)

10.24221/jeap.5.2.2020.3058.221-231



## Impacto da precipitação e do uso e ocupação do solo na cobertura vegetal na Caatinga

### Impact of precipitation on the use and occupation of soil in vegetation coverage in Caatinga

Katarina Romênia Pinheiro Nascimento<sup>a</sup>, Elisabeth Regina Alves<sup>a</sup>, Marccus Vinícius da Silva Alves<sup>b</sup>, Josicléda Domiciano Galvêncio<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Departamento de Geografia, Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. Avenida dos Funcionários, s/n, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brasil. CEP: 50.670-901. E-mail: [katarina\\_romenia@yahoo.com.br](mailto:katarina_romenia@yahoo.com.br), [bellhannover@hotmail.com](mailto:bellhannover@hotmail.com), [josicleda@gmail.com](mailto:josicleda@gmail.com).

<sup>b</sup> Universidade Federal de Pernambuco-UFPE, Departamento de Botânica, Laboratório de Morfo-Taxonomia Vegetal. Rua Professor Moraes Rego, s/n, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brasil. CEP: 50670-901. E-mail: [alves.marccus@gmail.com](mailto:alves.marccus@gmail.com).

#### ARTICLE INFO

Recebido 03 Jan 2020

Aceito 30 Jun 2020

Publicado 30 Jun 2020

#### ABSTRACT

Precipitation is a variable of substantial interference on the vegetation cover of the semi-arid region, which leads to the difficulty of classifying the level of influence of land use and occupation, as well as becoming a challenge in advancing the knowledge and accuracy of the actual degradation of Caatinga vegetation. An important variable for the detection of degraded areas and natural variation of the vegetation cover is the Foliar Area Index (LAI). Thus, the objective of this study was to analyze the vegetation dynamics in a Caatinga area of the Cabrobó Desertification Nucleus with the LAI to evaluate the impacts of land use and occupation and precipitation on the vegetation cover of degraded areas. The LAI was analyzed during the period from 1985 to 2016, covering the dry and rainy seasons. The results with LAI and the stratigraphic profile confirmed that for this Desertification Nucleus, there is a strong correlation (73 %) between vegetation and precipitation, where 27 % of the area was related to land use and occupation. Thus, it is essential to be cautious about the inclusion of the area in a Desertification Nucleus, whose changes are due to powerfully natural regeneration and not the degradation of the environment.

**Keywords:** LAI, remote sensing, tropical dry forest, desertification.

#### RESUMO

A precipitação é uma variável de forte interferência sobre cobertura vegetal do semiárido, na qual acarreta na dificuldade de classificar o nível da influência do uso e ocupação do solo, além de se tornar um desafio no avanço do conhecimento e precisão da real degradação da vegetação da Caatinga. Uma variável importante para detecção de áreas degradadas e variação natural da cobertura vegetal é o Índice da Área Foliar (IAF). Assim, o objetivo deste estudo foi analisar a dinâmica da vegetação em uma área de Caatinga do Núcleo de Desertificação Cabrobó com o IAF para avaliar os impactos do uso e ocupação do solo e precipitação na cobertura vegetal de áreas degradadas. O IAF foi analisado durante o período de 1985 a 2016 abrangendo as estações seca e chuvosa. Os resultados com IAF e o perfil estratigráfico confirmaram que para este Núcleo de Desertificação há forte correlação (73%) entre vegetação e precipitação, onde 27% da área estiveram relacionados ao uso e ocupação do solo. Assim, é importante ter cautela quanto à inclusão da área em um Núcleo de Desertificação, cujas mudanças encontradas se devem fortemente regeneração natural e não a degradação do ambiente.

**Palavras-Chave:** IAF, sensoriamento remoto, floresta tropical seca, desertificação.

## Introdução

O Domínio da Caatinga está inserido na região semiárida no nordeste do Brasil se estende até norte de Minas Gerais, cuja delimitação é baseada em três critérios: 1. Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm, 2. Índice de Aridez de Thorntwaite igual ou inferior a 0,50 e 3. Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano (Brasil & MIN, 2017). Moro et al. (2016) indicam a presença de diferentes fitofisionomias, sendo associadas a precipitação que afeta diretamente a cobertura vegetal (Brasil & MIN, 2017) evidenciando a caducifolia no período seco (Albuquerque et al., 2012). Demais fatores abióticos como solo e relevo também contribuem de forma significativa para a variação encontrada na vegetação de Caatinga (Pinheiro, Rodal & Alves, 2010).

Em resposta às variáveis descritas, os elementos da vegetação de Caatinga apresentam adaptações morfofisiológicas para sobreviverem ao período de adversidade ambiental (Pennington, Ratter & Lewis, 2006), além de contribuírem para as diferenças na estrutura e composição florística, elevando o grau de endemismo e conservação (Albuquerque et al., 2012).

Embora a Caatinga detenha grande representatividade conservacionista, sua biota é ameaçada através das ações humanas, por meio da remoção da vegetação para pastagem, lenha e agricultura (Souza, Artigas & Lima, 2015), onde a retirada da cobertura vegetal é considerada como fator inicial para a degradação ambiental (Villagra et al., 2013).

Com a degradação do ambiente, a Caatinga se torna susceptível à desertificação (Landim et al., 2011), cujo processo se caracteriza pela degradação da terra em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de vários fatores, dentre eles os climáticos e as ações antrópicas (Galindo et al., 2008). No Nordeste existem seis áreas conhecidas como Núcleos de Desertificação, que são: Gilbués (PI), Iaruçuba (CE), Seridó (RN e PB), Cariris Velhos (PB), Sertão do São Francisco (BA) e Cabrobó (PE), com solos expostos e cobertura vegetal descontínua ou ausente (Perez-Marin et al., 2012). Este último é o único sem apresentar o monitoramento da vegetação, além do uso e ocupação do solo para a avaliação de sua permanência em um núcleo de desertificação.

