Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>

Risco de Desabastecimento Hídrico na Região Seridó, Rio Grande do Norte, Brasil

Yuri Marques Macedo¹, Adriano Lima Troleis², Lutiane Queiroz de Almeida³

¹ Dr. em Geografia, Professor EBT, Campus Macau, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Rua das Margaridas, 300, Conjunto COHAB, CEP: 59.500-000, Macau, Rio Grande do Norte. (84) 4005-4106. yurimmacedo@hotmail.com (autor correspondente).

² Professor Dr. associado I, Departamento de Geografia, campus Natal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Av. Sen. Salgado Filho, s/n, Lagoa Nova, CEP 59.078-970, Natal, Rio Grande do Norte. (84) 3215-3571. adrianotroleis@gmail.com. ³ Professor Dr. associado I, Departamento de Geografia, campus Natal, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Av. Sen. Salgado Filho, s/n, Lagoa Nova, CEP 59.078-970, Natal, Rio Grande do Norte. (84) 3215-3571. lutianealmeida@hotmail.com.

Artigo recebido em 14/06/2021 e aceito em 05/10/2021

RESUMO

Este trabalho tem como propósito analisar o risco de desabastecimento hídrico urbano municipal em uma região do estado do Rio Grande do Norte (RN), a partir dos resultados do Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico (IRDH). A pesquisa foi direcionada pela hipótese de que a relação entre fatores ambientais, infraestruturais, socioeconômicos e de planejamento estatal, produz territórios de risco de desabastecimento hídrico. Os pressupostos teórico-metodológicos estão baseados em Welle e Birkmann (2015); Almeida, Welle e Birkmann (2016); Medeiros (2018); Oliveira (2018); Macedo e Troleis (2020). Neste contexto, o IRDH foi estruturado em uma perspectiva sistêmica, onde os territórios de risco de desabastecimento hídrico foram identificados a partir de indicadores ambientais, infraestruturais, socioeconômicos e de planejamento estatal, utilizando como instrumentos de análise 19 variáveis. Como resultado o artigo apresenta a região de abastecimento hídrico Seridó, com 23 municípios, dos quais 20 foram classificados como 'alto risco' de desabastecimento hídrico (87%); 3 com 'médio risco' (13%) e nenhum com 'baixo', 'muito baixo' e 'muito alto' risco conforme a classificação do IRDH. A região apresentou-se extremamente vulnerável ao desabastecimento hídrico, principalmente pelas características ambientais e infraestruturais destacados por períodos de estiagem prolongada, baixa disponibilidade de abastecimento dos mananciais superficiais e subterrâneos, além de fragilidade na infraestrutura de saneamento básico, a partir da exposição dos mananciais à contaminação. Foram propostas a transposição de bacias, integração de sistemas de abastecimento, pesquisa hidrogeológica entre outras, para mitigação do risco de desabastecimento hídrico resultante para esta região.

Palavras-chave: Vulnerabilidade; Índice; Seridó, Colapso Hídrico.

Risk of Water Shortage in The Seridó Region of Rio Grande Do Norte, Brazil

ABSTRACT

This paper aims to analyze the risk of municipal urban water shortages in a region of the state of Rio Grande do Norte (RN), based on the results of the Water Supply Risk Index (IRDH). The research was guided by the hypothesis that the relationship between environmental, infrastructural, socioeconomic and state planning factors produces territories at risk of water shortages. The theoretical-methodological assumptions are based on Welle e Birkmann (2015); Almeida, Welle and Birkmann (2016); Medeiros (2018); Oliveira (2018); Macedo and Troleis (2020). In this context, the IRDH was structured from a systemic perspective, in which the territories at risk of water shortages were identified through environmental, infrastructural, socioeconomic and state planning indicators - as instruments of analysis, nineteen variables were used. As a result, the article presents the Seridó water supply region, with 23 municipalities, of which 20 were classified as 'high risk' of water shortages (87%); 3 as 'medium risk' (13%) and none as 'low', 'very low' and 'very high' risk as per the IRDH rating. The region is extremely vulnerable to water shortages, the main reasons are the environmental and infrastructural characteristics highlighted by periods of prolonged drought, low availability of supply of surface and underground water sources, in addition to shortcoming in basic sanitation infrastructure, which caused by the exposure of water sources to contamination. Watershed transposition, integration of supply systems, hydrogeological research, among others, were proposed to mitigate the risk of resulting water shortages for this region.

Keywords: Vulnerability; Index; Seridó, Water Collapse.

Introdução

O desabastecimento hídrico no estado do Rio Grande do Norte (RN), considerado como um desastre, está relacionado principalmente as suas características ambientais e a fragilidade na infraestrutura de determinadas regiões. Segundo Castro (2007), assim como outros tipos de desastres, o desabastecimento pode ser caracterizado a partir da avaliação das perdas humanas e materiais num lugar por um evento danoso à população, com causas naturais, agravadas ou produzidas pelo homem em sociedade.

A escassez hídrica é um problema em várias regiões do mundo, afetando milhões de pessoas em todos os continentes, como traz a pesquisa de Tzanakakis et al. (2020): (a) Mais de 2 bilhões de pessoas vivem em regiões com alto estresse hídrico e este número e deverá aumentar; (b) mais de 1 bilhão de pessoas não têm acesso a água potável limpa e segura; (c) cerca de 3,4 milhões de pessoas morrem a cada ano devido ao uso de água contaminada; (d) milhões de mulheres e crianças passam várias horas por dia coletando água em uma distância média de 6 km; (e) a qualquer momento, metade dos leitos hospitalares do mundo são ocupados por pacientes que sofrem de doenças associadas à falta de acesso a água potável.

Neste contexto, até o primeiro trimestre de 2019, o Governo do Rio Grande do Norte renovou, por mais 180 dias, o decreto de emergência por causa da seca em 152 dos 167 municípios do estado – o que representa 91% de seus municípios. Essa foi a 12ª vez seguida que isso aconteceu, pois a duração de cada decreto era, geralmente, de 180 dias, desde 2012, quando se iniciou o período da maior seca que se tem registro no estado, com seis anos entre 2012 e 2017. Ao longo deste período, e até meados de 2019, vários municípios do RN foram considerados em situação de colapso hídrico pela concessionária estadual, em números absolutos, em março de 2017, chegou a 23 municípios em colapso hídrico no estado.

