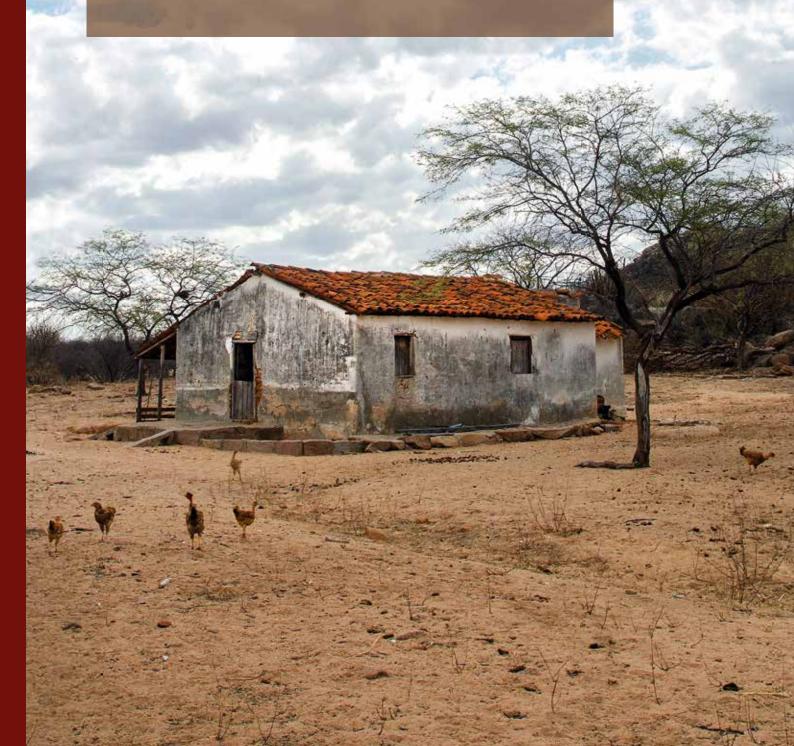
# ÍNDICE DE VULNERABILIDADE AOS DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS ÀS SECAS NO CONTEXTO DA MUDANÇA DO CLIMA

SUMÁRIO EXECUTIVO



#### Presidência da República

Presidente Michel Temer

#### Ministério do Meio Ambiente

Ministro José Sarney Filho

#### Secretaria Executiva

Secretário-Executivo Marcelo Cruz

#### Secretaria de Mudança do Clima e Florestas

Secretário Everton Frask Lucero

#### Ministério da Integração Nacional

Ministro Helder Zahluth Barbalho

#### Secretaria Executiva

Secretário-Executivo Mário Ramos Ribeiro

#### Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil

Secretário Renato Newton Ramlow

### WWF-Brasil

**Diretor Executivo** Maurício Voivodic

#### Programa de Mudanças Climáticas e Energia

André Costa Nahur - Coordenador

# ÍNDICE DE VULNERABILIDADE AOS DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS ÀS SECAS NO CONTEXTO DA MUDANÇA DO CLIMA

# SUMÁRIO EXECUTIVO

1<sup>a</sup> EDIÇÃO

Brasília, Brasil

2017

#### Equipe

#### Ministério do Meio Ambiente

#### Secretaria de Mudança do Clima e Florestas

José Domingos Gonzalez Miguez – Diretor do Departamento de

Políticas em Mudança do Clima

Celina Xavier de Mendonça – Gerente de Projeto

Karen Silverwood Cope – Gerente de Projeto

Jaqueline Madruga

Lia Mendes Cruz

Mariana Egler

Nelcilândia P. de Oliveira

### Secretaria de Extrativismo e Desenvolvimento Rural

Sustentável Ricardo Padilha

#### Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC

Cristiane Antunes

Ana Flávia Freire

### Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres –

CENAD

Tiago Molina Schnorr

Juliana Sobrinho dos Santos Moretti

Ministério da Integração Nacional

#### WWF-Brasil

#### Programa de Mudanças Climáticas e Energia

André Costa Nahur

Alessandra da Mota Mathyas Bruna Mello de Cenço

Eduardo Valente Canina

Evelin Karine Amorim Juliana Marinho Pires de Freitas

Lídia Maria Ferreira Rodrigues

Mark William Lutes

Rafael Ferraz

Renata Camargo

Ricardo Junqueira Fujii

#### Apoio

#### GIZ

#### Programa Políticas sobre Mudança do Clima

Michael Scholze

Ana Carolina Câmara

#### Autore

#### ADAPTA – Assessoria Ambiental e Pesquisa

Pedro Ivo Camarinha Nathan S. Debortoli

Marina Hirota

#### Dados Internacionais para Catalogação na Publicação - CIP

I39

Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas no contexto da mudança do clima: sumário executivo / Ministério do Meio Ambiente, Ministério da Integração Nacional, WWF-Brasil. — Brasília, DF: MMA, 2017.

36 p., il. color. ; gráficos.

ISBN: 978-85-7738-314-6

1.Mudanças climáticas. 2.Seca meteorológica - Brasil. 3.Desastres naturais. 4.Dados climatológicos. I.Ministério do Meio Ambiente. II.Ministério da Integração Nacional. III.WWF-Brasil. IV.Título.

CDU: 551.583(81)

Ministério do Meio Ambiente Biblioteca

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	l (
2 CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE AOS DESASTRES NATURAIS	
RELACIONADOS ÀS SECAS - IVDNS	10
2.1 Subíndice de exposição	12
2.2 Subíndice de sensibilidade	16
2.3 Subíndice de capacidade adaptativa	18
2.4 Estrutura do índice de vulnerabilidade – IVDNS	20
3 RESULTADOS	27
3.1. Índice de vulnerabilidade aos desastres naturais	
relacionados às secas - IVDNS (2011-2040)	24
3.2 Apresentação de dados por municípios	2!
3.3 O IVDNS para 2041-2070 e 2071-2099	28
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS	36



Alterações nos padrões climáticos geram consequências que afetam diretamente os sistemas naturais e humanos (IPCC, 2013). Estas alterações fazem parte da variabilidade natural do clima ou podem ser uma resposta às ações antrópicas (emissão de gases de efeito estufa e mudanças do uso do solo), resultando na mudança do clima. Muitas vezes, estas alterações estão relacionadas ao regime de precipitação, e podem causar impactos negativos dependendo de sua intensidade. No que se refere à ocorrência de secas e estiagens, tendências de decréscimo de precipitações têm se mostrado frequentes e severas em diversas partes do globo. Simulações climáticas efetuadas a partir de modelos de circulação global da atmosfera têm oferecido prognósticos de climas mais extremos no futuro, ora com chuvas abundantes e de curta duração, ora com longos períodos secos (IPCC, 2012).

Nesse sentido, anomalias na variabilidade climática e na ocorrência de eventos extremos podem acarretar diferentes consequências (positivas ou negativas e em diferentes graus de intensidade), exigindo um melhor conhecimento por parte do poder público e da sociedade para que os impactos sejam minimizados. Isto se faz ainda mais necessário em regiões que possuem histórico de desastres naturais, pois nestes casos ficam evidenciadas as vulnerabilidades dos sistemas humanos frente aos fenômenos naturais, cenário este que pode se tornar ainda pior com os efeitos de mudanças futuras do clima, além daquelas já em curso.

No Brasil, a ocorrência de secas é um problema secular, principalmente no Nordeste brasileiro. Essa característica traz à tona a necessidade de serem estruturadas novas políticas públicas que considerem a mudança do clima e, também, o conceito de adaptação.

Primeiramente, é preciso ressaltar que a **seca** é um fenômeno relativo que depende do contexto no qual a análise está inserida. Portanto, qualquer discussão em termos de déficit de precipitação deve se referir às condições particulares de uma determinada região (CASTRO et al., 2003). Períodos com déficits anormais de precipitação são definidos como **secas meteorológicas** e podem ter consequências para atividades agrícolas ou para o ciclo hidrológico (IPCC, 2012). Numa visão socioeconômica dos desastres, a seca depende mais das vulnerabilidades dos grupos sociais afetados que das próprias condições climáticas.