Os avanços nos estudos, utilizando o sensoriamento remoto no monitoramento de ecossistemas terrestres, são evidentes, tanto na análise das variações na vegetação como na qualidade ambiental dos ecossistemas (Tsalyuk,

Kelly & Getz, 2017). Nestes estudos, o Índice de Área Foliar (IAF) e estatísticas de correlação constituem metodologias principais na obtenção de dados para a caracterização dos ecossistemas (Jensen, 2009). Recentemente, um grupo de pesquisadores tem avançando no desenvolvimento de modelos de IAF que melhor estimem a cobertura vegetal da Caatinga, assim, Galvêncio et al. (2013) calibraram o IAF com equipamento de alta geração e imagens de sensoriamento remoto para a Caatinga.

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi analisar a dinâmica da vegetação em uma área de Caatinga, do Núcleo de Desertificação Cabrobó, para avaliar os impactos da precipitação e o uso e ocupação do solo em áreas degradadas (oficialmente denominadas) da Caatinga.

## Material e Métodos

O estudo foi realizado no município de Carnaubeira da Penha (Figura 1), situado na região do semiárido pernambucano, na mesorregião do Sertão do São Francisco. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (Brasil & MIN, 2017), o município se enquadra nos limites do Núcleo de Desertificação Cabrobó com sede nas coordenadas geográficas de 08°19'20" S e 38°44'39" W.

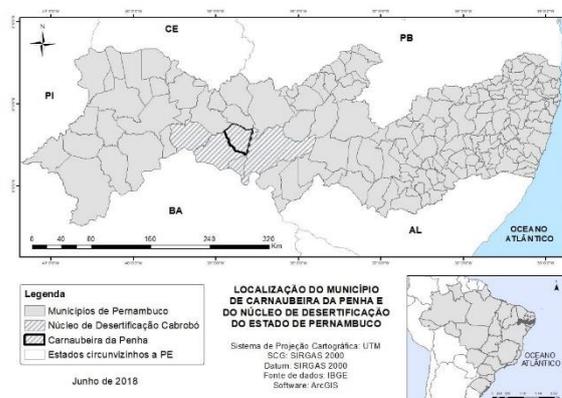


Figura 1. Localização do município de Carnaubeira da Penha no Núcleo de Desertificação Cabrobó, Pernambuco, Brasil. Fonte: Nascimento et al. (2020).

O relevo é predominantemente suave-ondulado, cortada por vales estreitos, com vertentes dissecadas. O clima é do tipo Tropical Semi-Árido, com vegetação de Caatinga com fortes variações na cobertura vegetal entre os períodos seco e chuvoso, onde a caducifolia é intensa e marca o período chuvoso. A precipitação média anual é de 431 mm e enquadra o município no item 1 da nova delimitação do semiárido (Mascarenhas et al., 2005).

Os dados de temperatura e precipitação foram obtidos através do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET e Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC, respectivamente, do período de 1980 a 2016. Posteriormente foi obtido o balanço hídrico pelo o método de Thornthwaite & Mather (1955).

As cenas que serviram de base para a avaliação espaço-temporal do IAF são provenientes dos satélites Landsat 5 e 8 pelos sensores Thematic Mapper (TM) e OLI/TIRS, respectivamente. Os sites utilizados foram o EarthExplorer - <https://earthexplorer.usgs.gov/> e do Instituto de Pesquisas Espaciais-INPE <http://www.inpe.br/>.

A avaliação da sazonalidade, regeneração e cobertura vegetal se deu por meio das imagens de satélites do período seco e chuvoso para série desde a década de 1980 até 2016. As datas para o período chuvoso foram: 14.08.1985, 19.05.1994, 29.12.2000, 05.04.2007 e 23.01.2010 (Landsat5), 24.06.2013, 26.05.2014, 27.04.2015 e 18.07.2016 (Landsat8); para o seco: 18.11.1985, 11.11.1994, 24.09.2000, 27.08.2007 e 06.10.2010 (Landsat5), 30.10.2013, 01.10.2014, 04.10.2015 e 23.11.2016 (Landsat8). Todo o processamento de calibração radiométrica, reflectância e NDVI foi obtido seguindo metodologias consolidadas e publicadas por Chander, Markham, & Helder (2009). O índice de Área Foliar-IAF foi obtido utilizando a equação ajustada para a Caatinga por Galvêncio et al. (2013).

### Índice da Área Foliar-IAF

O Índice de Área Foliar (Equação abaixo) é um indicador da biomassa por unidade de área representada por essa vegetação, onde associado com a fração de radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela vegetação caracterizam o funcionamento do dossel da vegetação e a capacidade de absorção de energia, obtido através da Equação 1, ajustada para a Caatinga (Galvêncio et al., 2013):

$$\ln(LAI) = 1.426 + \left( \frac{-0.542}{NDVI} \right) \quad \text{Eq.(1)}$$

### Uso e ocupação do solo

Para reforçar a existência dos diversos usos e ocupação do solo, além da heterogeneidade da paisagem foi traçado um transecto linear no centro das imagens (Figuras 2 e 3) e criados perfis dos valores de IAF (Figuras 4 e 5).

### Avaliação estatística

Para avaliar a relação entre a precipitação e a cobertura vegetal foi utilizada a correlação linear de Pearson.

### Resultados e Discussão

Foram encontrados na Figura 2 elevados valores de IAF, além de uma forte variabilidade na cobertura vegetal, contudo, apresentou grande expansão em densidade no território estudado. Tal resultado é uma característica peculiar para o Domínio da Caatinga, cuja imagem é correspondente ao período chuvoso, que de forma amplamente aceita, se sabe que a precipitação tem grande influência sobre a vegetação (Albuquerque et al., 2012).