Conforme citado por Hohenthal e Minoia (2017), “a seca é um fenômeno rastejante, cujos impactos se estendem por grandes regiões e se acumulam enquanto a seca prossegue, de modo que ainda podem ser sentidos após o os fenômenos meteorológicos que iniciaram a seca desapareceram”. Por colapso hídrico entende-se a falência, esgotamento, o fato de ruir, de interromper temporária ou permanentemente o abastecimento hídrico urbano de um município por

questões de falta do recurso hídrico em seu manancial de captação.

Em relação à segurança hídrica, temática emergente nos estudos de risco de desastre relacionado ao desabastecimento hídrico, Paungartten e Costa (2020), explicam que esta temática apresenta múltiplas vertentes. Alguns estudos pautam-se em abordagem mensuráveis, como os que medem o estresse hídrico; segurança hídrica a partir das necessidades alimentares – segurança alimentar; políticas de planejamento e gestão dos recursos hídricos (a governança da água); e os que associam a segurança hídrica aos riscos naturais. Esta última abordagem é mais aplicável a essa pesquisa, principalmente pela importância da seca no contexto do desabastecimento hídrico em uma região semiárida do Brasil.

O objeto de discussão deste artigo é a análise e avaliação do risco de desabastecimento hídrico urbano municipal, na região Seridó de abastecimento hídrico do estado do Rio Grande do Norte. A elaboração do Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico (IRDH), se deu a partir da metodologia utilizada por Almeida, Welle e Birkmann (2016) e dos trabalhos de análise de risco socioambiental, utilizando sistema de indicadores, com suas variáveis categorizadas e ponderadas, resultando em um índice síntese, como em Medeiros (2014 e 2018); Macedo (2015); Macedo e Troleis (2020); Welle e Birkmann (2015); Almeida, Welle e Birkmann (2016); e Oliveira (2018).

A produção de índices tem se caracterizado como uma prática metodológica relevante nos estudos sobre a temática do risco de desastre. Especificamente, relacionados com o desabastecimento hídrico, pode-se destacar internacionalmente o Water Stress Index (WSI), no qual Falkenmark e Lindh (1974) “propuseram uma das primeiras avaliações integradas entre os recursos hídricos e população na Terceira Conferência Mundial de População em Bucareste em 1974” (Damkjaer e Taylor, 2017). Na perspectiva de evolução deste índice e resolução de suas limitações, foram produzidos os trabalhos de organizações como o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2007 e 2012) e plataforma Aqueduct 3.0, do World Resources Institute (WRI) “que analisou vários modelos hidrológicos e calculou o quantitativo de água retirada dos suprimentos superficiais e subterrâneos disponíveis em cada região do mundo

em comparação com o total de água disponível” (Cajazeiras, 2020).

No Brasil, destacam-se os trabalhos sobre vulnerabilidade climática ao fenômeno da seca, produzidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2007 e 2015), e sobre indicadores de vulnerabilidade à seca (Rosendo, 2014; Rosendo et al, 2017). Sobre abastecimento hídrico, a tese de Castro (2010), traz uma análise funcional da infraestrutura e qualidade do abastecimento hídrico metropolitano do Rio de Janeiro e, no Rio Grande do Norte, Troleis e Silva (2018 e 2019) propuseram uma metodologia de vulnerabilidade territorial ao colapso no abastecimento hídrico. Além destes, Diniz (2019), publicou sobre a vulnerabilidade ao desabastecimento em Campina Grande (Paraíba), porém com apenas 4 variáveis/indicadores. Portanto, os trabalhos citados, se diferenciam do objeto deste artigo por sua escala de análise maior ou menor, proposta metodológica e foco da análise.

Por sua vez, neste artigo, a disponibilidade do manancial subterrâneo, sua vulnerabilidade à contaminação e capacidade de armazenamento hídrico municipal são apenas algumas variáveis, que compõem o IRDH. Portanto, tem-se a produção de um índice de risco integrado, com variáveis relacionadas ao ambiente natural, objetos técnicos de infraestrutura, características socioeconômicas e de planejamento institucional. Deste modo, a criação de um índice para avaliação do risco de desabastecimento hídrico urbano municipal, com ênfase no sistema de abastecimento hídrico, seu estado e funcionalidade, para uma região de abastecimento hídrico

específica, no contexto do RN, é relevante, tanto para a temática dos estudos de risco em geografia, quanto dos recursos hídricos.

Neste contexto, os resultados desta pesquisa, foram direcionados pela hipótese de que a relação entre fatores ambientais, infraestruturais, socioeconômicos e de planejamento estatal, materializados no espaço, produz territórios de risco de desabastecimento hídrico. Estes fatores foram analisados a partir de variáveis e, posteriormente, relacionados entre si em um índice geral, o IRDH (Índice de Desabastecimento Hídrico do Rio Grande do Norte).

Assim, a estrutura do artigo foi organizada a partir da proposição do IRDH, utilizando-se do sistema de indicadores socioambientais; e da análise do risco de desabastecimento hídrico na região Seridó do RN, produzido em função dos fatores que compõem a hipótese da pesquisa.

Material e métodos

Caracterização da Área de Estudo

O Rio Grande do Norte (RN), segundo Diniz e Pereira (2015), possui um clima semiárido na maior parte do seu território, o que lhe caracteriza de 7 a 8 meses/ano de estiagem, com média pluviométrica de 600 mm/ano. Nesse contexto se faz necessário uma densa infraestrutura técnica instalada sobre o território para promover o abastecimento hídrico urbano municipal, sobretudo no interior do estado, onde está localizada a região Seridó (Figura 1).

Figura 1. Localização da região Seridó de abastecimento hídrico do RN.

Segundo Brasil (1999), a estiagem prolongada, é um fenômeno climático natural, sazonal, também considerado como um evento causador de desastre do tipo “gradual ou de evolução crônica”, e por apresentar déficit hídrico, afeta a disponibilidade hídrica e consequentemente o abastecimento humano em suas diferentes demandas.

O RN e, consequentemente, a região Seridó, entre 2012 e 2017, passaram pela maior estiagem que se tem registro. Este fenômeno climático ocorre por diferentes fatores, dentre eles, a influência da continentalidade na região e o relevo, que favorecem a precipitação no barlavento e seca no sotavento do planalto da Borborema, incidindo baixos índices pluviométricos normais. Além da condição climática, a região Seridó situa-se sobre o embasamento de rochas cristalinas ígneas e metamórficas, o que limita o acesso à água subterrânea à população pelas características de baixa disponibilidade e qualidade do aquífero fissural.