O aumento das secas e estiagens tem entre seus impactos ameaças à produção de alimentos, à geração de energia e à saúde das populações. Em tal contexto de incertezas, faz-se necessário identificar e entender os possíveis cenários de impacto futuro para prevenir e se preparar para os desastres de secas. Uma alternativa para este tipo de análise consiste na avaliação do clima presente e comparações com o clima futuro por meio da simulação de modelos climáticos (PBMC, 2013).

Para fins desta pesquisa, o objeto de estudo dos impactos da mudança do clima foi a **seca meteorológica**, considerada como o principal agente deflagrador dos desastres de secas no Brasil. Já o conceito de *vulnerabilidade* utilizado tem como base o *Relatório AR4 do IPCC – IPCC Fourth Assessment Report* (IPCC, 2007), a partir de uma função composta de: *exposição*, *sensibilidade e capacidade adaptativa*.

Portanto, levando em consideração a estrutura apresentada na **Figura 1** e os desastres de secas, utilizou-se para este trabalho as definições a seguir.



EXPOSIÇÃO SENSIBILIDADE

IMPACTOS POTENCIAIS CAPACIDADE ADAPTATIVA

VULNERABILIDADE

Figura 1 – Estrutura representativa para definição da vulnerabilidade, no contexto da mudança do clima.

Fonte: IPCC (2013), com adaptações.

- Exposição: representa todas as mudanças do clima relacionadas às componentes que causam a seca meteorológica, como a alteração da média de precipitação (acréscimo ou decréscimo), a variabilidade (maior dificuldade de manter o equilíbrio hidrológico, sobretudo relacionado aos níveis de umidade do solo) e a ocorrência de extremos climáticos de secas (sua frequência/magnitude).
- **Sensibilidade:** representa o contexto socioeconômico e ambiental que contribui para ampliar ou reduzir os efeitos da exposição à mudança do clima.
- Capacidade adaptativa: representa a capacidade de resposta e de reordenamento dos sistemas humanos frente às possíveis mudanças do clima relacionadas às secas.

O AUMENTO DAS
SECAS E
ESTIAGENS
TEM ENTRE SEUS
IMPACTOS AMEAÇAS
À PRODUÇÃO DE
ALIMENTOS, À GERAÇÃO
DE ENERGIA E À SAÚDE
DAS POPULAÇÕES.



A fim de alcançar o objetivo do estudo, foi desenvolvido um índice de vulnerabilidade aos desastres naturais relacionados às secas (IVDNS), com vistas a refletir a vulnerabilidade dos municípios brasileiros com base nos impactos da mudança do clima futura. Para sua construção, foram utilizadas variáveis climáticas, físico-ambientais, socioeconômicas e de políticas públicas, que se relacionaram através dos subíndices de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa, explicados nos itens a seguir. As análises foram feitas até o final do século XXI, com maior aprofundamento no período 2011-2040.

# 2.1 SUBÍNDICE DE EXPOSIÇÃO

O subíndice de exposição reflete diretamente os efeitos das mudanças do clima relacionados à deflagração das secas meteorológicas. Ou seja, é a parte do IVDNS que avalia especificamente o papel da mudança do clima na caracterização da vulnerabilidade. É preciso ressaltar que toda avaliação que tem como objetivo entender os efeitos da mudança do clima precisa ter um período de referência (linha de base), com o intuito de permitir comparações com o clima futuro e, assim, identificar anomalias no comportamento climático.

A linha de base para a análise dos dados climatológicos (precipitação e temperatura) compreendeu o período entre 1961-1990, conforme a convenção sugerida pela Organização Mundial Meteorológica (OMM).

Para a composição desse subíndice, foi necessário trabalhar com algumas variáveis climáticas relacionadas às secas. Todas elas são provenientes, direta ou indiretamente, dos dados brutos de dois modelos climáticos diferentes – o Eta-HadGEM ES 2 e o Eta-MIROC 5 –, que representam o aninhamento do modelo regional Eta com os respectivos modelos globais (CHOU; BUSTAMANTE; GOMES, 2005; CHOU et al., 2012). A versão do Eta utilizado possui *downscaling* (regionalização climática de 20km de resolução espacial para o Brasil) e foi adaptado para estudos de cenários de mudança do clima (PESQUERO et al., 2009).

No caso da ocorrência de secas, diferentes anomalias climáticas podem impactar os sistemas humanos e levar à condição de desastre. Entre elas estão as alterações relacionadas à variabilidade climática (sazonal ou interanual), ao decréscimo da média do total de precipitação (mensal, sazonal ou anual) ou, ainda, à magnitude, frequência e duração das secas. Tais fatores são favoráveis para a ocorrência dos desastres de secas, mas nem sempre eles acontecem simultaneamente.

De forma a identificar os aspectos relativos da vulnerabilidade às secas no contexto da mudança do clima, decidiu-se por construir um subíndice de exposição climática à seca meteorológica baseado nas anomalias/incrementos de três variáveis climáticas:

- Média de Precipitação acumulada (MPPT) em 12 meses: extraída diretamente das rodadas do modelo Eta-20km.
- Desvio padrão da média de precipitação acumulada em 12 meses: variável que representa o quão forte é a variabilidade do regime de precipitação, considerando o período de 12 meses.
- Potência de secas: criada e adaptada a partir dos dados do standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI), o qual considera a magnitude, frequência e duração das secas severas (SPEI < -1.50) durante o período analisado (VICENTE-SERRANO; BEGUERÍA; LÓPEZ-MORENO, 2010).

ESTE SUBÍNDICE É
CONSIDERADO O PONTOCHAVE DE TODA A ANÁLISE
DE VULNERABILIDADE,
POIS CORRESPONDE
À CONJUNÇÃO DOS
DIFERENTES TIPOS DE
IMPACTOS CLIMÁTICOS DA
MUDANÇA DO CLIMA QUE
PODEM INTENSIFICAR OU
ATENUAR OS DESASTRES
RELACIONADOS ÀS SECAS.

Por sua vez, as anomalias/incrementos de cada variável foram calculadas comparando-se os valores encontrados nos períodos futuros com aqueles da linha de base (1961-1990).

O subíndice de exposição é a média linear da soma das três anomalias, sendo a MPPT a única que é inversamente proporcional à exposição às secas. Ou seja, considera-se que quanto maior for a média de precipitação menor será a vulnerabilidade climática (exposição) no que se refere à deflagração das secas meteorológicas.

Este subíndice é considerado o ponto-chave de toda a análise de vulnerabilidade, pois corresponde à conjunção dos diferentes tipos de impactos climáticos da mudança do clima que podem intensificar ou atenuar os desastres relacionados às secas. Embora as variáveis que o componham tenham sido apresentadas de forma isolada, a integração das três anomalias permite identificar as regiões brasileiras mais críticas a futuras secas meteorológicas, sendo o cenário mais severo aquele em que há o decréscimo dos totais de precipitação, aumento da variabilidade e aumento da potência das secas extremas (frequência e magnitude). Entretanto, é possível que outras combinações caracterizem situações de alta vulnerabilidade do ponto de vista climático, em que uma das variáveis apresente valores de anomalia muito elevado, ao ponto de caracterizar um alto índice de exposição, mesmo que as outras variáveis tenham incrementos medianos ou até mesmo negativos.

É importante ressaltar que um índice de exposição extremamente alto para uma determinada localidade não significa, necessariamente, que esta será impactada amplamente por desastres relacionados às secas no futuro. Além de haver outros fatores determinantes para a construção de um "desastre", como as características de sensibilidade e capacidade adaptativa, o mapa de exposição representa onde a situação futura sofrerá mais alterações que favorecem a seca, *mas sempre tendo como base comparativa a situação observada na linha de base (1961-1990)*.

As anomalias (ou incrementos) das três variáveis climáticas utilizadas foram calculadas separadamente, bem como seus respectivos mapas. Entretanto, a **Figura 2** apresenta apenas a composição do subíndice de exposição, que é a conjunção das anomalias observadas entre os períodos de 1961-1990 e 2011-2040.

