

RISCO DE DESABASTECIMENTO HÍDRICO NA REGIÃO MATO GRANDE, RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

Risk of water shortage in the Mato Grande Region of Rio Grande Do Norte, Brazil

Riesgo de suministro de agua en la Región De Mato Grande, Rio Grande Do Norte, Brasil

Yuri Marques Macedo¹
Adriano Lima Troleis²
Ana Beatriz Câmara Maciel³
Lutiane Queiroz de Almeida⁴

RESUMO:

Este trabalho tem como propósito analisar o risco de desabastecimento hídrico no Rio Grande do Norte (RN) a partir do Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico (IRDH). Esta pesquisa está direcionada pela hipótese de que a relação entre fatores ambientais, infraestruturais, socioeconômicos e de planejamento estatal, produz territórios de risco de desabastecimento hídrico no RN. Neste contexto, o índice foi estruturado em uma perspectiva sistêmica, através de 19 variáveis, as quais correspondem a 4 indicadores inerentes aos fatores presentes nesta hipótese. Neste artigo foi apresentado o IRDH da região de abastecimento hídrico Mato Grande potiguar. Esta região tem 24 municípios, dos quais 9 foram classificados como “alto risco” de desabastecimento hídrico; 14 com “médio risco”; e 1 considerados de “baixo risco”, nenhum com “muito alto” e “muito baixo” risco conforme a classificação do IRDH.

Palavras-chave: Risco. Desabastecimento Hídrico. Índice.

ABSTRACT:

This work aims to analyze the risk of water shortages in Rio Grande do Norte (RN) using the Water Shortages Risk Index (IRDH) as reference. This research is ushered by the hypothesis that the relationship among some factors (environment, infrastructure, socioeconomic status and state planning) produces territories at risk of water shortages in the State. In this context, in a systemic perspective the index was structured: 19 variables, which correspond to 4 indicators inherent to this hypothesis present factors, were taken into consideration. This work presents the IRDH that belongs to the Mato Grande water supply region in Rio Grande do Norte This region has 24 municipalities, of which 9 were classified as “high risk” of water shortages; 14 with “medium risk”; and 1 considered “low risk”, none with “very high” and “very low” risk according to the IRDH classification.

Keywords: Risk. Shortage Water. Index.

RESUMEN:

Este trabajo tiene como objetivo analizar el riesgo de escasez de agua en Rio Grande do Norte (RN) a partir del Índice de riesgo de suministro de agua (IRDH). Esta investigación se guía por la hipótesis de que la relación entre factores ambientales, infraestructurales, socioeconómicos y de planificación estatal produce territorios en riesgo de escasez de agua en RN. En este contexto, el índice se estructuró en una perspectiva sistémica, a través de 19 variables, que corresponden a 4 indicadores inherentes a los factores presentes en esta hipótesis. En este artículo, se presentó el IRDH de la región de suministro de agua de Mato Grande Potiguar. Esta región tiene 24

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - yurimmacedo@hotmail.com

²Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - adrianotroleis@gmail.com

³Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - anaufrn@yahoo.com.br

⁴Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) - lutianealmeida@hotmail.com

MACEDO, Y. M. *et al.*

municípios, de los cuales 9 fueron clasificados como “de alto riesgo” de escasez de agua; 14 con “riesgo medio”; y 1 considerado “bajo riesgo”, ninguno con riesgo “muy alto” y “muy bajo” según la clasificación IRDH.

Palabras-clave: Riesgo. Escasez de agua. Índice.

1 INTRODUÇÃO

O estado do Rio Grande do Norte localiza-se, em sua maior parte, na região climática do semiárido brasileiro (SAB), a qual é caracterizada pela ocorrência de estiagem prolongada, popularmente conhecida como “seca”, que é um fenômeno climático natural, sazonal, também considerado como um desastre do tipo “gradual ou de evolução crônica” (BRASIL, 1999), afetando a população local ao longo dos anos, que aprendeu e estruturou ações de convivência e resistência com o fenômeno. Neste contexto, o recorte espacial mencionado se configura como a região semiárida mais povoada do planeta⁵.

Esta particularidade também é constatada no Rio Grande do Norte, fazendo com que a sociedade do estado tivesse a necessidade de uma densa infraestrutura técnica para promover o abastecimento hídrico urbano de seus municípios, sobretudo no interior do estado.

A seca afeta o abastecimento hídrico municipal à medida em que se configura pela alteração negativa do regime pluvial médio, com valores abaixo da média durante o ano em que ocorre, ou em períodos de estiagem prolongada, como os 6 anos entre 2012 e 2017, que prejudicaram o abastecimento hídrico da região Nordeste do Brasil.

As perdas humanas e materiais num lugar a partir de um evento danoso à população, com causas naturais, agravadas ou produzidas pelo homem em sociedade, caracterizam um desastre⁶. No caso da seca, o desperdício no uso de água; as escolhas por formas de produção econômica mais consumista dos recursos hídricos, como a fruticultura irrigada; as festas no interior semiárido, como carnaval e outras que elevam o contingente populacional dos pequenos municípios por um determinado período, são alguns exemplos de como este desastre pode ser agravado pela sociedade, aumentando a demanda hídrica nas cidades onde ocorrem, mesmo em tempo de escassez nos mananciais.

Dessa forma, tem-se como objeto desta pesquisa a elaboração de um sistema de indicadores socioambientais de risco de desabastecimento hídrico urbano, utilizando o estado do Rio Grande do Norte (figura 1) como estudo de caso, seguido da análise dos resultados especializados regionalmente pelo território estadual.

⁵O geógrafo francês Jean Dresch, um dos participantes da excursão realizada aos sertões semiáridos por ocasião do Congresso Internacional de Geografia, ocorrido no Rio de Janeiro em agosto de 1956, afirmou na oportunidade que o semiárido brasileiro era o mais povoado do mundo, o que marca a percepção de resistência e convivência com a seca, assim como problemas sociais decorrente do coronelismo e da estrutura agrária elitista.

⁶Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais. Os desastres são quantificados em função dos danos e prejuízos em termos de intensidade, enquanto os eventos adversos são quantificados em termos de magnitude (CASTRO et al, 1999).

MACEDO, Y. M. *et al.*

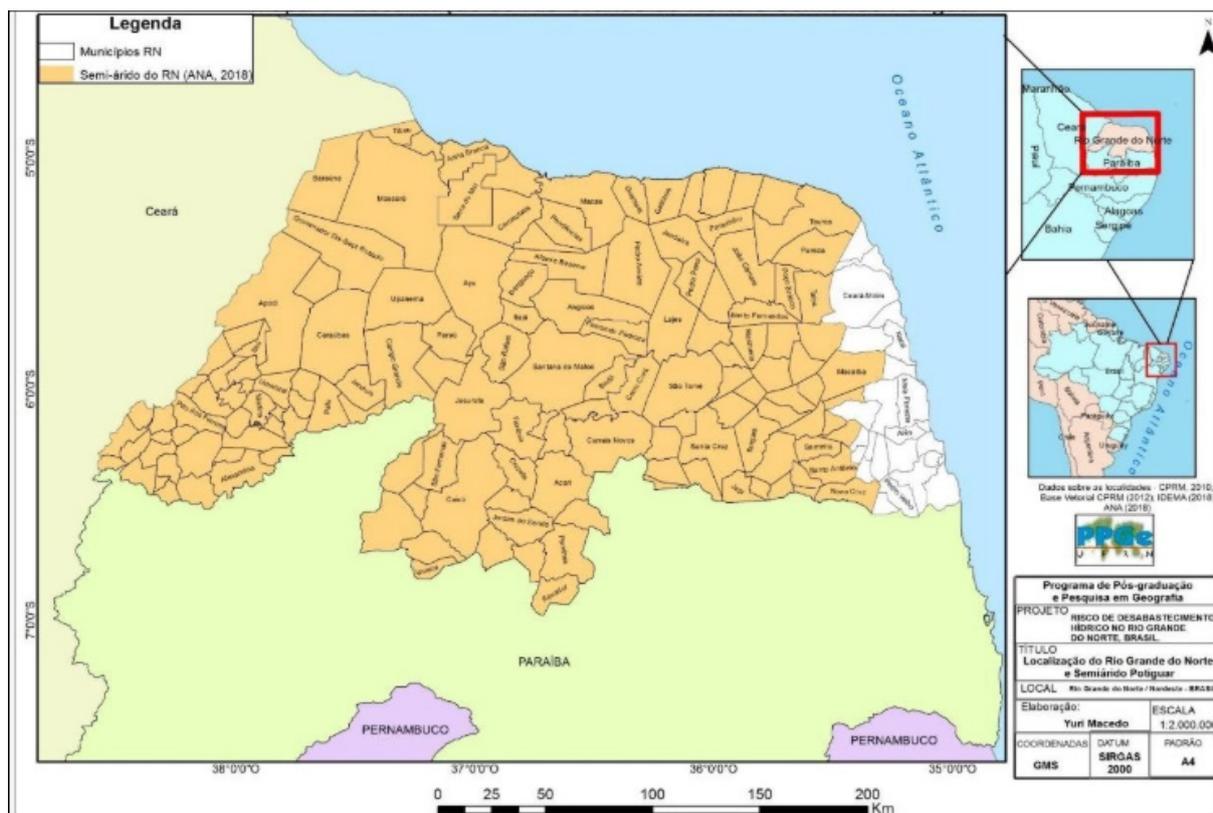


Figura 1: Mapa de localização do Rio Grande do Norte e Semiárido Potiguar.

Fonte: Elaboração própria.

