



## VULNERABILIDADES INDUZIDAS NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

### INDUCED VULNERABILITIES IN THE BRAZILIAN SEMIARID

## VULNERABILIDAD INDUCIDAS EN EL SEMIARIDO BRASILEÑO

José de Jesus Sousa Lemos <sup>1</sup>

### RESUMO

O semiárido brasileiro apresenta vulnerabilidades climáticas, mas não apenas elas. O estudo tem como objetivo aferir os padrões de vulnerabilidades induzidas que acontecem nos 1262 municípios do semiárido brasileiro através de indicadores associados às privações de acesso à educação, renda, água encanada, saneamento e coleta sistemática de lixo. A pesquisa também objetivou avaliar como se distribuem os municípios do semiárido brasileiro no que se refere às magnitudes do PIB *per capita*. Os dados utilizados na pesquisa foram coletados junto ao IBGE. Cria-se o índice de vulnerabilidades induzidas que se constitui na média ponderada daqueles indicadores. Na ponderação dos indicadores utiliza-se o método de análise fatorial com decomposição em componentes principais. Os resultados mostraram que os níveis de vulnerabilidades induzidas são elevados nos municípios do semiárido brasileiro e que a grande maioria dos municípios do semiárido tem PIB *per capita* de no máximo um salário mínimo, e que há heterogeneidade na sua apropriação entre municípios.

**Palavras Chave:** Pobreza. Desigualdades. Desenvolvimento Regional. Nordeste.

### ABSTRACT

The Brazilian semiarid region presents climatic vulnerabilities, but not only them. The study aims to assess the patterns of induced vulnerabilities that occur in the 1262 municipalities of the Brazilian semiarid region through indicators associated with deprivation of education, income, running water, sanitation and systematic garbage collection. The research also aimed to assess how the municipalities of the Brazilian semiarid are distributed in terms of the appropriation of GDP. The data used in the research were collected from IBGE. The index of induced vulnerabilities is created, which is the weighted average of those indicators. In weighting the indicators, the factor analysis method with decomposition into main components is used. The results showed that the levels of induced vulnerabilities are high in the municipalities of the Brazilian semiarid region and that the majority of municipalities in the semiarid region have GDP per capita which value is less or equal to one minimum wage. It is concluded that there is heterogeneity in the appropriation of GDP per capita between these municipalities minimum wage. It is concluded that there is heterogeneity in the appropriation of GDP per capita between these municipalities.

**Keywords:** Poverty. Inequalities. Regional Development. Northeast.

---

<sup>1</sup>Doutor e Pós-Doutor em Economia Rural, dos Recursos Naturais e do Meio Ambiente. Professor Titular na Universidade Federal do Ceará, vinculado aos cursos de Mestrado e Doutorado em Economia Rural. Ceará. Brasil. E-mail: [lemos@ufc.br](mailto:lemos@ufc.br). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2169-1360>

## RESUMEN

La región semiárida brasileña presenta vulnerabilidades climáticas, pero no solo ellas. El estudio tiene como objetivo evaluar los patrones de vulnerabilidades inducidas que ocurren en 1262 municipios de la región semiárida de Brasil a través de indicadores asociados con la privación de educación, ingresos, agua corriente, saneamiento y recolección sistemática de basura. La investigación también tuvo como objetivo evaluar cómo se distribuyen los municipios del semiárido brasileño en términos de apropiación del PIB. Los datos utilizados en la investigación se obtuvieron de IBGE. Se crea el índice de vulnerabilidades inducidas, que es el promedio ponderado de esos indicadores. Al ponderar los indicadores, se utiliza el método de análisis factorial con descomposición en componentes principales. Los resultados mostraron que los niveles de vulnerabilidades inducidas son altos en los municipios de la región semiárida brasileña y que la gran mayoría de los municipios de la región semiárida tienen un PIB per cápita de como máximo un salario mínimo, y que existe una heterogeneidad en la apropiación del PIB entre estos municipios.

**Palabras clave:** Pobreza. Desigualdades. Desarrollo Regional. Noreste.

Como citar este artículo: LEMOS, José de Jesus Sousa. Vulnerabilidades induzidas no semiárido brasileiro. **DRd - Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 245-268, 28/04/2020. DOI: <https://doi.org/10.24302/drd.v10i0.2728>

**Artigo recebido em:** 04/03/2020

**Artigo aprovado em:** 24/04/2020

**Artigo publicado em:** 28/04/2020

## INTRODUÇÃO

Os problemas enfrentados pelo semiárido brasileiro decorrentes, sobretudo das instabilidades climáticas, ao não uso de tecnologias adequadas e adaptadas a essas dificuldades expõem as populações dos municípios situados nesse ecossistema a apresentarem diferentes tipos de dificuldades. São dificuldades que têm implicação decisiva sobre a formação e a distribuição da renda da região e ao acesso à educação e ao saneamento. Essa sinergia de eventos provoca vulnerabilidades sociais e econômicas.

No Nordeste do Brasil está a grande maioria dos municípios do semiárido. Portanto, as maiores dificuldades associadas a esse ecossistema também são observadas na região. Não é por acaso que nela se concentra a maior população que depende das transferências do Governo Federal.

As vulnerabilidades econômicas que decorrem da geração e da apropriação desiguais da renda estão associadas a um conjunto de sinergias que envolvem problemas associados à dotação de recursos naturais, sobretudo os hídricos, solos de reduzida fertilidade natural e, sobretudo, carências de investimentos produtivos. Mas observa-se também que existem outras carências que não decorrem da vulnerabilidade climática. A maior delas é, seguramente, o

nível de escolaridade que prevalece na região. Os estados do Nordeste exibem algumas das maiores taxas de analfabetismo e as menores escolaridades médias do Brasil, como se depreende das evidências mostradas pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD) em 2015, último ano em que este documento foi publicado de forma anualizada (GUILLAUMONT, SIMONET, 2011; IBGE, 2015).

Estão no Nordeste as maiores dificuldades de acesso a outros serviços essenciais como água encanada, saneamento, coleta sistemática de lixo (IBGE, 2015; CODES, 2017). Contudo, observa-se que há situações distintamente piores nessa região. Os municípios assentados no clima do semiárido, que exibem evidentes dificuldades de geração de renda, no geral, apresentam indicadores sociais bem piores do que aqueles observados nos demais municípios da região.

A vulnerabilidade climática, que pode ser imputada como uma das causas da vulnerabilidade de renda, não pode ser diretamente responsabilizada pelas carências de ordem social (educação, principalmente) e ambiental. Essas vulnerabilidades do Nordeste em geral, e do semiárido em particular, estão atreladas a outras causas. A maior delas é, provavelmente, a forma com que são desenhadas e executadas no Brasil em níveis federal, estadual e municipal que pouco contribuem para mudar um quadro que se reproduz ao longo dos anos (LEMOS, 2012).

Essas carências, que ocorrem indistintamente nas áreas urbanas e rurais dos municípios da região, penalizam, de forma mais intensa, aquelas últimas (LEMOS, 2012; BARBOSA, 2017). E acontecendo assim, a sua população rural, em geral, e a do semiárido, em particular, se tornam em potencial emigrante com todas as implicações decorrentes, das quais uma delas é a pressão sobre os serviços já carentes que prevalecem nas cidades para onde se deslocarem. Em migrando para essas cidades, essas pessoas dificilmente serão alcançadas minimamente por esses serviços (LEMOS, 2012; IBGE, 2015).

Neste trabalho busca-se estudar vulnerabilidades causadas pelo não acesso aos serviços públicos por parte das populações do Nordeste em geral, e do semiárido, especificamente. A pesquisa parte da premissa de que os agentes públicos que deveriam prover a possibilidade dessas populações terem acesso a esses serviços, não o fazem, ou os planejam e executam de forma equivocada. Isso é grave porque, além de desperdiçar recursos públicos em áreas carentes, que são adquiridos através de uma pesada carga tributária, como é a deste País, deixa milhões de brasileiros sem acesso a esses serviços (LEMOS, 2012; IBGE, 2015).

Ancorado nesses fundamentos, embora o estudo não entre na discussão profunda acerca da forma como as políticas públicas são desenhadas e executadas, buscou-se avaliar as suas conseqüências. Assim a pesquisa tem como objetivo geral mostrar como se dá a distribuição dos PIB *per capita* dos estados que são reconhecidos como inclusos no semiárido brasileiro bem como os níveis de vulnerabilidades induzidas aferidas por um conjunto de cinco (5) indicadores, em municípios desses estados.