Tais limitações afetam o abastecimento hídrico urbano municipal, da região Seridó, composta por 23 municípios, sendo Caicó o centro regional, com maior população urbana (57.461),

seguida de Currais Novos (37.777 hab.), Parelhas (17.084 hab.), Jardim de Piranhas (10.596 hab.), Jucurutu (10.567 hab.), dentre outras. Segundo o último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), a população urbana total da região é de 213.174 habitantes.

Referencial Teórico-Metodológico

Conceitualmente, este artigo discute risco de desastres (risco de desabastecimento hídrico), como uma função entre perigo e vulnerabilidade. Assim, os conceitos de desastre, risco, perigo e vulnerabilidade foram definidos, como ponto de partida para concepção teórico-metodológica deste trabalho.

O estudo dessa temática em Geografia tem seus primeiros trabalhos de destaque por volta da Década de 1920, com Gilbert F. White, juntamente com Ian Burton e Robert W. Kates, geógrafos da tradicional Escola de Chicago (EUA), a partir da produção de estudos, concepções e conceitos em torno dos “*Natural Hazards*”, (Marandola Jr e Hogan, 2004). No princípio, os estudos eram focados para o entendimento e controle dos fenômenos naturais relacionados aos desastres. Um

problema é a naturalização dos desastres, ou seja, colocá-los como produto da dinâmica da natureza.

Determinados desastres não seriam tão naturais assim, e as responsabilidades dos homens sobre eles não estariam eliminadas. Segundo Quarantelli (1998), desastre é um evento concentrado no tempo e no espaço, ocorre de forma pontual e não processual. O que vem a ser processual é a condição de Risco e a sua Gestão (Sales e Almeida, 2019).

Por sua vez, Saavedra e Marchezini (2020), colocam que o desastre seria resultado de um processo de produção social de risco. O risco (e sua gestão) é a dimensão possível de ser conhecida, analisada e controlada. de certa forma, a partir de ações de mitigação.

Neste contexto, o conceito de risco é definido a partir da função entre a vulnerabilidade social e os perigos naturais de uma localidade. Deve-se ter em mente a necessidade de se compreender tanto a dinâmica dos elementos ambientais – naturais e artificiais (aí se insere a infraestrutura hídrica também) – que compõem um território, assim como, os condicionantes sociais que expõem os indivíduos a uma situação de risco. Portanto, o Risco socioambiental pode ser definido pela seguinte equação:

$$R = f(P, V)$$

Onde:

R = Risco;

P = Perigo;

V= Vulnerabilidade.

Segundo Veyret (2007), o risco é uma construção social e está diretamente ligado à concepção da população em relação a algum perigo potencial de danos físicos e/ou perdas materiais de grande monta. Já o perigo, é uma ameaça potencial para as pessoas e seus bens, enquanto risco é a probabilidade da ocorrência de um perigo e de gerar perdas (Smith, 2001, p. 392). Já a vulnerabilidade resulta da capacidade de cada indivíduo quanto “a resistência ou capacidade de lidar e se recuperar do impacto de um perigo natural” (Blaikie et al., 1994, p. 9). Souza et al. (2021) complementa que a concepção de vulnerabilidade não está só atrelada às características desfavoráveis como baixa renda e condições precárias de moradia, mas também “às fragilidades e desigualdades de acesso a bens e serviços públicos”.

Nessa perspectiva, a vulnerabilidade é entendida como condição de susceptibilidade a algum evento potencialmente causador de danos

materiais e físicos à população residente (desastre), como no caso do desabastecimento hídrico. Para a materialização deste tipo de desastre no território, os perigos são inerentes às condições climáticas, estiagem prolongada, principalmente, além da contaminação de mananciais, até problemas mais específicos, como rompimentos de infraestrutura hídrica, por exemplo.

Neste contexto, em várias regiões semiáridas do mundo, como é o caso da área de estudo deste artigo, as sociedades convivem com episódios de seca ou desabastecimento hídrico de maneira recorrente. Estas sociedades têm grande experiência na convivência com a escassez hídrica, que é quando a disponibilidade hídrica é inferior à necessidade da população (Damkjaer e Taylor, 2017). Esta convivência aumentou a resiliência da população, como é o caso da região Seridó do Rio Grande do Norte, pois, como afirma Hohenthal e Minoia (2017):

Os impactos da seca nas sociedades variam espacialmente, dependendo não apenas de suas características físicas (por exemplo, frequência de seca, duração, magnitude do déficit de precipitação), mas, acima de tudo, sobre a vulnerabilidade, resiliência e adaptação capacidade das sociedades afetadas. (Hohenthal e Minoia, 2017)

Por outro lado, sobre a produção de índices para avaliação de escassez hídrica (*water scarcity*), Damkjaer e Taylor (2017) identificaram limitações neste tipo de pesquisa. O que é comum em qualquer índice que busca se aproximar de uma realidade concreta através de indicadores e variáveis. Nesta análise, os autores identificaram, principalmente, as seguintes limitações:

[...] a) os dados sobre disponibilidade de recursos hídricos não levam em consideração quanto disso poderia ser disponibilizado para uso humano; b) os dados de captação de água não levam em consideração quanto dele é consumido (ou evapotranspirado) e quanto poderia estar disponível para reciclagem, por meio de fluxos de retorno; c) os indicadores não levam em consideração a capacidade adaptativa de uma sociedade para lidar com o estresse. (Damkjaer e Taylor, 2017)

O IRDH, quando proposto para uma região de um estado brasileiro, teve o intuito de refinar a análise/avaliação a partir deste índice específico para o desabastecimento hídrico urbano municipal (colapso hídrico). Para isso foram utilizadas variáveis levantadas diretamente na concessionária

de abastecimento hídrico estadual, associadas a dados secundários de outras instituições de regulação estadual e nacional, levando em consideração características socioeconômicas e de adaptação/convivência da sociedade a longos períodos de seca.