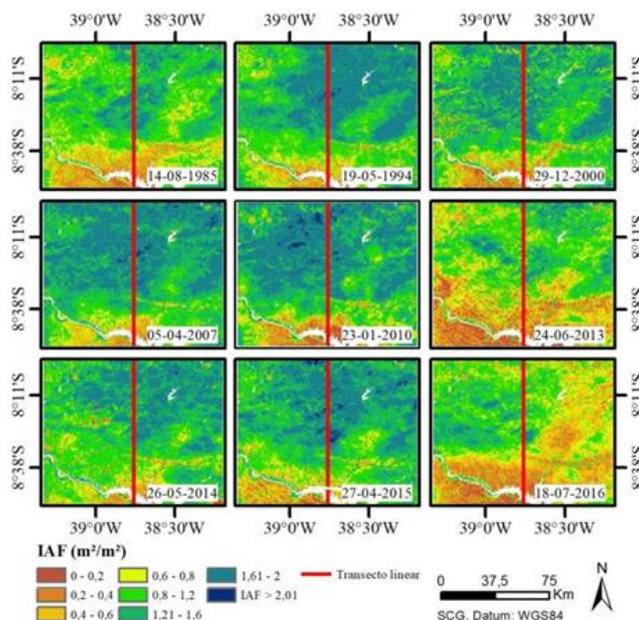


Figura 2. Índice de Área Foliar (IAF) para o período chuvoso em Carnaubeira da Penha, Pernambuco, Brasil. Fonte: Nascimento et al. (2020).

Mesmo a maioria das imagens apresentem IAFs de elevados valores a cobertura vegetal variou desde escassa a densa (Figura 2). Mesmo a área sendo localizada em um Núcleo de Desertificação pode-se verificar que em grande parte do território a cobertura vegetal é densa, indicando aparente estado de conservação. Este achado havia sido encontrado de maneira similar para o município, porém, com o NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) há 10 anos, onde Fehine & Galvêncio (2008) apontaram uma vegetação desenvolvida e preservada. Este indicativo pode demonstrar incerteza da permanência do município em Núcleo de Desertificação que deveria apresentar grandes áreas de solo exposto.

Embora as áreas de solo exposto também tenham sido encontradas, estas estiveram localizadas em menor proporção, fato pouco visto para a Caatinga apontada em processo de degradação ambiental devido à expansão agropecuária que tem início com a retirada da vegetação (Souza, Artigas & Lima, 2015). A agricultura é apontada como maior causadora da redução da vegetação de Caatinga, onde para o Núcleo de Desertificação Seridó gerou diferentes agrupamentos para os fragmentos estudados com

e sem antropização, com base na flora local associada ao IAF (Costa et al., 2009).

As áreas de vegetação mais abertas, ou seja, fitofisionomias mais espaçadas estão relacionadas ao uso e ocupação do solo de forma mais intensa e ocorre nas proximidades do Rio São Francisco. É possível verificar que principalmente nas margens a vegetação é descontínua devido às práticas agropecuárias e retirada de madeira para produção de carvão (Brasil & MMA, 2005), reforçando o estado de degradação em uma pequena porção da área. De acordo com Perez-Marin et al. (2012), a origem do Núcleo de Desertificação Cabrobó se deve tanto aos fatores naturais como clima, temperatura, solo e relevo, como ao uso e ocupação do solo que degrada o ambiente.

A Figura 3, referente ao período seco, mostra evidente a forte mudança da vegetação, com extrema redução da distribuição de sua cobertura, em função da quase ausência da precipitação. Desta forma, fica claro que a precipitação é uma variável importante na distribuição da cobertura vegetal e apresenta uma relação direta na regeneração natural da paisagem (Ferreira, 2014).

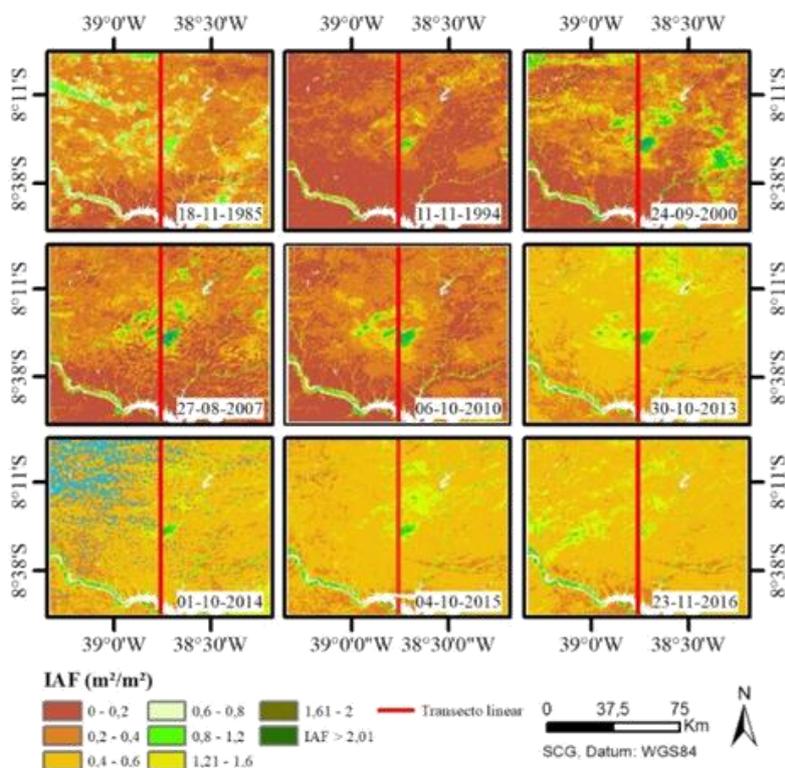


Figura 3. Índice de Área Foliar (IAF) para o período seco em Carnaubeira da Penha, Pernambuco, Brasil. Fonte: Nascimento et al. (2020).

