

SECA, DESERTIFICAÇÃO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS



Cursos
climainfo

SECA, DESERTIFICAÇÃO E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

SUMÁRIO

1 Introdução

2 O processo de desertificação no Brasil e sua relação com as mudanças climáticas

2.1 O que é a desertificação no Brasil?

2.2 O que são Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD's)?

2.3 Nova delimitação do Semiárido brasileiro (dezembro de 2021)

3 As principais causas do processo de degradação das terras secas

3.1 Uso intensivo do solo

3.2 Sobrepastoreio

3.3 Desmatamento

3.4 Irrigação

4 Degradação das terras na bacia do rio São Francisco e no Matopiba

5 As grandes secas como fator agravante da desertificação

5.1 Impactos de secas repetidas na resiliência da Caatinga e aumento da degradação das terras

5.2 Adaptação às secas e às mudanças climáticas para conter a desertificação

5.2.1 Conservação da biodiversidade da Caatinga

5.2.2 Recuperação de áreas degradadas

5.3 Núcleos de desertificação do Semiárido brasileiro

5.4 Histórico do uso da terra de cada núcleo de desertificação do Semiárido brasileiro

6 Mapeamento da desertificação a partir de dados de satélites

7 Mapeamento das áreas prioritárias para conservação da avifauna da Caatinga

10 Referências

1. Introdução

“Asa-Branca” é uma das músicas mais conhecidas no Brasil, de autoria de Luiz Gonzaga e Humberto Teixeira, composta em 1947. A música retrata um cenário de intensa seca, altas temperaturas, perda da produtividade das terras e migração, no Semiárido brasileiro. A seguir, destacamos alguns trechos:

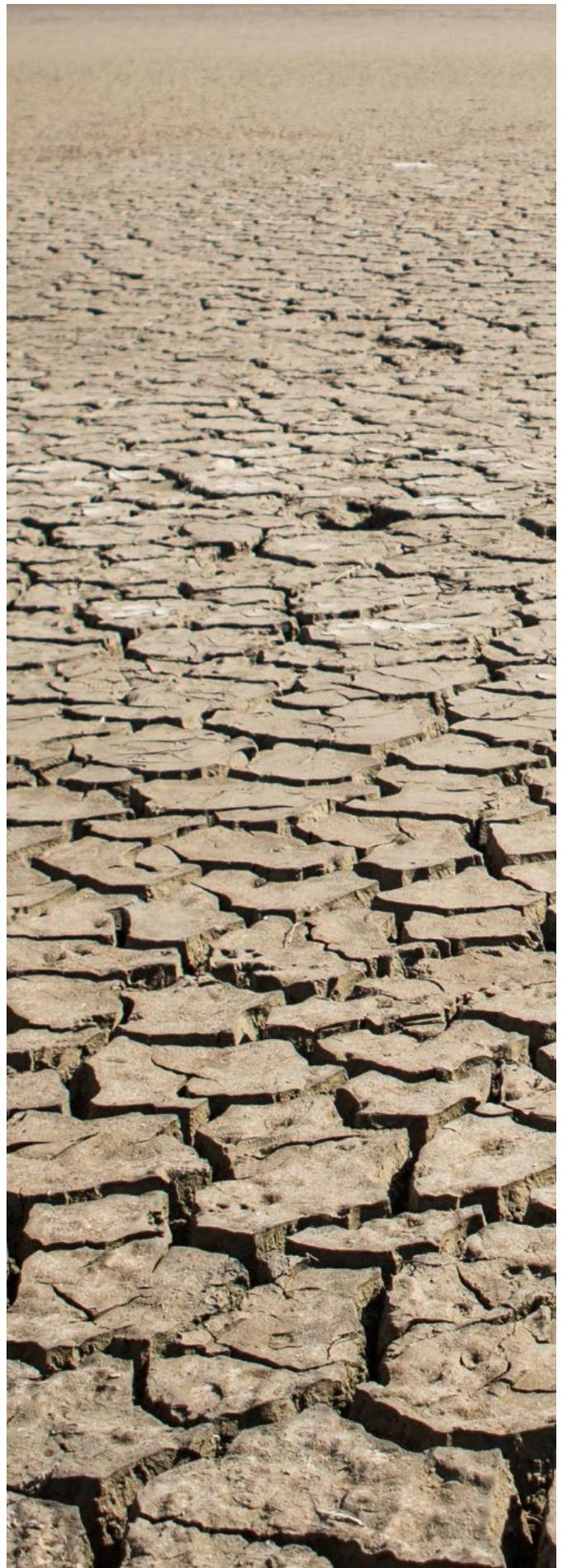
**“Quando olhei a terra ardendo
Qual fogueira de São João [...]**

**Que braseiro, que fornalha
Nem um pé de plantação
Por falta d’água perdi meu gado
Morreu de sede meu alazão [...]**

**Inté mesmo a asa branca
Bateu asas do sertão”.¹**

A atualidade dessa canção ainda permanece nos dias atuais. É uma importante fonte histórica, que retrata detalhes de um dos problemas ambientais mais graves da região: a desertificação.

¹Fonte: <https://www.lettras.mus.br/luiz-gonzaga/47081/>



2. O processo de desertificação no Brasil e sua relação com as mudanças climáticas

2.1 O que é a desertificação no Brasil?

A desertificação é a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de um conjunto de fatores naturais e antrópicos, que incluem as variações climáticas e atividades humanas. A definição é do Relatório Especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), publicado em 2019, que teve como tema a mudança do clima, a degradação das terras e a desertificação.

A degradação refere-se à perda da produtividade biológica ou econômica da terra, resultando na deterioração das propriedades físicas, biológicas e/ou econômicas do solo, bem como na perda de longo prazo da vegetação natural².

Nos anos 1970, ocorreu o despertar científico para a gravidade do problema em nível global. Desde então, o interesse político e internacional sobre a desertificação tem aumentado, especialmente sobre ecossistemas áridos, semiáridos e subúmidos secos. Essas áreas exercem um papel significativo na produção de alimentos e no desenvolvimento social das comunidades.

A degradação do solo que ocorre em ecossistemas áridos, semiáridos e subúmidos é frequentemente referida como desertificação. A desertificação pode ser definida simplesmente como “a construção de desertos” ou “a produção de condições desérticas”.

No entanto, a Organização das Nações Unidas (ONU) deu a primeira definição abrangente do termo desertificação em 1977, levando em consideração os impactos econômicos do processo. Definiu desertificação como “a diminuição ou destruição do potencial biológico da terra, que pode levar, em última análise, a áreas desérticas”³.

A definição inicial foi modificada em 1994, quando a desertificação foi considerada como a “degradação da terra em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de atividades humanas e variação climática”, incluindo os efeitos humanos sobre a variação climática, além da perda econômica⁴ – descrição amplamente utilizada, desde então, em estudos sobre desertificação, ao redor do mundo, fornecendo diferentes escopos sobre como estimar, analisar, modelar e medir desertificação. Levando em considerando essas definições, adotamos a definição de desertificação como a “degradação da terra em áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultantes de atividades humanas e variações climáticas, que podem levar a condições desérticas”⁵.

Em 1977, a Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação, realizada em Nairóbi, Quênia-África, foi o primeiro fórum internacional que chamou atenção para o perigo do crescente risco de desertificação, em territórios de vários países, incluindo a região semiárida do Brasil.

O engenheiro agrônomo João Vasconcelos Sobrinho, pioneiro neste estudo no Brasil, representou o país no evento. O estudioso foi responsável por formular a categoria “núcleos de desertificação”, identificando a existência de seis áreas desertificadas, no então chamado “Polígono das Secas”. São eles: Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (RN/PB), Cabrobó (PE), Cariris Velhos (PB) e Sertão do São Francisco (BA).

Segundo Vasconcelos Sobrinho (1978), a desertificação é condicionada pela intervenção do clima, dos solos, da flora, da fauna e do ser humano. O processo ocorre devido à fragilidade dos ecossistemas das terras secas em geral que, em decorrência da pressão excessiva exercida pelas populações humanas e pela fauna nativa, perdem sua produtividade e a capacidade de se recuperar.

²UNITED NATIONS, 1994

³UNITED NATIONS, 1977

⁴UNITED NATIONS, 1994

⁵BURITI, BARBOSA, 2021

2.2 O que são Áreas Suscetíveis à Desertificação?

A Convenção das Nações Unidas para Combate à Desertificação (UNCCD) incluiu como áreas suscetíveis à desertificação (ASD's) todas as regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas do Planeta.

Como o Brasil não possui áreas com clima árido, o Atlas das Áreas Suscetíveis à Desertificação do Brasil⁶ considerou as áreas com clima semiárido e subúmido seco, além de também incluir suas áreas de entorno, como propensas à desertificação.

As áreas do entorno foram agregadas ao mapa das ASD's para incluírem municípios com características similares às áreas semiáridas e subúmidas secas, com elevado risco de ocorrência de secas e enclaves de caatinga, vegetação típica do Semiárido brasileiro.

Para classificar as áreas brasileiras suscetíveis à desertificação foi adotado o Índice de Aridez, seguindo as diretrizes da UNCCD.

Esse indicador é calculado pela razão entre a precipitação pluviométrica (chuva) e a evapotranspiração.

No Brasil, de acordo com Atlas⁷, as ASD's compreendiam cerca de 1.340.863 km² (16% do território brasileiro), abrangendo 1.488 municípios, incluindo territórios dos nove estados do Nordeste, e de dois estados do Sudeste (parte de Minas Gerais e do Espírito Santo). Mais de 30 milhões de pessoas (17% da população brasileira) são atingidas pelo processo. Os estados de Ceará e Pernambuco são os mais afetados pelo problema, sendo que a Paraíba, proporcionalmente, apresenta-se com a maior extensão de área comprometida, alcançando mais de 70% do seu território.

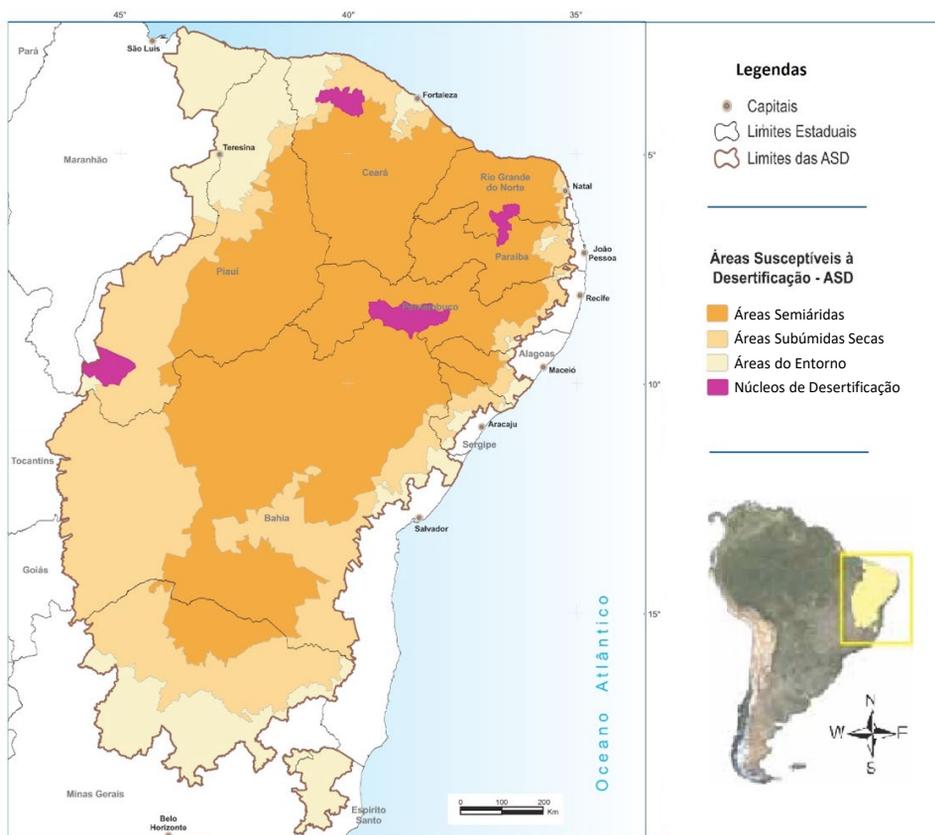
As ASD's são áreas que podem se tornar desertos, caso aumente o nível de degradação das suas terras, ao longo do tempo. Para evitar que isso aconteça, é necessário promover o uso ordenado da terra, respeitando sua capacidade de suporte e a vulnerabilidade de cada ecossistema.