Os objetivos específicos da pesquisa foram: a – mostrar como se distribuem os PIB *per capita* entre os municípios dos Estados que compõem o semiárido brasileiro oficialmente tal como redefinido em 2017 pelo Ministério da Integração Nacional; b – aferir os níveis de homogeneidade e de heterogeneidade da distribuição dos PIB *per capita*, indexados pelo

salário mínimo, entre os municípios do semiárido; c – aferir as vulnerabilidades aos acessos à renda, educação e saneamento; d – aferir através do índice de vulnerabilidade induzida (IVI) as carências observadas nesses municípios.

A estrutura do trabalho contém, além desta Seção introdutória, mais quatro (4) outras seções. Na segunda seção se faz uma breve revisão da literatura em que se buscam diferentes abordagens acerca do conceito de vulnerabilidade além de características do semiárido brasileiro. Na terceira seção apresenta-se a metodologia utilizada na pesquisa, sobretudo a que foi desenhada para criar o índice de vulnerabilidades induzidas. Na quarta seção estão apresentados e discutidos os resultados. Na quinta e última seção apresentam-se as considerações finais do estudo.

## **REVISÃO DA LITERATURA**

Nesta Seção procede-se uma breve discussão acerca dos conceitos de vulnerabilidade, no seu entendimento usual e a forma como é utilizado na pesquisa. Em seguida se procede a uma apresentação sucinta das características do Semiárido brasileiro.

### **VULNERABILIDADE**

De um ponto de vista mais amplo, vulnerabilidade pode significar a inabilidade de um sistema se contrapor aos efeitos de um ambiente hostil. Neste sentido, vulnerabilidade expressa dificuldades desse sistema reagir satisfatoriamente à sinergia de fatores que, combinados com forças encontradas no meio ambiente, produzem desastres (ATKINS et al., 2000).

Com base neste significado se pode inferir que vulnerabilidade deve ser entendida como sinônimo de fragilidade, insegurança. Alguém vulnerável seria um sujeito que não seja capaz de se defender quando colocado diante de fatores aleatórios ou não. Alguém frágil ou fragilizado em decorrência desses elementos (UN, 2014; LIRA et al., 2016).

Chambers (1989) produziu uma definição sistematizada para vulnerabilidade implicando mudanças na vida de comunidades. Na sua visão, vulnerabilidade, para um grupo específico, pode ser entendida como a dificuldade que esse aglomerado terá de reagir, de forma satisfatória a fatores contingenciais e estressantes, quer de origem interna, ou externamente produzida.

Brooks (2003) sugere que podem ser encontrados na literatura diferentes significados para o termo vulnerabilidade. Algumas destas percepções, segundo aquele autor são as seguintes:

- a) como uma situação particular em que um sistema é incapaz de resistir a um impacto ou à sua incapacidade de contrapor-se aos desastres previsíveis ou não;
- b) como uma consequência direta de ficar exposto a algum fator de perigo;
- c) como a probabilidade, ou a possibilidade, de um sistema que, tendo sido exposto a um evento externo associado a algum tipo de perigo seja capaz de produzir, em termos efetivos ou potenciais, perdas econômicas. Além de um grupo social, ou de pessoas isoladas, serem colocadas em estado de pobreza como decorrência.

De um ponto de vista holístico a vulnerabilidade pode ser entendida como a inabilidade de um sistema se contrapor aos efeitos de um ambiente hostil. O conceito de vulnerabilidade expressa a multidimensionalidade de fatores que, combinados com forças encontradas no meio ambiente em um dado contexto social, produzem desastres (BANKOFF, 2004; CARMO; GUIZARDI, 2018).

Do trabalho de De Leon (2006) depreende-se que a vulnerabilidade está fortemente relacionada aos riscos. Riscos associados aos desastres climáticos, por exemplo, tornam as pessoas que estão no ambiente sujeito a essas variações vulneráveis às perdas materiais, da saúde e, em casos extremos, da própria vida.

A propósito do conceito, Acsehrad (2006, p. 2) faz a seguinte interpretação:

A vulnerabilidade é uma noção relativa que está normalmente associada à exposição aos riscos e designa a maior ou menor susceptibilidade de pessoas, lugares, infraestruturas ou ecossistemas sofrerem algum tipo particular de agravo. Para eliminar a vulnerabilidade será necessário que as causas das privações sofridas pelas pessoas, ou grupos sociais, sejam ultrapassadas e que haja mudança nas relações que os mesmos mantêm com o espaço social mais amplo em que estão inseridos.

Vulnerabilidade predispõe os sujeitos sociais, sob o seu desígnio, a experimentarem situações de instabilidades ou de riscos. Pode ser provocada por fatores externos e pode afetar, de forma desigual, grupos perfeitamente definidos, como se depreende da citação de Kuhnen (2009, p. 39).

A vulnerabilidade é uma condição externa à pessoa que a predispõe ao risco e, por esta razão, estão intimamente ligados (risco e vulnerabilidade), podendo mesmo ser entendidos como um existindo em função do outro. Contudo, dois grupos populacionais podem estar sujeitos ao mesmo perigo, mas não apresentem o mesmo risco por não estarem igualmente na mesma situação de vulnerabilidade.

O Relatório das Nações Unidas de 2003 faz a distinção de duas noções de vulnerabilidades. A primeira é a vulnerabilidade econômica e ambiental, reconhecendo que a vulnerabilidade econômica pode estar associada à ocorrência de fenômenos naturais como ciclones, tempestades, entre outros. Assim, aquele documento sugere que um índice de vulnerabilidade que busque aferir este tipo de situação deva ser construído de tal forma a refletir suscetibilidades econômicas e ecológicas aos choques externos causados por fenômenos naturais. Seca poderia ser um deles. Assim, vulnerabilidade pode experimentar mudanças em decorrência de emergências advindas de mudanças ambientais e sociais (UN, 2003; GUILLAUMONT, 2014).

A outra noção apresentada naquele documento é o que é chamado de “vulnerabilidade estrutural”, que pode ocorrer em decorrência de fatores duráveis que independem das ações tomadas internamente, aquelas decorrentes dos equívocos das políticas internas ao próprio País e que podem assumir uma sistematização estrutural (UN, 2003).

Pobreza e vulnerabilidade caminham tangenciando-se. Os pobres são vulneráveis não apenas à renda, ou por causa dela, mas também devido às deficiências de outros serviços. Muitos desses serviços deveriam ser providos pelo Estado. Contudo, a condição de vulnerabilidade não, necessariamente, implicará em indução de pobreza para a população vulnerável. O exemplo clássico é a vulnerabilidade decorrente de intempéries como vulcões, tsunamis, tempestades e outros que afetam indistintamente diferentes segmentos sociais (PATKINS, 2000; DE LEON, 2006; UN, 2014; SCOTT et al., 2018).

As vulnerabilidades associadas às atividades econômicas no semiárido brasileiro se potencializam devido à instabilidade climática, amplamente difundida. Condição que se materializa tanto pela má distribuição espacial como temporal das chuvas. Mas os impactos causados pela instabilidade que afeta a todos que estão no ambiente do semiárido, não se manifesta de forma homogênea sobre todos os segmentos populacionais. Aqueles mais carentes, situados em áreas mais sensíveis, com certeza serão mais afetados, pois estão em situação de maior vulnerabilidade (BANKOFF et al. 2004; HDR, 2014; LIRA, et al., 2016; COSTA FILHO, 2019; BONKOUNGOU et al., 2019).

Às vulnerabilidades provocadas pela instabilidade climática (que é da natureza e, por isso impossível de ser combatida) se associam aquelas induzidas pela negligência, ou mesmo pela ausência do poder público que, não provendo serviços essenciais, deixa populações sujeitas às doenças, mergulhadas em situação de pobreza material com dificuldades de reverter o quadro (UN, 2003; UN, 2014).

Dentre essas vulnerabilidades induzidas se destaca a deseducação, ou a educação de baixa qualidade, ou ainda a falta da sua continuidade para segmentos numericamente significativos das populações. A educação é dever do Estado, ao menos nas suas fases iniciais. Outra vulnerabilidade induzida é a privação que contingentes populacionais têm de serviços ambientais como água tratada, saneamento, coleta sistemática de lixo, que deixam os seus organismos desprotegidos e, por essa razão, mais propensos a contraírem doenças. Em crianças provoca incremento da taxa de mortalidade infantil ou da mortalidade de crianças menores de cinco anos.

Sem acesso à educação, e sem acesso aos serviços preventivos de saúde, esses sujeitos têm dificuldades de avançarem economicamente, porque as suas produtividades são baixas. Com baixas produtividades não terão condições de auferirem melhores rendas, tal como ensina a teoria do Capital Humano (SHULTZ, 1962; BECKER, 1964).