A escolha do Rio Grande do Norte se deu por historicamente apresentar condições de vulnerabilidade⁷ ao desabastecimento hídrico devido a exposição à estiagem prolongada que afeta a região do semiárido nordestino, na qual a maior parte do estado está inserida, como visto no mapa da figura 1.

Nesse contexto, esta pesquisa está direcionada pela hipótese que a relação entre fatores ambientais, infraestruturais, socioeconômicos e de planejamento estatal, materializados ou não no espaço, produz territórios de risco de desabastecimento hídrico no RN. Com base nesta hipótese, foram construídos os objetivos deste trabalho, cujo principal propósito consiste em analisar o risco de desabastecimento hídrico na região Mato Grande do Rio Grande do Norte (RN) a partir do Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico (IRDH) gerado pelo sistema de indicadores socioambientais de risco ao desabastecimento hídrico. Sendo assim, foi necessário realizar um Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico (IRDH) a partir de sistema de indicadores socioambientais para posteriormente analisar o risco de desabastecimento hídrico da região Mato Grande do estado.

⁷A caracterização de um cenário de vulnerabilidade se dá a partir de um conjunto de fatores de diversas naturezas e dimensões que envolvem indivíduos, níveis de análise, instituições e territórios. No caso do território, a definição da sua vulnerabilidade se dá em função do arranjo dos seus elementos naturais e técnicos, ou seja, da forma como esse território responde aos efeitos de determinados fenômenos estruturais e conjunturais (Cunha, Jakob e Hogan et al 2004). Podendo ser caracterizada por fatores como renda e condições de moradia da população; condições de saneamento básico e acesso à educação; idade e sexo dos moradores; situação infraestrutura dos domicílios e seu entorno, entre outras características que aumentem a vulnerabilidade das pessoas ou grupos de pessoas a certo tipo de desastre (no caso desta pesquisa, ao desabastecimento hídrico).

MACEDO, Y. M. *et al.*

2 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

Este artigo organiza-se a partir de uma análise sistêmica dos elementos que compõem a estrutura e funcionalidade do(s) sistema(s) de abastecimento hídrico do RN, utilizando-se das proposições conceituais e metodológicas dos estudos de risco socioambiental como área aplicada do conhecimento geográfico e, especificamente, dos estudos de risco voltados à problemática do desabastecimento hídrico no Nordeste brasileiro e, especificamente, no estado do Rio Grande do Norte.

Para o estudo em tela, foi adotado o conceito de Risco como sendo uma função entre vulnerabilidade social e perigos naturais de uma localidade ou município, devendo-se ter em mente a necessidade de se compreender tanto a dinâmica dos elementos ambientais - naturais e artificiais (ai se insere a infraestrutura hídrica também) - que compõem um território, como ainda os condicionantes sociais que expõem um indivíduo (ou grupo) a situação de risco (VEYRET, 2007). Assim, o risco é uma construção social e está diretamente ligado à concepção da população em relação a algum perigo potencial capaz de causar danos físicos e/ou perdas materiais de grande monta. Nesse contexto, uma população pode não ter a percepção de que está em risco.

Já o Perigo seria o agente causador de danos ou prejuízos materiais e/ou imateriais. Ou ainda, para Veyret, “esse termo é, às vezes, empregado também para definir as consequências objetivas de uma área sobre um indivíduo, um grupo de indivíduos, sobre a organização do território ou sobre o meio ambiente” (VEYRET, 2007, p.24), no caso deste estudo, o colapso do abastecimento hídrico seria a consequência objetiva da seca ou outro perigo incidente para o desabastecimento hídrico, como a contaminação do manancial subterrâneo por nitrato, por exemplo.

A vulnerabilidade seria a mensuração da capacidade de cada indivíduo para se preparar, lidar, resistir e possuir habilidade de resiliência quando exposto a um perigo. Nesta perspectiva, a vulnerabilidade é entendida como condição de susceptibilidade a algum evento potencialmente causador danos materiais e físicos à população residente, conforme o conceito de Blaikie *et al.* (1994):

Por vulnerabilidade queremos dizer as características de uma pessoa ou grupo em termos de sua capacidade de prever, lidar com, resistir e se recuperar do impacto de um perigo natural. Trata-se de uma combinação de fatores que determinam o grau em que a vida de alguém e os meios de subsistência são postos em risco por um evento discreto e identificável na natureza ou na sociedade (BLAIKIE *et al.*, 1994, p.9)

Nesse contexto, o Perigo é inerente ao lugar, ou seja, ao espaço ocupado e vivido pela sociedade, como por exemplo em um dado município do RN, que é a unidade elementar de análise deste artigo. Já a vulnerabilidade é inerente à população que ocupa e territorializa, apropria-se deste ambiente natural. Ambos os conceitos são utilizados no IRDH, de maneira integrada, relacionando-os no índice geral e individualmente: a vulnerabilidade social a partir dos fatores socioeconômico e de planejamento estatal; e o Perigo a partir dos fatores ambientais e de infraestrutura.

Nesta perspectiva, faz-se necessário definir o conceito de Desastre utilizado neste trabalho, uma vez que, no caso do desabastecimento hídrico no Rio Grande do Norte (RN), haverá danos provocados ao poder público a partir dos gastos e prejuízos financeiros, bem como à população, com a

MACEDO, Y. M. *et al.*

mortalidade de rebanhos, migrações e estagnação econômica. Assim, o desastre é definido como “resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais” (BRASIL, 1999), relacionando características ambientais, naturais ou artificiais, e sociais no cerne desta problemática.

A partir destas definições conceituais, a coincidência entre alta demanda hídrica municipal, tanto urbana (população concentrada nas sedes municipais) quanto rural (fruticultura irrigada, principalmente), associada com o tipo climático predominante no RN (semiárido), deficiência na infraestrutura hídrica, problemas em seu funcionamento associados à oferta hídrica limitada, gera os “Territórios de Risco” ao desabastecimento hídrico no estado. Esta categoria de análise, por sua vez, parte da concepção teórico-metodológica que é pauta nos estudos de risco socioambiental em Geografia (ALMEIDA, 2010, pg. 171).

Os territórios de risco são caracterizados pela imbricação no espaço de objetos técnicos e/ou naturais em que sua má disposição, uso descontrolado ou mal gerido, precariedade ou problemas de manutenção (ações) promovem o aumento do risco de desabastecimento hídrico, materializado como um desastre quando afeta a população dos municípios. Deste modo, no RN, esta categoria de análise reflete a centralidade da discussão teórica e metodológica desse trabalho, ou seja, o caráter territorial do risco, com as esferas material e humana especializadas/mapeadas nos limites do estado a partir da unidade elementar de análise, que são os municípios; e sua análise macro, a partir das regiões de abastecimento hídrico.

2.1 Metodologia de análise do Risco de Desabastecimento Hídrico do RN.

Para a produção do IRDH do estado do Rio Grande do Norte, teve-se como ponto de partida a metodologia utilizada em 2010 por Almeida que, por sua vez, se fundamentou no Índice Paulista de Vulnerabilidade Social, elaborado pela Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados do Estado de São Paulo (SEADE, 2008). Também houve influência dos trabalhos realizados nesta mesma perspectiva de análise de risco socioambiental a partir de sistema de indicadores, com suas variáveis categorizadas e ponderadas, resultando em um índice síntese, tais como: Medeiros (2014), Macedo (2015); Guerra (2009); Almeida, Welle e Birkmann (2016); Welle e Birkmann (2015).

O sistema de indicadores de risco ao desabastecimento hídrico urbano do RN contribui com a base metodológica para o mapeamento deste tipo de risco no estado, definindo suas causas e consequências, assim como medidas mitigadoras para diminuição do risco e, com isso, dos problemas relacionados ao desabastecimento hídrico no estado. A partir deste entendimento, foi elaborada uma equação contemplando variáveis que compõem indicadores e estes se estruturam em um índice (IRDH). Cada variável tem seu peso no resultado, que ocorre na escala municipal, portanto, o município é a unidade elementar fundamental desta análise.

A fórmula de cálculo para a análise deu-se sobre a perspectiva multivariada, a partir de média ponderada. Para tanto, foi preciso dividir a análise em duas fórmulas. A primeira para cada indicador

MACEDO, Y. M. *et al.*

(Equação 1), representando o nível microescalar, e a segunda para todos, a fim de calcular o índice - IRDH (Equação 2), representando o nível macroescalar, expressos a seguir:

Equação 1) Média Ponderada por Indicador (MPI):

$$MPI = \frac{(Vx.P)+n...}{\Sigma P}$$

De maneira detalhada, Vx é o resultado obtido para cada variável de um indicador específico, produto da avaliação e levantamento de dados da pesquisa. Há variáveis mais importantes do que outras para a caracterização do risco de desabastecimento hídrico municipal e isso é respaldado na literatura, experiências de trabalho e relatórios técnicos sobre a temática. As variáveis foram categorizadas em até 5 níveis (em escala de 0,2 a 1), em que o Nível 5 é o de mais alto risco e o nível 1 o de menor risco.

Para visualização geral das variáveis, o quadro 1 traz esta categorização, associada ao peso de cada uma dentro do indicador, em que a soma dos pesos de cada variável é igual à quantidade de variáveis do indicador, seguindo princípios de estatística básica nas ciências sociais. Esta forma de agrupamento estatístico consiste na normalização do índice, com objetivo de colocar os resultados na mesma base quantitativa, padronizando os resultados (BARBETTA, 1994).