De maneira geral, é notável para o período seco que a redução da cobertura vegetal ainda é maior que aquelas na estação chuvosa. Como

esperado, no período seco a distribuição da vegetação se torna mais reduzida, no qual poucas espécies permanecem com a copa mais evidente,

reforçando o efeito da sazonalidade na Caatinga (Ferreira et al., 2017). Os mesmos autores afirmam que o fenômeno da sazonalidade é característico para o Domínio da Caatinga desde a região agreste onde o clima é mais ameno, mas que a variação meteorológica influencia diretamente a distribuição da vegetação (Galvêncio et al., 2016).

O que poderia ser considerado como efeito do uso e ocupação do solo sobre a vegetação é visto nas imagens da Figura 2 para os anos de 1985, 2013 e 2016, na qual estiveram distintas do padrão encontrado para o período chuvoso com relação à distribuição da cobertura vegetal. Observa-se, entretanto, que nestes anos houve uma redução na biomassa, ou seja,

aparentemente estas áreas estariam passando por remoção da vegetação.

Contudo, através da análise do perfil dessas imagens com base no transecto linear é possível avaliar de maneira mais precisa as sinúscias do ambiente, pois abriga maior sensibilidade por meio do IAF as variações a serem encontradas (Oliveira et al., 2014). De acordo com a Figura 4, observa-se que o perfil está diretamente relacionado com a Figura 2, cuja distribuição da vegetação segue o mesmo padrão, apresentando elevados IAFs desde o extremo norte até a Serra do Arapuá. Após a serra verifica-se a presença de uma cobertura vegetal de menor porte, sendo arbustiva e algumas áreas de solo exposto nas proximidades da margem do Rio São Francisco.

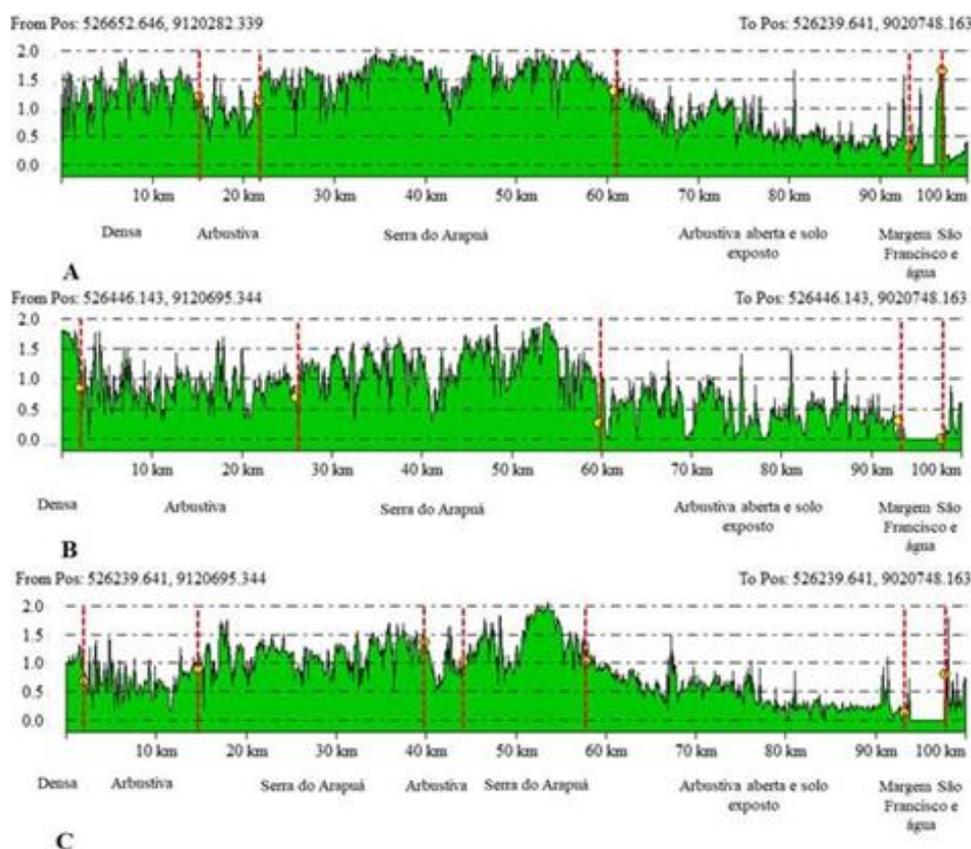


Figura 4. Perfil estratigráfico da vegetação no período chuvoso em Carnaubeira da Penha, Pernambuco, Brasil. A. Ano 1985; B. Ano 2013; C. Ano 2016. Fonte: Nascimento et al. (2020).

O mesmo padrão é visto para o período seco, no qual o perfil demonstra a diminuição dos valores do IAF para os mesmos anos acima destacados Figura 5, visto que a quantidade de chuva é menor e/ou ausente durante este período. O padrão de distribuição da cobertura vegetal encontrado na Figura 3 que representa o mapa de cobertura vegetal para a estação seca é compatível com os perfis estratigráficos da Figura 5, onde os valores de IAF sofreram forte redução com a diminuição de chuva. Chama atenção também,

nesta figura, a ausência da cobertura densa no extremo norte, onde havia uma vegetação com elevados valores do índice. Contudo, a Serra do Arapuá mesmo em menor densidade, permaneceu como sendo o local de maiores valores do IAF.

Desta forma, embora a área apresente um histórico de uso e ocupação do solo, e assim, originou este Núcleo de Desertificação, os perfis confirmam, e pode-se inferir que a cobertura vegetal está relacionada com o efeito da

precipitação e não apenas com o uso e ocupação do solo.