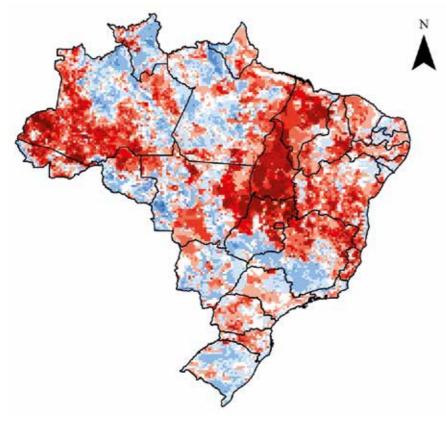




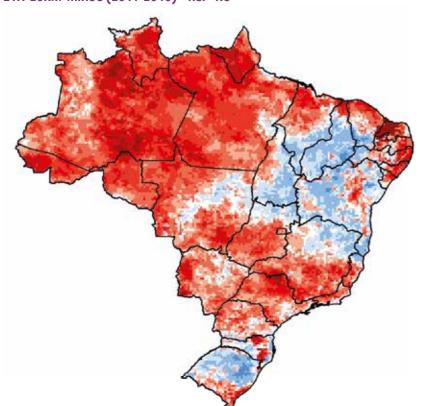
### ETA-20KM-HADGEM (2011-2040) - RCP 4.5

Figura 2 – Mapas da exposição climática às secas no modelo Eta-20km para os modelos Eta-HadGEM (superior) e Eta-MIROC (inferior) nos cenários 4.5 (esquerda) e 8.5 (direita) do IPCC/AR5, calculados para o período de 2011-2040.

Obs.: os tons em vermelho indicam o aumento da exposição ("vulnerabilidade climática"), enquanto os tons em azul representam a situação contrária.

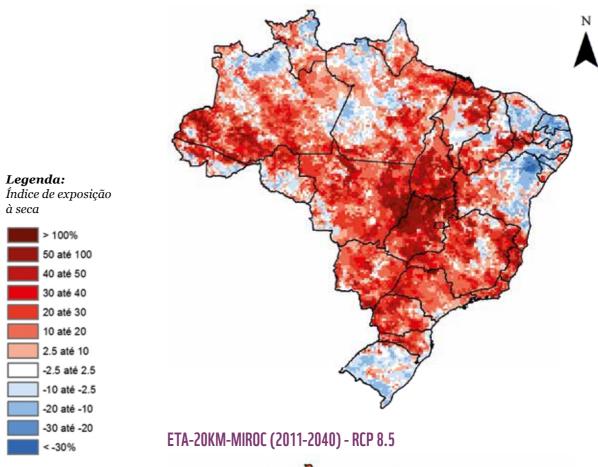


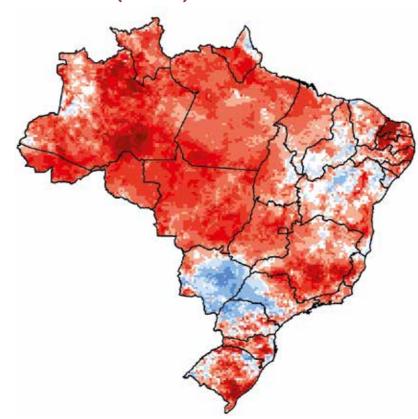
ETA-20KM-MIROC (2011-2040) - RCP 4.5





## ETA-20KM-HADGEM (2011-2040) - RCP 8.5





## 2.2 SUBÍNDICE DE SENSIBILIDADE

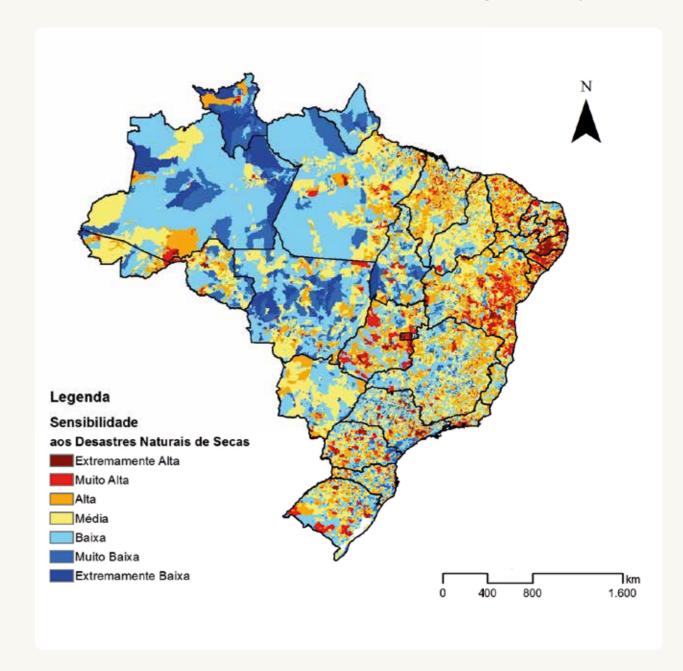
Este subíndice relacionou cinco variáveis a partir de dados socioeconômicos, demográficos, de uso do solo e de gestão do uso da água para representar a fragilidade dos sistemas humanos e de suas atividades econômicas quando submetidos aos efeitos das secas. As cinco variáveis são apresentadas a seguir.

- Taxa de mortalidade infantil: entre outros fatores, altos índices de mortalidade infantil estão diretamente ligados a doenças de veiculação hídrica associadas à má qualidade da água, situação esta que se acentua demasiadamente durante as secas. A população mais atingida é especialmente aquela que reside em zonas rurais e onde há precariedade ou inexistência de estruturas de tratamento de esgoto. Além disso, municípios que apresentam alto índice de mortalidade infantil refletem, em parte, estas características quando comparados com outros de baixa mortalidade infantil.
- Porcentagem da população abaixo da linha de indigência: referese à população que recebe renda mensal menor que um quarto do salário mínimo. Representa contrastes entre os municípios brasileiros no que tange a uma faixa da população extremamente sensível aos impactos das secas. Esta faixa da população abaixo da linha de indigência convive com uma série de dificuldades e retrata o nível de carências de rendimento para compra, principalmente de alimentos e de bens duráveis, que poderiam ajudar a contornar situações de calamidade, além de outras privações.
- Densidade demográfica dos municípios: visa representar onde estão localizadas as maiores concentrações populacionais do país. Regiões com maior densidade populacional são consideradas mais sensíveis por causa da maior demanda de água e alimentos, os quais podem, em geral, ser diretamente impactados em situações de seca. Esta variável reflete também o tamanho do impacto que uma seca pode atingir, pois o foco do estudo são os desastres.
- Oferta e demanda de água e o tipo dos principais mananciais para abastecimento público: reflete a condição dos mananciais em relação à demanda municipal, bem como a sensibilidade do principal tipo de manancial utilizado para cada município (superficial ou subterrâneo). Ou seja, reflete a sensibilidade municipal no tocante ao abastecimento urbano de água, o qual é diretamente influenciado pelas secas e pode causar grandes prejuízos socioeconômicos e ambientais.
- **Uso do solo:** utilizada para representar a fragilidade/suscetibilidade dos diferentes usos em relação aos efeitos das secas, sobretudo aqueles que refletem atividades econômicas. As 38 classes do mapa de uso do solo (IBGE, 2010), escala 1:250.000, foram ponderadas entre 0.00 e 1.00 levando em consideração os aspectos supracitados.

Figura 3 – Mapa do subíndice de sensibilidade aos desastres naturais relacionados às secas.

Basicamente, os dados correspondentes às variáveis são provenientes do Censo 2010, acessado pelo Atlas de desenvolvimento humano (PNUD, 2013); e do Atlas Brasil -Abastecimento urbano de água (ANA, 2015), no caso da variável "oferta e demanda de água e o tipo dos principais mananciais para abastecimento público".

Para o subíndice de sensibilidade, calculou-se primeiramente a média das três variáveis socioeconômicas (mortalidade infantil, população abaixo da linha de indigência e densidade demográfica), a fim de evitar um resultado enviesado nesta dimensão. Este subíndice socioeconômico foi somado com as demais variáveis de uso do solo e oferta e demanda de água, que representam os aspectos físico-ambientais e, também, de governança da sensibilidade aos desastres relacionados às secas. O resultado final é a média deste somatório, conforme apresentado na Figura 3.