⁶MMA, 2007

⁷MMA, 2007

Áreas suscetíveis à desertificação no Brasil

Fonte: PAN-Brasil (MMA, 2005)



2.3 Nova delimitação do Semiárido brasileiro (dezembro de 2021)

Toda a região do Semiárido brasileiro integra as áreas consideradas suscetíveis ao processo de desertificação. Uma delimitação das fronteiras da região semiárida passa por mudanças periódicas. Por consequência, altera também as áreas consideradas propensas à desertificação no país. Inclusive, em dezembro de 2021, o mapa passou por mais uma mudança, por meio da Resolução Sudene nº 150, que alterou a lista dos municípios integrantes da região.

Com essa atualização, foram incluídos 215 novos municípios, passando para um total de 1.427 localidades integrantes da região. Além do acréscimo dos novos municípios, a revisão também inclui um total de 50 municípios do mapa, com base nos critérios técnico-científicos adotados. A resolução anterior era de 2017 e incluía apenas 1.262 municípios no Semiárido brasileiro.

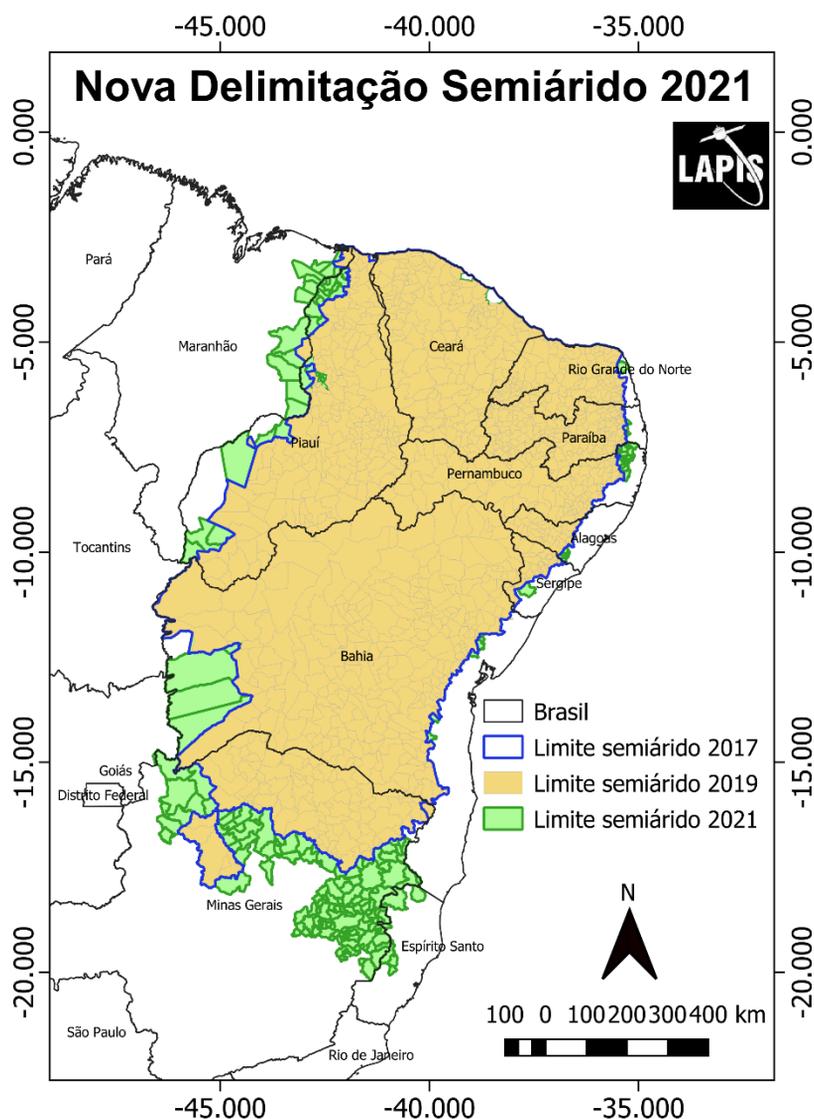
Nas tabelas seguintes, destacamos os dados atualizados do novo Semiárido (2021), em comparação com a delimitação anterior (2017):

Nova delimitação do Semiárido (dezembro de 2021)		
Municípios	Área (em km ²)	População (2021)
1.427	1.322.680,27	31,7 milhões

UF	Semiárido 2017	Semiárido 2021			Total
		Remanescentes	Inseridos	Incluídos	
AL	38	34	4	4	38
BA	278	274	9	4	283
CE	175	171	0	4	171
ES	0	0	6	0	6
MA	2	2	14	0	16
MG	91	83	126	8	209
PB	194	184	4	10	188
PE	123	118	19	5	137
PI	185	184	31	1	215
RN	147	140	1	7	141
SE	29	22	1	7	23
TOTAL	1262	1212	215	50	1427

Mapa da nova delimitação do Semiárido brasileiro (2021)

Fonte: LAPIS



Baixe o Shapefile para construir mapas com a nova delimitação do Semiárido brasileiro (2021): <https://mapadamina.org.br/shapefile>

A inclusão dos municípios integrantes do Semiárido brasileiro segue critérios específicos, do ponto de vista técnico e científico. Os critérios utilizados para atualizar a delimitação foram estabelecidos em 2005 e permanecem os mesmos até hoje. São eles: 1) média de precipitação anual abaixo de 800 mm; 2) índice de aridez alto, calculado pelo balanço hídrico, que relaciona precipitação e evapotranspiração potencial; 3) risco de seca maior que 60%; e 4) continuidade territorial.

De acordo com o Livro "Um século de secas"⁸, o primeiro mapa da atual região semiárida do Brasil foi definido em 1936, quando foi delimitado o antigo "Polígono das Secas", dando início às primeiras políticas sistemáticas de adaptação à seca. O termo "Polígono das Secas" deixou de ser utilizado desde 1989, quando foi instituída a região do Semiárido brasileiro, pela Lei Federal nº 7.827, de 27 de setembro de 1989.

⁸BURITI, BARBOSA, 2018

3. As principais causas do processo de degradação das terras secas

A desertificação ocorre em razão da crescente deterioração dos recursos naturais, em ecossistemas de terras secas, que culmina na degradação grave ou muito grave dos solos.

Os solos do Semiárido brasileiro são altamente suscetíveis à desertificação. Essa condição ocorre não por se tratarem de solos pobres, mas por ainda serem jovens e pouco profundos. Em razão dessas características, quando submetidos às constantes ações de degradação natural e antrópica, os solos da região têm sua matéria orgânica comprometida.

A população das áreas secas, em grande parte, é responsável pela desertificação. Em cada período histórico, atividades econômicas exercidas por grupos sociais específicos, levam à modificação de cobertura, uso e ocupação do solo.

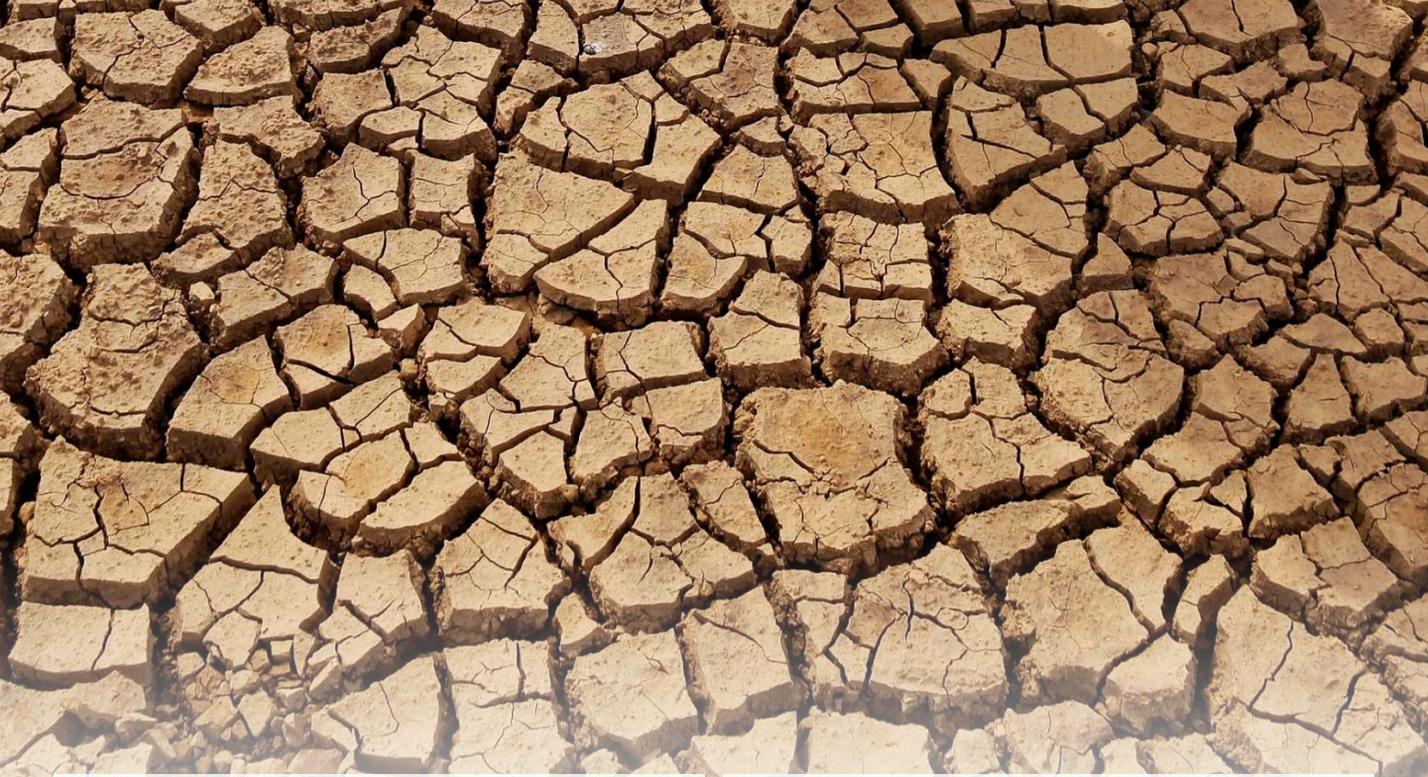
A principal diferença entre os conceitos de "uso", "cobertura" e "ocupação" da terra é que o uso da terra move a sua cobertura de um estado natural para um estado ocupado.

A forma como é feito o uso da terra determina se o ambiente é sustentável ou degradado. As mudanças climáticas exacerbam muitos processos de degradação da terra, o que torna o processo de desertificação ainda mais grave.

Diante do papel central que a ação humana exerce sobre o aumento das áreas em processo de desertificação, é necessário identificar as atividades antrópicas que aumentam a degradação dos ecossistemas. São ações que aceleram o processo de deterioração das terras, nas ASD's do Brasil.

Os quatro principais tipos de atividades humanas que aumentam a degradação dos solos, o principal motor da desertificação, são os seguintes:





3.1 Uso intensivo do solo

A principal atividade econômica do Semiárido brasileiro é a agropecuária. A exploração intensiva do solo para a agricultura leva à perda da matéria orgânica, limitando a capacidade de recuperação dos seus nutrientes.

Essa utilização excessiva empobrece os solos, em razão de reduzir o tempo de pousio ou descanso, necessário para recuperar a fertilidade dos solos e manter a produtividade das terras⁹. De acordo com o Censo Agropecuário do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística¹⁰, do total de estabelecimentos rurais agropecuários da região, cerca de 80% são caracterizados como de agricultura familiar de pequeno porte¹¹. Muitas vezes, essas práticas agrícolas são feitas sem o manejo adequado do solo e sem a orientação técnica necessária, aumentando a degradação das terras.