Os respectivos valores de variável, conforme composição da fórmula, são multiplicados pelo peso (P) de cada variável e, por sua vez, cada indicador tem seu peso específico dentro do índice geral (IRDH), como identificado na Equação 2. Outro elemento da equação refere-se à soma dos pesos (ΣP), sendo igual à quantidade de variáveis do indicador. Por sua vez, 'n' representa as outras variáveis do indicador que serão somadas sequencialmente e divididas pela soma dos pesos (ΣP).

Equação 2) Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico (IRDH):

$$IRDH = \frac{(MPI1.P1)+n...}{\Sigma P}$$

A equação 2 trata do IRDH, onde MPI1 é o resultado da equação 1, ponderado pelo peso específico de cada indicador (P1). Seguindo a mesma lógica da equação 1, cada indicador tem uma importância diferenciada dentro do índice geral. Dessa forma, 'n' se refere à ponderação dos outros indicadores que compõem o IDRH, sendo eles: Ambiental; Infraestrutural; Planejamento estatal; e Socioeconômico. A ponderação por indicador é dividida pela soma dos pesos que, por sua vez, é igual à quantidade de indicadores (4). Assim tem-se o índice com valores para cada município do RN.

Os resultados das duas equações foram classificados em 5 níveis de risco, a partir da classificação pelo método "intervalos idênticos". O quadro 1 mostra as variáveis que compõem o sistema de indicadores de Risco de Desabastecimento Hídrico municipal do RN e sua forma de classificação, sendo 19 variáveis agrupadas em indicadores.

MACEDO, Y. M. *et al.*

Indicador	VARIÁVEIS	CATEGORIAS	Peso Variável	Peso indicador
Ambiental	(V1) Vazão média dos poços;	Superior a 50,1 (N1); 25,1 a 50,0 m3/H (N2); 10,1 a 25,0 m3/H (N3); 5,1 a 10,0 m3/H (N4); 0,1 a 5,0 m3/H (N5)	1,25	1
	(V2) Corpos d'água superficiais naturais no município	Rio Perene (N1); Riacho Perene (N2); Rio intermitente (N3); Riacho intermitente (N4); Ausência de corpos d'água no município (N5)	1,25	
	(V3) Tipo Climático predominante do Município	Tropical úmido (N1); Tropical Semiúmido (N2); Tropical semiárido brando (N3); Tropical Semiárido Mediano (N4); Tropical Semiárido Forte (N5)	0,75	
	(V4) Vulnerabilidade geral do manancial subterrâneo de abastecimento hídrico municipal (índice GOD)	Desprezível (N1); Baixa (N2); Média (N3); Alta (N4); Extrema (N5)	0,75	
Infraestrutura	(V5) Tipo de Captação	Abastecidos por poços da bacia potiguar (granular) (N1); Abastecidos de forma mista - poços e adutoras (N1); Abastecidos por adutoras com captação na bacia potiguar (N2); Abastecidos por adutoras com captação em barragens (ou outros mananciais) no cristalino potiguar (N3); Abastecidos por poços no aquífero Jandaíra (N3); Abastecidos por poços do cristalino (N4); Abastecidos por grandes barragens municipais (locais) no cristalino potiguar (N4); Abastecidos por pequenas barragens, com capacidade de até 25 milhões de m ³ (ou outras captações) municipais (locais) no cristalino potiguar (N5);	1,5	1,75
	(V6) Existência de tratamento de esgoto e coleta de lixo no município (fonte principais de contaminação)	Coleta de resíduos urbanos regular/semanal (aterro sanitário) e tratamento de esgoto (N1); Tratamento de esgoto com Ausência de coleta de resíduos urbanos e/ou destino para lixões (N3); Coleta de lixo regular/semanal e destinação para aterro sanitário sem tratamento de esgoto (N4); Ausência de tratamento de esgoto e sem destinação ideal para resíduos urbanos (N5)	0,75	
	(V7) Capacidade dos Reservatórios do município (exceto barragens)	Reservatório(s) com mais de 600m ³ de capacidade (N1); Reservatório(s) entre 451 e 600m ³ de capacidade (N2); Reservatório(s) com entre 251 e 450m ³ de capacidade (N3); Reservatório(s) com capacidade entre 50 e 250m ³ (N4); Reservatório com menos que 50m ³ de capacidade ou ausência de reservatórios/distribuição direta na rede (N5)	1	
	(V8) Tempo de Instalação da rede de abastecimento hídrico urbano (vida útil)	Rede instalada até 10 anos (N1); Rede instalada de 10 a 15 anos (N2); Rede instalada de 15 a 20 anos (N3); Rede instalada de 20 a 30 anos (N4); Rede instalada a mais de 30 anos (N5)	1	
	(V9) Material construtivo da rede de abastecimento hídrico urbano	Tubo PVC (N1); Tubo PVC e Ferro fundido (N2); Ferro fundido (N3); Tubo PVC ou ferro fundido e cimento amianto (N4); Cimento amianto (N5)	1	
	(V10) Porcentagem de Domicílios abastecidos por água encanada em meio urbano	90 a 100% (N1); 75 a 90% (N2); 50 a 75% (N3); 25 a 50% (N4); até 25% (N5)	0,75	
Planejamento Estatal	(V11) Ocorrências registradas de Colapso de abastecimento urbano do município, nos últimos 6 anos de seca.	Não Houve Colapso de abastecimento hídrico urbano municipal no período entre 2012-2017 (N2); Houve Colapso parcial do abastecimento hídrico urbano municipal ou sistema de rodízio no período entre 2012-2017 (N3); Houve Colapso de abastecimento hídrico urbano municipal no período entre 2012-2017 (N5)	1,5	0,75
	(V12) Medidas estruturais para reduzir risco de desabastecimento	Existência de obras estruturantes de reservatórios ou rede de distribuição (N2); Existência de projeto com recursos alocados para obras estruturantes do SAA municipal (N3); Existência de outra opção para o abastecimento hídrico em caso de colapso (N4); Ausência de opções para abastecimento (N5)	0,75	
	(V13) Gestão de risco de desabastecimento no município (Defesa Civil; secretaria responsável etc.)	Existência de secretaria de segurança social, recursos hídricos, meio ambiente e segurança pública com defesa civil estruturada (N1); Existência de instrumentos de controle e monitoramento para RRD de desabastecimento hídrico (N2); Existência de defesa civil com estrutura e articulação interinstitucional (N3); Existência de plano municipal de RRD ou plano de contingência (N4); Existência apenas de defesa civil (ou não) sem a estrutura mínima (N5);	0,75	
	(V14) Existência de plano municipal referente ao abastecimento hídrico (plano de saneamento etc.)	Existe (N2); em planejamento (N3); Não existe (N4)	1	
Socioeconômico	(V15) Nível de cobertura de programa de transferência de renda (Bolsa Família, 2012)	Acima de 75% da população (N1); 50 a 75% da população (N2); 25 a 50% da população (N3); 10 a 25% da população (N4); até 10% da população (N5)	0,75	0,50
	(V16) IDHM – Renda (<i>renda per capita</i> da população, ou seja, a renda média mensal dos indivíduos residentes no município)	IDHM-R Muito Alto (N1); IDHM-R Alto (N2); IDHM-R Médio (N3); IDHM-R Baixo (N4); IDHM-R Muito Baixo (N5);	1	
	(V17) IDHM – Educação	IDHM-E Muito Alto (N1); IDHM-E Alto (N2); IDHM-E Médio (N3); IDHM-E Baixo (N4); IDHM-E Muito Baixo (N5);	1	
	(V18) Quantidade de habitantes urbanos do município	de 100 a 1.000 habitantes (N1); entre 1.000 e 2.500 habitantes (N2); entre 2.500 a 60.000 Habitantes (N3); entre 60.000 e 250.000 habitantes (N4); mais de 250.000 habitantes (N5)	1,50	
	(V19) Índice de Gini	Índice de Gini Muito baixo - 0,0 a 0,19 (N1); índice de Gini Baixo - 0,20 a 0,39 (N2); índice de Gini Médio - 0,40 a 0,59 (N3); índice de Gini Alto - 0,60 a 0,79 (N4); índice de Gini muito alto - 0,80 a 1 (N5)	0,75	

Quadro 1: Variáveis que compõem o sistema de indicadores de risco ao desabastecimento hídrico municipal do RN.

Fonte: Elaboração própria.

O processo de sistematização dos indicadores socioambientais de desabastecimento hídrico em um índice especializado, a partir de uma produção cartográfica do Rio Grande do Norte, foi possível através do levantamento de dados municipais urbanos referentes aos recursos hídricos e sociedade, agregados às poligonais municipais georreferenciadas. Posteriormente, esses dados foram espacializados e relacionados, configurando uma base cartográfica de referência, a qual possibilitou a produção e análise dos resultados do IRDH em ambiente S.I.G. – Sistema de Informações Geográficas.

MACEDO, Y. M. *et al.*

Os resultados foram analisados de duas maneiras: por fator (ambiental, socioeconômico, infraestrutural e de planejamento estatal); e por índice geral, ambos agrupados a partir de cada região de abastecimento do estado, sendo visualizado em mapa (produto) e analisado. Feito este procedimento, seguindo a proposição do sistema de indicadores (seus fatores, variáveis e ponderações), cujo produto é o IRDH, foi possível analisar o risco de desabastecimento do estado. Nesse sentido, foi gerado o índice com sua classificação especializada em um mapa com cinco classes, sendo elas: IRDH muito baixo, IRDH baixo, IRDH médio, IRDH alto e IRDH muito alto.