Como são vulnerabilidades induzidas, que não tem causas em fenômenos naturais, a sua identificação e quantificação nos municípios e estados que fazem parte do semiárido brasileiro, pode ser de utilidade para que possam ser revertidas.

## O SEMIÁRIDO BRASILEIRO

No Nordeste brasileiro está situada uma das três grandes áreas semiáridas da América do Sul, em que predominam combinações de temperaturas médias anuais muito elevadas, entre 23° e 27° centígrados, evaporação de 2.000 milímetros ao ano, insolação média anual de 2.800 horas. O regime pluviométrico é irregular, instável ao longo dos anos, prevalecendo níveis mal distribuídos, no geral, abaixo de 800 milímetros anuais. A umidade relativa do ar é de aproximadamente 50%, o que faz essa região sempre apresentar balanço hídrico negativo, em boa parte dos anos (AB’SÁBER, 1999; AB’SÁBER, 2003; FUNCEME, 2005; MOURA et al. 2007). Os rios são predominantemente intermitentes e condicionados ao período chuvoso para obterem recarga hídrica. No período seco parecem se extinguir, mas de fato estão submersos nos aluviões dos vales, ou nas baixadas, compondo o lençol freático já com pouca reserva de água. Por esta razão passam boa parte dos anos como “rios secos” (ARAÚJO, 2011).

As condições agressivas do clima no semiárido dificultam as práticas agrícolas, sobretudo quando exercidas sem o uso de tecnologias adequadas e/ou adaptadas àquelas condições. Este cenário, que prevalece por longos anos nos estados do Nordeste a partir do Piauí até a Bahia, também afeta municípios de Minas Gerais e do Leste do estado do Maranhão. “Trata-se da área de maior abrangência físico territorial do Nordeste, *vis a vis* os outros espaços naturais que conformam esta região” (CARVALHO, 2010, p. 2).

O Semiárido do Nordeste faz parte das áreas de terras com escassez de recursos hídricos e isto provoca interferências na sua paisagem, afetando a flora e a fauna que também experimentam modificações sistemáticas (DUQUE, 1953). Nesse trabalho Duque (1953) tenta mostrar como provavelmente acontecerá a formação da paisagem nas áreas secas do Nordeste caso sejam deixadas em repouso.

Cada região do Nordeste seco tem suas espécies vegetais acomodadas compensadamente nas necessidades, de nutrição, de água etc. As espécies, os solos e os climas locais procuram manter equilíbrio fisiológico quando deixados em abandono (DUQUE, 1953, p. 25).

A caracterização mundialmente aceita de definições climáticas das regiões é feita pelo Índice de Aridez (IA), que foi criado baseado em metodologia desenvolvida por Thornthwaite (1948).

O IA mede a relação entre a pluviometria de um local, num determinado período de tempo, nunca inferior a trinta anos, e a evapotranspiração potencial no mesmo período. A evapotranspiração potencial decorre da ação dos ventos e da transpiração das espécies vegetais que conseguem sobreviver nos ambientes submetidos às condições adversas de clima. Para que uma área seja reconhecida como semiárido, o índice de aridez (IA) deve ficar entre 0,20 e 0,50 (UN, 2011).

Os municípios que são reconhecidos oficialmente como parte do semiárido recebem tratamento diferenciado de políticas públicas por parte do Governo Federal. Por esta razão, é recorrente a demanda por parte de agentes políticos dos Estados, sobretudo do Nordeste e Minas Gerais, pelo reconhecimento de mais municípios para fazerem parte do semiárido

oficial. Essa demanda está ancorada no Projeto de Lei promulgado em 1989, como se mostra a seguir.

A Casa Civil da Presidência da República publicou a Lei Nº 7.827, de 27 de setembro de 1989 que

Regulamenta o art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal, institui o Fundo Constitucional de Financiamento do Norte - FNO, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste - FNE e o Fundo Constitucional de Financiamento do Centro-Oeste - FCO, e dá outras providências.

No Parágrafo segundo daquela Lei está escrito que:

No caso da região Nordeste, o Fundo Constitucional de Financiamento do Nordeste inclui a finalidade específica de financiar, em condições compatíveis com as peculiaridades da área, atividades econômicas do semi-árido, às quais destinará metade dos recursos ingressados nos termos do art. 159, inciso I, alínea c, da Constituição Federal (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA, 1989).

Na Resolução N º 107/2017, de 27 de julho de 2017 (BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2017), “Estabelece critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido Brasileiro e procedimentos para revisão de sua abrangência”. Segundo aquela Resolução são os seguintes os critérios para um município ser reconhecido oficialmente como incluso no Semiárido Brasileiro a partir daquela data: No Artigo primeiro da Resolução resolveu

Aprovar a Proposição nº 105, sancionada pela Diretoria Colegiada da SUDENE na 270ª reunião, realizada em 20 de julho de 2017, em Brasília, que tratou dos novos critérios técnicos e científicos destinados à delimitação do Semiárido na área de atuação da SUDENE, bem como, dos procedimentos para a sua revisão.

No segundo artigo da Resolução decidiu:

Estabelecer os seguintes critérios técnicos e científicos para delimitação do Semiárido: I – Precipitação pluviométrica média anual igual ou inferior a 800 mm; II – Índice de Aridez de Thorntwaite igual ou inferior a 0,50; III – Percentual diário de déficit hídrico igual ou superior a 60%, considerando todos os dias do ano.

Com base nessa resolução, em novembro de 2017, houve reunião do CONDEL/SUDENE cujo objetivo era reavaliar a composição dos municípios que estariam aptos para serem beneficiados com recursos do FNE. Ali ficou definido que 1262 municípios do Nordeste, incluindo dois municípios maranhenses, passaram a fazer parte daqueles que poderiam ter acesso aos recursos do FNE. A nova delimitação, com os totais de municípios incluídos em cada Estado no Semiárido está mostrada no Mapa 1.

Figura 1 – Mapa Delimitação atual do semiárido definida em 2017



## METODOLOGIA

A pesquisa utilizou dados do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010) de onde foram retirados os indicadores que são utilizados para a construção do índice de vulnerabilidade induzida (IVI). Para avaliar a participação relativa dos dez Estados (os nove do Nordeste mais o Estado de Minas Gerais) no PIB *per capita* de 2017, o estudo buscou esses dados também no IBGE (2017). As unidades de observação são os municípios.

## DISTRIBUIÇÃO DO PIB *PER CAPITA* ENTRE OS MUNICÍPIOS.

A pesquisa apresenta inicialmente os totais dos municípios de cada Estado que atualmente estão reconhecidos oficialmente como pertencentes ao semiárido, as respectivas populações totais e relativas.

Em seguida mostram-se o PIB *per capita* de 2017, em valores absolutos e indexados pelo salário mínimo daquele ano, em cada estado. Afere-se a relação entre o PIB *per capita*

do semiárido relativamente ao total de cada Estado. Hierarquizam-se, em ordem crescente, os PIB *per capita* e se confere os totais de municípios que estão incluídos nas categorias de terem PIB *per capita* de no máximo um salário mínimo e aqueles com PIB *per capita* maiores do que essa referência. Em seguida estimam-se os PIB médios das duas categorias de municípios do semiárido. Calculam-se os graus de homogeneidade/heterogeneidade desses dois grupos. Para tanto se utilizam os coeficientes de variação (CV) em torno das médias estimadas para os dois grupos.

Por definição CV afere a relação percentual entre o desvio padrão e a média de uma variável aleatória. Maior o CV, mais heterogênea é a distribuição em torno da média. Assim, para se comparar os graus de homogeneidade / heterogeneidade na distribuição dos valores de variáveis aleatórias, basta fazer a comparação das magnitudes dos respectivos coeficientes de variação (GOMES, 1985; SORENSEN, 2000).

Vale ressaltar que o ano de 2017 fechou um ciclo de dificuldades pluviométricas que havia se iniciado em 2010 no Nordeste Brasileiro. Assim, é provável que os resultados associados aos PIB *per capita*, sobretudo dos municípios mais carentes do semiárido que dependem da produção agrícola de sequeiro, hajam sido afetados por aqueles problemas de distribuição espacial de chuvas (COSTA FILHO, 2019; FUNCEME, 2020).

## ESTIMAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE INDUZIDA (IVI)

Para atender ao quarto objetivo do estudo criou-se o índice de vulnerabilidade induzida (IVI) que consiste na média ponderada dos indicadores a serem apresentados e descritos nesta Seção.