O constante desmatamento da Caatinga, para ocupação dos solos pela agropecuária, provoca intensos impactos nas florestas secas, reduzindo grande parte da sua diversidade biológica. A maioria das espécies de plantas da Caatinga perde suas folhas para resistir à seca. Essa característica, associada à remoção total ou parcial da cobertura vegetal, deixa o solo descoberto. Com isso, os solos ficam expostos aos processos erosivos, acelerando o processo de desertificação.

3.2 Sobrepastoreio

O uso e a ocupação dos solos do Semiárido brasileiro geralmente são inadequados à sua capacidade de suporte, interferindo profundamente na sua formação e em suas propriedades. Além das práticas agrícolas, a pecuária extensiva é outro fator que intensifica a degradação dos solos, acelerando os processos erosivos. As práticas de pastejo de animais de grande porte, como o gado bovino, e/ou a presença de uma superpopulação de animais, em uma área restrita, aumentam a vulnerabilidade dos ecossistemas à deterioração das terras¹². Em razão da compactação do solo, o pisoteio dos animais é um dos principais fatores da desertificação. A pecuária tem provocado uma série de danos ambientais no Semiárido brasileiro, em áreas que já apresentam algum nível de degradação e com maior risco de secas.

⁹SÁ, 2007

¹⁰IBGE, 2017

¹¹SILVA et. al., 2020

¹²BURITI, BARBOSA, 2018

3.3 Desmatamento

A forma de uso e ocupação das terras está diretamente relacionada com sua degradação. Atividades extrativistas, como a remoção da cobertura vegetal de proteção do solo da Caatinga, causam a erosão (grandes sulcos abertos no solo), porta de entrada para a desertificação. Com o desmatamento, os solos, ainda jovens e rasos do Semiárido brasileiro, ficam expostos. A remoção da terra, de forma natural ou pela ação humana, compromete a integridade dos solos. As mudanças climáticas pioram esse processo de degradação.

Cerca de 30% da energia consumida pelos setores industrial/comercial e domicílios do Nordeste é oriunda da biomassa florestal da Caatinga. Esse dado corresponde a cerca de um terço da demanda energética da região, sendo atendida pela produção de lenha e carvão. A extração da vegetação nativa representa a segunda principal fonte energética da região, com tendência crescente¹³.

A lenha utilizada como fonte de energia para produção industrial, como nas fábricas cerâmicas do Semiárido brasileiro, normalmente é explorada de forma intensiva, sem o manejo florestal adequado e sem tempo suficiente para regeneração das espécies¹⁴. A extração de madeira nativa da Caatinga, para abastecimento de indústrias cerâmicas da região, é uma das principais causas da desertificação.

Um problema agravante é que o desmatamento da Caatinga, para obtenção de lenha e carvão, geralmente é associado à extração do solo, para as fábricas cerâmicas, a exemplo dos polos produtores de telhas, instalados na região do Seridó potiguar. Trata-se de uma atividade produtiva de grande impacto ambiental na Caatinga. As fornalhas que alimentam a queima do produto usam grande volume de lenha, extraída da Caatinga, além do uso de água e argila, levando ao esgotamento dos recursos naturais da área.

O desmatamento da Caatinga, para produção de lenha e carvão, é insustentável no longo prazo, por reduzir sistematicamente a cobertura florestal e aumentar o risco de desertificação. Essa forma de exploração da Caatinga deve obedecer a um plano de manejo florestal sustentável, por meio da adoção de técnicas simples, consideradas social, econômica e ambientalmente viáveis. O manejo sustentável da Caatinga permite a obtenção legal e continuada dos produtos e serviços da floresta, respeitando-se a capacidade de suporte desses ecossistemas¹⁵.

O manejo dos recursos florestais nativos aumenta a resiliência da Caatinga, porque a regeneração natural predominante é por meio da rebrota de tocos e raízes. O manejo florestal também é compatível com outras formas de uso da terra, como pecuária, apicultura e obtenção de produtos florestais não madeireiros.

O manejo sustentável da Caatinga é uma das boas práticas que combatem a desertificação. É uma forma de exploração da floresta que garante sua recuperação, regeneração e recomposição, visando à obtenção de benefícios econômicos e sociais, como geração de renda para os produtores, com a devida conservação das espécies. É, ainda, uma maneira de utilizar os recursos florestais da Caatinga com planejamento, respeitando-se os limites e a capacidade de suporte do bioma, retirando dele apenas o que ele pode oferecer.

3.4 Irrigação

A irrigação agrícola no Semiárido brasileiro, quando praticada sem o manejo adequado, é outro fator de degradação. Os solos da região, quando submetidos à prática da irrigação, apresentam risco de se tornarem salinos, caso não sejam tomadas as devidas precauções. Alguns tipos de solos da região, ainda pouco desenvolvidos, apresentam maior risco de salinização. A salinização é caracterizada pelo acúmulo excessivo de sais minerais no solo, a ponto de prejudicar a germinação e o desenvolvimento das lavouras. Esses sais são provenientes da água da irrigação e/ou do lençol freático, quando este se eleva até próximo à superfície do solo.

¹³ PAREYN, VIEIRA, GARIGLIO, 2015

¹⁴ SÁ, 2007

¹⁵ PAREYN, VIEIRA, GARIGLIO, 2015

SAIBA MAIS:

A slow-motion climate disaster: the spread of Barren Land:

<https://www.nytimes.com/2021/12/03/world/americas/brazil-climate-change-barren-land.html>

Desertificação no Semiárido é manchete de capa do The New York Times

<https://www.letrasambientais.org.br/posts/-desertificacao-no-semiarido-e-manchete-de-capa-do-the-new-york-times>

4. Degradação das terras na bacia do Rio São Francisco e no MATOPIBA¹⁶

O processo de salinização ocorre em solos situados em áreas com baixa precipitação pluviométrica, taxa de evaporação da água muito alta e que possuem lençol freático próximo da superfície. Essas características são frequentes no Semiárido brasileiro. Segundo a CODEVASF¹⁷, cerca de 30% das áreas irrigadas em projetos públicos no Nordeste apresentam problemas de salinização. Algumas dessas áreas já não produzem e os custos de sua recuperação são inviáveis.

João Guimarães Duque¹⁸, um dos pioneiros dos estudos sobre desertificação no Brasil, defendia a proposta de uma legislação específica para regulamentar a proteção do precioso e insubstituível solo das bacias irrigadas.

Segundo ele, era preciso impor um regime de severa disciplina na exploração dessas terras, para que o manejo agrícola inadequado não destruísse irremediavelmente sua produtividade.

Desde os anos 1980, a região do MATOPIBA, confluência de territórios de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, passou a ser explorada para produção intensiva de grãos, principalmente milho e soja, com base na irrigação. Considerada a nova fronteira agrícola do Brasil, grande parte das terras de MATOPIBA são áreas suscetíveis à desertificação. O uso de insumos e pesticidas aumentam o processo de degradação dos solos, reduzindo sua produtividade.

Irrigação na região de MATOPIBA, a partir de imagem de alta resolução do satélite Planet

Elaboração: LAPIS



¹⁶ MATOPIBA - área formada por regiões do Cerrado de Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia.

¹⁷ CODEVASF. Salinização do solo. 2022. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/impactos-ambientais/salinizacao-do-solo> Acesso em: 10.04.2022.

¹⁸ DUQUE, J. G. Perspectivas nordestinas. 2. ed. Fortaleza-CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 424 p.

Um estudo publicado pelo Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (LAPIS) avaliou a dimensão do impacto da irrigação e das secas extremas na degradação das terras, na bacia do rio São Francisco, no período de 1985 a 2020¹⁹.

Os pesquisadores evidenciaram uma expansão das áreas afetadas por secas, principalmente nas regiões do Médio e Alto São Francisco, durante os meses de inverno (junho a agosto). Houve tendência de aumento das secas extremas de longo prazo, em termos de severidade e duração, na bacia do rio São Francisco.

Um acentuado esgotamento dos níveis de água subterrânea foi observado, na bacia hidrográfica, simultâneo ao aumento da umidade do solo, durante as secas mais severas do período. O dado indica uma intensificação da captação de água subterrânea, para irrigação agrícola, às margens do rio São Francisco. Essa atividade tem aumentado o processo de degradação dos solos na bacia hidrográfica.

Com as mudanças climáticas e o aumento das temperaturas e das secas recorrentes, a tendência é de maior degradação das terras, em torno do rio São Francisco.

Hoje, a seca se estabelece de forma muito mais severa, em razão das mudanças nas condições atmosféricas, associadas às altas temperaturas. Essa condição, em um cenário de grande deficiência hídrica, torna essas secas muito mais graves, em relação aos eventos climáticos extremos que ocorreram no passado.

No estudo "Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra na Caatinga", publicado pelo projeto MapBiomias²⁰, concluiu que a degradação ambiental e as secas severas levaram a Caatinga a perder 40% de sua água de origem natural, no período de 1985 a 2020.

De acordo com a pesquisa, o rio São Francisco, a maior reserva de água do Semiárido brasileiro, perdeu mais de 30 mil hectares de superfície com água, o que corresponde a cerca de 4% do seu volume total. Esse encolhimento das águas deve acirrar os conflitos por água na Bacia, com o processo de mudanças climáticas e o aumento das secas.

Irrigação agrícola às margens do rio São Francisco aumenta a degradação da Caatinga

Fonte: Constelação Planet. Elaboração: LAPIS



¹⁹ PAREDES-TREJO, Franklin et. al., 2021

²⁰ MAPBIOMAS. Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra na Caatinga. Coleção 6. 2021. Disponível em: https://mapbiomas-br_site.s3.amazonaws.com/Fact_Sheet_CAATINGA_06102010_OKalta.pdf Acesso em: 11.04.2022.

Outro problema decorrente do processo de degradação das terras e da supressão da mata nativa é o assoreamento na bacia do rio São Francisco. Na imagem de satélite da cobertura vegetal abaixo, o contorno em vermelho mostra mata ciliar, às margens do rio São Francisco, em formato rugoso. Já a área maior em vermelho, com aspecto liso, destaca um grande banco de areia, às margens do rio.

Isso decorre do impacto do desmatamento da Caatinga, no entorno da Bacia, que deixa o solo desprotegido e ainda o torna mais vulnerável ao processo de desertificação.

As secas extremas atingiram áreas agrícolas e de hidrelétricas, no rio São Francisco, ampliando o processo de degradação das terras. Eventos climáticos extremos, como a seca generalizada e persistente, exercem impactos de longo prazo sobre os recursos hídricos e a agricultura.