Para a análise, os municípios foram agrupados por regiões de abastecimento hídrico do estado, seguindo a classificação da concessionária estadual de abastecimento hídrico, Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), em 8 regiões, sendo elas: Oeste, Alto Oeste, Sertão Central, Agreste, Mato Grande, Seridó, SAAE e Natal. Por sua vez, os mapas regionais, agrupados por indicador do índice, mostram também a espacialização das variáveis que compõem, portanto, cada mapa demonstra a configuração dos resultados por indicador e por variáveis que respondem por cada tema do índice. Após essa etapa, foi confeccionado o mapa geral de Risco ao desabastecimento hídrico do RN. Neste artigo, especificamente, será analisado somente os resultados da região Mato Grande do estado.

Outro aspecto importante foi a categorização dos dados de cada variável que, preferencialmente, serão agrupadas em cinco categorias, seguindo a seguinte lógica: Nível 1 – Risco Muito Baixo, Nível 2 – Risco Baixo, Nível 3 – Risco Médio, Nível 4 – Risco Alto e Nível 5 – Risco Muito Alto. A configuração dos dados de cada variável foi analisada visando esta categorização. Em seguida, tanto as variáveis quanto os indicadores foram ponderados, de acordo com o seu respectivo nível de importância para o risco de desabastecimento hídrico do estado.

3 RESULTADOS

3.1 Risco de desabastecimento hídrico na Região Mato Grande potiguar

A região Mato Grande de abastecimento hídrico potiguar é composta por 24 municípios, sendo Macaíba o centro regional, com maior quantidade de habitantes urbanos (42.631) e densidade do setor de serviços de suporte ao abastecimento hídrico. Destaca-se também o município de João Câmara (22.657 hab.) e São Paulo Do Potengi (11.468 hab.), com mais de 10.000 habitantes em sua sede municipal. A população urbana total da região é de 143.942 habitantes.

a) Indicador Ambiental

Quanto ao indicador ambiental, uma parte da região do Mato Grande potiguar se localiza, ao norte e a leste, nos municípios próximos ao litoral (setentrional e oriental), sobre a Bacia Potiguar. Já a parte sudoeste e centro-sul está sobre a região do cristalino potiguar, com menor disponibilidade hídrica subterrânea e superficial.

O abastecimento hídrico urbano da região tem origem, principalmente, em dois mananciais que, juntos, abastecem 13 dos seus 24 municípios: o complexo de lagoas de Nísia Floresta onde está

MACEDO, Y. M. *et al.*

a captação da Adutora Monsenhor Expedito, responsável pelo abastecimento de 7 municípios; e o Rio Piranhas-Açu a partir da adutora Sertão Central Cabugi que abastece 6 municípios. Também se destaca o manancial Olheiro de Pureza/RN, pertencente à Bacia Hidrográfica do Ceará-Mirim que abastece 5 municípios na parte central da região, e a Lagoa do Boqueirão com sua bateria de poços tubulares que abastece 4 municípios na parte norte da região do Mato Grande.

Já o clima da região varia entre tropical úmido, semiúmido, semiárido brando, mediano e forte, os municípios mais próximos do litoral oriental do estado têm maior pluviosidade média que vai diminuindo quanto mais distante está localizado do litoral. A figura 2 mostra a configuração espacial do IRDH referente ao indicador ambiental na região Mato Grande do estado.

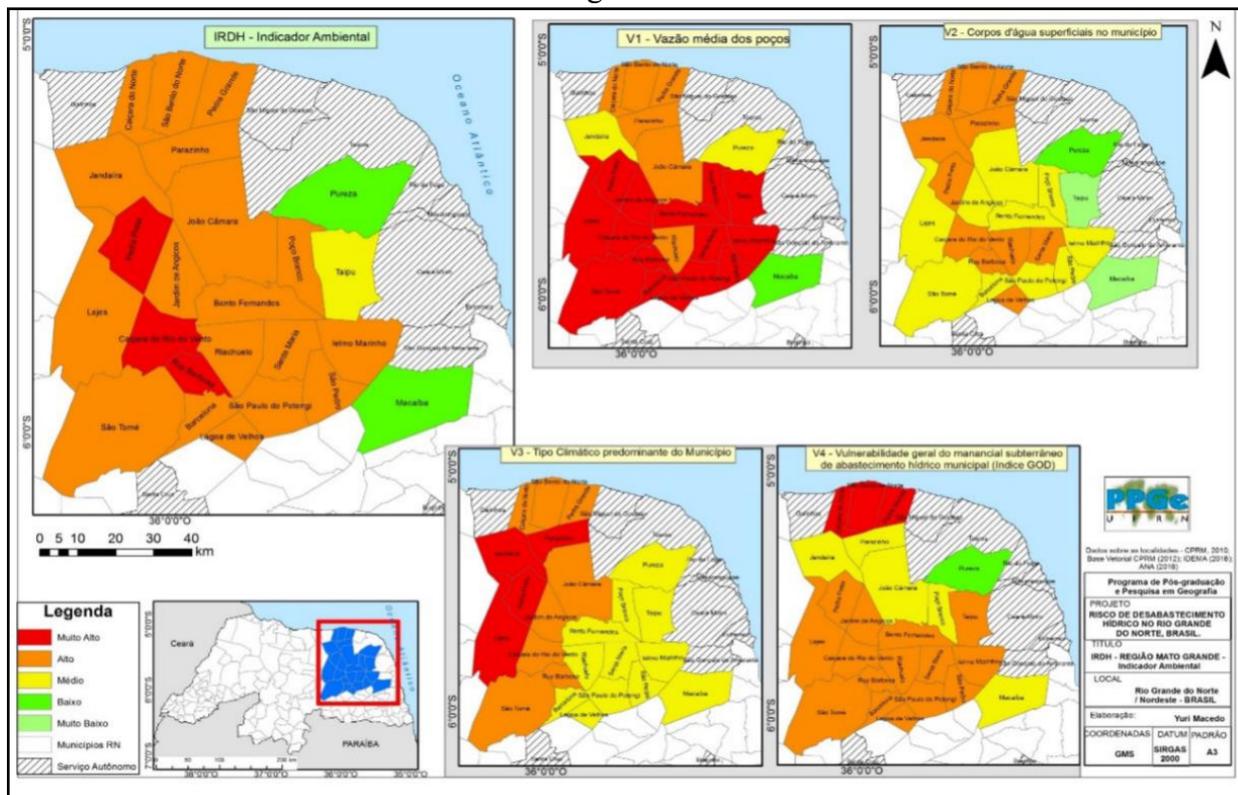


Figura 2: IRDH – Indicador Ambiental/Região Mato Grande do RN. Fonte: Elaboração própria (2019).

A configuração ambiental da região Mato Grande apresentou 3 municípios com nível de risco muito alto para este indicador, 18 apresentaram risco alto, 1 com nível médio e 2 municípios na classe “baixo”. Portanto, nenhum foi classificado como “muito baixo” risco a partir dos resultados para este indicador. Todos os municípios com risco alto e muito alto têm clima principalmente semiárido brando, mediano e forte. Especificamente os municípios classificados como “muito alto” risco para este indicador, apresentaram clima semiárido forte e aquífero fissural, localizados sobre o cristalino potiguar, o que diminui a produtividade de exploração da água subterrânea. Situação diferente ocorreu nos municípios que apresentaram nível baixo de risco (Macaíba e Pureza), os quais têm vazão média dos poços média a alta (V1), e corpos d’água perenes (V2) em seus territórios. A Tabela 1 mostra o quantitativo populacional a partir dos níveis de risco resultantes da análise do IRDH para o indicador ambiental nessa região.

MACEDO, Y. M. *et al.*

Nível de Risco	Municípios	População Urbana (Hab.)	População Urbana Total (Hab.)
Muito Alto	Caçara Do Rio Do Vento	2.526	5.252
	Ruy Barbosa	1.736	
	Pedra Preta	990	
Alto	João Câmara	22.657	92.562
	São Paulo Do Potengi	11.468	
	Lajes	7.917	
	Poço Branco	7.417	
	São Tomé	5.941	
	Caçara Do Norte	5.894	
	Riachuelo	4.342	
	Jandaira	3.954	
	São Pedro	3.494	
	Parazinho	3.137	
	Santa Maria	3.051	
	Caçara Do Rio Do Vento	2.526	
	Bento Fernandes	2.047	
	Lagoa De Velhos	1.793	
	Barcelona	1.756	
	Ielmo Marinho	1.546	
	Pedra Grande	1.161	
	São Bento Do Norte	1.038	
	Pedra Preta	990	
	Jardim De Angicos	433	
Médio	Taipu	4.017	4.017
Baixo	Macaíba	42.631	45.627
	Pureza	2.996	
Muito Baixo	----	----	-----

Tabela 1: Quantitativo Populacional Municipal do indicador ambiental por nível de risco - Região Mato Grande de abastecimento hídrico, Rio Grande do Norte. **Fonte:** Elaboração própria (2019)

O resultado do indicador ambiental para a região Mato Grande se deu, principalmente, por causa dos fatores: vazão média dos poços baixa (V1) e poucos corpos d'água superficiais nestes municípios (V2), os quais têm peso maior na classificação (1,25). Assim como pela localização da maioria dos municípios na região do clima semiárido brando e mediano (V3). A variável referente à vulnerabilidade geral do aquífero (V4) apresenta parte dos municípios com nível de risco alto e muito alto para esta variável, notadamente pelo tipo de aquífero fissural (rochas cristalinas) e/ou pelo nível freático médio dos poços (próximo à superfície).