O IVI busca aferir, de forma adimensional e proporcional, as vulnerabilidades dos sujeitos sociais do semiárido no que concerne à privação ao acesso à renda minimamente necessária para o sustento familiar. Avalia ainda a vulnerabilidade da educação que fragiliza o capital humano, na perspectiva de que esta será uma das causas da vulnerabilidade de renda, como prenuncia a teoria do capital humano (SHULTZ, 1962; BECKER, 1964). As vulnerabilidades nos acessos à água encanada, ao saneamento e à coleta sistemática de lixo, fragilizam os ambientes onde sobrevivem os pobres. Assim acontecendo, esses sujeitos terão como *habitat* ambientes insalubres que os tornam mais vulneráveis a contraírem doenças. Crianças e idosos são os sujeitos mais afetados e mais vulneráveis por estas carências como mostra o *Human Development Report* (UN, 2006). Nos locais com vulnerabilidade ambiental, tal como é definida neste estudo as taxas de mortalidade infantil são maiores e as populações tendem a ter a sua expectativa de vida encurtada. Nas áreas de pobreza, em geral carente de acesso a esses serviços ambientais, a esperança de vida ao nascer é bem menor do que nas áreas que tem acesso a eles (UN, 1997; UN, 2006).

Antes de prosseguir na discussão metodológica vale fazer um comentário que pode prover a dimensão da capacidade e da fragilidade deste trabalho para atingir os objetivos a que se propõe. A sua base empírica se ancora na construção do índice de vulnerabilidades induzidas (IVI). Os índices, quaisquer que sejam, e independentemente do número de indicadores que utilizam, se tratam de procedimentos reducionistas, na medida em que

buscam compactar em um número (o índice) toda a complexidade de um conceito holístico. No caso presente o objetivo é de resumir num número adimensional a complexa sinergia de ações que deixa um montante expressivo da população do semiárido brasileiro em estado de vulnerabilidade.

Apesar dessa dificuldade, a que está submetido todo índice (ser reducionista), podem-se encarar os resultados obtidos ao construí-los, como aproximações, ou como sinalização. Neste caso, do patamar de vulnerabilidades, ou de fragilidades, a que estão submetidos contingentes populacionais do semiárido brasileiro. As magnitudes do índice e dos seus indicadores podem sugerir pistas de como devem ser desenhadas as atuações mitigadoras e redutoras dos estágios de vulnerabilidades que forem detectados em cada indicador e no IVI.

Para construir (IVI) definem-se os indicadores:

- a) vulnerabilidade de educação (VULEDUC) que é o percentual da população do município, com 25 anos ou mais de idade, que declarou não ter concluído o nível fundamental em 2010. O nível fundamental de ensino contempla escolaridade que se estende da pré-escola ao nono ano (MEC, 1996);
- b) vulnerabilidade de renda (VULREND), que é estimado pela percentagem da população dos municípios do semiárido que sobrevive em domicílios cuja renda *per capita* domiciliar é de até meio salário mínimo em valores de 2010;
- c) vulnerabilidade de acesso à água encanada (VULAGUA), que afere o percentual da população do município que sobrevive em domicílios que não tem acesso à água encanada;
- d) vulnerabilidade de saneamento (VULSANE) que mede a percentagem da população do município que sobrevive em domicílios privados do serviço de esgotamento sanitário, ou ao menos de fossa séptica;
- e) vulnerabilidade de coleta de lixo (VULLIXO) que mede o percentual da população do município que sobrevive em domicílios que não tem acesso ao serviço de coleta sistemática de lixo, direta ou indiretamente.

Observa-se que todas as variáveis utilizadas são dicotômicas. Por isso as categorias são exaustivas e mutuamente exclusivas. Não se utilizam, na construção do IVI, medidas de tendência central, como o valor esperado, que sempre podem estar contaminadas por seus valores extremos e as distribuições serem muito heterogêneas. Fatos que poderiam distorcer a interpretação de resultados.

A equação de definição do IVI é a que se segue:

$$IVI = P_1 VULEDUC + P_2 VULREND + P_3 VULAMBI \quad (1)$$

O indicador vulnerabilidade ambiental (VULAMBI) é calculado utilizando a equação a seguir:

$$\text{VULAMBI} = P_4\text{VULAGUA} + P_5\text{VULSANE} + P_6\text{VULLIXO} \quad (2)$$

Nas equações (1) e (2), os pesos  $P_1$ ,  $P_6$ , estão associados aos indicadores utilizados para a estimativa do indicador VULAMBI, ou do IVI, conforme o caso. Os valores destes pesos estão contidos no intervalo zero e um e a sua soma é um (1).

Como todos os indicadores que fazem parte do IVI estão aferidos em percentagens, e os pesos são quantidades adimensionais positivas, cuja soma é unitária, o IVI é interpretado também em proporção, e variará entre zero por cento (0%) e cem por cento (100%). Mais próximo de 100%, maior será o grau de vulnerabilidade. Mais próximo de 0% o valor do IVI, menor será o grau de vulnerabilidade do município.

Os pesos são estimados por análise fatorial, utilizando a técnica de decomposição em componentes principais. Em seguida apresenta-se a síntese do modelo, no que se aplica no trabalho. Vale ressaltar que a finalidade do uso deste modelo é exclusiva para estimar os pesos. Para que eles sejam estimados das relações que devam existir entre as variâncias das variáveis envolvidas na investigação.

Os dados utilizados na pesquisa foram coletados junto ao Censo Demográfico de 2010, último ano em que as informações utilizadas para a construção do IVI estão disponíveis.

## ANÁLISE FATORIAL NO QUE SE APLICA AO ESTUDO

A seguir apresenta-se um breve resumo do método de análise fatorial, que no presente estudo foi a decomposição em componentes principais, no que é de utilidade para a aferição dos pesos utilizados, tanto para aferir o indicador VULAMBI como para estimar o IVI.

Em geral pode-se representar um modelo de análise fatorial da seguinte forma:

$$\mathbf{X} = \mathbf{a}\mathbf{f} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (3)$$

Na equação (3)  $\mathbf{X} = (X_1, X_2, \dots, X_p)^T$  constitui-se num vetor transposto de variáveis aleatórias observáveis;  $\mathbf{f} = (f_1, f_2, \dots, f_r)^T$  é um vetor transposto  $r < p$  de variáveis não observáveis ou variáveis latentes chamadas de fatores;  $\mathbf{a}$  é uma matriz ( $p \times r$ ) de coeficientes fixos chamados de cargas fatoriais;  $\boldsymbol{\varepsilon} = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p)^T$  é um vetor transposto de termos aleatórios. Normalmente  $E(\boldsymbol{\varepsilon}) = E(\mathbf{f}) = \mathbf{0}$ . Uma propriedade adicional associada aos fatores é que eles são ortogonais.

Em geral a estrutura inicial das estimativas das cargas fatoriais não é definitiva. Para confirmar, ou rejeitar a estrutura inicial, o método de análise fatorial proporciona a possibilidade de fazer-se a rotação da estrutura inicialmente estimada. Existem diferentes métodos de rotação que tanto pode ser ortogonal como oblíquo. No entanto este procedimento de rotação apenas é utilizado quando se tem a definição de mais de um fator. Leitores interessados em maiores detalhes sobre método de rotação ortogonal ou oblíqua podem encontrá-los nos trabalhos Dillon, Goldstein (1984) e de Favero et al. (2009).

Estimam-se os escores associados ao(s) componente(s) obtido(s). Por definição, o escore fatorial irá situar cada observação no espaço dos fatores comuns. Assim, para cada fator  $f_i$ , o  $i$ -ésimo escore fatorial que pode ser extraído é definido por  $F_i$ , e pode ser expresso pela seguinte equação:

$$F_i = B_1X_{i1} + B_2X_{i2} + \dots + B_pX_{ip} ; i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, p \quad (4)$$

onde  $B_1, B_2, \dots, B_p$  são  $n$  coeficientes de regressão;  $X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ip}$  são  $p$  variáveis observáveis.

A variável  $F_i$  não é observável (eigen variable), contudo pode-se estimá-la através das técnicas existentes de análise fatorial. Neste caso pelo método de decomposição em componentes principais, utilizando-se da matriz  $X$  de variáveis observáveis.