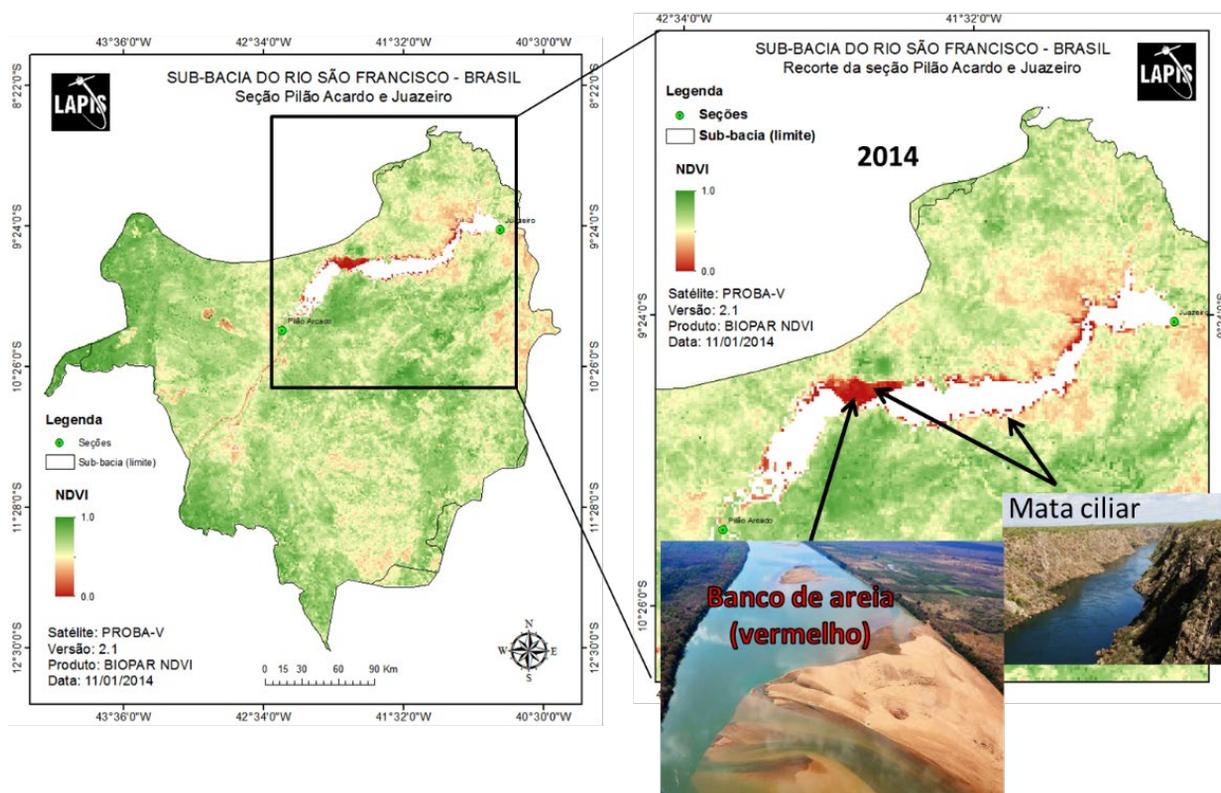
Os períodos secos são relativamente comuns no rio São Francisco. Apesar disso, há uma crescente preocupação sobre a capacidade dele responder aos eventos extremos de seca. Isso em razão da tendência dessas secas se tornarem mais frequentes e extremas, devido aos efeitos das mudanças climáticas, aumentando o processo de degradação das terras.

Nesse cenário, a avaliação dos impactos de eventos intensos de seca, na bacia do rio São Francisco, torna-se importante para o desenvolvimento de estratégias adequadas de adaptação.

Imagem de satélite mostra assoreamento do rio São Francisco (área em destaque), decorrente da degradação das terras

Fonte: LAPIS

RECORTE SUB-BACIA DO SÃO FRANCISCO



5. As grandes secas como fator agravante da desertificação

O novo Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas²¹ alertou sobre o agravamento do processo de mudança climática. A crescente deterioração da crise ecológica torna urgente a busca de alternativas de adaptação, implantando-se soluções para reduzir o custo humano e financeiro de desastres como secas extremas, inundações, calor extremo e incêndios florestais.

O aquecimento do Planeta aumentou a frequência e a intensidade desses desastres climáticos severos. Além disso, fenômenos de longo prazo, como o aumento das temperaturas, têm tornado algumas áreas do mundo inabitáveis.

As mudanças climáticas, embora de natureza global, têm impactos distintos nas diferentes regiões do mundo. Na última década, regiões como o Semiárido brasileiro, com 1,3 milhão de quilômetros quadrados, passou a enfrentar eventos climáticos mais extremos na forma de secas, que se tornaram mais intensas, frequentes, abrangentes e duradouras.

Como exemplo, está a "Seca do Século", ocorrida na região entre os anos de 2011-2017. Conforme o livro "Um século de secas", ela foi a pior seca já registrada na história²². Essa seca sem precedentes causou enormes danos socioeconômicos, além de distúrbios fitofisiológicos na vegetação da Caatinga.

²¹ IPCC. The Working Group II contribution was released on 28 February 2022. Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2022.

²² BURITI, BARBOSA, 2018; PAREDES-TREJO, 2021b

PARA APROFUNDAR:

A seca é reconhecida como um dos desastres naturais de maior ocorrência e impacto no mundo, pela longa duração em que ocorre e pelas extensas áreas atingidas. É também um dos desastres naturais mais onerosos, já que afeta pessoas, governos e diferentes setores econômicos.

Uma pesquisa sobre o Perfil dos Municípios Brasileiros (MUNIC), divulgada em 2018, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), demonstrou que cerca de 60% dos municípios afetados por seca no Brasil não conta com um instrumento orientado à prevenção de desastres naturais, e apenas cerca de 15% dispõem de um plano específico de contingência e/ou de prevenção à seca.

No Brasil, embora seja muito comum se associarem episódios de secas restritos apenas à região semiárida, esses eventos climáticos estão bem distribuídos pelo país. De acordo com o estudo do IBGE, no período de 2013 a 2016, em praticamente metade dos 5.570 municípios brasileiros (48,6%), ocorreu algum evento de seca, totalizando 2.706 municípios que registraram esses eventos climáticos no Brasil.

Durante o período, a seca afetou todos os municípios que integravam o Semiárido brasileiro. Nesses locais, em geral, a população enfrenta uma situação crônica em seu abastecimento hídrico.

Diante do avanço da mudança climática e do aumento do processo de desertificação, desenvolver ações de planejamento para adaptação à seca é uma das ações mais elementares. Esse tipo de iniciativa deve ser implementado em escala local, em níveis municipais e estaduais.

SAIBA MAIS:

Quanto custam as secas ao Brasil?

<https://www.letrasambientais.org.br/posts/quanto-custam-as-secas-ao-brasil->

O Semiárido brasileiro é a região do Brasil mais afetada pelas mudanças climáticas. Simulações de modelos climáticos indicam possibilidade de redução de cerca de 40% das chuvas na região, ainda neste século.

A seca é um dos principais agravantes que aceleram a degradação das terras no Semiárido brasileiro. Esses eventos climáticos extremos intensificam as pressões sobre os recursos naturais da região, sobretudo sobre a vegetação e, conseqüentemente, sobre os solos. A supressão da vegetação, pela ação humana, deixa o solo desnudo. Com isso, fatores naturais, como chuvas torrenciais e ventos, aumentam a degradação do solo e levam à erosão, sendo as primeiras evidências do processo de desertificação.

Dentre as conseqüências das mudanças climáticas no Semiárido brasileiro estão perda da biodiversidade, deterioração dos solos, aumento das áreas em processo de desertificação, supressão da vegetação nativa e escassez hídrica. Esse processo de degradação das terras também tem como conseqüência o desmantelamento da agricultura familiar, principal base econômica da região, altamente suscetível à seca.

Os principais impactos sociais do aumento da desertificação são: aumento da pobreza, escassez de alimentos, insegurança hídrica, complicações de saúde (por exemplo, desnutrição e problemas respiratórios), além do deslocamento de pessoas para outras áreas. A migração surge como alternativa, para as populações que vivem nas áreas afetadas por secas extremas, a altas temperaturas e perda da produtividade das terras²³.

As áreas com terras altamente deterioradas ou em processo de desertificação se expandem a cada ano, especialmente com o crescimento populacional e o aumento da frequência/intensidade das secas. É um círculo vicioso, que se retroalimenta. À medida em que ocorrem secas repetidas, de forma cada vez mais frequente, agrava-se a degradação das terras da Caatinga, em função do aumento das pressões humanas sobre os ecossistemas.

A desertificação é considerada como um processo irreversível, impulsionado por fatores naturais como temperatura, precipitação, perda de cobertura vegetal e fatores humanos, como uso da terra/mudança da cobertura do solo, industrialização e urbanização²⁴. Problemas ambientais e sociais causados pela desertificação tornaram-se um dos principais fatores que impedem o desenvolvimento sustentável em áreas áridas, semiáridas e subúmidas²⁵. Reconhecendo os impactos potenciais da desertificação em economia, meio ambiente e sociedade, para combater a desertificação, o assunto foi incluído como um dos Programas de Desenvolvimento Sustentável para os Objetivos da Agenda 2030.²⁶ O combate à desertificação é crucial para a redução da pobreza global, bem como para a mitigação da perda de biodiversidade e mudanças climáticas globais induzidas.

Dessa forma, secas e degradação ambiental são fatores associados, cujos impactos são potencializados pela ação humana, resultando em uma situação irreversível, que é a desertificação.

Isso não significa que as secas causam a desertificação. É claro que os ecossistemas secos se tornam muito mais vulneráveis durante as secas extremas. Mas, se houver a gestão adequada dos recursos naturais, pelo menos os solos com degradação moderada podem se recuperar no período chuvoso. Porém, em razão da exploração intensiva das terras, com manejo inadequado, os impactos das secas são amplificados, nas áreas degradadas.

Um estudo recente sobre desertificação no Semiárido de Alagoas, baseado em monitoramento por satélite, mostrou que, nas últimas décadas, houve mudanças significativas em uso e cobertura do solo desses municípios. As interferências antrópicas se deram principalmente pela conversão de áreas com cobertura de vegetação natural para solos agrícolas²⁷.

²³ PAREDES-TREJO et. al., 2021a

²⁴ BARBOSA, 2018

²⁵ LI et. al., 2016; HELLDÉN; TOTTRUP, 2008; WANG et. al., 2006

²⁶ UNITED NATIONS, 2015

²⁷ COSTA, 2021

Embora em algumas áreas a baixa cobertura vegetal se deva a fatores climáticos ou a outros fatores naturais, em outros casos indica a intensificação do processo de degradação das terras, causado pela ação humana, associado a fatores climáticos.

É o caso ocorrido durante a "Seca do Século" (2012-2017), cujas proporções da seca extrema e do uso intensivo da terra levaram ao aumento do processo de desertificação no Semiárido brasileiro.

A análise, realizada nos municípios alagoanos de Ouro Branco e Senador Rui Palmeiras, permitiu identificar que nem sempre a resposta da vegetação, em termos de crescimento, está associada ao aumento das chuvas e da umidade do solo no local.

Em algumas áreas, não há uma forte correlação entre a precipitação e o aumento da umidade do solo, com os baixos índices de cobertura vegetal. Ou seja, mesmo com chuvas significativas, a vegetação não se desenvolveu nas áreas mais degradadas e propensas à desertificação.

A capacidade de resiliência da vegetação local depende de diferentes fatores como tipos de solo, bem como da forma de uso e ocupação das terras. Quando falamos em resiliência, estamos nos referindo à capacidade da vegetação se recuperar após passar por situações de intenso estresse hídrico, como ocorreu durante a grande seca de 2012-2017, que atingiu municípios do Semiárido brasileiro.

5.1 Impactos de secas repetidas na resiliência da Caatinga e aumento da degradação das terras

A "memória" de antigas secas impacta fortemente na recuperação dos ecossistemas, inclusive de florestas cruciais ao sequestro do carbono, como a Amazônia. A dimensão dos impactos de secas repetidas ainda está sendo analisada pelos cientistas e é fundamental para ações de adaptação ao processo de mudança climática.

Com o aumento na frequência e na intensidade das secas, em razão da mudança climática, a capacidade de resposta da vegetação, para se recuperar de eventos extremos, como grandes secas, será fundamental. Embora a caatinga seja uma vegetação xerófila, altamente adaptada às condições de semiaridez, suas plantas nativas são vulneráveis ao processo de mudança do clima.

Sob condições historicamente normais, a Caatinga frequentemente experimenta secas com duração de 7 a 11 meses²⁸. Em períodos extremos, essas secas se prolongam por vários anos. Cientistas alertam que essa variabilidade climática extrema faz com que muitas espécies de plantas da Caatinga já operem em seus limites fisiológicos.

Esses locais que enfrentam até 11 meses de seca, em condições climáticas consideradas normais, quando submetidos a eventos climáticos extremos, como a grande seca de 2011-2017, aceleram sobremaneira o processo de desertificação. Com o aumento dos eventos climáticos extremos, como secas severas e altas temperaturas, a vegetação nativa da Caatinga pode ter redução na sua capacidade de sobreviver.

Uma deterioração relativamente pequena na disponibilidade de água pode fazer com que o ecossistema alcance um ponto crítico de irreversibilidade, conhecido como "*tipping-point*", gerando uma flora e fauna empobrecida²⁹.

Vale lembrar que, embora a vegetação nativa da Caatinga seja resistente a secas severas, seus ecossistemas têm sido fortemente degradados pela agropecuária, pelo desmatamento, pelo uso intensivo do solo e pela salinização. Esses fatores de degradação tornam a vegetação extremamente vulnerável aos eventos climáticos extremos.