NO CASO DA OCORRÊNCIA DE SECAS, DIFERENTES **ANOMALIAS CLIMÁTICAS** PODEM IMPACTAR OS SISTEMAS HUMANOS E LEVAR À CONDIÇÃO DE DESASTRE.

## 2.3 SUBÍNDICE DE CAPACIDADE ADAPTATIVA

Idealmente, os indicadores mais representativos da capacidade adaptativa seriam aqueles capazes de expressar aspectos relacionados às condições da organização, resposta e efetividade da coletividade, como o papel das instituições, governança e gestão de desastres. Entretanto, dados dessa natureza não estão disponíveis para todos os municípios brasileiros, pois, no período de tempo de realização deste trabalho, não foi possível reunir informações suficientes para compor uma base de dados completa. Dessa forma, a alternativa foi utilizar outros indicadores socioeconômicos que apresentam, mesmo que indiretamente, relações com estes aspectos de interesse. Foram utilizadas as três variáveis a seguir.

- IDHm: utilizado por ser um índice composto que representa diversas nuances da capacidade de adaptação, tendo em vista que relaciona os aspectos de longevidade, renda e educação. De forma geral, municípios com IDHm elevados possuem uma maior capacidade de se adaptar quando comparados com outros de IDHm baixo.
- Índice de Gini: utilizado devido a sua relação com a fragilidade nutricional e a fome que, embora não seja uma causa que decorre exclusivamente da seca, pode ser agravada em famílias que vivem em regiões/municípios onde a desigualdade social é significativamente presente (CASTRO, 1980 apud FISCHER; ALBUQUERQUE, 2002). De modo geral, diversos relatórios internacionais publicados indicam que as populações vulneráveis, como aquelas que convivem com a desigualdade social, serão os segmentos mais atingidos pelas alterações do clima (ACSELRAD; MELLO; BEZERRA, 2008).
- Taxa de analfabetismo: embora já componha indiretamente o IDHm, seu uso é pertinente justamente para que o índice de capacidade de adaptativa ressalte quais são os municípios mais críticos sob este ponto de vista. Além de o analfabetismo estar relacionado com diversas outras incapacidades (ou baixa capacidade) dos grupos sociais atingidos, ele priva o acesso às informações, ao trabalho formal, ao ensino de qualidade, e tantos outros valores sociais.



O subíndice de capacidade adaptativa é a média simples das três variáveis utilizadas, sendo que o índice de Gini e a taxa de analfabetismo são inversamente proporcionais à capacidade de adaptação. O resultado deste cálculo está apresentado na **Figura 4**.

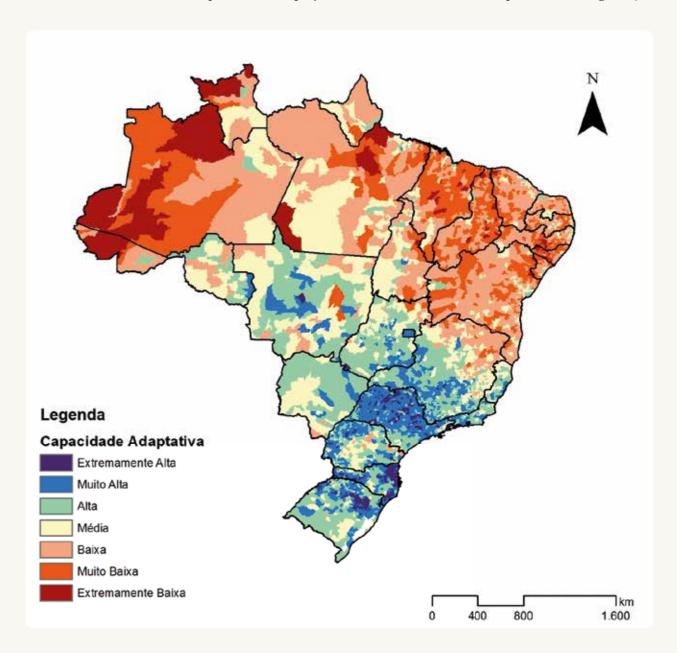


Figura 4 – Mapa do subíndice de capacidade adaptativa aos efeitos das mudanças do clima relacionadas às secas.

Obs.: é preciso lembrar que este é o único subíndice que é inversamente proporcional à vulnerabilidade, pois quanto maior a capacidade adaptativa, menor poderá ser o IVDNS.



# 2.4 ESTRUTURA DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE - IVDNS

Após a composição dos três subíndices, foi necessário equacionar um modelo de relação entre eles, em que o produto final seria o IVDNS propriamente dito. Na literatura atual existem muitos métodos distintos, os quais são, geralmente, tanto mais robustos quanto menor for a escala da área de análise (SAATY, 1997). De forma geral, ao avaliar os desastres relacionados às secas em grandes extensões territoriais como o Brasil, a composição de um único índice torna-se uma tarefa complexa, podendo apresentar algumas limitações.

Quanto maior a área de estudo e a heterogeneidade das variáveis que compõem o índice, mais difícil é criar um modelo representativo para o todo. Sob este aspecto, o IVDNS elaborado neste trabalho deve ser observado como uma forma simplificada da representação da vulnerabilidade a partir de uma interação linear dos seus componentes. A seguir está a equação que representa o IVDNS e a interação entre os subíndices:

IVDNS = 
$$\left(\frac{\text{EXP} + \text{SENS}}{2}\right) \times \left[\left(0.5 + \left(\frac{1 - \text{CA}}{2}\right)\right)\right]$$

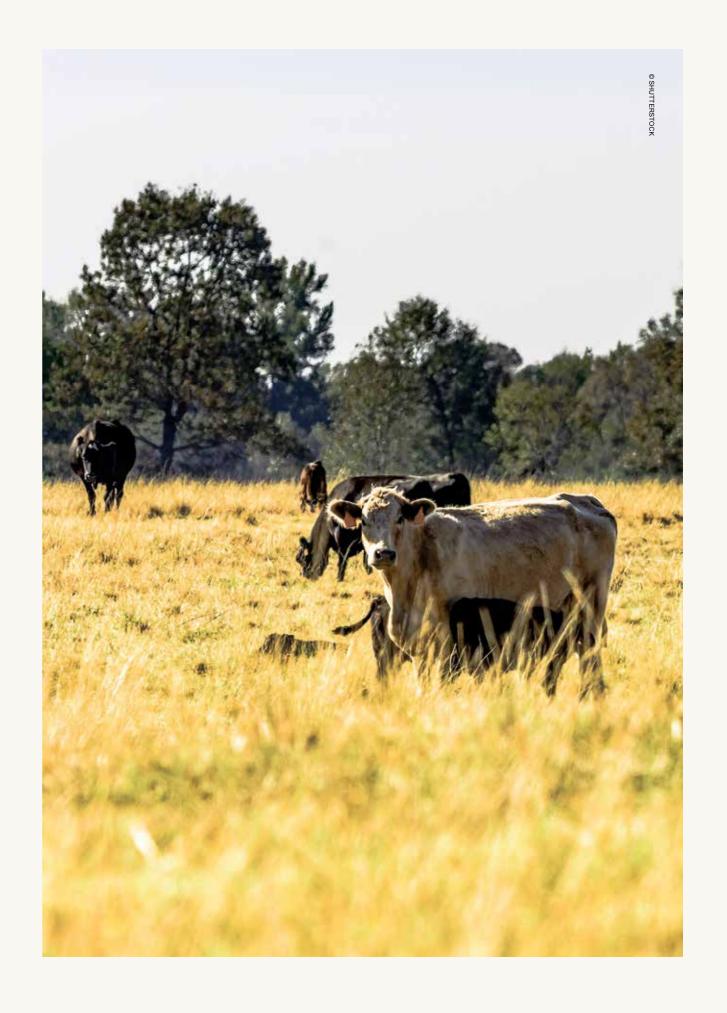
A Equação 1 foi estruturada tendo como premissa a identificação dos contrastes de vulnerabilidade existentes do Brasil e representa como os subíndices de exposição (EXP), sensibilidade (SENS) e capacidade adaptativa (CA) se relacionam. Desta forma, o índice de vulnerabilidade tratado neste estudo tem o objetivo principal de permitir a identificação de localidades críticas aos desastres de secas, considerando todos os aspectos previamente citados.