Agora se pode reescrever a equação (4) de forma compacta utilizando-se notação matricial. Esta redefinição assume a seguinte expressão:

$$F_{(n \times q)} = X_{(n \times p)} \cdot B_{(p \times q)} \quad (5)$$

Nas equações (4) e (5), os escores fatoriais serão afetados tanto pela magnitude como pelas unidades em que as variáveis  $X$  são medidas. No presente estudo, todos os indicadores estão aferidos em percentuais. Ainda assim será conveniente fazer a transformação estatística. As variáveis  $X$  são todas normalizadas e transformadas numa matriz de variáveis  $Z$  em que todas as componentes têm características estatísticas interessante de ter média zero e desvio padrão igual a um. O procedimento se dá tal como demonstrado na equação (6):

$$Z_{ij} = [(X_i - \mu_{xi})/\sigma_{xi}] \quad (6)$$

na qual  $\mu_{xi}$  é a média de  $X_i$ , e  $\sigma_{xi}$  é o seu desvio padrão. Desta forma a equação (5) pode ser modificada para a obtenção do seguinte resultado:

$$F_{(n \times q)} = Z_{(n \times p)} \cdot \beta_{(p \times q)} \quad (7)$$

Na equação (7) o vetor  $\beta$  substitui  $B$ , porque as variáveis estão normalizadas em ambos os lados da equação.

Pré-multiplicando ambos os lados da equação (7) pelo valor  $(1/n)Z^T$ , onde  $n$  é o número de observações, e  $Z^T$  é a matriz transposta de  $Z$ , obtém-se:

$$(1/n)Z^T F = (1/n)Z^T Z \beta \quad (8)$$

A expressão  $(1/n) Z^T Z$  se constitui na matriz de correlação entre os termos da matriz  $X$ . Será designada de  $R$ . A equação  $(1/n) Z^T F$  representa a correlação existente entre os escores fatoriais e os próprios fatores. Será chamada de  $\Lambda$ . Agora se pode reescrever a equação (8) da seguinte forma:

$$\Lambda = R \cdot \beta \quad (9)$$

Se for possível assumir que  $R$  é uma matriz não singular, pode-se pré-multiplicar ambos os lados de (9) pela inversa de  $R$  ( $R^{-1}$ ). Neste caso obtém-se o seguinte resultado.

$$\beta = R^{-1} \cdot \Lambda. \quad (10)$$

Tendo estimado o vetor  $\beta$  pode-se substituí-lo na equação (7) objetivando obter o escore fatorial associado a cada observação. A partir dos escores fatoriais chegam-se aos pesos associados a cada um dos indicadores utilizados para estimar o IVI. O resultado mostrado na equação (10) sugere que para que a análise fatorial seja possível, é necessário que a matriz de correlação entre as variáveis (ou indicadores) utilizados seja passível de inversão. Não seja uma matriz identidade (FAVERO et al., 2009).

## RESULTADOS

Pelos resultados apresentados na Tabela 1 depreende-se que a população do Semiárido em 2017 era de 27,87 milhões de pessoas, e representava 35,6% da população dos Estados que contém municípios incluídos nesse regime climático.

Tabela 1 – Municípios, populações dos estados e do semiáridos em 2017

Estado	No Semiárido			População		
	Do Estado	Total	%	Municípios	Total	%
MA	217	2	0,9	7.000.229	213.693	3,1
PI	224	185	82,6	3.219.257	2.805.394	87,1
CE	184	175	95,1	9.020.460	5.827.192	64,6
RN	167	147	88,0	3.507.003	1.922.440	54,8
PB	223	194	87,0	4.025.558	2.498.117	62,1
PE	185	123	66,5	9.473.266	3.993.975	42,2
AL	102	38	37,3	3.375.823	962.641	28,5
SE	75	29	38,7	2.288.116	478.935	20,9
BA	417	278	66,7	15.344.447	7.675.656	50,0
<b>Nordeste</b>	<b>1.794</b>	<b>1.171</b>	<b>65,3</b>	<b>57.401.379</b>	<b>26.378.043</b>	<b>46,0</b>
MG	853	91	10,7	21.119.536	1.492.198	7,1
<b>Totais</b>	<b>2647</b>	<b>1262</b>	<b>47,7</b>	<b>78.373.695</b>	<b>27.870.241</b>	<b>35,6</b>

Fontes: IBGE, PIB dos Municípios em 2017

Observa-se ainda que o Piauí (87,1%), Ceará (64,6%) e Paraíba (62,1%) são, em termos relativos, os estados detentores dos maiores contingentes populacionais no semiárido brasileiro. Ceará lidera o ranking do número relativo de municípios incluídos, com 95,1%

deles reconhecidos como fazendo parte do semiárido. Rio Grande do Norte (88,0%) e Paraíba (87%) seguem na segunda e terceira posições, respectivamente, desse ranking. (Tabela 1).

Em termos absolutos, no entanto, os 7,68 milhões de baianos que sobrevivem em municípios que são reconhecidos como fazendo parte desse regime climático representam o maior contingente populacional em 2017 (Tabela 1).

Na Tabela 2 estão apresentados os produtos internos brutos (PIB) *per capita* calculados para os Estados, a partir dos dados coletados dos seus respectivos municípios inseridos no Semiárido. Esses valores foram indexados pelo valor do salário mínimo anual em 2017, cujos valores mensal e anual eram de respectivamente R\$ 937,00 e R\$ 11.244,00.

Estas evidências confirmam os valores muito baixos dos PIB *per capita* dos municípios que são reconhecidos oficialmente como parte do Semiáridos no Brasil. Com efeito, em valores de 2017, os PIB *per capita* de todos os municípios que fazem parte do Semiárido são sempre menores do que os observados para os estados como um todo. Em média representam apenas 63,3% do PIB *per capita* dos Estados onde estão inseridos esses municípios (Tabela 2).

Indexados pelo salário mínimo anual de 2017, observa-se que os valores relativos variaram de apenas 0,86 nos dois municípios incluídos no Semiárido maranhense a um máximo de 1,37 do salário mínimo no Rio Grande do Norte. Na média, os 1.171 municípios do Nordeste que fazem parte do Semiárido têm PIB *per capita* que representam apenas 1,1% salário mínimo (Tabela 2).

Tabela 2 – PIB *per capita* dos estados brasileiros que compõem o semiárido em valores correntes de 2017 e em salários mínimos (R\$11.244,00/ano), no estado e no semiárido

Estado (1)	PIB per capita do estado em 2017		PIB per capita do Semiárido em 2017		Relação (6)=(4)/(2) (%)
	Em Reais (R\$) (2)	Em Salários Mínimos Anuais (3)	Em Reais (R\$) (4)	Em Salários Mínimos Anuais (5)	
MA	12.788,75	1,14	9.698,76	0,86	75,8
PI	14.089,78	1,25	13.998,16	1,24	99,3
CE	16.394,99	1,46	11.988,48	1,07	73,1
RN	18.333,19	1,63	15.455,10	1,37	84,3
PB	15.497,67	1,38	12.126,51	1,08	78,2
PE	19.164,52	1,70	12.203,84	1,09	63,7
AL	15.653,51	1,39	10.456,74	0,93	66,8
SE	17.789,21	1,58	14.679,63	1,31	82,5
BA	17.508,67	1,56	11.809,59	1,05	67,4
<b>Nordeste</b>	<b>17.603,54</b>	<b>1,57</b>	<b>12.422,91</b>	<b>1,10</b>	<b>70,6</b>
MG	27.282,75	2,43	11.046,90	0,98	40,5
<b>Totais</b>	<b>19.514,36</b>	<b>1,74</b>	<b>12.349,23</b>	<b>1,10</b>	<b>63,3</b>

Fonte: IBGE/ PIB dos municípios, 2017

Na Tabela 3 mostram-se dois grupos de municípios do Semiárido brasileiro, indexados pelo salário mínimo de 2017. Nesta tabela observa-se que 1.048 municípios têm PIB *per capita* de, no máximo, um salário mínimo. Nesses municípios sobreviviam 58,8% da população do semiárido brasileiro. A média anual do PIB *per capita* estimada para este grupo é de R\$ 8.323,90. Isso equivale a 0,74 do salário mínimo de 2017 (Tabela 3).

Nos 214 municípios, cujos PIB *per capita* eram superiores a um salário mínimo, a população total era de aproximadamente 11,5 milhões em 2017 e o valor do PIB *per capita* era de R\$18.082,83. Esse valor equivalia a 1,61 salários mínimos naquele ano (Tabela 3).