Embora os impactos de secas isoladas tenham sido amplamente estudados em todo o mundo, pouco ainda se conhece sobre o quanto os ecossistemas conseguem se adaptar, ou se tornam mais vulneráveis, quando ocorrem repetidos eventos de seca.

²⁸ AB'SABER, 1977

²⁹ ALLEN, 2009

Ainda existem dificuldades para se prever como, após uma seca severa, determinado ecossistema, como áreas de caatinga, se torna mais ou menos sensível ao próximo evento climático extremo.

Isso depende da compreensão da capacidade de recuperação das plantas e dos ecossistemas, depois de submetidos a sucessivos processos fisiológicos de estresse hídrico.

Pesquisadores analisaram os efeitos de várias secas repetidas, no período de 1900 a 2018, envolvendo a resiliência dos ecossistemas³⁰. Eles avaliaram os padrões de crescimento e de mortalidade das árvores, além da quantidade de água disponível no dossel dos ecossistemas. Os dados ecológicos foram examinados em vários níveis de severidade de seca (moderada, severa ou extrema).

Para realizar a pesquisa, foram utilizados conjuntos de dados de anéis de árvores de diferentes biomas, inventários florestais de longo prazo, estimativas do conteúdo de água do dossel da floresta (a partir de satélites) e dados estatísticos de seca global.

A pesquisa identificou situações nas quais a redução no crescimento das árvores foi maior em uma seca subsequente, de intensidade severa, mesmo que a seca anterior tenha sido moderada. Essa maior vulnerabilidade da vegetação pode estar associada à “memória” de antigas secas extremas, que acionou “gatilhos” de danos fisiológicos, deixados por secas do passado.

Os pesquisadores concluíram que secas múltiplas impactam na resiliência de ecossistemas florestais. Os impactos das secas subsequentes geralmente são mais deletérios do que as secas iniciais, no crescimento e na mortalidade de algumas árvores. Porém, esse efeito difere enormemente por tipo de árvore e ecossistema. A pesquisa constatou que, em geral, a vulnerabilidade das árvores aumenta, em uma situação de múltiplas secas.

³⁰ ANDEREGG et. al., 2020

A seca excepcional no Semiárido brasileiro, que ocorreu no período 2011-2017, certamente deixou danos fisiológicos na vegetação, influenciando a capacidade de recuperação dos ecossistemas, mesmo depois da chegada das chuvas.

Pesquisadores do Laboratório LAPIS identificaram, a partir de imagens de satélites, áreas do Semiárido brasileiro onde a cobertura vegetal não se recuperou, mesmo semanas após ocorrerem volumes significativos de chuva. No mapa na página seguinte, é possível se observar pontos em vermelho mais intenso que não remetem a locais com vegetação seca ou com baixos índices de cobertura vegetal.

Essas manchas homogêneas, em vermelho intenso, indicam áreas degradadas. Observe que, em quase todo o Semiárido brasileiro, a vegetação ficou verde. Todavia, somente nessas áreas destacadas, a vegetação não conseguiu se recuperar, em razão do nível de degradação ou mesmo da desertificação. Há ainda outros pontos mais dispersos em vermelho que indicam áreas que passaram por queimadas.

Uma seca severa tem papel crítico na capacidade de recuperação da vegetação, depois que plantas e ecossistemas são submetidos a sucessivos processos fisiológicos de estresse hídrico.

A observação feita pelo LAPIS, a partir de imagens da cobertura vegetal, obtidas a partir de dados de satélites, mostra que, após eventos climáticos repetidos, mesmo havendo aumento das chuvas na região, parte da vegetação perdeu sua capacidade de se recuperar. Provavelmente, algumas plantas morreram, por terem atingido seu ponto irreversível de retorno ao estado normal, outras tiveram seu crescimento reduzido ou não conseguiram voltar ao estágio original.

Esse processo se deve ao que se chama de “memória” de secas anteriores sobre a vegetação. Refere-se ao legado de danos fisiológicos, deixados na vegetação, por secas extremas do passado.



5.2 Adaptação às secas e às mudanças climáticas para conter a desertificação

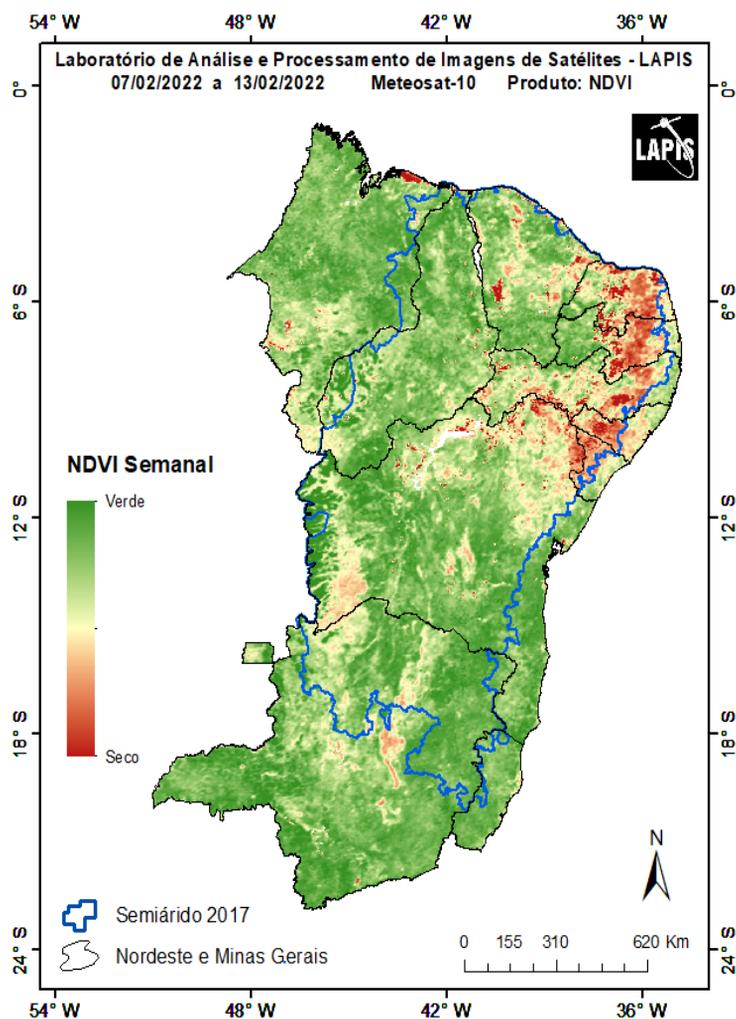
A "memória" da seca dificulta sua resiliência a futuros eventos de seca. Desse modo, a vegetação se torna mais vulnerável aos próximos eventos climáticos extremos.

É de forma cumulativa como as secas impactam na degradação das terras do Semiárido e aceleram o processo de desertificação.

É por isso que conservar a Caatinga, garantindo a adaptação humana às secas e à mudança climática sem precedentes, passa por duas estratégias:

Imagem da cobertura vegetal indica áreas degradadas no Semiárido brasileiro

Fonte: LAPIS



5.2.1 Conservação da biodiversidade da Caatinga:

Apesar das ameaças à Caatinga, a área de conservação de proteção integral das suas florestas remanescentes ainda é extremamente pequena. Atualmente, menos de 2% da Caatinga é área de proteção integral da biodiversidade. Essa é uma categoria de Unidade de Conservação menos flexível ao uso do solo, para fins que não sejam estritamente preservação e pesquisas científicas.

As Unidades de Conservação representam uma das soluções mais urgentes para garantir a sustentabilidade dos processos ecológicos da Caatinga e para a manutenção da diversidade das espécies biológicas, evitando o aumento da desertificação. A proteção integral aumenta a capacidade de adaptação da Caatinga a eventos climáticos extremos.

A Caatinga é um dos biomas menos protegidos do país, (o que gera preocupação quanto à preservação das suas espécies), especialmente diante do aumento do processo de desertificação." E há um fator mais agravante: um mapeamento recente, publicado no "Atlas das Caatingas", constatou que, mesmo quando a vegetação da Caatinga está inserida em uma área de proteção integral, ela pode passar por diferentes processos de degradação ambiental.

O estudo analisou o estado da conservação da biodiversidade do bioma, nas Áreas de Proteção Integral, de 2000 a 2017. Com base em monitoramento por satélite, concluiu-se que cerca de 19% dessas áreas sofreram distintos processos de degradação ambiental. Durante o período, 29% tiveram vegetação regenerada, enquanto 44% permaneceram estáveis.

É extremamente preocupante constatar a degradação de uma área superior a 2.500 km², que corresponde a cerca de 15%, das Unidades de Proteção Integral. Com o aumento das áreas em processo de desertificação e do risco de perda da diversidade biológica, no bioma exclusivo do planeta (a Caatinga), essas Áreas de Conservação de Proteção Total têm papel crucial para a preservação das espécies, especialmente daquelas com maior risco de extinção.

Historicamente, o bioma passa por um contínuo e sistemático processo de degradação ambiental, desde o seu processo de ocupação. Dentre os fatores que aumentam cada vez mais o risco de extinção de várias espécies endêmicas, da fauna e da flora da Caatinga, estão: desmatamento generalizado, para pastagens e agricultura (fator mais impactante, que já atingiu 46% da área original do bioma); extração insustentável de lenha para fins energéticos, mineração, pastoreio excessivo de caprinos e bovinos; monocultura; e crescente urbanização.

A desertificação é a perda definitiva de um patrimônio genético e ecológico da Caatinga, aumentando o risco de o grave problema se expandir para outras áreas, que hoje seguem o mesmo ritmo de degradação. Nas áreas desertificadas, tornou-se irreversível qualquer iniciativa de conservação da Caatinga.

5.2.2 Recuperação de áreas degradadas:

A segunda estratégia para evitar a perda da diversidade biológica da Caatinga, diante do avanço do processo de desertificação e mudança climática, é a restauração da função ecológica de áreas do bioma. A restauração ecológica é o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema degradado, danificado ou destruído. Um ecossistema é considerado recuperado – e restaurado – quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento, sem auxílio ou subsídios adicionais. Todavia, iniciativas contínuas de restauração tendem a ser de pequena escala e muitas vezes não são consideradas as melhores práticas. Além disso, a recuperação de áreas degradadas não é viável economicamente.

Essas ações de recuperação de áreas degradadas são complexas, bastante onerosas e têm apresentado resultados de baixo impacto, diante do aumento da velocidade de deterioração dos solos. Vale lembrar que um solo fértil pode levar milhares de anos para se desenvolver. A velocidade média de formação é de 1 centímetro de solo a cada 100-400 anos.

5.3 Núcleos de desertificação do Semiárido brasileiro

A desertificação e a degradação das terras têm um impacto econômico e ambiental significativo. Estima-se que, globalmente, cerca de 1,4 bilhão de pessoas são afetadas pela degradação das terras, das quais 74% são pobres. Além disso, a seca e a desertificação estão levando a uma perda anual de 12 milhões de hectares de terra cultivável³¹.

De acordo com um Relatório da *Food and Agriculture Organization of the United Nations*³² cerca de 33% dos solos do mundo estão degradados por erosão, salinização, compactação, acidificação e contaminação. Além disso, em algum nível, a desertificação afeta a economia e a população de um sexto da população total do planeta, o que representa mais de 1 bilhão de pessoas.

Os especialistas que participaram do Relatório da FAO também chamaram atenção para a situação da América Latina, onde cerca de 50% dos solos apresentam algum tipo de degradação. Os solos degradados captam menos carbono da atmosfera, interferindo no processo de mudanças climáticas. A degradação dos solos, de forma intensiva, tem levado ao avanço da desertificação, um grave risco socioambiental, cujo processo é difícil de se reverter, sendo fundamental combater diretamente suas causas.

Com 1,3 milhão de quilômetros quadrados de extensão, o Semiárido brasileiro é considerado uma das maiores áreas do mundo suscetível ao processo de desertificação. As áreas mais críticas de degradação das terras na região, são os chamados núcleos de desertificação, onde os solos já estão deteriorados de forma grave ou muito grave.