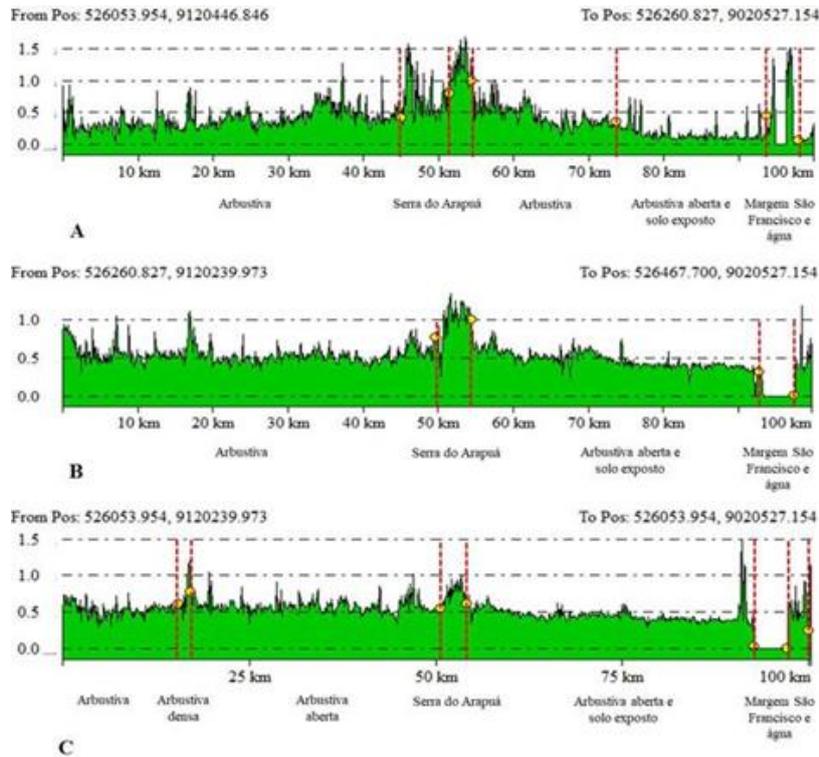


Figura 5. Perfil estratigráfico da vegetação no período seco em Carnaubeira da Penha, Pernambuco, Brasil. A. Ano 1985; B. Ano 2013; C. Ano 2016. Fonte: Nascimento et al. (2020).

Esta permanência da cobertura de maior densidade, que se concentra na Serra do Arapuá, deve-se ao fato de estar situada nas localidades mais altas. É notório que na Caatinga, a maior representatividade de biomassa, quando comparada com seu entorno, se encontra em locais com elevadas altitudes, por acumular um pouco mais de umidade (Galvêncio et al., 2016).

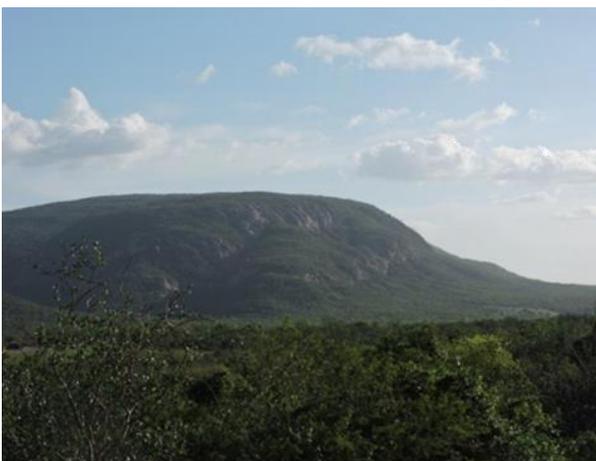


Figura 6. Serra do Arapuá em Carnaubeira da Penha, Pernambuco, Brasil. Fonte: Nascimento et al. (2020).

Além das maiores altitudes, a Serra do Arapuá abriga a cobertura vegetal densa devido também a dificuldade do acesso, e consequentemente ao uso e ocupação deste local ser mais restrito. A acessibilidade é um fator limitante para o desenvolvimento de agricultura de subsistência e todo o impacto ambiental atrelado a esta prática. Este fato é mencionado por Oliveira et al. (2014), quando os autores através de uma análise etnobotânica da Serra do Arapuá, mencionam espécies de Caatinga preservada e que foram encontradas nesta localidade, a agricultura não foi citada para esta localidade.

A evidência da relação entre a precipitação e vegetação por meio do IAF é reforçada através da análise de correlação com valores de  $p = 0,45$  e de  $p = 0,73$  para as estações chuvosa e seca, respectivamente (Tabela 1). Dados como estes reforçam a certeza de que a distribuição da cobertura vegetal na área está ligada à variação da sazonalidade em função da precipitação, ao invés do uso e ocupação do solo, mesmo diante dos impactos das diversas práticas que foram relatados por Perez-Marin et al. (2012) para o Núcleo de Desertificação Cabrobó.

Tabela 1. Dados dos valores do Índice de Área Foliar (IAF), precipitação e correlação de Pearson para a série histórica analisada. Fonte: Nascimento et al. (2020).

Estação	IAF	Precipitação (mm)	Coefficiente de Correlação ( $\rho$ )
Chuvosa	2,11750	67,2	0,45
	2,18776	163,2	
	2,25525	18,3	
	2,37155	417,5	
	2,25281	19	
	1,87873	79,5	
	2,22452	167	
	2,22267	181	
	2,18884	50	
	2,01469	3	
Seca	2,33025	36,2	0,73
	2,13212	18,3	
	1,95034	22,5	
	2,03158	36,9	
	1,89765	6	
	1,88367	4	
	1,89031	0	
	1,87873	0	

Neste sentido, mesmo durante a estação seca as áreas permaneceram com a cobertura vegetal original de Caatinga que apenas estavam em processo de caducifolia, ou seja, perda das folhas como adaptação ao estresse hídrico, e conseqüentemente, menor captação da biomassa (Ferreira, 2014). O balanço hídrico da região também contribuiu para manutenção e regeneração natural da vegetação, onde a precipitação foi bem distribuída ao longo dos meses chuvosos, e desta forma, a água se manteve

no solo conservando a vegetação durante a estação seca. Este processo é comum para a Caatinga, uma vez que a água acumulada no solo exerce influência direta na cobertura vegetal e biodiversidade local (Pinheiro, Rodal & Alves, 2010). Este padrão foi constatado por Galvêncio & França (2014), que mesmo no período seco houve a presença significativa da cobertura vegetal em função do balanço hídrico local, como observado na Tabela 2.