Portanto, buscando relacionar os conceitos do risco de desastres à temática do

desabastecimento hídrico urbano municipal, propõe-se na Figura 2, um quadro conceitual que estrutura o índice e o sistema de indicadores do IRDH, a partir da adaptação do Índice de Risco de Desastre do Brasil (DRIB) de Almeida, Welle e Birkmann (2016).

Figura 2. Quadro conceitual da estrutura do IRDH a partir do sistema de indicadores sociais e naturais.

O quadro conceitual, exposto na Figura 2, mostra a concepção desta pesquisa quanto relação entre as categorias de análise do risco de desastres do índice DRIB, associado aos indicadores que compõem o IRDH aplicado a uma região do Rio Grande do Norte. Portanto, foi desta forma que se deu a escolha dos indicadores, relacionando as referências de análise de risco em nível regional, nacional e global, adaptado ao tipo de risco do desabastecimento hídrico em escala estadual.

Os indicadores ambientais; infraestrutural; planejamento estatal; e socioeconômico que compõem o IRDH do Seridó/RN, foram definidos a partir dos estudos de risco de desastre como IPCC (2012), UNISDR (2009); Macedo (2015); Jensen e Wu (2018); Medeiros (2018); Oliveira (2018), assim como, pelas proposições de gestores e técnicos ligados ao abastecimento hídrico do Estado. Com base nestas referências foi possível a produção de um índice sistemático que compreendeu 19 variáveis inerentes à exposição, capacidade de lidar e adaptação da população da região estudada, em relação ao desabastecimento hídrico urbano municipal.

Neste contexto, visando avaliar a aplicação dos Indicadores de Segurança Hídrica Urbana como ferramenta para formulação de políticas públicas, testada nas cidades de Cingapura e Hong Kong, Jensen e Wu (2018) evidenciaram indicadores como: disponibilidade; diversidade;

qualidade; capacidade; serviço; sustentabilidade; acessibilidade; risco para a saúde pública; planejamento estratégico; governança; gestão de desastres. Portanto, para cada indicador, foram dispostas variáveis métricas para responder à essa esfera temática, de modo semelhante ao IRDH da região Seridó do Rio Grande do Norte apresentado aqui.

A definição dos pesos para cada variável do IRDH foi ajustada a partir de uma consultoria técnica realizada tanto com engenheiros e técnicos da Secretaria de Recursos Hídricos do RN (SEMARH), quanto da Concessionária de abastecimento hídrico (CAERN), profissionais responsáveis pelos setores de abastecimento hídrico estadual. A ponderação em estudos de risco de desastre está presente em trabalhos como: Welle e Birkmann (2015); Almeida, Welle e Birkmann (2016); Medeiros (2018); Oliveira (2018).

Após estabelecer o peso de cada variável e indicador na amostra, foi aplicada a média aritmética ponderada, o que permitiu dois índices, um que representa especificamente a Média por Indicador (MI) e outro que representa o resultado geral do Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico (IRDH). A obtenção dos dois índices pode ser identificada nas equações 1 e 2. Na Equação 1 tem-se a Média por Indicador (MI).

$$MI = \frac{\sum_i^n (V_i \cdot PV_i)}{\sum_i^n PV_i}$$

Onde:

i - Primeira variável;

n - Última variável;

V_i - Resultado obtido para i -ésima variável de um indicador específico;

PV_i - Peso referente à respectiva variável obtida no levantamento de dados da pesquisa.

A categorização das variáveis foi associada ao peso de cada uma dentro do indicador, de modo que a soma dos pesos de cada variável é igual à quantidade de variáveis do indicador. A Média por Indicador (MI) tem por finalidade estabelecer um índice, dando um diagnóstico da situação do município referente a cada indicador. Além disso, este valor será utilizado para determinar o índice geral, do IRDH, utilizando a Equação 2.

$$IRDH = \frac{\sum_j^n (MI_j \cdot PI_j)}{4}$$

Onde:

j - Primeiro indicador;

n - Último indicador;

MI_j - Resultado da Equação 1 para o j -ésimo indicador;

PI_j - Peso específico dos respectivos indicadores.

O resultado do IRDH consolida em um único parâmetro o risco de desabastecimento hídrico de cada município, já que considera todas as variáveis e indicadores levantados no estudo. Outro aspecto importante na composição do índice, foi a categorização dos dados de cada variável agrupadas em cinco categorias: Nível 1 – Risco Muito Baixo, Nível 2 – Risco Baixo, Nível 3 – Risco Médio, Nível 4 – Risco Alto e Nível 5 – Risco Muito Alto.

O processo de especialização do IRDH, na região de abastecimento hídrico Seridó/RN, foi possível através do levantamento de dados municipais urbanos referentes aos indicadores que compõem o índice (Ambiental, Infraestrutural; Planejamento estatal; e Socioeconômico), agregados às poligonais municipais georreferenciadas em ambiente S.I.G. – Sistema de Informações Geográficas, o que possibilitou a produção e análise dos resultados do IRDH. Neste contexto, faz-se necessário o detalhamento dos indicadores e suas variáveis, sua ponderação e embasamento.

Indicador Ambiental

Este indicador tem o segundo maior peso dentro do Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico da região Seridó, com valor de 1,0. Sua importância reside, principalmente, na exposição e susceptibilidade dos municípios ao desabastecimento hídrico e, portanto, incide de maneira direta no aumento ou redução do risco municipal para este desastre.

As variáveis que compõem este indicador são, em ordem de importância na ponderação: V1) Vazão média dos poços; V2) Corpos d'água superficiais naturais no município; V3) Tipo Climático predominante do Município e V4) Vulnerabilidade geral do manancial subterrâneo de abastecimento hídrico municipal (índice GOD). A categorização das variáveis, sua ponderação e justificativa podem ser visualizadas no Quadro 1. Onde P (V) – Peso da Variável; e P (I) – Peso do indicador, assim como nos Quadros 2, 3 e 4, na sequência.

As variáveis V1 e V2 tem maior importância no indicador ambiental, ambas com peso 1,25, pois tanto o manancial subterrâneo, quanto o manancial superficial são alternativas imediatas ao abastecimento hídrico em caso de desabastecimento por adutora (transposição de bacias hidrográficas), com captação em mananciais fora do município. Em sequência, tem-se as variáveis V3 e V4, com peso 0,75, e mesmo sendo o clima semiárido forte (N5), o município pode ter disponibilidade no manancial subterrâneo ou grandes açudes resistentes a longos períodos de estiagem. Já a vulnerabilidade à contaminação do manancial subterrâneo, pode ser alta (N4) ou extrema (N5), porém não haver grandes fontes de contaminação no município, ou mesmo, haver estações de tratamento de água (ETA) com metodologias capazes de melhorar a qualidade da água, até níveis adequados de potabilidade com base na portaria do Ministério da Saúde nº 2.914 de dezembro de 2011 e resoluções CONAMA 357/2005; 396/2008.