A partir da análise dos resultados, foi possível concluir que, a maioria dos municípios com risco alto e muito alto têm vazão baixa dos poços (V1 – peso 1,25), o que os colocam no nível mais elevado de risco para esta variável. Aliado a isso, os municípios a oeste da região não dispõem de muitos corpos d'água superficiais (V2 – peso 1,25) e o tipo climático da maior parte da região Mato Grande é semiárido brando, mediano e forte (V3 – peso 0,75). Além disso, a vulnerabilidade a contaminação do manancial subterrâneo (V4 – peso 0,75) é alta ou muito alta na maioria dos municípios, em função da distância dos municípios do litoral, adentrando à litologia do tipo cristalino, ou serem litorâneos (litoral setentrional) com aquífero principal granular das dunas sendo livre, com nível fre-

MACEDO, Y. M. *et al.*

ático raso, o que aumenta o risco de contaminação. Tais características, quando agrupadas e ponderadas, contribuíram para este resultado geral do indicador ambiental.

Os municípios com menor vulnerabilidade residem sobre a bacia potiguar leste, com vazão alta dos poços (V1), quantidade significativa de corpos d’água nestes municípios (V2) e clima do tipo semiárido brando (V3), aliados à alta profundidade freática dos poços e tipo de aquífero, caracterizando baixa vulnerabilidade do manancial subterrâneo (V4) e colocando-os, de maneira geral, na categoria de “baixo” risco para o indicador ambiental (Macaíba e Pureza).

b) Indicador infraestrutural

O indicador infraestrutural é o mais importante do IRDH (peso 1,75), dada a complexidade do sistema de abastecimento hídrico do Rio Grande do Norte, com adutoras e grandes mananciais artificiais que diminuem o risco de desabastecimento hídrico dos municípios atendidos por estes equipamentos. A figura 3 mostra a configuração deste indicador na região Mato Grande do estado, a partir do qual pode-se perceber a influência da adutora Monsenhor Expedito com captação na Lagoa do Bonfim em Nísia Floresta, Lagoa do Boqueirão de Touros e Rio Piranhas-Açu, que compõem as principais fontes de abastecimento da região, diminuindo a vulnerabilidade dos municípios abastecidos por este tipo de captação (V5), que tem maior peso na classificação deste indicador (peso 1,5).

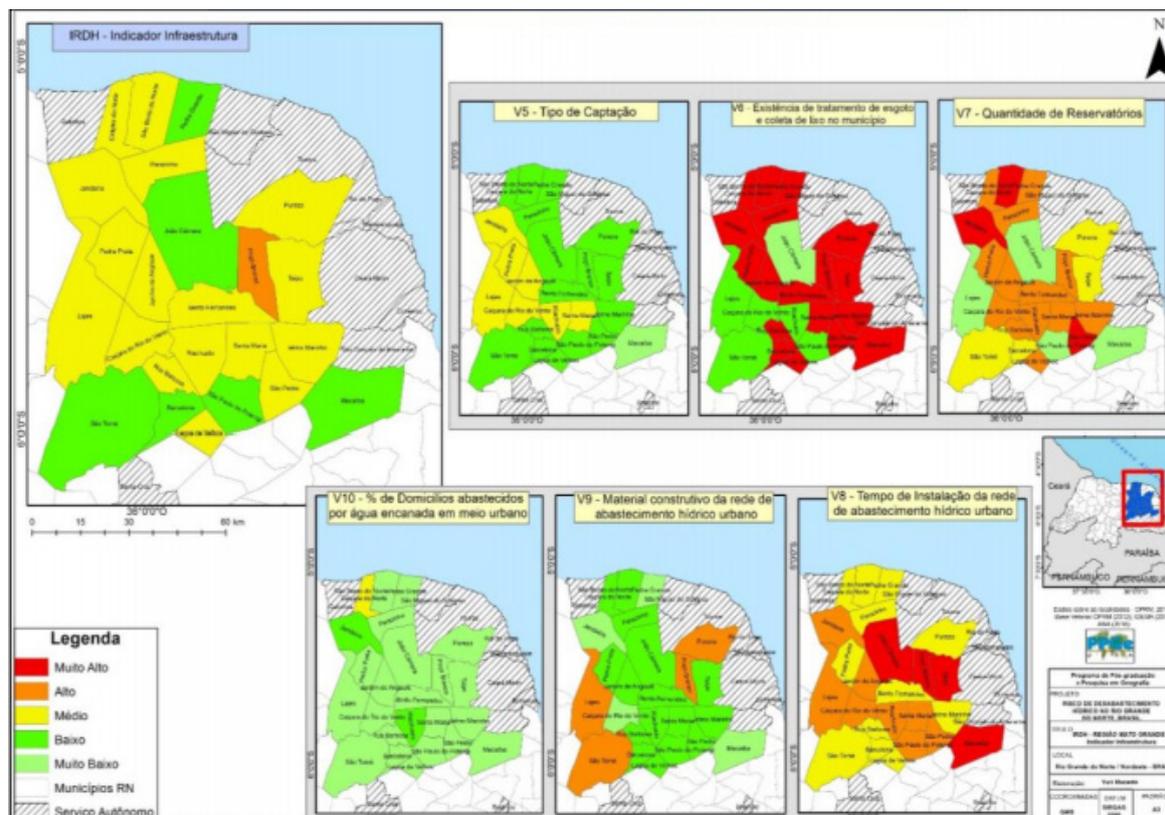


Figura 3: IRDH – Indicador Infraestrutura/Região Mato Grande do RN.

Fonte: elaboração própria (2019).

No concernente ao indicador infraestrutura do IRDH na região Mato Grande do RN, nenhum município tem “muito baixo” ou “muito alto” risco para este indicador, 6 têm “baixo risco”, 17 muni-

MACEDO, Y. M. *et al.*

cípios têm “médio” risco para infraestrutura e apenas 1 classificado como “alto” risco. A configuração da infraestrutura de abastecimento hídrico do estado, contida no IRDH, ocorre a partir das seguintes variáveis: Tipo de Captação (V5); Quantidade de Reservatórios (V7); Tempo de Instalação da rede de abastecimento hídrico urbano (V8); e Material construtivo da rede de abastecimento hídrico urbano (V9). A tabela 2 mostra o quantitativo dos municípios e sua população a partir da análise do risco de desabastecimento hídrico da região Mato Grande.

Nível de Risco	Municípios	População Urbana (Hab.)	População Urbana Total (Hab.)
Muito Alto	---	---	---
Alto	Poço Branco	7.417	7.417
Médio	Caiçara Do Rio Do Vento	2.526	50.911
	Ruy Barbosa	1.736	
	Pedra Preta	990	
	Lajes	7.917	
	Caiçara Do Norte	5.894	
	Riachuelo	4.342	
	Jandaira	3.954	
	São Pedro	3.494	
	Parazinho	3.137	
	Santa Maria	3.051	
	Bento Fernandes	2.047	
	Lagoa De Velhos	1.793	
	Ielmo Marinho	1.546	
	São Bento Do Norte	1.038	
	Jardim De Angicos	433	
	Taipu	4.017	
Pureza	2.996		
Baixo	Macaíba	42.631	85.614
	João Câmara	22.657	
	São Paulo Do Potengi	11.468	
	São Tomé	5.941	
	Barcelona	1.756	
	Pedra Grande	1.161	
Muito Baixo	-----	-----	-----

Tabela 2: Quantitativo Populacional Municipal do indicador infraestrutura por nível de risco - Região Mato Grande de abastecimento hídrico, Rio Grande do Norte. **Fonte:** elaboração própria (2019).

A partir da análise dos resultados, foi possível concluir que o município com alto risco para o indicador infraestrutura (Poço Branco), apresentou nível médio e baixo de risco para o tipo de captação hídrica (V5), sendo esta variável a de maior peso (1,5) para o indicador, o que diminuiu o risco deste município, classificando-o como “alto” em vez de “muito alto” risco. Assim, a maior parte dos municípios com “alto” e “médio” risco para o indicador não dispõem de tratamento de esgoto no município (V6 – peso 0,75) e, em 12 municípios a rede de abastecimento hídrico urbano tem mais de

MACEDO, Y. M. *et al.*

20 anos (V8 – peso 1) e o material construtivo da rede de distribuição (V9 – peso 1) é de tubo PVC e ferro fundido (16 municípios), colocando-os como nível 2 de risco, portanto na categoria “baixo risco”. Tais características, quando agrupadas e ponderadas, contribuíram para este resultado geral do indicador infraestrutura.

A maioria dos municípios com vulnerabilidade “baixa” têm características semelhantes para a variável tipo de captação hídrica (V5), principalmente, sendo abastecidos por poços na bacia potiguar (Macaíba), com alta vazão e constância no abastecimento, ou pelas adutoras Monsenhor Expedito, Boqueirão de Touros e Olheiro de Pureza, que captam água em grandes mananciais de municípios litorâneos com clima tropical úmido que resistem a anos de pluviosidade abaixo da média climatológica normal, portanto características que atribuem nível baixo para esta variável, a qual tem maior peso no indicador, justificando o resultado médio e baixo da maior parte destes municípios.

Assim, é preciso pontuar que apenas 6 municípios dispõem dos serviços mencionados na variável V6 - existência de tratamento de esgoto e coleta de lixo – com os demais (18) utilizando formas inadequadas de destinação de lixo e/ou ausência de tratamento de esgoto.