A primeira parte da Equação 1 representa os *impactos potenciais* da mudança do clima, especificamente no que diz respeito ao desencadeamento de desastres relacionados às secas. Ela é composta pela média dos subíndices de exposição e sensibilidade. Embora, teoricamente, esta relação nem sempre seja linear, o intuito deste arranjo é encontrar regiões onde alta sensibilidade e alta exposição coexistam, pois estas localidades serão diretamente mais vulneráveis aos impactos das secas meteorológicas no futuro.

A segunda parte representa a parcela desses impactos potenciais que pode ser abrandada, a partir da capacidade de adaptação dos municípios e suas respectivas populações. Dessa forma, quanto maior for a capacidade adaptativa, maior será o abrandamento destes impactos potenciais. A Equação 1 foi ajustada para que este abrandamento fosse, no máximo, de 50%. Este é um valor subjetivo, estipulado tendo em vista que a adaptação permite, principalmente, que os sistemas humanos se reorganizem ao ponto de conseguirem diminuir os impactos potenciais modificando as características explicitadas pelo vetor de sensibilidade, o qual é responsável por uma parte dos impactos potenciais (primeira parte da Equação 1).

Equação 1 – Fórmula utilizada no cálculo do IVDNS composta da exposição climática (EXP), sensibilidade/ susceptibilidade (SENS) e capacidade adaptativa (CA).

QUANTO MAIOR A ÁREA DE ESTUDO E A HETEROGENEIDADE DAS VARIÁVEIS QUE COMPÕEM O ÍNDICE, MAIS DIFÍCIL É CRIAR UM MODELO REPRESENTATIVO PARA O TODO





# 3.1. ÍNDICE DE VULNERABILIDADE AOS **DESASTRES NATURAIS RELACIONADOS ÀS SECAS - IVDNS (2011-2040)**

A intepretação dos mapas apresentados a seguir (Figura 5) requer um olhar sobre a seca a partir do prisma das diferentes regiões do Brasil. Estes mapas são o reflexo da conjunção dos subíndices de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa dos municípios brasileiros diante dos impactos da mudança do clima no desenvolvimento de desastres de secas.

Os valores do IVDNS são apresentados em uma escala que varia praticamente de 0.00até 1.00, sendo que, quanto maior for este valor maior é a vulnerabilidade de determinada localidade. Algumas raras exceções (menos de 1% do território brasileiro) possuem valores negativos do IVDNS, o que significa uma redução da vulnerabilidade, pois essas áreas apresentam uma melhora na disponibilidade hídrica considerando a vulnerabilidade total às secas.

Os mapas gerados devem ser analisados com cautela, baseando-se nas informações apresentadas previamente, pois refletem dados de diversas dimensões, incluindo aqueles oriundos de modelos climáticos que dispõem de graus de incerteza na composição do subíndice de exposição. A avaliação destas incertezas não faz parte do escopo deste trabalho, pois já foi objeto de estudo de Chou et al (2014a). Para facilitar a interpretação dos resultados algumas ressalvas importantes a respeito destas incertezas serão colocadas durante as discussões.

Para interpretar os resultados do IVDNS é preciso considerar as peculiaridades de cada região do país. Neste caso, o olhar da seca para a região Norte, como um desastre, deve ser distinto do olhar para o Nordeste, para o Sul, etc., justamente porque a percepção de seus impactos é diferente para cada caso. Esta análise minuciosa sobre cada região se faz necessária, pois a seca meteorológica acarreta impactos ambientais e socioeconômicos de características diversas e que dependem fortemente de arranjos culturais, político-institucionais e ambientais, que ainda podem ser variáveis em escala local ou regional.

Ao analisar os resultados que utilizam os dados climáticos provenientes do Eta-HadGEM (nos dois cenários RCP 4.5 e 8.5), as localidades mais vulneráveis aos efeitos da mudança do clima relacionadas às secas estão situadas no Centro-Oeste, em algumas partes da região Norte (oeste do Amazonas e Tocantins), no Nordeste brasileiro (principalmente Maranhão, Piauí, Bahia e Ceará) e no norte de Minas Gerais. A alta exposição climática destas regiões coexiste com fragilidades socioeconômicas das populações que, mesmo sendo pouco povoadas em alguns casos, apresentam problemas de gestão dos recursos hídricos e também uma baixa capacidade de adaptação.

Nos casos em que se utilizou os dados climáticos provenientes do Eta-MIROC, os dois cenários (RCP 4.5 e 8.5) apresentaram padrão espacial distinto do modelo HadGEM, para a maior parte do território brasileiro. Os resultados a partir do Eta-MIROC indicam vulnerabilidade média a alta em praticamente todo o Brasil, com uma abrangência espacial maior das classes de IVNDS médio a alto. As áreas brasileiras consideradas mais críticas estão localizadas principalmente no leste da região

PARA INTERPRETAR OS RESULTADOS DO IVDNS É PRECISO CONSIDERAR AS **PECULIARIDADES DE CADA** REGIÃO DO PAÍS

Nordeste, nas porções norte e oeste da região Norte, no Centro-Oeste, no leste da região Sudeste e no extremo sul da região Sul.

Basicamente, as características das localidades que se encaixam no contexto de baixa vulnerabilidade estão associadas a maiores índices de integridade ambiental, maior disponibilidade hídrica ou baixa exposição climática. Por outro lado, esses mesmos territórios de menor densidade populacional também são ocupados por populações tradicionais que se tornam mais vulneráveis (devido à baixa capacidade adaptativa) quando submetidas aos efeitos da mudanca do clima, apontando para novos cenários de risco para estes grupos, principalmente quando há elevada exposição a um extremo climático (por exemplo: o leste do Amazonas).

Embora os resultados indiquem que a região Centro-Oeste, o leste do Amazonas e o oeste do Acre, por exemplo, sejam localidades críticas, não significa, necessariamente, que estas serão as que terão mais ocorrências de desastres de secas no futuro. É preciso lembrar que estes resultados apontam para um maior aumento de ocorrências de desastres quando comparados com a situação observada entre 1961-1990. Estas informações são importantes para criar estratégias de adaptação à mudança do clima futura, pois estes impactos podem mudar as condições que estas populações estão acostumadas a enfrentar.

Por outro lado, temos algumas localidades com o IVDNS médio, mas que no período de 1961-1990 sofreram com muitos desastres de secas, tais como alguns municípios do semiárido nordestino. Estes casos são os de maior interesse quando a análise é feita sob o olhar da gestão de risco aos desastres.

Entretanto, ressalta-se que o foco deste estudo é, prioritariamente, conhecer os possíveis impactos da mudanca do clima para subsidiar a construção de estratégias de adaptação.

# 3.2 APRESENTAÇÃO DE DADOS POR MUNICÍPIOS

Os subíndices de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa, bem como os IVDNS foram gerados para todos os municípios brasileiros. O subíndice de exposição e o IVDNS são apresentados para cada um dos modelos (Eta-HadGEM e Eta-MIROC 5) e para cada um dos cenários de emissões (RCP 4,5 e 8,5), considerando o período compreendido entre 2011-2041. Todos esses valores estão tabelados e disponíveis como anexo deste relatório.1

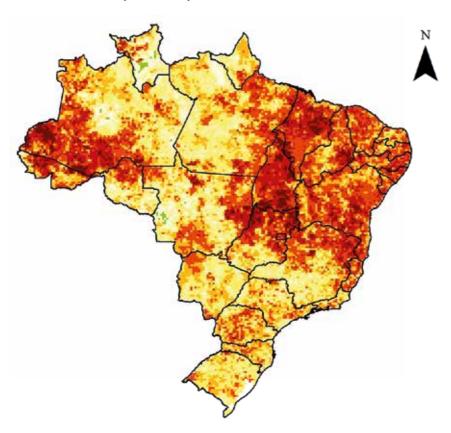
Cumpre ressaltar que o IVDNS é uma ferramenta que pode indicar os municípios mais críticos e os diferentes contrastes regionais, no que tange à vulnerabilidade aos desastres naturais de secas. No entanto, é necessário desenvolver uma análise individual de cada subíndice para que seja possível entender as diferentes nuances da vulnerabilidade. Neste sentido, é preciso analisar paralelamente cada um dos subíndices que o compõem, a fim de encontrar hotspots de vulnerabilidade propícios para nortear políticas públicas. Quando estes subíndices são analisados isoladamente, a identificação do peso de cada um dos três aspectos da vulnerabilidade é facilitada. Isto se explica pelo fato de os municípios combinarem exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa de formas diferentes e, portanto, necessitarem de estratégias de adaptação distintas. Quando agregados, os subíndices compõem o resultado final do IVDNS.