Tabela 3 – Municípios do semiárido com PIB *per capita* de 2017 menores e maiores do que um salário mínimo anuais (R\$11.244,00)

Municípios	Municípios com PIB <i>per capita</i> menor do que um Salário mínimo	Municípios com PIB <i>per capita</i> maior do que um Salário mínimo	Totais
Total	1.048	214	1.262
População	16.374.411	11.495.830	27.870.241
PIB <i>per capita</i> (R\$)	8.323,90	18.082,83	12.349,23
PIB <i>per capita</i> (R\$) em Salário Mínimo	0,74	1,61	1,10
CV PIB <i>per capita</i> (%)	17,6	69,5	68,2
PIB <i>per capita</i> mínimo (R\$; \$M)	3.285,04 (0,29)	11.653,36 (1,0)	
PIB <i>per capita</i> máximo (R\$; \$M)	11.659,41 (1,1)	106.121,5 (9,4)	

Fonte: IBGE/ PIB dos municípios, 2017

Os coeficientes de variação estimados para os PIB *per capita* dos dois grupos de municípios, que afere grau de homogeneidade / heterogeneidade da distribuição em torno da média, mostram que nos 1.048 municípios mais pobres, que são a grande maioria, o CV =17,6% é bem menor do que o CV = 69,5% para os 214 municípios de melhores PIB *per capita*. Esses resultados sugerem que existe homogeneidade na pobreza dos municípios mais carentes do semiárido brasileiro, e que há heterogeneidade na distribuição nos municípios de PIB *per capita* maiores. (Tabela 3).

O município que tem o menor PIB *per capita* no Semiárido é Novo Triunfo (BA), que também tem o menor PIB *per capita* do Brasil em 2017, no valor anual de R\$ 3.285,04 ou 0,29 do salário mínimo de 2017. Esse município possui mais da metade da sua população nas áreas rurais. Sobrevive basicamente de agricultura familiar de sequeiro, produtora de alimentos (feijão, mandioca e milho), e também tem produção de caju. Contudo, as grandes fontes de renda do município são as transferências do Governo Federal, sobretudo do Programa Bolsa Família. Essas situações devem prevalecer em todos esses municípios. (CODES, 2017).

O município que tem o maior PIB *per capita* no semiárido é Guamaré (RN), cujo valor estimado para 2017 foi de R\$106.121,50, o equivalente a 9,4 salários mínimos e a 32,30 do PIB *per capita* de Novo Triunfo. A principal razão do PIB *per capita* de Guamaré ser o maior dos municípios do semiárido é que lá se encontra o Pólo Industrial de Guamaré construído pela Petrobrás para beneficiar o óleo, o gás natural e o petróleo oriundos dos campos marítimos de Ubarana e Agulha, e dos campos terrestres de todo o Estado (PETROBRÁS, 2015). Situações parecidas devem ocorrer nos demais municípios que tem PIB *per capita* mais elevada.

Nos dez municípios que possuem o maiores PIB *per capita* o valor é de R\$ 66.817,14 por ano. Por outro lado, nos dez municípios com os menores PIB *per capita* o valor é R\$4.921,71. Assim, o valor do PIB *per capita* dos dez municípios mais pobres do semiárido equivale a apenas 7,37% daquele observado para os dez menos pobres. O que corrobora com a constatação que, também no semiárido brasileiro, há desigualdade na apropriação da renda, utilizando o PIB *per capita* como aproximação.

## ESTIMAÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE INDUZIDA (IVI).

Os resultados encontrados utilizando o método de análise fatorial para as equações (1) e (2) apresentadas na Metodologia deste trabalho permitem estimar os pesos mostrados na tabela 3. Foi gerado apenas um componente principal em cada uma das estimativas realizadas no trabalho. Por esta razão não houve necessidade de fazer rotação ortogonal. Observa-se que o ajustamento encontrado na decomposição no único componente principal, mostra que a variância explicada para estimar os pesos que estão associados aos indicadores que definem a vulnerabilidade ambiental (VULAMBI) é de 66,57%. A variância explicada para os pesos associados aos indicadores que definem o IVI é de 82,44%. Em ambos os procedimentos, observa-se que as magnitudes dos testes KMO e de Bartlet asseguram a robustez estatística das estimativas obtidas pelo método de decomposição em componentes principais (FÁVERO et al 2009). O valor crítico para o teste KMO é 0,50. Os valores estimados de 0,620 e 0,650, respectivamente para estimar o Indicador VULAMBI e para estimar o IVI, superam, com folga o valor crítico para o teste. O teste de Bartlet confirma os procedimentos iniciais para a decisão de usar esta metodologia, assegurando que a matriz de correlação entre os indicadores, em ambos os casos, é não singular. Os escores fatoriais estimados, bem como os pesos deles derivados, também estão mostrados na Tabela 4.

Tabela 4 – Estimativas dos escores fatoriais e dos pesos para a construção do indicador VULAMBI e do índice de vulnerabilidade induzida (IVI)

INDICADORES VULAMBI	Escores Fatoriais	Pesos	INDICADORES IVI	Escores Fatoriais	Pesos
VULAGUA	0,790	0,32	VULEDUC	0,943	0,34
VULSANE	0,770	0,32	VULREND	0,863	0,34
VULLIXO	0,883	0,36	VULAMBI	0,916	0,32
Variância explicada pelo fator = 66,57% Teste de Kaiser-Olkin (KMO) = 0,620 Teste de Bartlet significante a 0,000%.			Variância explicada pelo fator = 82,44%. Teste de Kaiser-Olkin (KMO) = 0,650 Teste de Bartlet significante a 0,000%.		

Fontes: valores estimados a partir dos dados do Censo de 2010

Estimados os pesos que definem o (IVI), passa-se às estimações dos valores agregados observados para os Estados como um todo e para as áreas Semiáridas desses Estados que estão inseridas no semiárido brasileiro. Iniciam-se as apresentações dessas estimativas mostrando-se a equação de definição da vulnerabilidade ambiental (VULAMBI) depois que foram estimados os pesos que são aplicados na equação (2), apresentada na metodologia deste trabalho. A equação estimada é:

$$VULAMBI = 0,32(VULAGUA + VULSANE) + 0,36VULLIXO \quad (2A)$$

A partir da equação (2A) estimam-se os valores apresentados na Tabela 5. As evidências apresentadas nesta Tabela 5 sugerem duas situações. A primeira é que os indicadores que compõem a vulnerabilidade ambiental são todos muito elevados. A segunda constatação é a que se esperava: no semiárido de todos os estados, excetuando as estimadas para os dois municípios maranhenses, recentemente reconhecidos, as vulnerabilidades ambientais são bem mais elevadas do que as médias dos estados.

Neste caso o indicador mais crítico, em todos os estados, é a vulnerabilidade de saneamento, embora se saiba que os resultados para a vulnerabilidade de acesso à água possam estar subestimados, tendo em vistas que a estatística do IBGE, em que o estudo está baseado, computa como tendo acesso à água encanada os domicílios que apresentem a presença de ao menos uma torneira, independentemente da água chegar ou não. Sabe-se que nos períodos de estiagem os domicílios dos municípios do Nordeste em geral, e nos situados no semiárido, em particular, sofrem com a escassez do abastecimento de água. Assim, ter torneira no domicílio não é garantia de que tem água em casa. Observa-se ainda que o Piauí, com 56,4% e em Alagoas com 51,1% são os estados com os maiores percentuais de vulnerabilidade ambiental nos respectivos semiáridos. (Tabela 4).

Dada a forma como os indicadores foram gerados, inclusive o VULAMBI, que é a média ponderada dos outros três indicadores, conhecendo-se as populações dos Estados e as populações que vivem nos municípios inseridos nos respectivos Semiáridos, pode-se estimar a quantidade de pessoas que sobrevivem com as vulnerabilidades mostradas na Tabela 5.