A variável V8 - tempo de instalação da rede de abastecimento hídrico urbano (vida útil) - tem classificação de risco “alto” e “muito alto” para metade dos municípios da região Mato Grande, com mais de 20 anos de instalação (12 municípios). 8 municípios têm classificação de “alto risco” para esta variável específica, com rede instalada de 20 a 30 anos; 4 municípios com “muito alto” risco, com rede instalada a mais de 30 anos; e 12 com “médio risco” (rede instalada de 15 a 20 anos).

c) Indicador Planejamento Estatal

Para o indicador “Planejamento Estatal”, as variáveis que compõem o índice de risco são: V11 – Ocorrências registradas de Colapso de abastecimento urbano do município nos últimos 7 anos de seca; V12 - Medidas estruturais para reduzir risco de desabastecimento; V13 - Gestão de risco de desabastecimento no município (Defesa Civil; secretaria responsável, etc); e V14 - Existência de plano municipal referente ao abastecimento hídrico (plano de saneamento, etc). A figura 4 mostra a configuração espacial do indicador planejamento estatal na região de abastecimento hídrico Mato Grande do RN, de maneira geral e com a individualização das variáveis.

MACEDO, Y. M. *et al.*

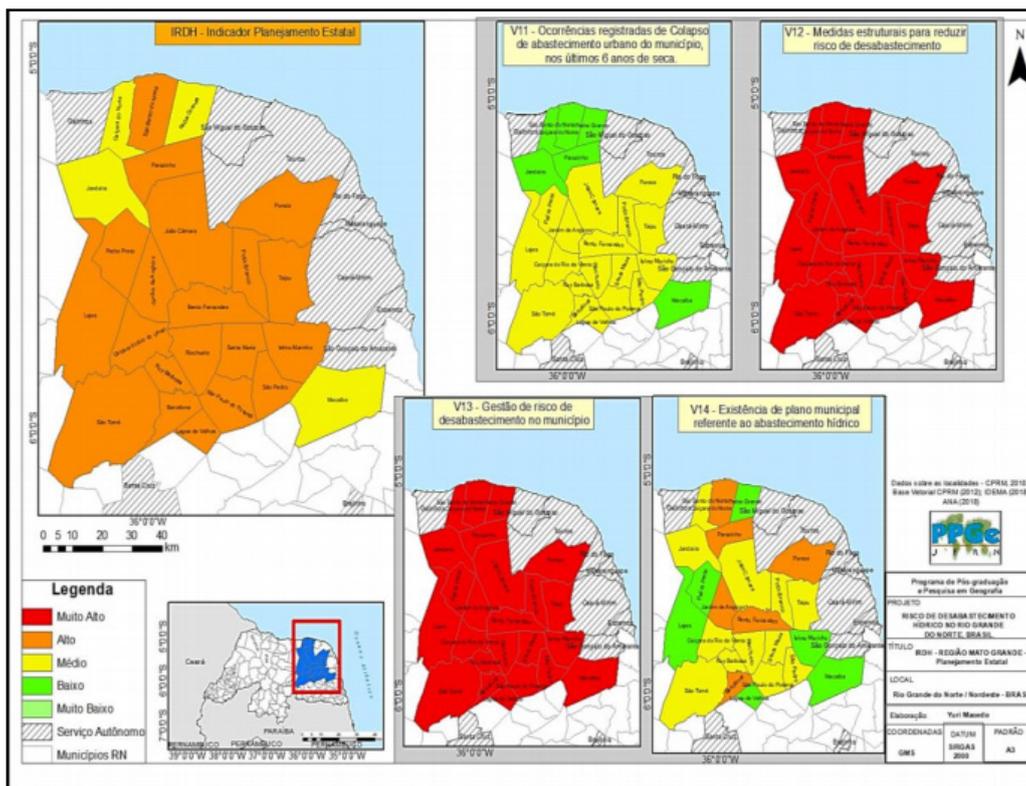


Figura 4: IRDH – Indicador Planejamento Estatal/Região Mato Grande do RN.

Fonte: Elaboração própria (2019).

A partir da figura 4, é possível perceber que a maioria dos municípios têm “alto” risco para o indicador planejamento estatal, compondo 20 de um total de 24, com nenhum sendo classificado como “baixo”, “muito baixo” ou “muito alto” risco para o indicador. Já com “médio” risco foram classificados 4 municípios (Caiçara do Norte, Jandaíra, Macaíba, Pedra Grande), conforme mostra a tabela 3, correspondente ao quantitativo dos municípios em função do nível de risco e sua população.

MACEDO, Y. M. *et al.*

Nível de Risco	Municípios	População Urbana (Hab.)	População Urbana Total (Hab.)
Muito Alto	---	---	---
Alto	João Câmara	22.637	90.302
	São Paulo Do Potengi	11.468	
	Lajes	7.917	
	Poço Branco	7.417	
	São Tomé	5.941	
	Pureza	2.996	
	Bento Fernandes	2.047	
	Barcelona	1.756	
	São Bento Do Norte	1.038	
	Jardim De Angicos	433	
	Parazinho	3.137	
	Riachuelo	4.342	
	Taipu	4.017	
	São Pedro	3.494	
	Santa Maria	3.051	
	Caiçara Do Rio Do Vento	2.526	
	Lagoa De Velhos	1.793	
	Ruy Barbosa	1.736	
Ielmo Marinho	1.546		
Pedra Preta	990		
Médio	Macaíba	42.631	53.640
	Caiçara Do Norte	5.894	
	Jandaira	3.954	
	Pedra Grande	1.161	
Baixo	----	----	----
Muito Baixo	---	---	----

Tabela 3: Quantitativo Populacional Municipal do indicador planejamento estatal por nível de risco - Região Mato Grande de abastecimento hídrico, Rio Grande do Norte. **Fonte:** Elaboração própria (2019).

Analisando a tabela 3, conclui-se que a variável V11 - Ocorrências de colapso de abastecimento hídrico - de peso maior (1,5), apresentou 18 municípios com ocorrências de colapso no último período de seca (2012-2017), especificamente, na modalidade de colapso parcial (rodízio) de abastecimento, colocando-os no nível N3 para esta variável, potencializando a vulnerabilidade geral do indicador. O peso maior da variável 11 indica o resultado da maioria dos municípios apresentaram “alto” risco (20 municípios).

Além disso, as variáveis V12 - Medidas estruturais para reduzir risco de desabastecimento e V13 - Gestão de risco de desabastecimento no município (Defesa Civil, secretaria responsável, etc), ambas com peso 0,75, resultaram risco “muito alto” para todos os municípios, o que denota a falta de obras para estruturar ou melhorar o abastecimento hídrico nas cidades, além de ausência ou precariedade de órgãos da administração municipal responsáveis pela gestão do risco de desabastecimento hídrico, como defesa civil estruturada, por exemplo. Este resultado aumentou o nível de risco geral do indicador, caracterizando a classe “médio” risco para a maioria dos municípios e “alto” risco para seis.

MACEDO, Y. M. *et al.*

A variável 14 - Existência de plano municipal referente ao abastecimento hídrico (plano de saneamento etc.), peso 1 – tem a maior parte dos municípios com classificação “média” (12 municípios), 6 classificados como “alto” risco e 6 com “baixo” risco para esta variável. Esse valor médio se dá por estes municípios estarem planejando seu plano de saneamento, com as medidas de abastecimento hídrico a serem implementadas a curto, médio e longo prazo.

c) Indicador Socioeconômico

Para esse indicador, são cinco as variáveis para composição do IRDH: V15 - Nível de cobertura de programa de transferência de renda (Bolsa Família, 2012); V16 – IDHM - Renda; V17 - IDHM – Educação; V18 - Quantidade de habitantes urbanos do município; e V19 - Índice Gini. A figura 5 mostra a configuração espacial deste indicador, tanto de maneira geral, quanto suas variáveis individualizadas.