<sup>1</sup> As tabelas estão disponíveis em: http://www.mma.gov.br/clima/adaptacao/projetos#sobre-6 ou http://wwf.org.br/estudoseca.

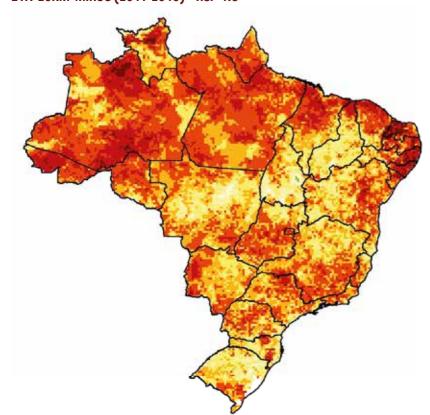
Figura 5 – Mapas do IVDNS (compostos pelos subíndices: exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa) para o período de 2011-2040.

**Obs.:** em relação as cores, quanto mais próximas de vermelho escuro maior a vulnerabilidade.

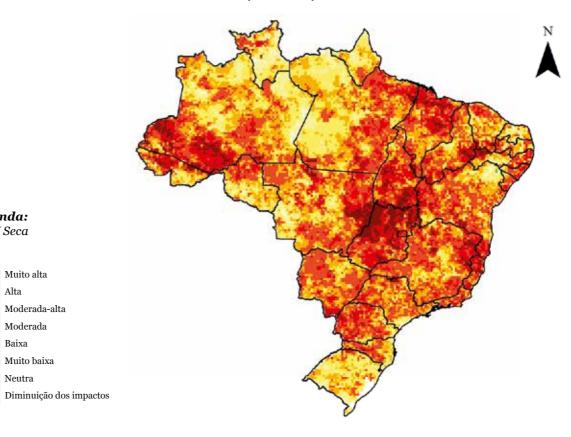
### ETA-20KM-HADGEM (2011-2040) - RCP 4.5



ETA-20KM-MIROC (2011-2040) - RCP 4.5



### ETA-20KM-HADGEM (2011-2040) - RCP 8.5



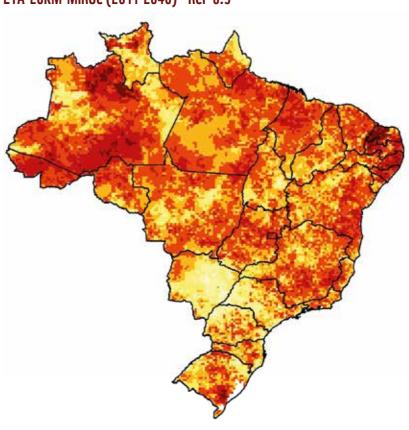
ETA-20KM-MIROC (2011-2040) - RCP 8.5

**Legenda:** IVDN Seca

Muito alta

Moderada Baixa

Neutra



### 3.3 O IVDNS PARA 2041-2070 E 2071-2099

Os resultados do IVDNS também foram calculados para os períodos de 2041-2070 e 2071-2099. Como forma de apoiar a compreensão da evolução do índice ao longo do tempo, são apresentados os mapas da **Figura 6**, que representam todos os períodos de interesse. Para sua correta interpretação, deve-se lembrar que as diferenças entre todos os mapas apresentados se dão única e exclusivamente devido à variação do subíndice de exposição climática, o qual utiliza as variáveis provenientes das simulações feitas com os dois modelos climáticos deste estudo. Os demais subíndices representam a realidade do período presente (pois utilizam dados do ano de 2010) e considera-se a premissa de que permanecerão iguais no futuro.

O padrão observado nos modelos é que os efeitos da mudança do clima conjugados com as características regionais brasileiras caracterizam alta vulnerabilidade aos desastres de secas logo no primeiro período de análise (2011-2040). Há um decréscimo da exposição climática e consequentemente da vulnerabilidade no segundo período (2041-2070), posteriormente apresentando um novo acréscimo da vulnerabilidade entre 2071-2099

OS EFEITOS DA MUDANÇA
DO CLIMA CONJUGADOS
COM AS CARACTERÍSTICAS
REGIONAIS BRASILEIRAS
CARACTERIZAM ALTA
VULNERABILIDADE AOS
DESASTRES DE SECAS.



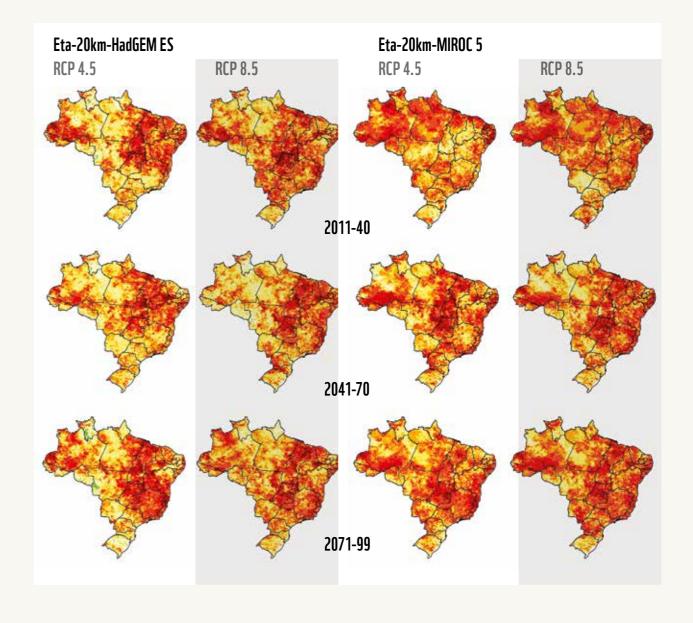


Figura 6 – Representação dos resultados IVDNS para os três períodos analisados: 2011-2040; 2041-2070 e 2071-2099, a partir das projeções climáticas simuladas pelos modelos Eta-HadGEM e Eta-MIROC, nos cenários RCP

**Obs.**: Quanto mais vermelho maior a vulnerabilidade.

4.5 e 8.5 do IPCC/AR5.





Nos últimos anos, o Brasil tem constatado longos períodos de secas e estiagem provocados por modificações no padrão de circulação das massas de ar em mesoescala na América do Sul. Estes eventos têm causado impactos significativos em diferentes regiões do país.

Com a mudança do clima, espera-se que extremos climáticos sejam ainda mais frequentes, além de outras mudanças relacionadas à variabilidade do clima que também impactam os sistemas humanos (IPCC, 2012), tornando-os mais expostos e ainda mais vulneráveis caso novas medidas de adaptação e gestão do risco não sejam tomadas.

Como resultado deste trabalho e, segundo as projeções utilizadas para o cálculo do IVDNS, foi possível observar que a vulnerabilidade aos desastres naturais de seca tende a se elevar por todo o território brasileiro, mesmo que em diferentes níveis, e para todos os períodos futuros (se mantidos os padrões socioeconômicos e de governança atuais). As maiores anomalias climáticas já são observadas no primeiro período de análise (2011-2040), trazendo ainda mais urgência para a implementação de medidas de adaptação e políticas públicas de gestão de risco.