Tabela 5 – Vulnerabilidades de acesso à água, ao saneamento, à coleta de lixo e estimativa dos passivos ambientais dos estados inseridos no semiárido (SAR)

Estado	VULAGUA (%)		VULSANE (%)		VULLIXO (%)		VULAMBI (%)	
	Geral	SAR	Geral	SAR	Geral	SAR	Geral	SAR
MA	34,1	24,5	73,3	70,0	44,2	41,0	50,3	45,0
PI	27,8	38,6	70,9	80,8	38,4	50,5	45,4	56,4
CE	22,8	27,5	56,6	66,8	24,7	35,3	34,3	42,9
RN	13,6	19,6	54,8	62,1	15,5	23,5	27,5	34,6
PB	23,3	29,1	50,7	46,6	22,3	33,4	31,7	36,2
PE	24,0	32,4	44,9	39,4	18,4	31,3	28,7	34,2
AL	31,4	37,6	67,4	81,7	20,2	35,9	38,9	51,1
SE	16,5	21,5	49,8	59,3	17,0	29,8	27,3	36,6
BA	19,7	26,5	48,2	61,7	23,8	35,2	30,3	40,9
MG	24,1	28,9	53,6	59,8	26,9	34,6	34,5	40,8
TOTAIS	23,7	28,5	54,7	67,3	25,7	36,0	34,3	43,6

Fontes: valores estimados a partir dos dados do Censo de 2010

A partir dos resultados mostrados na Tabela 4 estimam-se os pesos associados à equação (3) que foi utilizada para estimar o índice de vulnerabilidade induzida (IVI). Assim, a definição da equação (3) com os pesos estimados é a seguinte:

$$IVI = 0,34 (VULEDUC + VULREND) + 0,32. VULAMBI. \quad (3A)$$

Na Tabela 6 mostram-se os resultados para as estimativas dos índices de vulnerabilidades induzidas (IVI) para os Estados, em termos agregados, e para os respectivos semiáridos. Os resultados apresentados nesta Tabela 6 sugerem que todos os Estados que tem populações sobrevivendo em clima de semiárido apresentam elevadas percentagens das populações maiores de 25 anos sem ter concluído o nível fundamental. Neste indicador a pior situação está no Piauí. De fato 64,1% da população desse Estado não alcançou aquele nível de escolaridade. Alagoas vem na segunda pior posição com 63,6% da população maior de 25 anos não tendo concluído o nível fundamental de estudos.

No que concerne às vulnerabilidades de renda, observa-se que os percentuais estão sempre acima de 50% para os estados, e acima de 60% nos semiáridos desses estados. Neste item, constata-se ainda que no Semiárido do estado de Alagoas (71,2%) encontra-se a situação mais crítica.

Na Tabela se mostram os níveis das vulnerabilidades induzidas estimados na pesquisa. Em síntese, os resultados mostram que no semiárido brasileiro o índice de vulnerabilidade induzida, aferido pelos cinco indicadores utilizados na pesquisa, é de 62,9%. Bem acima do que se observa para o conjunto dos estados que tem áreas semiáridas reconhecidas oficialmente que, apesar de também terem IVI elevados, o valor estimado foi de 52,8%. (Tabela 6).

Observa-se que nos Estados que fazem parte do semiárido o IVI variou de 55,4% no Rio Grande do Norte a 69,5% no Piauí. Em sete (7) dos Estados que têm municípios no semiárido o IVI superou 60%. Em apenas três (3) estados o IVI é menor do que 60%, mas superior a 55%. (Tabela 6).

Uma constatação adicional que expõe as dificuldades do semiárido brasileiro é que o IVI variou de 33,6% em Campina Grande, Paraíba, a 85,6% nos municípios de Betânia, situado no estado do Piauí. Como foi sugerido para o VULAMBI, conhecendo-se as populações que vivem nos estados, e aquelas nos respectivos semiáridos, para estimar as populações pilhadas em vulnerabilidades induzidas nas duas situações, bastará multiplicar o valor do IVI pelas respectivas populações.

Tabela 6 – Vulnerabilidades de educação, renda e ambientais dos estados inseridos no semiárido (SAR)

Estado	VULEDUC (%)		VULREND (%)		VULAMBI (%)		IVI (%)	
	Geral	SAR	Geral	SAR	Geral	SAR	Geral	SAR
MA	61,5	64,6	67,2	66,5	50,3	45,0	62,0	60,9
PI	64,1	75,1	61,8	69,2	45,4	56,4	59,2	69,5
CE	57,1	66,4	60,2	68,2	34,3	42,9	52,3	61,3
RN	56,1	65,7	52,4	60,5	27,5	34,6	46,8	55,4
PB	62,3	62,3	58,1	64,0	31,7	36,2	52,4	56,0
PE	57,0	69,5	56,9	64,5	28,7	34,2	49,1	57,9
AL	63,6	74,0	63,7	71,2	38,9	51,1	57,4	67,9
SE	57,5	74,6	56,4	69,5	27,3	36,6	48,6	62,2
BA	58,3	69,5	57,6	66,0	30,3	40,9	50,4	60,9
MG	59,8	69,0	60,0	66,3	34,5	40,8	53,2	60,8
<b>TOTAIS</b>	<b>59,3</b>	<b>73,3</b>	<b>59,5</b>	<b>65,2</b>	<b>34,3</b>	<b>43,6</b>	<b>52,8</b>	<b>62,9</b>

Fontes: Valores estimados a partir dos dados brutos publicados no Censo Demográfico de 2010

Na Tabela 7 resumem-se os agrupamentos dos municípios do Semiárido, de acordo com as frequências absolutas e as frequências relativas acumuladas das magnitudes dos IVI. Segundo as evidências mostradas nesta tabela, dos 1.262 municípios do semiárido, apenas 5,1% tem índices de vulnerabilidades induzidas inferiores a 50%. A frequência relativa modal se situa na faixa de 60% a 70% de vulnerabilidade induzida aferida pelos indicadores desta pesquisa. Por outro lado, dos resultados apresentados na Tabela 7, depreende-se que 76,7% dos municípios situados no semiárido têm índice de vulnerabilidade entre 60,0% e 85,6%.

Tabela 7 – Distribuição dos municípios do semiárido de acordo com as magnitudes do índice de vulnerabilidade induzida (IVI)

Intervalos de variação do IVI	Frequência Relativa (%)	Frequência Relativa Acumulada (%)
De 33,6% a 40%	0,7	0,7
Entre 40% e 50%	4,4	5,1
Entre 50% e 60%	18,2	23,3
Entre 60% e 70%	50,0	73,3
Entre 70% e 80%	24,5	97,8
De 80% a 85,6%	2,2	100,0
TOTAL	100,0	

Fontes: Valores estimados a partir dos dados brutos publicados no Censo Demográfico de 2010

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa demonstra que predomina, na grande maioria dos municípios que fazem parte do semiárido brasileiro (1.048 em 1.262 ou 83%) valores de PIB *per capita* que atingem no máximo um (1) salário mínimo. Os PIB *per capita* desses municípios é muito baixo, com média ficando aquém do valor do salário mínimo de 2017. Assim, uma das conclusões importantes deste trabalho é que há desigualdades na distribuição do PIB *per capita* dos municípios do semiárido, tendo em vista que existem pouco mais de duzentos com PIB *per capita* superior a um salário mínimo e alguns deles com valores bem acima deste referencial de 2017. As causas dessas discrepâncias provavelmente estão ancoradas nas atividades agrícolas que prevalecem nos municípios de menor renda. Atividades que são fortemente comprometidas pela distribuição espacial e desigual das chuvas. O ano de 2017 foi o último ano de uma série de anos com dificuldades pluviométricas que se abateu sobre o Nordeste. Nos municípios de maiores PIB *per capita* observa-se a prevalência de atividades de refino do petróleo.

A pesquisa, que tinha como objetivo estimar padrões de vulnerabilidades induzidas nos municípios do semiárido brasileiro conseguiu demonstrar que, ao menos os cinco indicadores de vulnerabilidades testados no estudo, que não estão associados a fenômenos naturais, mas causadas por ausências de políticas públicas podem ser responsáveis pelos atuais níveis de qualidade de vida e de renda das famílias do semiárido brasileiro. São, basicamente, as privações de renda, de educação e de saneamento.

No trabalho foi possível gerar o índice de vulnerabilidade induzida (IVI) que é a média ponderada desses indicadores e, através dele (IVI), demonstrar como são críticos os níveis de vulnerabilidades aferidos desta forma em todo o semiárido brasileiro. Com efeito, algo como 76,7% dos municípios do semiárido brasileiro tem índice de vulnerabilidade com valores acima de 60%, numa escala que varia de zero a cem por cento, em que na medida em que o índice tende para o valor teto a situação de vulnerabilidade induzida se agrava. Concluiu-se ainda que o índice de vulnerabilidade que afere o percentual da população vulnerável tendo por causa os indicadores utilizados no estudo, por suposição, chega a atingir 85,6%.

Os totais das populações que se encontram em vulnerabilidades induzidas poderão ser estimadas, tanto no geral quanto nos respectivos semiárido, aplicando-se os percentuais estimados sobre as respectivas populações. Informações importantes para os tomadores de

decisão política. Vale salientar que os totais das populações que detêm qualquer das vulnerabilidades que fazem parte deste estudo, também poderão ser estimadas pela aplicação dos percentuais sobre as respectivas populações do município e daquela que está no semiárido.