Existem muitas divergências institucionais quanto ao mapeamento das atuais áreas desertificadas, no Semiárido brasileiro. Como já mencionado, os seis "núcleos de desertificação" identificados originalmente no Brasil por Vasconcelos Sobrinho (1978) são: Gilbués (PI), Irauçuba (CE), Seridó (RN/PB), Cabrobó (PE), Cariris Velhos (PB) e Sertão do São Francisco (BA).

³¹ NAÇÕES UNIDAS, 2015

³² FAO, 2015

Esses núcleos de desertificação são laboratórios fundamentais para pesquisas científicas sobre o processo de degradação das terras na região. A história de uso e ocupação das terras, nesses núcleos de desertificação, é crucial. É um alerta para níveis críticos de degradação a que outras áreas da região podem chegar, caso não sejam adotadas boas práticas de manejo dos recursos naturais (solo, água e vegetação).

5.4 Histórico do uso da terra nos núcleos de desertificação do Semiárido

Para compreender a desertificação, também é necessário considerar a interação de um conjunto de fatores, como história de uso e ocupação das terras, diversidade biológica, políticas públicas, questões socioeconômicas e culturais.

No quadro a seguir, apresentamos os principais vetores da desertificação, em cada um dos seis núcleos de desertificação do Semiárido brasileiro:

Núcleo de desertificação	História de uso e ocupação da terra
Gilbués (PI)	Mineração e pecuária extensiva.
Irauçuba (CE)	Desmatamento, queimadas e ocupação desordenada do solo.
Seridó (RN/PB)	Desmatamento para extração de lenha e argila. Uso intensivo da terra e sobrepastejo.
Cabrobó (PE)	Sobrepastejo, desmatamento e salinização do solo por irrigação.
Cariris Velhos (PB)	Desmatamento para agropecuária ou para extração de lenha e carvão. Mineração.
Sertão do São Francisco (BA)	Sobrepastejo, desmatamento da Caatinga para agropecuária e extração de lenha.

Fonte: Sá (2007); Burity; Barbosa (2018); Vasconcelos Sobrinho (1978).

SAIBA MAIS:

Imagens de drone detectam áreas desertificadas em altíssima resolução no Núcleo de Desertificação dos Cariris Velhos (PB)

<https://www.youtube.com/watch?v=bSXavcFTWeQ&t=6s>

Imagens de drone mostram situação das terras no núcleo de desertificação do Seridó (RN)

<https://www.youtube.com/watch?v=ZIO8-Vh97Is>

No Livro "Um século de secas"³³, foi feito um mapeamento que compara a classificação dos municípios inseridos nesses núcleos de desertificação. Chamou-se a atenção para as divergências institucionais quanto à classificação dos municípios que fazem parte dessas áreas-piloto de desertificação no Brasil.

Foram identificadas diferentes fontes de classificação, por parte de instituições nacionais e estaduais, que apresentaram mapeamento dessas áreas, tais como: Vasconcelos Sobrinho (1978), Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca³⁴, Atlas das áreas suscetíveis à desertificação (MMA, 2007), além dos programas estaduais específicos para combate à desertificação.

Para minimizar essas divergências institucionais, dados de monitoramento por satélite, apesar de raros, constituem as fontes mais seguras para o mapeamento de áreas degradadas. No próximo tópico, apresentamos a iniciativa inédita de mapeamento da desertificação, realizada pelo Laboratório LAPIS, sendo a única disponível no Brasil, em escala regional.

6. Mapeamento da desertificação a partir de dados de satélites

O mapeamento das áreas em processo de desertificação é fundamental à formulação de políticas, visando combater suas principais causas. Mas, apesar da urgência de ações para adaptação à seca e à mudança climática, existe uma lacuna muito grande de conhecimentos e dados confiáveis sobre esse complexo problema de deterioração ambiental.

Compreender o processo de desertificação e seu impacto depende da análise de dados de longo prazo sobre medições do solo e de produção agrícola³⁵. Mas, embora esta abordagem permita uma compreensão detalhada dos processos físicos que podem levar à desertificação, é limitada em termos de cobertura espacial.

Além disso, em muitas regiões áridas e semiáridas, o acesso limitado a equipamentos de campo calibrados e a experiência para coletar os dados de longo prazo representam desafios adicionais para o monitoramento em terra. É por essa razão que dados de sensoriamento remoto, em particular os obtidos a partir de satélites de observação da Terra, têm sido usados como ferramenta alternativa, para estudar a desertificação. Com a capacidade de fornecer melhorias espaciais e cobertura temporal, esses dados permitem a exploração da desertificação no local, para escala global, ao longo do tempo³⁶.

³³ BURITI, BARBOSA, 2018

³⁴ PAN-BRASIL, 2005

³⁵ SOLOMUN et. al., 2018

³⁶ BURITI, BARBOSA, 2018

Desde 2015, houve um aumento no uso de técnicas de sensoriamento remoto e em sua disponibilidade, para monitoramento das áreas afetadas pela desertificação. A China é o país com mais pesquisas sobre desertificação, usando sensoriamento remoto. Classificação e detecção de mudanças no uso da terra são os métodos mais utilizados para estudar a desertificação, usando sensoriamento remoto, sendo a cobertura e o uso do solo, bem como o NDVI³⁷, as variáveis mais utilizadas.

Em relação ao Semiárido brasileiro, uma das principais referências são dados de monitoramento por satélite, realizado pelo Laboratório de Análise e Processamento de Imagens de Satélites (Lapis). O estudo analisou a expansão das áreas degradadas no Semiárido brasileiro, no período 2007 a 2016, com uso de dados de NDVI de longo prazo.

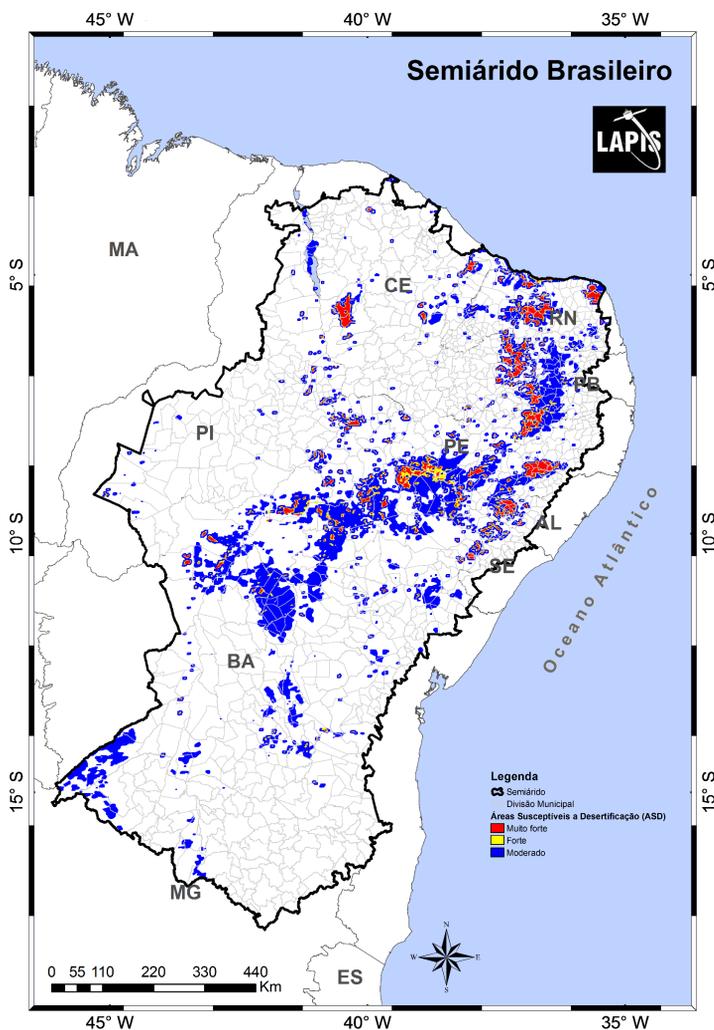
A vantagem da pesquisa foi desenvolver uma metodologia padronizada, com uso dos mesmos critérios de classificação, para se identificar as áreas atingidas pelo processo de desertificação, em escala regional. O mapa ao lado sintetiza os resultados do estudo, que minimiza o problema das divergências institucionais quanto à classificação dos municípios inseridos nos núcleos de desertificação.

Como resultado da pesquisa, concluiu-se que cerca de 13% do Semiárido brasileiro está afetado por desertificação e que 25% do território do Nordeste apresentava algum nível de degradação.

O levantamento indicou os níveis de degradação das terras, em relação às áreas totais dos estados que compõem o Semiárido brasileiro. Lembramos que o estudo foi realizado em 2016, com base na delimitação do Semiárido de 2005, em vigor na época.

Mapa da desertificação no Semiárido brasileiro, em 2016.

Fonte: LAPIS



Percentual das áreas degradadas por estado, proporcionais às áreas totais de cada estado.

Fonte: LAPIS

ESTADO	ÁREA EM DESERTIFICAÇÃO (%)
Alagoas	32,8
Paraíba	27,7
Rio Grande do Norte	27,6
Pernambuco	20,8
Bahia	16,3
Sergipe	14,8
Ceará	5,3
Minas Gerais	2,0
Piauí	1,8

³⁷ Normalized Difference Vegetation Index

Nas tabelas abaixo, há a classificação do percentual de áreas degradadas por estado, de acordo com o nível de deterioração das terras. As áreas classificadas com degradação forte ou muito forte indicam, respectivamente, as terras deterioradas de forma grave ou muito grave, ou seja, que já estão desertificadas.

Classificação das áreas com níveis de degradação moderada por estado

(Porcentagem em relação à área total do estado)

Fonte: LAPIS

Classificação	Estado	Área com degradação moderada (%)
1º	PB	16,7%
2º	AL	15,9%
3º	RN	13,2%
4º	BA	13,2%
5º	PE	11,4%
6º	SE	6,3%
7º	CE	2,9%
8º	MG	2,0%
9º	PI	1,0%

Classificação das áreas com níveis de degradação forte por estado

(Porcentagem em relação à área total do estado)

Fonte: LAPIS

Classificação	Estado	Área com degradação forte (%)
1º	AL	6,7%
2º	RN	5,2%
3º	SE	4,6%
4º	PE	4,0%
5º	PB	3,8%
6º	BA	1,7%
7º	CE	0,8%
8º	PI	0,5%
9º	MG	0,0%

Classificação das áreas com níveis de degradação muito forte por estado

(Porcentagem em relação à área total do estado)

Fonte: LAPIS

Classificação	Estado	Área com degradação muito forte (%)
1º	AL	10,3%
2º	RN	9,2%
3º	PB	7,1%
4º	PE	5,4%
5º	SE	3,9%
6º	CE	1,6%
7º	BA	1,4%
8º	PI	0,4%
9º	MG	0,0%

O monitoramento por satélite, realizado pelo Laboratório LAPIS, localizou o enorme contingente populacional afetado pela desertificação no Brasil. De algum modo, essas pessoas já enfrentam consequências como: insegurança alimentar em razão da redução na produção de alimentos e da perda da produtividade das terras; escassez hídrica; perda da biodiversidade; deslocamentos internos (migração); eventos climáticos extremos etc.

Existem algumas ações que podem contribuir para conter o processo de desertificação, a partir da comunicação de informações relevantes para a sociedade e tomadores de decisão:

1) divulgar resultados do monitoramento da expansão dessas áreas degradadas, em níveis municipal e estadual;

2) difundir boas práticas de manejo sustentável dos recursos naturais adotadas para combater o aumento do processo de desertificação;

3) tornar visíveis iniciativas de monitoramento, adaptação às secas e à mudança climática;

4) promover a educação ambiental;

5) sensibilizar tomadores de decisão a respeito de problemas reais da população afetada por desertificação e secas nos municípios;

5) chamar atenção para a capacidade institucional dos municípios para lidar com problemas ambientais complexos, como seca, desertificação e mudança climática; e

6) colocar em evidência a agricultura familiar e de que forma os governos contribuem com assistência técnica para manejo adequado da terra.

O Brasil não conta atualmente com um projeto consistente de combate à desertificação, apesar da gravidade do problema, sobretudo diante do processo de mudança climática.