Indicador Infraestrutura

O indicador infraestrutura tem o maior peso do IRDH, com valor de 1,75, é o indicador com maior importância na análise. A forma de abastecimento hídrico urbano municipal (tipo de captação), é um parâmetro fundamental para avaliação do risco de desabastecimento hídrico, no contexto ambiental e socioeconômico da região Seridó do RN.

As variáveis que compõem este indicador são, em ordem de importância na ponderação: V5) Tipo de Captação; V6) Capacidade dos

Reservatórios do município; V7) Tempo de Instalação da rede de abastecimento hídrico urbano; V8) Material construtivo da rede de abastecimento hídrico; V9) Existência de tratamento de esgoto e coleta de lixo no município;

V10) Porcentagem de domicílios abastecidos por água encanada em meio urbano. A categorização das variáveis, sua ponderação e justificativa podem ser visualizadas no Quadro 2.

Quadro 1 - Variáveis do indicador ambiental do IRDH da região Seridó potiguar.

Variáveis	Categorias	Justificativa	P (V)	P (I)
(V1) Vazão média dos poços	Superior a 50,1 (N1); 25,1 a 50,0 m ³ /H (N2); 10,1 a 25,0 m ³ /H (N3); 5,1 a 10,0 m ³ /H (N4); 0,1 a 5,0 m ³ /H (N5)	O manancial subterrâneo é uma alternativa fundamental ao abastecimento; está presente nos planos de saneamento estaduais, como nos do RN (SERHID, 1998) e Ceará (SRHCE, 2018), com dados sobre os poços e vazão (inventário), assim como o levantamento do Serviço Geológico do Brasil (Beltrão et al., 2005). Os dados foram obtidos pelo banco de dados da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH, 2019).	1,25	1,0
(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)	Também são uma alternativa para o abastecimento e estão presentes nos planos de saneamento estaduais e de bacias hidrográficas. Os dados foram obtidos a partir do banco de dados da SEMARH (2019), do Instituto Estadual de Meio Ambiente (IDEMA, 2018) e da Agência Nacional de Águas (ANA, 2018), os quais foram pesquisados em ambiente SIG.	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)	O clima é fundamental para entender a dinâmica territorial quanto à disponibilidade hídrica; também estão presentes nos planos de saneamento estaduais e de bacias hidrográficas; levantamentos da CAERN, SEMARH e do Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN), entre outros, que usam dados climáticos em seus monitoramentos para gestão dos recursos hídricos. Os dados foram obtidos a partir da classificação e mapa gerado por Diniz e Pereira (2015).	0,75	
(V4) Vulnerabilidade do manancial subterrâneo municipal (índice GOD)	Desprezível (N1); Baixa (N2); Média (N3); Alta (N4); Extrema (N5)	Tem importância indireta no indicador ambiental, influenciando a contaminação do manancial subterrâneo. Dados dessa natureza são encontrados em materiais especializados em hidrogeologia, como o manual de hidrogeologia do Serviço Geológico do Brasil (Feitosa et al., 2008). Para obtenção desses dados, foi feita uma análise a partir da metodologia GOD (Foster; Hirata, 1988).	0,75	

É preciso pontuar que também está presente nestas variáveis, dados relacionados à qualidade da água pela pressão exercida pela falta de saneamento ambiental adequado nos municípios. O desabastecimento hídrico também pode ser afetado pela poluição/contaminação hídrica, isso ocorre em alguns municípios do RN, como em Natal, por exemplo, onde o manancial subterrâneo é afetado pelo nitrato derivado de efluentes domésticos sem tratamento, principalmente. Deste modo, a qualidade da água tem maior relevância na discussão do desabastecimento hídrico do que a seca.

Em alguns países isso ocorre com impactos populacionais mais amplos, como no Paquistão,

onde “apenas 20% da população do país tem acesso para a água potável. O restante 80% da população depende de água poluída principalmente contaminada por esgoto (fecais, coliformes totais, colônias de *E. coli*) e, secundariamente, por fertilizantes, pesticidas e efluentes industriais” (Nabi et al., 2019).

A variável V5 tem maior importância no indicador infraestrutura, com peso 1,5. Em sequência, tem-se as variáveis V6, V7 e V8, com peso 1,0. e posteriormente as variáveis V9 e V10, com peso 0,75 no indicador. Nesta hierarquização, há três escalas de importância das variáveis, onde o tipo de captação destaca-se, pois é fundamental para segurança do abastecimento hídrico

municipal, reduzindo diretamente o IRDH (ou aumentando, dependendo do resultado). As variáveis com peso 1 têm importância secundária, pois interferem na disponibilidade de estruturas de armazenamento e distribuição urbana de água, as quais podem dificultar ou impossibilitar o abastecimento hídrico. Já as variáveis com peso

0,75, respondem pela existência de estruturas de tratamento de esgoto e lixo que aumentam as possibilidades de contaminação, e pela proporção de domicílios abastecidos por água encanada refletindo diretamente na vulnerabilidade ao desabastecimento hídrico da população.

Quadro 2 - Variáveis do Indicador infraestrutura do IRDH da Região Seridó Potiguar. Fonte: baseado em SERHID (1998); ANA (2014); Del Grande (2016); PMBJ (2017); IBGE, (2017); Brasil (2019).