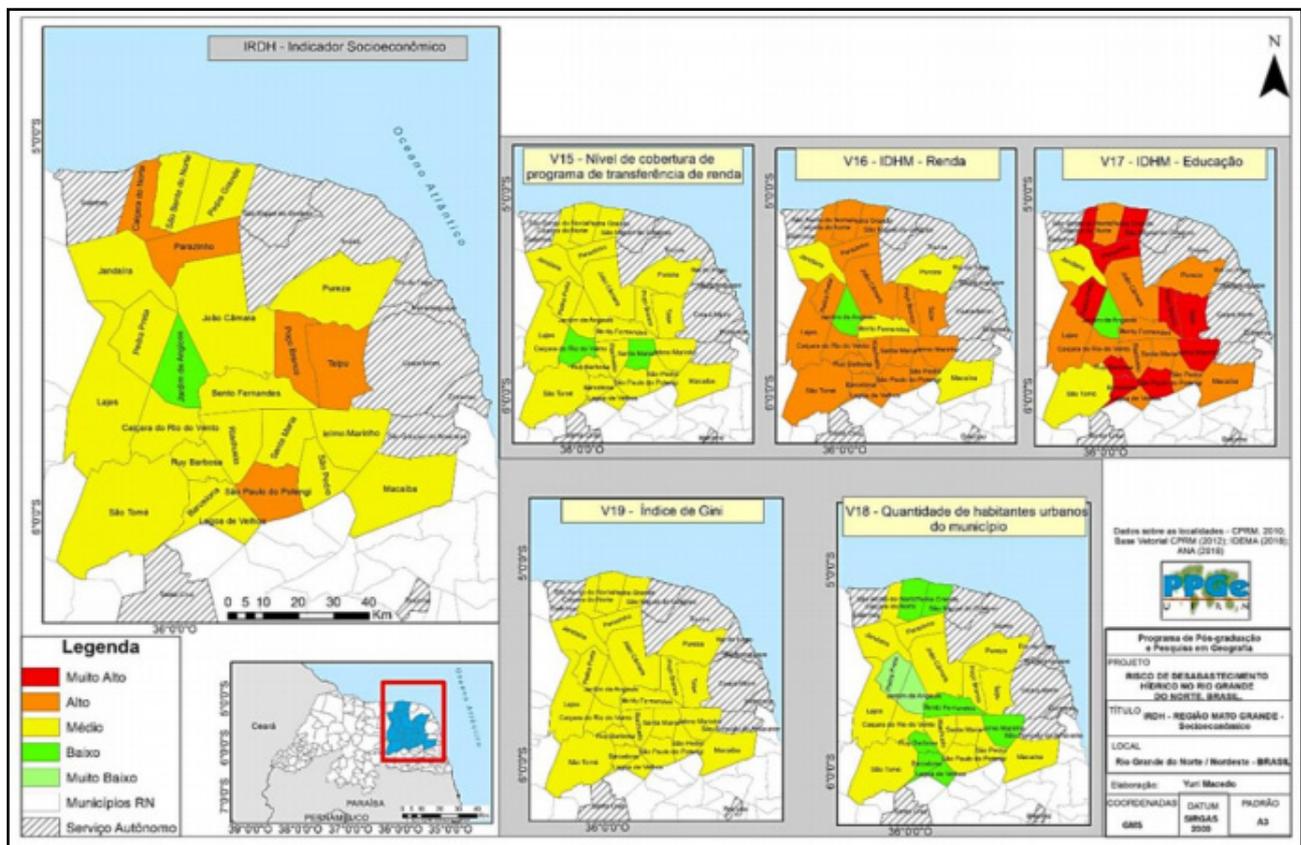


Figura 5: IRDH – Indicador socioeconômico/Região Mato Grande do RN.

Fonte: Elaboração própria (2019)

A partir da figura 5, pode-se concluir que a maioria dos municípios da região Mato Grande potiguar têm nível “médio” de risco para o indicador socioeconômico (18 municípios), 5 apresentaram risco “alto” para este indicador e 1 têm nível “baixo”. Nenhum apresentou nível “muito alto” e “muito baixo”, conforme apresentado na tabela 5, também com o quantitativo populacional por nível de risco.

MACEDO, Y. M. *et al.*

Nível de Risco	Municípios	População Urbana (Hab.)	População Urbana Total (Hab.)
Muito Alto	---	---	---
Alto	Parazinho	3.137	31.933
	São Paulo Do Potengi	11.468	
	Poço Branco	7.417	
	Caiçara Do Norte	5.894	
	Taipu	4.017	
Médio	Pedra Preta	990	111.576
	Macaíba	42.631	
	João Câmara	22.657	
	Pureza	2.996	
	Lajes	7.917	
	Bento Fernandes	2.047	
	São Tomé	5.941	
	Barcelona	1.756	
	Riachuelo	4.342	
	São Bento Do Norte	1.038	
	Jandaíra	3.954	
	São Pedro	3.494	
	Santa Maria	3.051	
	Caiçara Do Rio Do Vento	2.526	
	Lagoa De Velhos	1.793	
	Ruy Barbosa	1.736	
Ielmo Marinho	1.546		
Pedra Grande	1.161		
Baixo	Jardim De Angicos	433	433
Muito Baixo	---	---	---

Tabela 5 – Quantitativo Populacional Municipal do indicador socioeconômico por nível de risco - Região Mato Grande de abastecimento hídrico, Rio Grande do Norte. **Fonte:** elaboração própria (2019).

O resultado apresentado pela tabela 5 é direcionado principalmente pelas variáveis V16 – IDHM Renda, com peso 1,0 e V18 - Quantidade de habitantes – que tem maior peso no indicador (1,50). A região Mato Grande do estado tem população “média” na maioria dos municípios (V18), porém o IDHM – Renda (V16) tem “alto” risco na maior parte dos municípios, o que preocupa mais em caso de desabastecimento hídrico ou de qualquer outro desastre, inclusive, pois afeta diretamente a capacidade de lidar, reagir e resistir e a esses eventos.

Ainda sobre os resultados obtidos para a região, apresentaram desigualdade social “média” em todos os municípios, confirmado a partir da espacialização do índice de Gini (V19, peso 0,75). Já o IDHM - Renda dos municípios (V16, peso 1) e educação (V17, peso 1) apresentaram “muito alto” e “alto” risco na maioria dos casos, a partir da classificação exposta na figura 5. Por último, tem-se a variável V15 – sobre o nível de cobertura do programa bolsa família (peso 0,75), em que na região tem a maior parte dos municípios com “médio” risco, quando 25 a 50% da população são assistidos pelo programa (22 municípios), quanto maior o nível de cobertura, menor será o risco para esta variável no indicador socioeconômico.

MACEDO, Y. M. *et al.*

e) Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico (IRDH) para Região Mato Grande.

Após a descrição do resultado de cada indicador - e suas variáveis - que compõem o IRDH, sendo observado os mapas-resultados da análise, tem-se o resultado do índice geral para a região Mato Grande, também espacializado na figura 6. Sendo assim, este mapa mostra a configuração do resultado do IRDH para essa região de abastecimento hídrico do Rio Grande do Norte. Nele, pode-se perceber a sobreposição dos indicadores a partir da fórmula geral inerente ao IRDH, sendo o indicador infraestrutura o de maior peso (1,75), seguido pelo indicador ambiental (1,0), conforme citado anteriormente. Os indicadores de planejamento estatal (0,75) e socioeconômico (0,5) são os que têm menor peso no cálculo do índice.

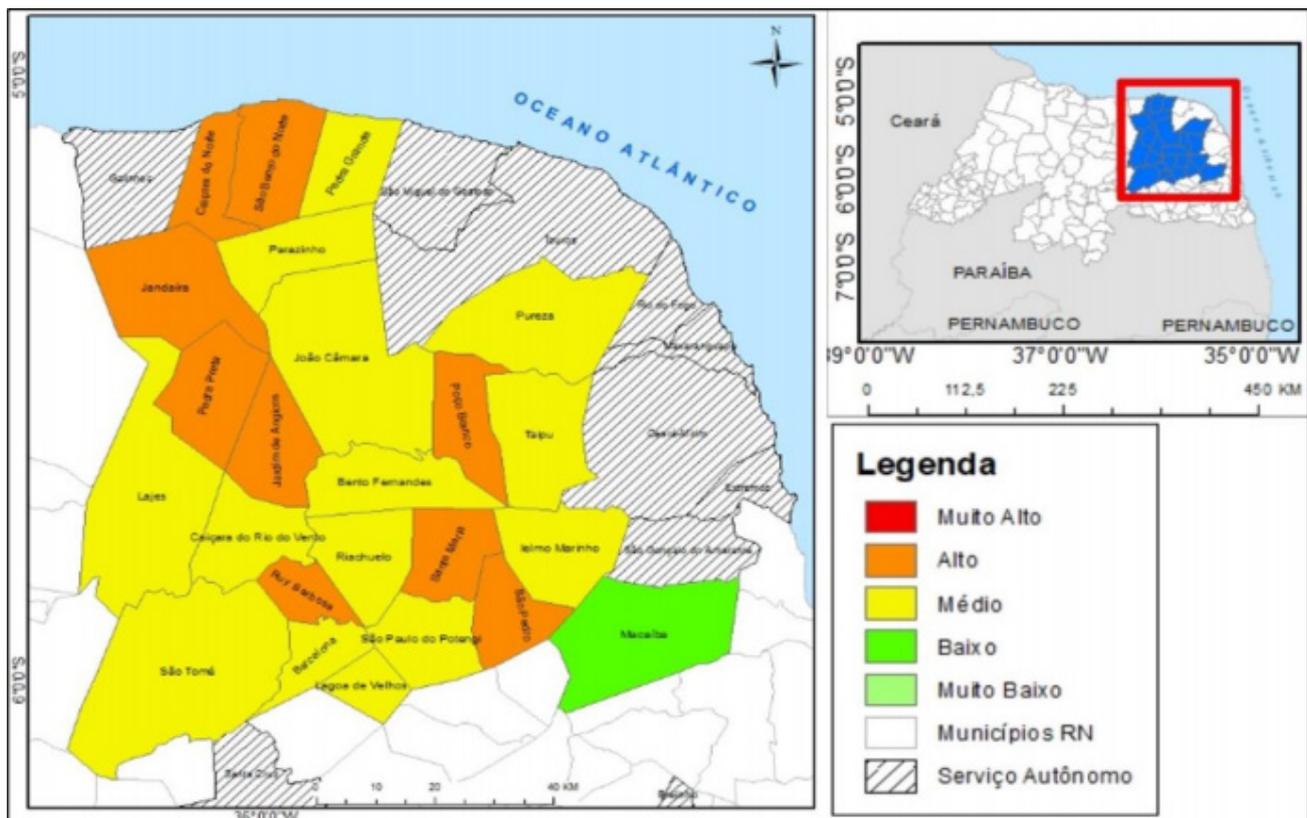


Figura 6: IRDH – Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico/Região Mato Grande do RN.

Fonte: elaboração própria (2019).

A partir da figura 6, conclui-se que a região não apresentou nenhum município com “muito baixo” risco de desabastecimento e apresentou 1 classificado como de “baixo” risco (Macaíba). Este município tem boa infraestrutura hídrica, de maneira geral, sendo abastecido por poços tubulares, que são de boa vazão e qualidade, captados no Arenito da formação Barreiras, além de estar sobre um dos melhores aquíferos do estado quanto a resistência de utilização em períodos de seca e por possuírem boas condições de potabilidade e potencial de exploração. O resultado do IRDH para a região Mato Grande, classificou 14 municípios com “médio” risco, os quais não dispõem da mesma infraestrutura hídrica e condições naturais (ambientais) em relação ao município de Macaíba, analisados anteriormente.