Em 2005, foi publicado o Plano de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil), com envolvimento da população atingida nos estados, visando definir soluções para prevenir e amenizar os impactos do processo de desertificação.

No âmbito internacional, o Brasil é signatário da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD). Todavia, embora a maioria dos estados com territórios degradados tenha elaborado seu plano de ação, não houve continuidade nas ações de articulação para conter o avanço do processo.

Em 2015, foi instituída a Política Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (Lei nº 13.153), prevendo várias providências relacionadas ao problema. Dentre os objetivos da recente legislação, estão: prevenir e combater a desertificação; recuperar as áreas em processo de degradação da terra, em todo o território nacional; prevenir, adaptar e mitigar os efeitos da seca; instituir mecanismos de proteção, preservação, conservação e recuperação dos recursos naturais; estimular pesquisas científicas e tecnológicas; e promover a educação socioambiental dos atores sociais envolvidos na temática do combate à desertificação.

A instituição dessa política representou um avanço na legislação para tratar do problema da desertificação e da adaptação às secas no Brasil. No entanto, ainda carece de regulamentação para possibilitar sua efetiva aplicação. Desde a instituição da Lei nº 13.153/2015, pouco tem sido feito, em termos da execução de políticas, para se evitar o aumento da degradação das terras, nas ASD's.

Os projetos de desenvolvimento sustentável para o Semiárido brasileiro deveriam prever ações coordenadas, no sentido de minimizar a grave ameaça da desertificação, cujas áreas comprometidas se expandem a cada dia, afetando milhares de pessoas.

Incentivar boas práticas de uso sustentável dos solos é a solução mais segura para conter o avanço do processo de desertificação, visto que pouco tem sido feito, em termos de recuperação de áreas degradadas e reflorestamento nas áreas suscetíveis à desertificação.

7. Mapeamento das áreas prioritárias para conservação da avifauna da Caatinga

A Caatinga possui uma biodiversidade de espécies conhecidas, muitas delas endêmicas. São registradas para o bioma, até o momento, um total de 437 espécies de plantas, 187 de abelhas, 240 de peixes, 116 de répteis, 51 de anfíbios, 143 de mamíferos e 511 de aves. Das 511 espécies de aves que habitam a Caatinga, existem 23 espécies que podem ser caracterizadas como endêmicas. Esses números ainda estão subestimados, pois cerca de 40% da região nunca foi estudada e 80% do que já foi amostrado, apresenta um esforço pouco representativo³⁸.

Um avanço recente ao mapeamento dos níveis de degradação das terras, nas áreas suscetíveis à desertificação no Brasil, estabeleceu as áreas prioritárias para conservação da avifauna da Caatinga.

Trata-se do Plano de Ação Nacional (PAN) para proteção das aves da Caatinga, realizado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). No estudo, foram mapeadas 39 espécies de aves consideradas vulneráveis ou ameaçadas de extinção, na Caatinga. Desse total, 34 constam na Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção.

³⁸ PAN AVES, 2019

O mapeamento também definiu, em parceria com o Laboratório LAPIS, as espécies de aves em perigo ou ameaçadas de extinção, nas áreas desertificadas, ou seja, nos locais onde o nível de degradação ambiental foi classificado como forte ou muito forte.

O mapeamento das áreas prioritárias para conservação das aves da Caatinga foi feito por estado e em nível regional. Todo o detalhamento do estudo está disponível neste link: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/pan/pan-aves-da-caatinga>

A partir das ameaças identificadas – com base na distribuição das espécies-alvo e no mapa das Áreas Prioritárias para Conservação, Utilização Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade, estabelecidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) – foram selecionadas 51 áreas estratégicas para implementação do PAN Aves da Caatinga.

As Unidades de Conservação presentes na Caatinga, sejam elas federais, estaduais, municipais ou privadas, abrigam importantes populações de espécies, contempladas no PAN Aves da Caatinga.



A avifauna da Caatinga está ameaçada por dois motivos, de acordo com o PAN Aves da Caatinga (2019):

1) Intensa degradação ambiental: esse processo decorre do uso insustentável dos recursos naturais. Algumas ameaças às comunidades de aves estão restritas a determinada espécie ou localidade, em razão de fatores como mineração, turismo desordenado, espécies invasoras e uso indiscriminado de agrotóxicos. Todavia, outras ameaças abrangem todo o bioma, estando relacionadas à perda de habitat, em razão de desmatamentos, queimadas, incêndios florestais, expansão rural agropecuária e urbana. O uso descontrolado do fogo é talvez o fator mais impactante, devido à destruição das florestas e perda da biodiversidade, levando ao empobrecimento e perda dos solos, além do assoreamento dos rios. As queimadas alteram o microclima local, causando até mesmo a extinção local de espécies.

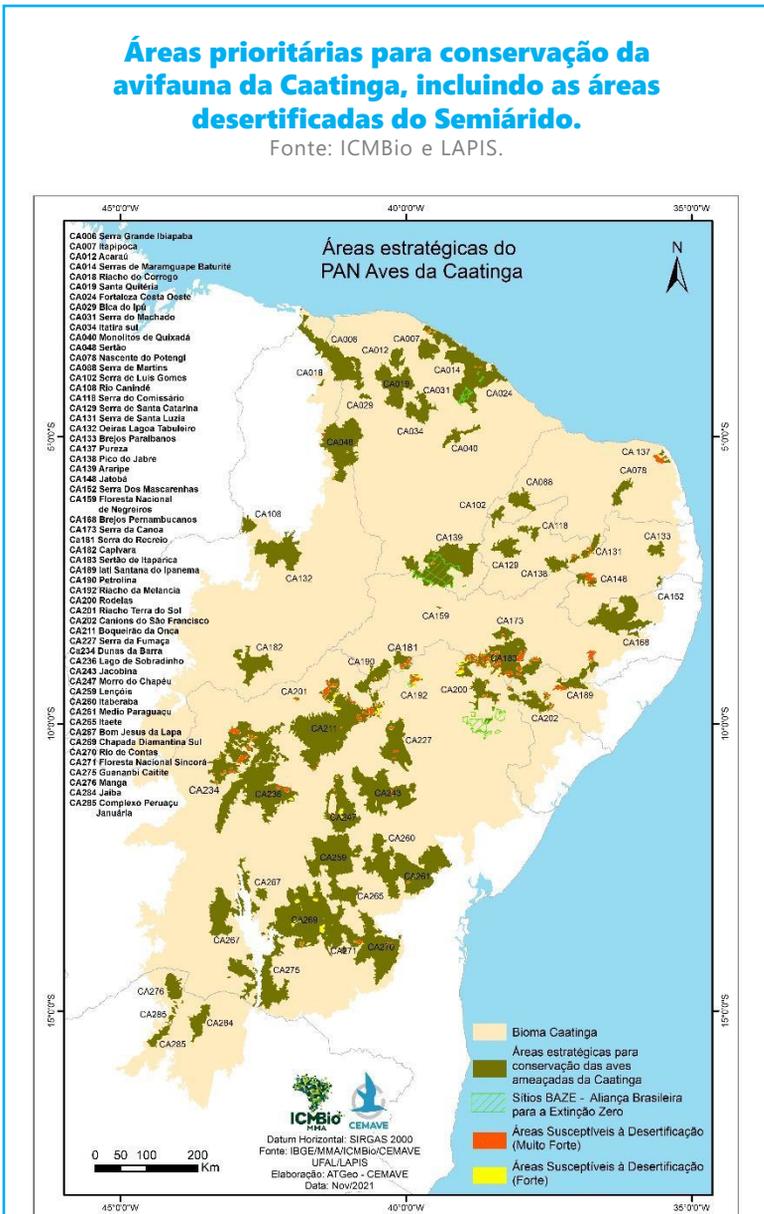
2) Captura de aves: seja para uso como alimento, para criação ou mesmo para comércio ilegal, essa é a segunda grande maior ameaça às aves da Caatinga. A caça de aves é comum e difundida em todo o bioma, seja por questões culturais ou econômicas. Há ainda os efeitos da mudança climática sobre a avifauna, que deve aumentar o risco de redução da distribuição climaticamente adequada, até 2070, para algumas espécies dependentes de florestas, agravando seu risco de extinção.

Por ora, iremos fechar este texto, lembrando um trecho da música "Asa-Branca", citada no início: "Inté mesmo a asa branca, Bateu asas do sertão".

Promover a sustentabilidade dos ecossistemas da Caatinga, bem como a conservação da sua biodiversidade, que inclui a avifauna, é uma forma de evitar que aves como a asa-branca migrem, durante as secas. Ou até mesmo que algumas espécies enfrentem ameaças mais graves, que as levem a desaparecerem. A desertificação, as secas extremas e a mudança climática são os fatores que mais colocam em risco a sobrevivência dessas espécies.

Áreas prioritárias para conservação da avifauna da Caatinga, incluindo as áreas desertificadas do Semiárido.

Fonte: ICMBio e LAPIS.



10. Referências

1. LETRAS AMBIENTAIS. **Seca se expandiu pela bacia do São Francisco nas últimas décadas.** ISSN 2674-760X. Disponível em: <https://www.letrasambientais.org.br/posts/seca-se-expandiu-pela-bacia-do-sao-francisco-nas-ultimas-decadas> Acesso em: 11.04.2022.
2. LETRAS AMBIENTAIS. **Secas extremas repetidas podem reduzir sequestro de carbono na Amazônia.** ISSN 2674-760X. Disponível em: <https://www.letrasambientais.org.br/posts/secas-extremas-repetidas-podem-reduzir-sequestro-de-carbono-na-amazonia> Acesso em: 11.04.2022.
3. Li, Q. et. al. **Quantitative assessment of the relative roles of climate change and human activities in desertification processes on the Qinghai Tibet Plateau based on net primary productivity.** In: **Catena**, v. 147, 2016. p. 789-796. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.09.005>
4. MAPBIOMAS. **Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra na Caatinga.** Coleção 6. 2021. Disponível em: https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact_Sheet_CAATINGA_06102010_OKalta.pdf Acesso em: 11.04.2022.
5. MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das áreas suscetíveis à desertificação do Brasil.** Brasília-DF: MMA, 2007.
6. MMA. Ministério do Meio Ambiente. PAN-BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.** Brasília-DF: MMA, 2005.
7. PAN AVES. **Plano de Ação Nacional para Conservação das Aves da Caatinga: 2º ciclo.** ICMBio, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/pan/pan-aves-da-caatinga>
8. PAREDES-TREJO, F.; BARBOSA, H. A.; GIOVANNETONE, J.; LAKSHMI KUMAR, T. V.; KUMAR-THAKUR, M.; BURITI, Catarina de Oliveira. **Long-Term Spatiotemporal Variation of Droughts in the Amazon River Basin.** In: **Water**, v. 13, p. 351-366, 2021b.
9. PAREDES-TREJO, Franklin et. al. **Drought Assessment in the São Francisco River Basin Using Satellite-Based and Ground-Based Indices.** In: **Semote Sensing**. 2021, 13, 3921. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/19/3921>
10. PAREDES-TREJO, Franklin; BARBOSA, H. A.; GIOVANNETONE, J.; KUMAR, T. V. Lakshmi; KUMAR-THAKUR, M.; BURITI, Catarina de Oliveira; UZCATEGUI-BRICENO, C. **Drought Assessment in the São Francisco River Basin Using Satellite-Based and Ground-Based Indices.** In: **Remote Sensing**, v. 13, p. 3921-3946, 2021a.
11. PAREYN, Frans; VIEIRA, José Luiz; GARIGLIO, Maria Auxiliadora. **Estatística florestal da Caatinga.** v. 2. Associação Plantas do Nordeste (APNE), agosto de 2015.
12. SÁ, Iêdo Bezerra. **Monitoramento e prevenção do processo de desertificação.** CGEE. Nota técnica. Petrolina (PE). CGEE e Embrapa Semiárido, 2007.
13. SILVA, Roberto Marinho Alves da et. all. **Características produtivas e socioambientais da agricultura familiar no Semiárido brasileiro: evidências a partir do Censo Agropecuário de 2017.** In: **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, Edição especial - Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens, dez. 2020. p. 314-338.
14. SOLOMUN, M. A. et. al. **Assessing land condition as a first step to achieving land degradation neutrality: a case study of the Republic of Srpska.** In: **Environmental Science & Policy**, v. 90, 2018. p. 19-27.
15. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.09.014>
16. SUDENE. RESOLUÇÃO CONDEL/SUDENE Nº 150, DE 13 DE DEZEMBRO DE 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-condel/sudene-n-150-de-13-de-dezembro-de-2021-370970623> Acesso em: 11.04.2022.
17. THE NEW YORK TIMES. **A slow-motion climate disaster: the spread of Barren Land.** Disponível em: <https://www.nytimes.com/2021/12/03/world/americas/brazil-climate-change-barren-land.html> Acesso em: 08.04.2022.
18. UNITED NATIONS. **Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development.** 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development-17981> Acesso em: 12.04.2022.
19. UNITED NATIONS. **United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa.** 1994
20. UNITED NATIONS. **Report of the United Nations Conference on Desertification.** Nairobi, 29 August - 9 September. 1977.
21. VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Metodologia para identificação de processos de desertificação: manual de indicadores.** Recife-PE: SUDENE-DDL, 1978.
22. WANG, X.; CHEN, F.; DONG, Z. **The relative role of climatic and human factors in desertification in semiarid China.** In: **Global Environmental Change**, v. 16, n. 1, 2006. p. 48-57. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2005.06.006>