Variáveis	Categorias	Justificativa	P (V)	P (I)
V5) Tipo de Captação	Abastecidos por poços da bacia sedimentar potiguar (granular) (N1); Abastecidos de forma mista - poços e adutoras (N1); Abastecidos por adutoras com captação na bacia sedimentar 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);	Esta variável é fundamental dentro do sistema de indicadores do IRDH. As possibilidades de captação estão presentes nos planos de saneamento estaduais e municipais, além de diagnósticos de recursos hídricos diversos como o da Agência Nacional de Águas (ANA, 2014) e do órgão estadual (SEMARH, 2014). Os dados foram obtidos a partir do cruzamento dos relatórios de qualidade de água municipais que contêm o tipo de abastecimento (CAERN, 2018; 2019), associados ao questionário aplicado a regional Seridó da CAERN.	1,5	1,75
V6) Capacidade dos Reservatórios do município	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 menor que 50m ³ de capacidade ou ausência de reservatórios/distribuição direto na rede (N5)	Equipamentos de reservação hídrica, são fundamentais para lidar e resistir a eventos de colapso ou intermitência hídrica (DEL GRANDE, 2016). Essa informação é encontrada nos planos de saneamento municipais, na fase de diagnóstico (PMBJ, 2017). Os dados foram obtidos por questionário aplicado a regional Seridó da CAERN.	1	
V7) Tempo de Instalação da rede de abastecimento hídrico urbano	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)	Esta variável é um parâmetro como indicador de vulnerabilidade do sistema de abastecimento. O tempo promove o desgaste na estrutura. Esta informação também pode ser encontrada nos planos municipais de saneamento. Os dados foram obtidos por questionário aplicado a regional Seridó da CAERN.	1	
V8) Material construtivo da rede de abastecimento hídrico	Tubo PVC (N1); Tubo PVC e Ferro fundido (N2); Ferro fundido (N3); Tubo PVC ou ferro fundido e cimento amianto (N4); Cimento amianto (N5)	É um indicador de vulnerabilidade do sistema de abastecimento. Essa informação não foi encontrada em nenhuma outra referência. Os dados foram obtidos por questionário aplicado a regional Seridó da CAERN.	1	
V9) Existência de tratamento de esgoto e coleta de lixo no município	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	Destinação de resíduos e esgotos são agentes de poluição de mananciais, o que pode inviabilizar o abastecimento hídrico. Está presente em planos de saneamento estaduais ou de recursos hídrico como o do RN (SERHID, 1998). Os dados foram obtidos a partir de questionário aplicado à regional da	0,75	

	aterro sanitário sem tratamento de esgoto (N4); Ausência de tratamento de esgoto e sem destinação ideal para resíduos urbanos (N5)	CAERN e cruzamento com o Sistema Nacional de Informações de Saneamento (Brasil, 2019) e da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do (IBGE, 2017).		
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)	É um indicativo da falta de infraestrutura da rede de abastecimento. Essa informação também pode ser encontrada em planos de saneamento municipais e estaduais. Foi obtida a partir dos dados dispostos no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Brasil, 2019).	0,75	

Indicador Planejamento Estatal

O indicador Planejamento Estatal tem peso intermediário no IRDH, com valor de 0,75. As variáveis que compõem este indicador são: V11) Ocorrências registradas de Colapso de abastecimento urbano do município, nos últimos 6 anos de seca; V12) Existência de plano municipal

referente ao abastecimento hídrico; V13) Medidas estruturais para reduzir risco de desabastecimento e V14) Gestão de risco de desabastecimento no município. A categorização das variáveis, sua ponderação e justificativa podem ser visualizadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Variáveis do Indicador Planejamento Estatal do IRDH da região Seridó Potiguar.

Variáveis	Categorias	Justificativa	P (V)	P (I)
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)	Esta variável é importante como indicador da vulnerabilidade e exposição de um município em relação a outro. É uma informação não encontrada em referências comuns, sendo obtida a partir de questionário aplicado à regional da CAERN e cruzamento com o quadro de abastecimento do RN (CAERN, 2018 e 2019)	1,5	0,75
V12) Existência de plano municipal referente ao abastecimento hídrico	Existe (N2); em planejamento (N3); não existe (N4)	O plano municipal de saneamento ou recursos hídricos é um instrumento de planejamento fundamental para reduzir o risco de desastres desse tipo. Os dados desta variável foram obtidos a partir da seção "MUNIC - Aspectos gerais da gestão da política de saneamento básico" (IBGE, 2018)	1	
V13) 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)	Escolhida a partir de estudos de risco de desastres como deslizamento e inundação (Guerra, 2009; Macedo, 2015; Medeiros, 2018), nos quais, projetos em andamento ou obras que melhorem as condições de infraestrutura local são analisados visando a redução do risco desses desastres. Assim como nos planos de recursos hídricos estaduais (SERHID, 1998; SRHCE, 2018). Os dados foram obtidos por questionário aplicado a regional Seridó da CAERN.	0,75	
V14) Gestão de risco de desabastecimento no município	Existência de secretaria de seguridade social, recursos hídricos, meio ambiente e segurança pública com defesa civil estruturada (N1); Existência de	Também foi escolhida a partir de estudos de risco de desastres. No caso do desabastecimento de água, a secretaria de recursos hídricos,	0,75	

	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);	meio ambiente e/ou saneamento municipal também é importante. Essa informação foi obtida a partir da seção “MUNIC - Perfil dos Municípios Brasileiros - Gestão de Riscos e Respostas a Desastres” (IBGE, 2017).		
--	---	--	--	--

Quadro 4 - Variáveis do Indicador Socioeconômico do IRDH da região Seridó Potiguar

Variáveis	Categorias	Justificativa	P (V)	P (I)
V15) 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)	Foi escolhida a partir de estudos de risco de desastres em Welle; Birkmann (2015) e Almeida, Welle e Birkmann (2016). É uma variável que incide diretamente na exposição da população aos perigos de desastres, quanto mais habitantes expostos, maior o risco. Os dados desta variável foram obtidos a partir do Censo do IBGE (2010).	1,5	0,50
V16) IDHM – Renda	IDHM-R Muito Alto (N1); IDHM-R Alto (N2); IDHM-R Médio (N3); IDHM-R Baixo (N4); IDHM-R Muito Baixo (N5)	Foi escolhida a partir de estudos de risco de desastres para o mundo (Welle; Birkmann, 2015) e para o Brasil (Almeida, Welle e Birkmann, 2016). É uma variável importante para aumentar a capacidade de lidar e se adaptar aos desastres. Os dados desta variável foram obtidos a partir do Censo do IBGE (2010).	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);	Também foi escolhida a partir de estudos de risco de desastres para o mundo (Welle; Birkmann, 2015) e para o Brasil (Almeida, Welle e Birkmann, 2016). Também é uma variável importante para aumentar a capacidade de lidar e se adaptar aos desastres. Os dados desta variável foram obtidos a partir do Censo do IBGE (2010).	1	
V18) Nível de cobertura de programa de transferência de renda (Bolsa Família);	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)	Também foi escolhida a partir de estudos de risco de desastres. É uma variável importante para a população aumentar sua capacidade de lidar e se adaptar aos desastres. Os dados desta variável foram obtidos através do cadastro único do Bolsa Família, disponível para cada município em <i>website</i> próprio, vinculado ao ministério da cidadania – Secretaria Nacional de Renda e Cidadania, com dados referentes ao ano de 2019.	0,75	
V19) Índice de Gini	Índice de Gini Muito baixo - 0,0 a 0,19 (N1); índice de Gini Baixo - 0,20 a	Também foi escolhida a partir de estudos de risco de desastres para o	0,75	