De forma geral, os resultados deste trabalho indicam que, em praticamente todo o **Nordeste**, o efeito da mudança do clima não é o principal fator determinante da vulnerabilidade aos desastres de secas. É consenso que o clima semiárido seja mais propício para situações de baixa disponibilidade de recursos hídricos. Entretanto, existe todo um arranjo socioeconômico e de gestão do uso da água e do solo que intensificam a vulnerabilidade dos municípios nessa região. Além disso, os modelos climáticos utilizados convergem em poucas localidades, o que traz uma alta incerteza para grande parte de seu território. Essas características sugerem, portanto, a necessidade do desenvolvimento socioeconômico de forma sustentável e melhorias nos aspectos de governança.

O polígono das secas e parte do interior do Ceará requerem ações prioritárias focadas na redução do risco aos desastres (por exemplo, melhorias nos sistemas de alertas precoces às secas), que devem ser complementadas por ações subsequentes de combate aos efeitos das secas. No médio prazo, considera-se importante a implementação de medidas de adaptação que visem ao desenvolvimento socioeconômico dos municípios. Nesse sentido, é de suma importância melhorar o acesso à educação básica e superior, bem como aos serviços de saneamento básico e de saúde.

A porção ao **norte do Ceará, Piauí, Maranhão e Pará** também se destaca como uma das mais vulneráveis aos efeitos da mudança do clima no que se refere às secas. Nestas regiões, é provável que a intensificação do evento *El Niño* e/ou o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical para o norte da Linha do Equador sejam as causas da redução da média de precipitação, que ocorre juntamente com o aumento da frequência e a magnitude das secas. Por outro lado, a vulnerabilidade destas localidades também está fortemente relacionada às fragilidades socioeconômicas e, principalmente, à baixa capacidade de adaptação das populações que ali vivem.

No caso mais crítico, o **Maranhão**, há evidências de novos cenários de risco a secas severas nos próximos anos. Essa tendência é concordante com as ocorrências de secas já observadas nos últimos anos. A seca que compreendeu 2013, 2014 e 2015 é considerada a pior das últimas cinco décadas. Com secas mais frequentes e severas, em um ambiente de baixa capacidade adaptativa, os municípios podem sofrer

A VULNERABILIDADE AOS **DESASTRES NATURAIS DE** SECA TENDE A SE ELEVAR POR TODO O TERRITÓRIO BRASILEIRO. **AS MAIORES ANOMALIAS** CLIMÁTICAS JÁ SÃO **OBSERVADAS NO PRIMEIRO** PERÍODO DE ANÁLISE (2011-2040), TRAZENDO AINDA MAIS URGÊNCIA PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE MEDIDAS DE ADAPTAÇÃO E POLÍTICAS PÚBLICAS DE GESTÃO DE RISCO

demasiadamente por repetidas vezes, o que dificultará ainda mais o processo de recuperação e o desenvolvimento socioeconômico. Portanto, sugere-se que ações de gestão e redução do risco sejam ampliadas e intensificadas por toda essa área, visando minimizar os efeitos da mudança do clima em curso. Além disso, a região também deve desenvolver medidas de adaptação para conter os futuros impactos.

A região que compreende o **nordeste de Minas Gerais, o sul da Bahia e o norte do Espírito Santo** apresenta vulnerabilidade caracterizada parcialmente pelos efeitos da mudança do clima. O contexto socioeconômico favorece o aumento da vulnerabilidade, principalmente no **sul da Bahia.** O uso do solo e as práticas associadas também são considerados fatores determinantes para a alta vulnerabilidade, os quais coexistem algumas vezes com a alta densidade demográfica e a fragilidade dos mananciais utilizados para abastecimento público. Levando em consideração esse cenário e a pequena quantidade de desastres que ocorreram no passado, os resultados sugerem a elaboração de medidas de adaptação que consigam minimizar os impactos potenciais que a mudança do clima pode trazer nos próximos anos. Atenta-se para o fato de alguns municípios possuírem intensa atividade agrícola e, principalmente, silvicultura, os quais podem ser fortemente impactados pela intensificação das secas se medidas de adaptação não forem tomadas previamente.

O Centro-Oeste brasileiro caracteriza-se como uma das regiões de maior vulnerabilidade, sobretudo Goiás e as regiões limítrofes com Mato Grosso **e Tocantins.** Os modelos utilizados apontam para o mesmo comportamento do clima, o qual tende a ser, de forma geral, mais quente e seco, com ocorrência de secas, estiagens e veranicos mais frequentes e severos nas próximas décadas. Pelos índices socioeconômicos, fica evidenciado que as populações dos municípios mais críticos podem ser impactadas principalmente por escassez de água para o abastecimento público, pois esta é uma região que ainda apresenta um grande potencial de crescimento populacional. Nesse sentido, recomenda-se que as evidências apresentadas sejam levadas em consideração para o planejamento do desenvolvimento econômico futuro. Além destes aspectos – mais voltados para a população urbana, destaca-se a alta vulnerabilidade do setor agropecuário e, consequentemente, de toda a cadeia do agronegócio. Portanto, sugere-se a implementação de medidas de adaptação voltadas para contornar esses dois principais tipos de impactos potenciais (escassez de água para abastecimento urbano e possíveis prejuízos para a agropecuária).

O sudoeste do Amazonas e a divisa com o Acre compreende uma região com altos valores absolutos do IVDNS. No entanto, no cálculo agregado por município, esses valores são "dissolvidos" devido à grande extensão territorial dos municípios. Nesse caso, os resultados desagregados indicam que esta região deve ser considerada uma das regiões prioritárias para as medidas de adaptação. Os resultados das simulações do clima futuro convergem em apontar que esta região será exposta a um clima menos úmido, com maior variabilidade e com secas mais extremas e longas que o normal. Nestes casos, o clima é considerado um dos principais determinantes da vulnerabilidade e deixa explícito que medidas de adaptação precisam ser implementadas. Por outro lado, os aspectos ambientais favorecem impactos potenciais menores, pois estas são regiões preservadas e com abundância de recursos hídricos. Assim, ressalta-se a importância de se manter práticas conservacionistas nestas regiões, para que a vulnerabilidade não seja ainda mais elevada.

Destaca-se também que nesta região existem muitos municípios isolados, os quais estão entre aqueles que apresentam os piores índices de saúde e educação



do Brasil. Estes fatores caracterizam não somente uma alta vulnerabilidade socioeconômica dos municípios quando são atingidos por secas severas, como também refletem sua baixa capacidade de adaptação a situações adversas e anômalas, como aquelas impostas pela mudança do clima. As populações mais atingidas são povos e comunidades tradicionais, os quais se caracterizam como os grupos mais vulneráveis aos efeitos da mudança do clima. Nesse sentido, é preciso que a adaptação seja vista como uma forma de promover o desenvolvimento socioeconômico de forma sustentável nestas localidades, sob o risco de ocorrerem grandes desastres nas próximas décadas.

Para o Sudeste Brasileiro (com exceção do norte de Minas Gerais), a tendência observada, mesmo que amena, é de aumento de períodos mais secos no futuro. Os efeitos da mudança do clima para o Sudeste parecem ser em menor intensidade que outras regiões, como Nordeste, Centro-Oeste e parte do Norte. Entretanto, a região é a mais populosa e de maior concentração de capital do país, trazendo consigo outras preocupações, pois estes pequenos incrementos da exposição climática podem configurar grandes impactos.

Assim, nessa região, os maiores problemas estão relacionados à gestão e ao uso da água somados à forte degradação ambiental. Com isso, vários municípios, mesmo que pontualmente, já se apresentam altamente vulneráveis às secas em virtude de seus mananciais. Muitas vezes, a oferta de água já não é mais suficiente para atender toda a demanda com segurança, pois há grande pressão proveniente do crescimento econômico e populacional. Paralelamente, observa-se o desperdício, a falta de manutenção das redes distribuidoras, a poluição dos recursos hídricos em regiões densamente urbanizadas ou industrializadas e, principalmente, o desmatamento e a não recuperação de matas ciliares (zonas ripárias) e de nascentes.