10. Referências

23. AB'SÁBER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. In: Estudos Avançados. **Dossiê Nordeste seco**, v. 13, n. 36, p. 7-59, 1999.
24. ALLEN, C. D. Climate-induced forest dieback: an escalating global phenomenon. In: **Unasylva**, v. 60, n. 231, 2009. p. 43-49.
25. ANDEREGG, William R. L. **Divergent forest sensitivity to repeated extreme droughts**. In: **Nature Climate Change**, v. 10, 2020. p. 1091-1095. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-020-00919-1>
26. BARBOSA, H. A.; OLSSON, L. et al. IPCC. Summary for Policymakers. In: **Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystem**. In: Humberto A Barbosa, Lennart Olsson. (Org.). An IPCC Special Report on Land Degradation. Geneva: IPCC, 2019, v. 1, p. 1-43.
27. BARBOSA, H. A et. al. Atlas de Sequías de América Latina y el Caribe. In: Núñez Cobo, J. y K. Verbist (Eds.). (Org.). **Atlas de Sequías de América Latina y el Caribe**. França e La Serena: UNESCO y CAZALAC, 2018, v. 1, p. 43-54.
28. BARBOSA, H. A.; MELO, W. O.; BURITI, C. O. Cisterna móvel de captação e armazenamento de água de chuva, baseada em estratégias funcionais de plantas xerófilas. 2020.
29. BRASIL. **Política Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca** (Lei nº 13.153). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13153.htm
30. BURITI, Catarina de Oliveira; BARBOSA, H. A. **Um século de secas**. Lisboa-Portugal, 2018. 454 p.
31. BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. **Un siglo de sequía: ¿por qué las políticas de agua no han desarrollado las zonas semiáridas de Brasil?** França e Montevideu (Uruguai): Unesco, 2021 (Documento técnico n. 43 da Unesco (PHI - VIII) América Latina e Caribe).
32. BURITI, C. O.; BARBOSA, H. A. **Mitigação de desastres naturais no Semiárido brasileiro: políticas hídricas para resiliência à seca nos Cariris paraibanos**. In: MAGNONI JÚNIOR, L. et. al. (Org.). Redução do risco de desastres e a resiliência nos meios rural e urbano. São Paulo: Centro Paula Souza, 2017, v. 1, p. 138-156.
33. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agro 2017**. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/> Acesso em: 11.04.2022.
34. CODEVASF. **Salinização do solo**. 2022. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/impactos-ambientais/salinizacao-do-solo> Acesso em: 10.04.2022.
35. COSTA, L. E. dos S. **Avaliação do processo de desertificação nos municípios de Ouro Branco e Senador Rui Palmeira, no Semiárido alagoano, a partir de sensoriamento remoto**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia. UFAL, 2021.
36. DUQUE, J. G. **Perspectivas nordestinas**. 2. ed. Fortaleza-CE: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 424 p.
37. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Status of the World's Soil Resource (SWSR): Main Report**. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy 2015.
38. FREIRE, Neison Cabral Ferreira et. al. **Atlas das Caatingas: o único bioma exclusivamente brasileiro**. Recife-PE: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/fundaj/pt-br/destaques/observa-fundaj-itens/publicacoes-e-notas-tecnicas/faca-o-download-do-atlas-das-caatingas>
39. HELLDÉN, U.; TOTTRUP, C. **Regional desertification: A global synthesis**. In: Global and Planetary Change, v. 64, n. 3-4, 2008. p. 169-176. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2008.10.006>
40. IPCC. The Working Group II contribution was released on 28 February 2022. **Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 2022.
41. LETRAS AMBIENTAIS. **As 5 mudanças no uso e cobertura da terra na Caatinga nas últimas décadas**. ISSN 2674-760X. Disponível em: <https://www.letrasambientais.org.br/posts/as-5-mudancas-no-uso-e-cobertura-da-terra-na-caatinga-nas-ultimas-decadas> Acesso em: 11.04.2022.
42. LETRAS AMBIENTAIS. **Desertificação no Semiárido é manchete de capa do The New York Times**. ISSN 2674-760X. Disponível em: <https://www.letrasambientais.org.br/posts/-desertificacao-no-semiarido-e-manchete-de-capa-do-the-new-york-times> Acesso em: 09.04.2022.
43. LETRAS AMBIENTAIS. **Caatinga: um dos biomas menos protegidos do Brasil**. ISSN 2674-760X. Disponível em: <https://www.letrasambientais.org.br/posts/caatinga:-um-dos-biomas-menos-protetidos-do-brasil> Acesso em: 11.04.2022.
44. LETRAS AMBIENTAIS. **Os 5 perigos da desertificação no Semiárido brasileiro**. ISSN 2674-760X. Disponível em: <https://www.letrasambientais.org.br/posts/5-perigos-da-desertificacao-no-semiarido-brasileiro> Acesso em: 11.04.2022.
45. LETRAS AMBIENTAIS. **Quanto custam as secas ao Brasil?** ISSN 2674-760X. Disponível em: <https://www.letrasambientais.org.br/posts/quanto-custam-as-secas-ao-brasil-> Acesso em: 11.04.2022.

10. Referências

46. LETRAS AMBIENTAIS. **Seca se expandiu pela bacia do São Francisco nas últimas décadas.** ISSN 2674-760X. Disponível em: <https://www.letrasambientais.org.br/posts/seca-se-expandiu-pela-bacia-do-sao-francisco-nas-ultimas-decadas> Acesso em: 11.04.2022.
47. LETRAS AMBIENTAIS. **Secas extremas repetidas podem reduzir sequestro de carbono na Amazônia.** ISSN 2674-760X. Disponível em: <https://www.letrasambientais.org.br/posts/secas-extremas-repetidas-podem-reduzir-sequestro-de-carbono-na-amazonia> Acesso em: 11.04.2022.
48. Li, Q. et. al. **Quantitative assessment of the relative roles of climate change and human activities in desertification processes on the Qinghai Tibet Plateau based on net primary productivity.** In: **Catena**, v. 147, 2016. p. 789-796. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.09.005>
49. MAPBIOMAS. **Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra na Caatinga.** Coleção 6. 2021. Disponível em: https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Fact_Sheet_CAATINGA_06102010_OKalta.pdf Acesso em: 11.04.2022.
50. MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Atlas das áreas suscetíveis à desertificação do Brasil.** Brasília-DF: MMA, 2007.
51. MMA. Ministério do Meio Ambiente. PAN-BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca.** Brasília-DF: MMA, 2005.
52. PAN AVES. **Plano de Ação Nacional para Conservação das Aves da Caatinga: 2º ciclo.** ICMBio, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/pan/pan-aves-da-caatinga>
53. PAREDES-TREJO, F.; BARBOSA, H. A.; GIOVANNETONE, J.; LAKSHMI KUMAR, T. V.; KUMAR-THAKUR, M.; BURITI, Catarina de Oliveira. **Long-Term Spatiotemporal Variation of Droughts in the Amazon River Basin.** In: **Water**, v. 13, p. 351-366, 2021b.
54. PAREDES-TREJO, Franklin et. al. **Drought Assessment in the São Francisco River Basin Using Satellite-Based and Ground-Based Indices.** In: **Semote Sensing**. 2021, 13, 3921. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/19/3921>
55. PAREDES-TREJO, Franklin; BARBOSA, H. A.; GIOVANNETONE, J.; KUMAR, T. V. Lakshmi; KUMAR-THAKUR, M.; BURITI, Catarina de Oliveira; UZCATEGUI-BRICENO, C. **Drought Assessment in the São Francisco River Basin Using Satellite-Based and Ground-Based Indices.** In: **Remote Sensing**, v. 13, p. 3921-3946, 2021a.
56. PAREYN, Frans; VIEIRA, José Luiz; GARIGLIO, Maria Auxiliadora. **Estatística florestal da Caatinga.** v. 2. Associação Plantas do Nordeste (APNE), agosto de 2015.
57. SÁ, Iêdo Bezerra. **Monitoramento e prevenção do processo de desertificação.** CGEE. Nota técnica. Petrolina (PE). CGEE e Embrapa Semiárido, 2007.
58. SILVA, Roberto Marinho Alves da et. all. **Características produtivas e socioambientais da agricultura familiar no Semiárido brasileiro: evidências a partir do Censo Agropecuário de 2017.** In: **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, Edição especial - Sociedade e ambiente no Semiárido: controvérsias e abordagens, dez. 2020. p. 314-338.
59. SOLOMUN, M. A. et. al. **Assessing land condition as a first step to achieving land degradation neutrality: a case study of the Republic of Srpska.** In: **Environmental Science & Policy**, v. 90, 2018. p. 19-27.
60. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.09.014>
61. SUDENE. RESOLUÇÃO CONDEL/SUDENE Nº 150, DE 13 DE DEZEMBRO DE 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-condel/sudene-n-150-de-13-de-dezembro-de-2021-370970623> Acesso em: 11.04.2022.
62. THE NEW YORK TIMES. **A slow-motion climate disaster: the spread of Barren Land.** Disponível em: <https://www.nytimes.com/2021/12/03/world/americas/brazil-climate-change-barren-land.html> Acesso em: 08.04.2022.
63. UNITED NATIONS. **Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development.** 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/publications/transforming-our-world-2030-agenda-sustainable-development-17981> Acesso em: 12.04.2022.
64. UNITED NATIONS. **United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa.** 1994
65. UNITED NATIONS. **Report of the United Nations Conference on Desertification.** Nairobi, 29 August - 9 September. 1977.
66. VASCONCELOS SOBRINHO, J. **Metodologia para identificação de processos de desertificação: manual de indicadores.** Recife-PE: SUDENE-DDL, 1978.
67. WANG, X.; CHEN, F.; DONG, Z. **The relative role of climatic and human factors in desertification in semiarid China.** In: **Global Environmental Change**, v. 16, n. 1, 2006. p. 48-57. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2005.06.006>



Expediente

Autores: Humberto Alves Barbosa e Catarina de Oliveira Buriti

Edição: Tatiane Matheus

Revisão: Maria Luiza M. Stiepcich

Revisão técnica: Shiguo Watanabe

Diagramação: Guilherme Boschi

Gerência administrativa-financeira: Renata Rodriguez

Direção-executiva: Délcio Rodrigues

Realização: Instituto ClimalInfo

Apoio: Essa publicação foi organizada com o apoio financeiro do Instrumento de Parceria da União Europeia com o Ministério Federal Alemão para o Meio Ambiente,



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

of the Federal Republic of Germany

Conservação da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) no contexto da Iniciativa Climática Internacional (IKI). Os conteúdos desta publicação são de inteira responsabilidade dos seus organizadores e não necessariamente refletem a visão dos financiadores.



climainfo

climainfo.org.br