Como essas vulnerabilidades são induzidas pela ausência do poder público, fica evidente que as ações das políticas públicas não têm cumprido as funções que delas se esperava no semiárido brasileiro, tendo em vistas que o quadro que esta pesquisa demonstrou não se configurou espontaneamente. Essas privações não surgem repentinamente. Elas são processadas em longos períodos de descasos de políticas ou mesmo na sua ausência. Esta parece ser a principal conclusão desta pesquisa. E a partir dela fica o alerta para que os tomadores de decisão política, ao tomarem conhecimento desse quadro, possam levá-las em consideração.

## REFERÊNCIAS

- AB’SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AB’SABER, A. N. Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida. **Estudos avançados**, 36, p. 7-59, 1999.
- ACSELRAD, H. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. In: Comunicação ao II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais. **Anais...** Rio de Janeiro: FIBGE, 2006. Disponível em: <<http://www.nuredam.com.br/files/divulgacao/artigos/Vulnerabilidade%20Ambientais%20Proce%20ssos%20Rela%E7%F5es%20Henri%20Acselrad.pdf>>. Acesso em 22 abr. 2020.
- ARAÚJO, S. M. S. A região semiárida do Nordeste: questões ambientais possibilidades de uso sustentável dos recursos. **Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE**, a. 5, n. 5, p. 89-98, 2011.
- ATKINS, J. P.; MAZZI, S.A.; EASTER, C.D. A composite vulnerability index for Developing Countries: The Position of Small States. In: PERETZ, D. et al. **Small states in the global economy**. London: Commonwealth Secretariate, 2000. p. 53-92.
- BANKOFF, G., FRERKS, G., HILHORST, D. (Org.). **Mapping vulnerability disasters, development and people**. London: Earth scan, 2004.
- BARBOSA, V.S. **Produtividade do trabalho e Crescimento econômico no Brasil urbano e rural: uma avaliação a partir da teoria do capital humano**. 2016. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- BECKER, G. S. **Human Capital**. A theoretical and empirical analysis, with special reference to rducation, New York: Columbia University Press, 1964.
- BONKOUNGOU, J. et al. Analyse de vulnérabilités des systèmes agraires de la région de la boucle du mouhoun au Burkina Faso. **European Scientific Journal**, v. 15, n. 2, p. 104–120, 2019.

BRASIL. MEC (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA). **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, 1996. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2020.

BRASIL. MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília. 2017. Disponível em: <<http://sudene.gov.br/images/arquivos/conselhodeliberativo/documentos/analise-recursos-semiarido-GTsemiarido-nov2017.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2019.

BRASIL. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Casa Civil. **Lei Nº 7.827 de 27 de setembro de 1989**. Brasília, DF. 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L7827.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L7827.htm)>. Acesso em: 15 dez. 2019.

BROOKS, N. Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework. **Tyndall Working Paper**, n. 38, Tyndall Centre for Climate Change Research, 2003. Disponível em: [www.tyndall.ac.uk/publications/working\\_papers/working\\_papers.shtml](http://www.tyndall.ac.uk/publications/working_papers/working_papers.shtml)>. Acesso em: 31 mar. 2020.

CARMO, M.E.; GUIZARDI, F.L. The concept of vulnerability and its meanings for public policies in health and social welfare. **Cad. Saúde Pública**, v. 34, n. 3, p. 1-14, 2018.

CARVALHO, O. Nordeste Semiárido: transformação de potencialidades em possibilidades econômicas. **Semiárido**. Brasília. Câmara dos Deputados, 2010, p. 143-176.

CHAMBERS, R. Vulnerability. Editorial introduction. **IDS Bulletin**, Sussex, v. 20, n. 2, p. 1-7, 1989.

CODES (CONSELHO REGIONAL DE DESENVOLVIMENTO RURAL SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO NORDESTE II DO ESTADO DA BAHIA). **Plano territorial de desenvolvimento sustentável**. 2017. Disponível em: <[http://www.seplan.ba.gov.br/arquivos/File/politica-territorial/PUBLICACOES\\_TERRITORIAIS/Planos-Territoriais-de-Desenvolvimento-Sustentavel-PTDS/2018/PTDSS\\_NE\\_2\\_280917.pdf](http://www.seplan.ba.gov.br/arquivos/File/politica-territorial/PUBLICACOES_TERRITORIAIS/Planos-Territoriais-de-Desenvolvimento-Sustentavel-PTDS/2018/PTDSS_NE_2_280917.pdf)>. Acesso em: 23 dez. 2019.

COSTA FILHO, J. **Efeitos da instabilidade pluviométrica sobre a previsão da produção de lavouras de sequeiro em áreas sujeitas à desertificação (ASD) no semiárido do Estado do Ceará**: casos de Irauçuba e Tauá. 2019. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

DE LEON, J. C. F. **Vulnerability**: a conceptual and methodological review. Bohn, Germany: Institute for Environment and Human Security, 2006.

DILLON, W.; GOLDSTEIN, M. **Multivariate analysis**: methods and applications. New York: Mc Graw Hill, 1984.

DUQUE, J. G. **Solo e água no Nordeste**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1953.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F.L.; CHAN, B.L. **Dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões. São Paulo: Elsevier, 2009.

FUNCEME. **Calendário das chuvas no Estado do Ceará**. Fortaleza, Ceará. 2020.

FUNCEME. **Proposta de Dimensionamento do Semiárido Brasileiro**, Fortaleza, 2005.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 12.ed. São Paulo: Nobel, 1985.

GUILLAUMONT, P. Measuring Structural Economic Vulnerability in Africa. Handbook of Africa and Economics. In: **Handbook of Africa and Economics**, 2014. p. 1-20.

GUILLAUMONT, P.; SIMONET, C. **Designing an index of structural vulnerability to climate change**. FERDI-Fondation pour les etudes et recherches sur le Developpement International, France, 2011, p. 42.

IBGE. **Censo demográfico do Brasil de 2010**. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE. **Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Contas Nacionais PIB municipal, 2017**. Rio de Janeiro, 2017.

IBGE. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios - PNAD**. Rio de Janeiro, 2015.

KUHNEN, A. Meio ambiente e vulnerabilidade: a percepção ambiental de risco e o comportamento humano. **Geografia**, Londrina, v. 18, n. 2, p. 37-52, 2009.

LEMOS, J. J. S. **Mapa da exclusão social no Brasil: Radiografia de um País assimetricamente pobre**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2012.

LIRA, J. S.; LEMOS, J. J. S.; LIMA, P. V. P. S. Recoverability of Family Farming in Brazilian Northeast: Analyses to period 1990- 2012. **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 107-121, out./dez., 2016.

MOURA, M. S. B. et al. **Clima e água de chuva no Semiárido**. Brasília: EMBRAPA, 2007.

PETROBRÁS. **Refinaria Potiguar Clara Camarão**. 2015. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias/refinaria-potiguar-clara-camarao.htm>>. Acesso em: 01 fev. 2020.

SCHULTZ, T. W. Reflections on Investment in Man. **Journal of Political Economy**, v. 70, n. 5, p. 1-8, 1962.

SCOTT, J.B. et al. The concept of social vulnerability in the realm of psychology in Brazil: a systematic review of the literature. **Psicologia em Revista**, Belo Horizonte, v. 24, n. 2, p. 600-615, 2018.

SORENSEN, A. T. Equilibrium Price Dispersion in Retail Markets for Prescription Drugs. **Journal of Political Economy**, v. 108, n. 4, p. 833-850, 2000.

SUDENE (SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE). **Delimitação do Semiárido**, 2017. Disponível em: <<http://www.sudene.gov.br/images/arquivos/semiariado/arquivos/mapa-semiarido-1262municipios-Sudene.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2020.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geográfico**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

UN (UNITED NATIONS). **Assessing human vulnerability to environmental change.** Concepts, Issues, Methods and Case Studies. Nairobi: Kenya, 2003.

UN (UNITED NATIONS). **Global drylands:** A UN system-wide response. 2011. Disponível em: <[http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/Global\\_Drylands\\_Full\\_Report.pdf](http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/Global_Drylands_Full_Report.pdf)>. Acesso em: 18 abr. 2016.

UN (UNITED NATIONS). **Human development report.** New York. United Nations Development Program. 2014.

UN (UNITED NATIONS). **Human development report.** New York. United Nations Development Program. 1997. Disponível em: <[http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/258/hdr\\_1997\\_en\\_complete\\_nostats.pdf](http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/258/hdr_1997_en_complete_nostats.pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2020.

UN (UNITED NATIONS). **Human development report.** New York: United Nations Development Program. 2006.