Como a capacidade de adaptação é relativamente alta, há possibilidade de esses problemas serem contornados no médio e longo prazos. Para isso, são necessárias melhorias nos aspectos de governanca, que não necessariamente precisam tratar os problemas ambientais sob o olhar dos desastres de secas, mas que os utilizem como argumentos para fortalecer uma mudança de paradigma dentro destas discussões. Sugere-se focar em ações de educação ambiental de forma ampla, além do fomento a projetos de recuperação florestal, principalmente aqueles vinculados às atividades econômicas que mantenham o protagonismo local.

a diferenca de que em parte do Rio Grande do Sul e do Paraná os efeitos da mudança do clima tendem a ser mais intensos. Além disso, a porção ao oeste apresenta um histórico com muitos registros de desastres envolvendo secas, normalmente vinculados a quebras de safra de culturas temporárias. Nesse aspecto, além das considerações feitas para o Sudeste, recomenda-se que haja uma intensificação das ações de gestão e redução de risco voltadas para os alertas precoces de secas, como forma de reduzir os impactos na agricultura. Nos municípios mais desenvolvidos e com mais recursos financeiros, há também a possibilidade de se avançar com medidas de adaptação mais robustas, como a implementação de novas tecnologias, onde parcerias entre o setor público e o privado podem servir de modelo para outras regiões.

Em geral, todas as regiões do país necessitam de avanços em prol da adaptação à mudança do clima. Em algumas regiões isso precisa ocorrer de forma mais urgente,

No Sul do Brasil, o contexto observado é bem semelhante ao do Sudeste, com

mas em nenhuma delas há evidências de que a mudança do clima reduzirá a vulnerabilidade aos desastres de secas no futuro. Sendo assim, cabe uma avaliação do material elaborado como forma de identificar as potencialidades de seus municípios, de suas regiões ou estados para contornar os impactos das secas futuras da forma mais adequada. Espera-se que os direcionamentos aqui apresentados ajudem nesse sentido, e que novos estudos possam complementar as análises de vulnerabilidade no nível regional/local, subsidiando, assim, a adaptação e o desenvolvimento sustentável

# LIMITAÇÕES, RECOMENDAÇÕES DE USO DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA ETAPAS **FUTURAS**

Os modelos climáticos utilizados neste trabalho (Eta-MIROC e Eta-HadGEM) apresentam comportamentos diferentes, de modo que cada um representa melhor o clima de uma determinada região e isso pode até mesmo variar para diferentes estações do ano. Dessa forma, os resultados finais de vulnerabilidade devem ser analisados com cautela, sendo que a situação ideal é ter conhecimento prévio destas informações.<sup>2</sup> Somente assim será possível planejar e adotar as melhores estratégias de adaptação sem arrependimentos futuros.

Por mais completo que seja o índice climático, a grande extensão territorial brasileira dificulta a obtenção de resultados igualmente representativos para todas as regiões do país. Além disso, as dimensões não climáticas também variam demasiadamente pelo território brasileiro. Ao normalizar os dados para relacionálos, aspectos e contrastes intrarregionais podem ser mascarados e dificultar a interpretação dos resultados quando olhados apenas para um determinado local. Portanto, para que o índice seja representativo em escalas de maior detalhe, é recomendado que sejam feitas análises específicas, a fim de encontrar níveis de significância diferentes entre as variáveis utilizadas (tanto as climáticas quanto as não climáticas).

Por fim, destaca-se a necessidade de se ter uma base de dados que possa avaliar especificamente a vulnerabilidade (principalmente socioeconômica) dos municípios brasileiros à mudança do clima como um todo (não necessariamente relacionadas às secas). Os dados censitários conseguem refletir algumas características de interesse, mas ainda assim são aproximações. Dessa forma, recomenda-se criar novas métricas e/ou novos indicadores que possam subsidiar estas discussões e incluí-los em um banco de dados de domínio público. O interesse em informações dessa natureza não é apenas voltado a esse tema, mas pode ser amplamente aproveitado por diversas áreas da ciência e também no planejamento estratégico do desenvolvimento do país.

OS RESULTADOS FINAIS DE VULNERABILIDADE **DEVEM SER ANALISADOS** COM CAUTELA, SENDO QUE A SITUAÇÃO IDEAL É TER CONHECIMENTO PRÉVIO **DESTAS INFORMAÇÕES** 

> 2 Equação 1 – Fórmula utilizada no cálculo do IVDNS composta da exposição climática (EXP), sensibilidade/susceptibilidade (SENS) e capacidade adaptativa (CA)



## REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H.; MELLO, C. C. A.; BEZERRA, G. N. O que é justiça ambiental. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Atlas Brasil** – Abastecimento urbano de água. Brasília, 2015.

CASTRO, A. L. C. et al. **Manual de desastres**: desastres naturais. Brasília: MI, 2003, v. 1, p. 174.

CHOU, S. C. et al. Assessment of climate change over South America under RCP 4.5 and 8.5 downscaling scenarios. **American Journal of Climate Change**, v. 3, n. 5, p. 512-527, 2014b. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.4236/ajcc.2014.35043>.

CHOU, S. C. et al. Downscaling of South America present climate driven by 4- member HadCM3 runs. **Climate Dynamics**, n. 38, p. 635-653, 2012. Disponível em: <a href="http://dx.doi.org/10.1007/s00382-011-1002-8">http://dx.doi.org/10.1007/s00382-011-1002-8</a>.

CHOU, S. C. et al. Evaluation of the Eta simulations nested in three global climate models. **American Journal of Climate Change**, v. 3, n. 17, 2014a.

CHOU, S. C.; BUSTAMANTE, J. F.; GOMES, J. L. Evaluation of Eta model seasonal precipitation forecasts over South America. **Nonlinear Processes in Geophysics**, n. 12, p. 537-555, 2005. Disponível em: <a href="http://dx.doi.org/10.5194/npg-12-537-2005">http://dx.doi.org/10.5194/npg-12-537-2005</a>>.

FISCHER, I. R.; ALBUQUERQUE, L. A mulher e a emergência da seca no Nordeste do Brasil. Brasília: Fundaj, 2002. (Textos para Discussão, n. 139)

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapeamento sistemático do uso da terra**. Rio de Janeiro, 2010.

*IPCC* – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2007**: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, 2007.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2013**: the Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneve, 2013.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation**. Geneve, 2012. (IPCC Social Report). Disponvível em: <a href="http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781139177245">http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781139177245</a>.

PBMC – PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumario Executivo. Rio de Janeiro, 2013.

PESQUERO, J. F. et al. Climate downscaling over South America for 1961-1970 using the Eta model. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 99, n. 1, p. 75-93, 2010. Disponível em: <a href="http://dx.doi.org/10.1007/s00704-009-0123-z">http://dx.doi.org/10.1007/s00704-009-0123-z</a>.

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Índice de desenvolvimento humano municipal brasileiro. Brasília**: PNUD; Ipea; FJP, 2013. (Série Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil).

SAATY, T. H. A scaling method form priorities in hierarquical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1997.

VICENTE-SERRANO, S. M.; BEGUERÍA, S.; LÓPEZ-MORENO, J. I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. **Journal of Climate**, v. 23, p. 1.696-1.718, Apr. 2010. Disponível em: <a href="http://dx.doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1">http://dx.doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1</a>.



ESTA PUBLICAÇÃO FOI PRODUZIDA EM PARCERIA COM

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL

MINISTÉRIO DO **MEIO AMBIENTE** 





### **CENTRO-OESTE**

é o número aproximado de pessoas afetadas

pela seca em 2013

12 MILHÕES

é uma das regiões de maior vulnerabilidade. O clima tende a ser mais quente e seco, com ocorrência de secas mais frequentes e severas nas próximas décadas



### 71% DOS MUNICÍPIOS

afetados por desastres em 2013 foram por seca/estiagem



#### Por que estamos aqui?

Para frear a degradação do meio ambiente e para construir um futuro no qual os seres humanos vivam em harmonia com a natureza.

wwf.org.br

© 1986 Símbolo Panda WWF

® "WWF" é uma marca registrada da rede WWF

WWF-Bras

SGCV Lt 15 s/n Salas 319 e 420 Ed. Jade Office Zona Industrial Guará - Brasília-DF Cep 71215-650

### AUMENTO DA VULNERABILIDADE

aos desastres naturais da seca tende a acontecer em todo território brasileiro