Tabela 2 Distribuição da precipitação mensal (mm) e total (mm) para série histórica analisada de 1985 até 2016. - = sem dados de precipitação. Fonte: Nascimento et al. (2020).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1985	198,9	61,7	153,9	458,7	29	46	21,2	5,2	0	0	85,4	127	1187
1994	0	181,2	145,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	326,6
2000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2007	0	344,5	73	5	95	17,5	5	2,5	0	0	7,5	0	550
2010	96	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	216
2013	0	0	4	57,5	22	0	12	6	0	0	35	158	294
2014	3	90	83	84	41	7	29,5	4	0	0	124	14	479,5
2015	0	34	147	47	121	25	50	0	0	0	0	28	452
2016	266	53	70	0	50	0	0	0	0	0	0	0	439

Em escala mais ampla, os demais ecossistemas savânicos como na África e Cerrado brasileiro com heterogeneidade fitofisionômica, também seguiram o padrão de distribuição do IAF para ambientes florestados, ou seja, com dossel fechado (Tsalyuk, Kelly & Getz, 2017). No Cerrado, Hoffmann et al. (2005) encontraram associação dos elevados valores do IAF para o

Cerradão, sendo uma variação fitofisionômica do Cerrado com vegetação de porte elevado. Este resultado, mesmo em um ecossistema distinto do estudado, implica afirmar que para Carnaubeira da Penha de fato o IAF de maior valor é correspondente as áreas com vegetação de maior porte e natural.

Para as savanas africanas localizadas no semiárido ao norte da Namíbia as variações encontradas na vegetação com base no IAF também estiveram relacionadas ao padrão de distribuição da precipitação, bem como as variações na estratificação da vegetação (Tsalyuk, Kelly & Getz, 2017). Demonstrando que os resultados encontrados para outros ecossistemas secos do mundo apontam que o IAF é o índice que melhor mostra a densidade da vegetação, e reforça sua utilização como um mecanismo para avaliar com precisão a cobertura vegetal da Caatinga (Galvêncio et al., 2013). Entretanto, assim como Tsalyuk, Kelly & Getz (2017), sugerimos que a realização de amostragem significativa em campo seja necessária para a validação precisa do IAF.

Além da precipitação e sua irregularidade, outro fator determinante para a formação da vegetação de Caatinga é a temperatura (Galvêncio

et al., 2016). Quanto mais são elevadas as temperaturas, maiores são as taxas de evaporação das plantas, e consequentemente, a deciduidade que se torna evidente no período seco (Porembski et al., 1998).

A associação desses fatores contribui no desenvolvimento do porte das plantas, e assim, as estratificações como encontrado na Savana africana por Tsalyuk et al. (2017) e Caatinga por Galvêncio et al. (2016). Carnaubeira da Penha tem índices históricos de elevadas temperaturas mesmo no período chuvoso (Figura 7), porém, segue o padrão da Caatinga com duas estações bem definidas. O período seco praticamente não ocorreu precipitação, apenas os meses de novembro de 1985 e agosto de 2007 foram registrados dados de chuvas na área, mas com valores extremamente baixos de 3.6 mm e 2.5 mm, respectivamente (Figura 7).

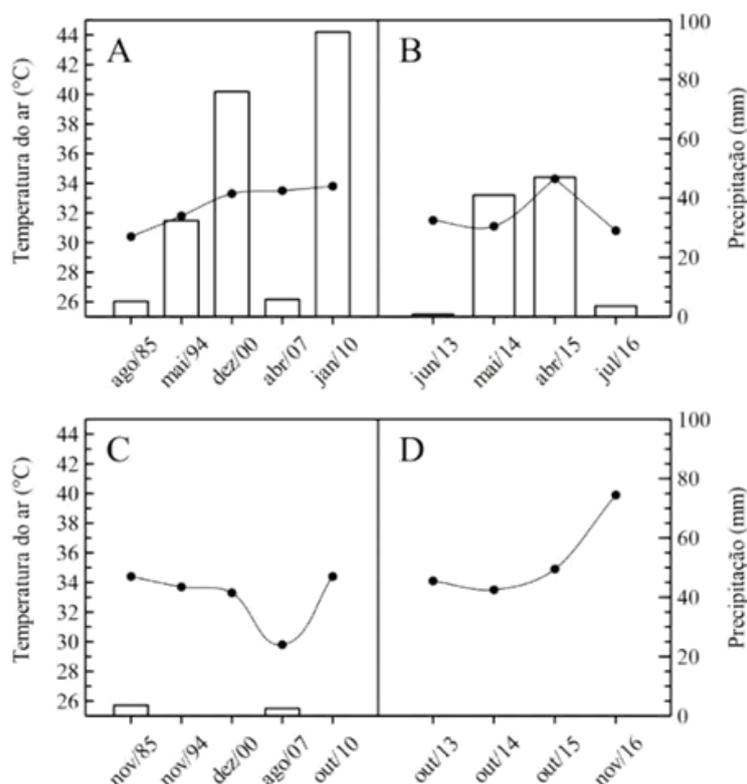


Figura 7. Multigráfico com a precipitação e temperatura para os meses e anos das imagens. Fonte: Pinheiro et al. (2020).

Diante do exposto, os dados obtidos reforçam ainda mais a certeza de que a área de Carnaubeira da Penha apresenta vegetação que se regenera naturalmente em função da variabilidade meteorológica (temperatura e precipitação), e não apresenta associação da mudança vegetacional com o uso e ocupação do solo de forma mais intensa. Portanto, talvez, não se deva enquadrar como pertencente ao NDC. É fato que os elementos abióticos de temperatura e precipitação,

quando somados as práticas destrutivas do homem, são causadores de sérias transformações negativas no ambiente (Galvêncio et al., 2016), entretanto, mesmo diante de todos os fatores, a mudança na vegetação claramente está relacionada aos elementos acima citados, e não a antropização.