	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)	mundo (Welle; Birkmann, 2015) e para o Brasil (Almeida, Welle e Birkmann, 2016). Também é uma variável importante para aumentar a capacidade de lidar e se adaptar aos desastres. Quanto mais igualdade social, menor a distância de acessos aos serviços de saúde, transporte e moradia digna, entre ricos e pobres. Os dados desta variável foram obtidos a partir do Censo do IBGE (2010).		
--	---	---	--	--

A gestão dos recursos hídricos, principalmente em climas semiáridos como o da região Seridó do Rio Grande do Norte, tem fundamental importância como fator de convivência e adaptação ao perigo da seca ou estiagem prolongada. Exemplos de estudos pelo mundo trazem as principais causas do esgotamento de mananciais, como o caso da histórica Lagoa de Aculeo, que é um dos maiores corpos de água naturais no centro do Chile (Valdés-Pineda et al., 2020). Neste estudo o desequilíbrio da água foi causado pela combinação dos seguintes fatores possíveis; (1) altas demandas de água subterrânea; (2) a secagem dos afluentes naturais e / ou artificiais da lagoa; e (3) a diminuição da chuva definida como mega seca climática. Portanto, em consonância com as variáveis investigadas no IRDH.

A variável V11 tem maior importância no indicador Planejamento estatal, com peso 1,5, seguida das variáveis V12, com peso 1,0 e V13 e V14 com peso 0,75. Dos três níveis de importância das variáveis, a ocorrência de colapso destaca-se, interferindo diretamente no resultado do IRDH. A variável que compreende a existência de um plano municipal de recursos hídricos ou saneamento, é vista como um importante instrumento de planejamento para mitigar ou reduzir o risco deste tipo de desastre. Por último, as variáveis com peso menor 0,75, representam a existência ou não de obras estruturantes para redução do risco de desabastecimento hídrico (V13) e de órgãos institucionais responsáveis pela gestão/redução deste tipo de risco (V14). Estas duas últimas variáveis contribuem para redução do risco, pois juntas aumentam a capacidade de lidar e diminuem a exposição da população ao risco de desabastecimento hídrico.

Indicador Socioeconômico

O indicador Socioeconômico é o que tem peso menor no IRDH, com valor de 0,50. As variáveis que compõem este indicador são: V15) Quantidade de habitantes urbanos do município;

V16) IDHM – Renda (renda per capita da população, ou seja, a renda média mensal dos indivíduos residentes no município); V17) IDHM – Educação; V18) Nível de cobertura de programa de transferência de renda (Bolsa Família); e V19) Índice de Gini. A categorização das variáveis, sua ponderação e justificativa podem ser visualizadas no Quadro 4.

A variável V15 tem maior importância no indicador socioeconômico, com peso 1,5. Quanto maior a quantidade de habitantes urbanos expostos ao desabastecimento hídrico, maior é o risco deste tipo de desastre, o que aumenta o prognóstico de prejuízos materiais, incidindo assim diretamente sobre o resultado do IRDH.

As variáveis de peso 1 (V16 e V17) têm importância secundária no indicador, pois interferem na susceptibilidade, capacidade de resposta e adaptação da população quanto ao desabastecimento. As características de renda e educação da população exposta ao risco de desastre, são variáveis muito comuns em estudos de risco, pois são características que podem diminuir o risco, pelo aumento da capacidade de lidar, se recuperar e resistir aos desastres, além de aumentar sua resiliência. Por último, as variáveis V18 e V19, com peso menor (0,75), representam características terciárias (incidem indiretamente no resultado do IRDH) no indicador socioeconômico, pois a desigualdade social (V19), quanto maior, diminui o potencial de resistência aos desastres, assim como aumenta a quantidade de áreas susceptíveis aos perigos. O que ocorre de modo oposto com a V18, pois, quanto maior a cobertura de programa assistenciais como o bolsa família, promove mais resistência e capacidade de recuperação da população quanto aos desastres.

Resultados e discussão

A região Seridó de abastecimento hídrico potiguar é, junto com a Alto Oeste, a mais problemática quanto à segurança hídrica do estado.

De acordo com o informativo da situação de abastecimento da concessionária (CAERN, 2018 e 2019), no último período de estiagem prolongada (seis anos, entre 2012 e 2017), estas duas regiões foram as que apresentaram maior quantidade de municípios em colapso hídrico.

Indicador Ambiental

Os municípios a leste da região (Sertão oriental) se localizam na porção do semiárido mais severa do estado, em relação ao tipo climático, o que aumenta a vulnerabilidade e o risco do indicador ambiental. A Figura 3 mostra a configuração espacial do IRDH referente ao indicador, apresentando 15 municípios com nível de risco ‘muito alto’ e um total de 117.031 habitantes; 07 apresentaram risco ‘alto’, totalizando 85.547 habitantes; e 01 com nível médio - 10.596 habitantes. Nesse contexto,

nenhum município foi classificado como ‘muito baixo’ ou ‘baixo’ risco a partir dos resultados obtidos.

Especificamente os municípios classificados como ‘muito alto’ risco para este indicador, apresentaram forte influência do tipo climático e presença de aquífero fissural, localizados sobre o cristalino potiguar, o que diminui a disponibilidade hídrica tanto superficial quanto subterrânea.

Situação diferente ocorreu no município que apresentou nível ‘médio’ de risco, o qual apresenta corpos d’água perenes (V2) em seu território, variável com peso maior no indicador (1,25), além do tipo climático menos severo, (V3 – peso 0,75) o que diminuiu o resultado geral do risco para o indicador ambiental.