Nove (9) municípios da região foram classificados como “alto” risco (Jandaíra, São Bento do Norte, Caçara do Norte, Pedra Preta, Jardim de Angicos, Poço Branco e Santa Maria, Ruy Barbosa e São Pedro) e nenhum como “muito alto” risco. Isso se dá, principalmente, pela infraestrutura hídrica

MACEDO, Y. M. *et al.*

deficiente, também devido às suas características ambientais como clima semiárido e localização sobre terreno do cristalino potiguar ou aquífero dunar com pouco potencial de exploração hidrogeológica por exemplo, corroborando com o resultado do IRDH a partir dos pesos destes indicadores. A tabela 6 apresenta os resultados do IRDH na região Mato Grande do RN, assim como a população atingida por cada categoria de risco.

Nível De Risco	Municípios	População Urbana (Hab.)	População Urbana Total (Hab.)
Muito Alto	---	---	---
Alto	Caiçara Do Norte	5.894	28.007
	Poço Branco	7.417	
	Pedra Preta	990	
	São Bento Do Norte	1.038	
	Jandaíra	3.954	
	Santa Maria	3.051	
	Jardim De Angicos	433	
	Ruy Barbosa	1.736	
	São Pedro	3.494	
Médio	Parazinho	3.137	73.304
	São Paulo Do Potengi	11.468	
	Taipu	4.017	
	João Câmara	22.657	
	Pureza	2.996	
	Lajes	7.917	
	Bento Fernandes	2.047	
	São Tomé	5.941	
	Barcelona	1.756	
	Riachuelo	4.342	
	Caiçara Do Rio Do Vento	2.526	
	Lagoa De Velhos	1.793	
	Ielmo Marinho	1.546	
	Pedra Grande	1.161	
Baixo	Macaíba	42.631	42.631
Muito Baixo	-----	-----	-----

Tabela 6: Quantitativo Populacional Municipal do IRDH por nível de risco - Região Mato Grande de abastecimento hídrico, Rio Grande do Norte. Fonte: Elaboração própria (2019).

A partir da análise do resultado exposto na tabela 6, pode-se concluir que, no concernente às características ambientais, os municípios com “alto” risco, são localizados sobre clima semiárido, no cristalino potiguar, na bacia potiguar no calcário Jandaíra ou sobre dunas do litoral setentrional. Estas formações geológicas têm possibilidades reduzidas de captação hídrica subterrânea, seja pela disponibilidade ou qualidade da água subterrânea. Já os municípios com “médio” risco de desabastecimento da região, predominantemente, dependem das adutoras captando água a quilômetros de distância na lagoa do Bonfim, Lagoa do Boqueirão de Touros ou bacia do Rio Piranhas-Açu. Além disso, o tipo de aquífero fissural (cristalino potiguar), ou dunar com nível freático raso dessas cidades, aumenta bastante a vulnerabilidade de contaminação do manancial subterrâneo. Essas características, quando associadas,

MACEDO, Y. M. *et al.*

aumentam o nível de risco geral a partir do indicador ambiental.

Assim, o indicador de planejamento estatal, da maior parte dos municípios da região, aparece com índice médio (14 municípios), com 18 municípios registrando ocorrências de colapso hídrico parcial (rodízio) na última grande seca entre 2012-2017, o que contribui para potencializar o IRDH, além disso, todos não têm estrutura de órgãos municipais para gestão do risco no município como defesa civil e não apresentaram obras ou medidas estruturais a serem realizadas ou em andamento, para redução do risco de desabastecimento hídrico. Este balanço, entre variáveis e seus pesos, que definiram o risco de desabastecimento para este indicador, caracterizando o resultado encontrado.

Quanto ao indicador infraestrutura, apenas um município foi classificado como “alto” risco de desabastecimento na região, o qual, além de ter uma rede de distribuição urbana geral antiga, foi construída ou tem em partes da rede material construtivo mais vulnerável à danos (ferro fundido, por exemplo). Outra variável que aumentou o risco para o indicador infraestrutura dos 17 municípios com nível “médio” de risco foi a quantidade e capacidade dos reservatórios, já que armazenar água em tempos de escassez é fundamental para resistência ao desabastecimento hídrico. Em São Pedro e Jandaíra, por exemplo, não há reservatórios, a distribuição é feita de modo direto na rede de abastecimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A integração de sistemas de abastecimento hídrico pode ser uma solução para diminuição dos problemas encontrados na região Mato Grande de abastecimento do estado. Por exemplo, a adutora do Boqueirão de Touros pode ser expandida para Jandaíra e integrada com o sistema da adutora Sertão Central Cabugi ou adutora do Olheiro de Pureza, aumentando sua capacidade de abastecimento, diminuindo a vulnerabilidade destas duas captações a períodos de seca prolongada. Além destas ações, pode-se diminuir a vulnerabilidade dos municípios com investimentos na gestão de risco municipal, com estrutura de defesa civil ou secretaria de recursos hídricos, associado ao plano municipal de saneamento que é fundamental.

Também é possível perceber a ausência de esgotamento sanitário adequado, nos 7 municípios dos quais apresentaram “alto” risco geral para o IRDH na região do Mato Grande. Esta variável é muito importante para diminuir a vulnerabilidade à contaminação dos mananciais municipais, como rios, açudes ou manancial subterrâneo, com isso haveria a possibilidade de alternativas para captação hídrica nestes municípios o que, então, diminuiria consideravelmente sua vulnerabilidade dentro da lógica do IRDH. Além disso, com esgotamento sanitário, poderiam ser realizadas ações de reuso de água, para destino menos nobres, como irrigação de plantas, limpeza urbana e doméstica entre outros, diminuindo a pressão sobre o sistema de abastecimento hídrico.

Outra medida mitigadora – e preventiva – seria práticas mais incisivas na gestão dos recursos hídricos. Limites mais rígidos, em períodos de seca, são necessários para captação dos mananciais, em que a prioridade é o uso urbano, com ênfase no uso doméstico. No último período de seca, entre 2012 e 2017, demorou muito para a agência estadual proibir uso para irrigação em alguns mananciais do estado, inclusive limitar a vazão de exploração dos poços. O manancial subterrâneo do estado, em algumas regiões, passou por rebaixamento do nível freático, a partir do impacto derivado

MACEDO, Y. M. *et al.*

do consumo elevado das empresas agrícolas para irrigação (rebaixamento freático regional), o que dificultou o uso urbano e de pequenos produtores, com gastos de manutenção dos poços (rebaixamento do crivo da bomba) e construção de novos poços onde não havia rebaixamento disponível.

Neste contexto, a pesquisa e proposição de um sistema de indicadores de risco de desabastecimento hídrico do estado se mostra produtiva na análise da vulnerabilidade dos municípios ao desabastecimento hídrico, sendo um importante parâmetro para o planejamento do estado, política de recursos hídricos e mitigação dos problemas de abastecimento hídrico a partir da redução do risco. Neste sentido, diminuir a vulnerabilidade municipal ao desabastecimento hídrico é fundamental para reduzir custos com a efetivação do colapso hídrico, gastos elevados para a sociedade e governo, como ocorreu no último período de estiagem prolongado, entre 2012 e 2017.

MACEDO, Y. M. *et al.*

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. Q. de. **Vulnerabilidades Socioambientais de Rios Urbanos: Bacia Hidrográfica do Rio Maranguapinho, Região Metropolitana de Fortaleza, Ceará.** Tese (Doutorado) - Departamento de Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2010.

ALMEIDA, L. Q. de; WELLE, Torsten; BIRKMANN, Jörn. Disaster risk indicators in Brazil: A proposal based on the world risk index. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, [s.l.], v. 17, p. 251-272, 2016.

BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais.** 1ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1994.

BLAIKIE, Piers et al. **At Risk: Natural Hazards, people's vulnerability, and disasters.** 1 ed. Londres: Routledge, 1994.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Manual de Planejamento em Defesa Civil.** Brasília, DF, 1999.

GUERRA, A. J. T. et al. **Criação de um sistema de previsão e alerta de riscos a deslizamentos e enchentes, visando minimizar os impactos socioambientais no bairro Quitandinha, Bacia do Rio Piabanha (Afluente Do Paraíba Do Sul), Município de Petrópolis-RJ.** In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL, 2, 2009. Anais...São Paulo: IPABHi.

MACEDO, Y. M. **Vulnerabilidade socioambiental no Bairro Mãe Luiza, Natal-RN/ Brasil.** Dissertação (Mestrado em Geografia) -UFRN, Natal, 2015. 175 f.

MEDEIROS, M. D. **Vulnerabilidade Social E Exposição A Riscos Naturais No Município De Natal, RN.** Dissertação (Mestrado em Geografia) –UFRN, Natal, 2014.

SEADE. **Índice Paulista De Vulnerabilidade Social.** Espaços e dimensões da pobreza nos municípios do estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.seade.gov.br/produtos/ipus/pdf/oipvs/pdf>. Acesso em 12/09/2011.

VEYRET, Y. **Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente.** 1 ed. São Paulo: Contexto, 2007.

WELLE, T. BIRKMANN, J. **The World Risk Index – An Approach to Assess Risk and Vulnerability on a Global Scale,** Institute of Spatial and Regional Planning University of Stuttgart, Alemanha, 25 de setembro de 2015.