Dentro desta perspectiva de antropização o Ministério do Meio Ambiente (Brasil & MMA, 2005) classifica o município como pertencente ao

NDC pelo fato de apresentar, entre outros fatores, uma vegetação depauperada, escassa e fortemente antropizada para fins agropecuários, extração de lenha para fabricação de carvão, etc. Este indicativo é encontrado por Sampaio et al. (2003) e Perez-Marin et al. (2012), que elenca como primeiro fator da degradação ambiental os impactos relacionados à remoção da vegetação de Caatinga. Em uma escala mundial, o processo de desertificação estava sendo discutido por Matallo-Jr. (2001), onde também foi indicado o avanço da retirada da vegetação como percussor no processo de desertificação. Mesmo dentre diversas maneiras de se avaliar o processo de degradação, a baixa cobertura vegetal, como dito por Perez-Marin et al. (2012), ainda é considerado como o indicador mais aceito para desencadear o processo de desertificação (Soares et al., 2011).

Seguindo esta premissa, consideramos que, para a avaliação de áreas degradadas, algumas plantas podem ser bioindicadoras de antropização e, assim, são elementos imprescindíveis para análise de degradação ambiental (Holanda et al., 2015). Áreas com fortes indícios de degradação, provocados pelo uso e ocupação do solo, apresentam uma composição florística de baixa diversidade, como é o caso do Núcleo de Desertificação dos Cariris Velhos, comprovado por Souza, Artigas & Lima (2015).

### Conclusão

A análise do uso e ocupação do solo através do sensoriamento remoto demonstrou a eficácia em avaliar o nível de regeneração natural da vegetação e relacionar aos fatores que exercem maior influência sobre a vegetação. As variações meteorológicas, como temperatura e precipitação, em geral, são as principais variáveis que influenciaram na dinâmica da cobertura vegetal da Caatinga para o município estudado. Assim, recomenda-se cautela em afirmar que uma área está em processo de desertificação quando na verdade há uma grande possibilidade de serem mudanças naturais.

O monitoramento dessas áreas é de fundamental importância para que se possa afirmar, com precisão, a condição de degradação na qual se encontram as áreas em processo de regeneração ou desertificação. Fazem-se necessários estudos que associem os diferentes produtos de sensoriamento remoto com os dados de campo e de monitoramento climático. Em campo, a estrutura da vegetação é uma informação de grande importância para avaliar, com maior precisão, se a área, de fato, se encontra em processo de degradação ambiental e, com essas

informações, sugerir a inclusão em um núcleo de desertificação.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) pelo apoio técnico e científico e à Fundação de Amparo a Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE) pela bolsa de estudo para o desenvolvimento da pesquisa (Processo N° IBPG-0073-9.25/16).

### Referências

- Albuquerque, U. P. de; Araújo, E. de L.; El-Deir, A. C. A., Lima; A. L. A. de; Souto, A.; Bezerra, B. M.; Ferraz, E. M. N.; Freire, E. M. X.; Sampaio, E. V. de S. B.; Las-Casas, F. M. G.; Moura, G. J. B. de; Pereira, G. A.; Melo, J. G. de; Ramos, M. A.; Rodal, M. J. N.; Schiel, N.; Lyra-Neves, R. M. de; Alves, R. R. N.; Azevedo-Júnior, S. M. de; Telino-Júnior, W. R.; & Severi, W. 2012. Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. *Sci. World J.* 2012, 1–18. <https://doi.org/10.1100/2012/205182>
- Brasil; MIN. 2017. Nova Delimitação do Semi-Árido Brasileiro, 2nd ed. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de políticas de desenvolvimento regional, Brasília, DF.
- Brasil; MMA. 2005. Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca PAN-Brasil, 1st ed. Ministério do Meio Ambiente, Brasília.
- Chander, G.; Markham, B. L.; Helder, D. L. 2009. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. *Remote Sens. Environ.* 113, 893-903. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.01.007>
- Costa, T. C. e C. da; Oliveira, M. A. J. de; Accioly, L. J. de O.; Silva, F. H. B. B. da. 2009. Análise da degradação da caatinga no núcleo de desertificação do Seridó (RN/PB). *Rev. Bras. Eng. Agríc. e Ambient.*, 13, 961-974. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662009000700020>
- Fechine, J. A. L.; Galvêncio, J. D. 2008. Índice de vegetação por diferença normalizada das cidades de Salgueiro, Mirandiba, Carnaubeira da Penha e Floresta – localizadas no Semi-Árido pernambucano. *Rev. Geográfica Acadêmica*, 2, (3), 60-67.
- Ferreira, P. dos S. 2014. Cenário de suscetibilidade à desertificação na bacia hidrográfica do rio Pajeú–Estado de Pernambuco. *Sci. Plena*, 10, 1-11.

- Ferreira, P. dos S.; Santos, A. M. dos; Ferreira, J. M. S. Ferreira, H. dos S.; Galvêncio, J. D. 2017. Análise da suscetibilidade a desertificação na bacia hidrográfica do rio pontal-Pernambuco-Brasil. *Investig. Geográficas*, 37-50. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.2017.43270>
- Galindo, I. C. de L.; Ribeiro, M. R.; Santos, M. de F. de A. V.; Lima, J. F. W. F.; Ferreira, R. F. de A. e L. 2008. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, PE. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 32, 1283-1296. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832008000300036>
- Galvêncio, J. D.; França, L. M. de A. 2014. Impact of the hydric reposition in soil on the agriculture in Semi Arid Region. *J. Hyperspectral Remote Sens.*, 4, 134-152. <https://doi.org/10.5935/2237-2202.20140002>
- Galvêncio, J. D.; Moura, M. S. B. de; Silva, T. G. F. da; Silva, B. B. da; Naue, C. R. 2013. LAI Improved to Dry Forest in Semiarid of the Brazil. *Int. J. Remote Sens. Appl.* 3, (4), 193-202. <https://doi.org/10.14355/ijrsa.2013.0304.04>
- Galvêncio, J. D.; Pereira, J. A. dos S.; França, L. M. de A.; Lins, T. M. P. 2016. Analysis of vegetation variation of dry and rainy periods through SAVI and surface reflectance in Belo Jardim-PE municipality. *REDE Rev. Eletrônica PRODEMA*, 10, 133-146. <https://doi.org/10.22411/rede2016.1002.10>
- Hoffmann, W. A.; Silva, E. R. da; Machado, G. C.; Bucci, S. J.; Scholz, F. G.; Goldstein, G.; Meinzer, F. C. 2005. Seasonal leaf dynamics across a tree density gradient in a Brazilian savanna. *Oecologia*, 145, 306-315. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0129-x>
- Holanda, A. C. D.; Lima, F. T. D.; Silva, B. M.; Dourado, R. G.; Alves, A. R. 2015. Estrutura da vegetação em remanescentes de Caatinga com diferentes históricos de perturbação em Cajazeirinhas (PB). *Rev. Caatinga*, 28, 142-150. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n416rc>
- Jensen, J. R. 2009. Sensoriamento Remoto da Vegetação. In: Jensen, J. R.; Epiphanyo, J. C. N. (org.). *Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres*. Parêntese, pp.357-410.
- Landim, R. B. T. V.; Da Silva, D. F.; de Carvalho Almeida, H. R. R. 2011. Desertificação em Irauçuba (CE): Investigação de Possíveis Causas Climáticas e Antrópicas (Desertification in Irauçuba (CE): Investigation of Possibles Causes Climate and Anthropogenic). *Rev. Bras. Geogr. Física*, 4, 1-21. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i1.232681>
- Mascarenhas, J. de C.; Beltrão, B. A.; Miranda, J. L. F. de; Junior, L. C. de S.; Galvão, M. J. da T. G.; Pereira, S. N. 2005. Diagnóstico do município de Carnaubeira da Penha, 1st ed. CPRM/PRODEEM, Recife/PE.
- Matallo Jr., H. 2001. Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas, 1st ed. UNESCO, Representação no Brasil, Brasília, DF.
- Moro, M. F.; Lughadha, E. N.; Araújo, F. S. de; Martins, F. R. 2016. A Phytogeographical Metaanalysis of the Semiarid Caatinga Domain in Brazil. *Bot. Rev.*, 82, 91-148. <https://doi.org/10.1007/s12229-016-9164-z>
- Oliveira, E. G. da S.; Silva, E.; Oliveira, F. G. da S. 2014. A Ciência dos indígenas Pankará na Serra do Arapuá: uso dos recursos naturais na terapêutica e ritualística. *Opará Etnicidades Mov. Sociais e Educ.*, 2, 19-35.
- Pennington, R. T.; Ratter, J. A.; Lewis, G. P. 2006. An overview of the plant diversity, biogeography and conservation of Neotropical Savannas and seasonally dry forests. In: Pennington, R. T.; Ratter, J. A.; Lewis, G. P. [eds.]. *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography, and Conservation*. CRC Press, Boca Raton, Fla, pp. 1-29.
- Perez-Marin, A. M.; Cavalcante, A. de M. B.; Medeiros, S. S. de; Tinôco, L. B. de M.; Salcedo, I. H. 2012. Núcleos de desertificação do semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? *Parcer. Estratégicas*, 17, 87-106.
- Pinheiro, K.; Rodal, M.; Alves, M. 2010. Floristic composition of different soil types in a semi-arid region of Brazil. *Rev. Caatinga*, 23, 68-77.
- Porembski, S.; Martinelli, G.; Ohlemuller, R.; Barthlott, W. 1998. Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in the Brazilian Atlantic rainforest. *Divers. Distrib.* 4, 107-119. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.1998.00013.x>
- Sampaio, E. V. S. B.; Sampaio, Y.; Vital, T.; Araújo, M. S. B.; Sampaio, G. R. 2003. Desertificação no Brasil: conceitos, núcleos e tecnologias de recuperação e convivência, 1st ed. Editora Universitária da UFPE, Recife/PE.
- Soares, D. B.; Nóbrega, R. S.; Mota Filho, F. D. O. 2011. Sobre o Processo de Desertificação

- (About the Desertification Process). Rev. Bras. Geogr. Física, 4, 174-188. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i1.232699>
- Souza, B. I.; Artigas, R. C.; Lima, E. R. V. de. 2015. The Caatinga and desertification. Mercator, 14, 131-150. <https://doi.org/10.4215/rm2015.1401.0009>
- Thornthwaite, C. W.; Maher, J. R. 1955. The water balance, 1st ed, Publications in Climatology, 1. Drexel Institute of 369 Technology - Laboratory of Climatology, Centerton, NJ.
- Tsalyuk, M.; Kelly, M.; Getz, W. M. 2017. Improving the prediction of African savanna vegetation variables using time series of MODIS products. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens., 131, 77-91. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.07.012>
- Villagra, P. E.; Meglioli, P. A.; Pugnaire, F. I.; Vidal, B.; Aranibar, J.; Jobbágy, E. 2013. Regulación de La Partición Del Agua En Zonas Áridas y Sus Consecuencias En La Productividad Del Ecosistema y Disponibilidad de Agua Para Los Habitantes. In: Lara, A.; Laterra, P.; Manson, R.; Barrantes, G. [eds.]. Servicios Ecosistémicos Hídricos: Estudios de Caso En América Latina y El Caribe. Red ProAgua, Valdivia, Chile, pp. 111-125.