Figura 3. IRDH – Indicador Ambiental/Região Sertão do RN.

A partir da análise dos resultados, foi possível concluir que todos os municípios com risco ‘muito alto’ têm vazão baixa dos poços (V1 – peso 1,25), o que os colocam no nível mais elevado de risco para esta variável. Outro aspecto é que os municípios da região não dispõem de corpos d’água superficiais ou apenas intermitentes (V2 – peso 1,25), também têm, em sua maioria, tipo climático semiárido forte (V3 – peso 0,75). A vulnerabilidade a contaminação do manancial

subterrâneo (V4 – peso 0,75) é alta ou muito alta na maioria dos municípios, em função da litologia do tipo cristalino, o que aumenta o risco de contaminação.

O município com menor vulnerabilidade (Jardim de Piranhas), nível ‘médio’ de risco para o indicador ambiental, possui corpos d’água em seu território (V2) e clima do tipo semiárido mediano (V3), colocando-o, de maneira geral, na categoria de ‘médio’ risco para o indicador ambiental. Porém, a existência destes corpos d’água, não fez com que os municípios da região Seridó, resistissem ao último período de seca (2012-2017), sendo registradas ocorrências de colapso (parcial ou total) no abastecimento hídrico (V11), em todos os municípios da região.

Indicador infraestrutura

O resultado deste indicador na região Seridó pode ser analisado a partir da influência das adutoras Serra de Santana (captação na Barragem Armando Ribeiro Gonçalves), que abastece a sede de cinco municípios da região (Florânia, Bodó, São Vicente, Ten. Laurentino e Lagoa Nova); Sistema Adutor Piranhas/Caicó (adutora Manoel Torres) que abastece quatro municípios (Jardim de Piranhas, São Fernando, Timbaúba dos Batistas e Caicó), com captação no leito do Rio Piranhas-açu; e Adutora Acari/Currais Novos que abastece os dois municípios com captação na Barragem Marechal Dutra (Gargalheiras). A Figura 4 mostra a configuração deste indicador na região Seridó do estado.

O indicador infraestrutura do IRDH na região Seridó apresentou 04 municípios com ‘baixo risco’, totalizando 76.010 habitantes urbanos; 07 com ‘médio risco’ e 63.864 habitantes; e 12 com ‘alto risco’, totalizando de 73.300 habitantes.

A análise dos resultados permitiu concluir que a variável V5 - tipo de captação, foi determinante, pois muitos municípios da região são abastecidos por barragens locais e por poços tubulares no cristalino potiguar, em pequenos aluviões intermitentes, o que aumenta o risco de desabastecimento para este indicador.

Outro resultado relevante para a maior parte dos municípios foi o indicador tratamento de esgoto (V9 – peso 0,75), revelado como ‘muito alto’ e ‘alto’ risco, sendo identificados problemas ou a ausência de estações de tratamento de esgoto e também a inadequada destinação final dos resíduos sólidos urbanos (lixões), em 21 municípios dos 23 que compõem a região. A idade da rede de abastecimento hídrico (V7 – peso 1), foi outra variável que revelou ‘muito alto’ risco, pois com mais de 30 anos de instalação foram identificados 18 municípios; entre 20 e 30 anos, 03 municípios apresentaram classificação de ‘alto risco’; e 02 municípios somente com ‘baixo risco’ onde a rede instalada possui entre 10 e 15 anos. Estas variáveis, portanto, aumentaram o risco geral dos municípios para o indicador infraestrutura, contribuindo para que o balanço entre as variáveis fosse, predominantemente, ‘médio’ e ‘alto’ risco para a região.

Indicador Planejamento Estatal

O resultado do risco de desabastecimento hídrico inerente a este indicador, foi que a maioria dos municípios apresentou risco ‘alto’ e ‘muito alto’, o que corresponde a 20 de um total de 23 municípios, com nenhum sendo classificado como ‘baixo’ ou ‘muito baixo’ risco.

A Figura 5 mostra a configuração espacial do indicador planejamento estatal na região de abastecimento hídrico Seridó do RN.

Figura 4. IRDH – Indicador Infraestrutura/Região Seridó do RN.

Figura 5. IRDH – Indicador Planejamento Estatal/Região Seridó do RN.

A partir da Figura 5, é possível perceber que o Indicador Planejamento Estatal para a região Seridó apresentou ‘alto’ risco em 12 municípios,

totalizando 117.225 habitantes; e ‘muito alto’ risco em 08 municípios, compreendendo um total de

77.338 habitantes; além de 03 municípios com ‘médio’ risco, com 18.611 habitantes afetados.

A variável V11 - Ocorrências de colapso de abastecimento hídrico - de peso (1,5), apresentou destaque no último período de seca (2012-2017), aumentando a vulnerabilidade geral do indicador. As variáveis V13 - Medidas estruturais para reduzir risco de desabastecimento e V14 - Gestão de risco de desabastecimento no município (Defesa Civil, secretaria responsável etc.), ambas com peso 0,75, resultaram em risco ‘alto’ e ‘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 com funcionários, veículos, equipamentos e sistema de alerta, por exemplo.

Já a variável V12 - Existência de plano municipal referente ao abastecimento hídrico (plano de saneamento etc.), peso 1 – resultou em 16 municípios com classificação ‘média’ e 07 municípios como ‘baixo’ risco. Esse valor médio se dá por estes municípios estarem planejando (ou ter pronto) seu plano de saneamento, com as medidas de abastecimento hídrico a serem implementadas a curto, médio e longo prazo.

Estas variáveis, portanto, aumentaram o risco geral dos municípios para o indicador Planejamento Estatal, contribuindo para que o balanço entre as variáveis, fosse predominantemente, ‘alto’ e ‘muito alto’ risco para a região.

Indicador Socioeconômico

O indicador Socioeconômico na região Seridó foi construído a partir das variáveis nível de cobertura de programa de transferência de renda, IDHM renda e educação, quantidade de habitantes urbanos e índice de Gini. O resultado deste indicador é influenciado, principalmente, pelas variáveis V15 - Quantidade de habitantes – que tem maior peso no indicador (1,50), V16 – IDHM Renda e V17 - IDHM Educação, ambos com peso 1,0.

A partir da Figura 6 e dos dados coletados na pesquisa, pode-se concluir que a maioria dos municípios da região de abastecimento hídrico Seridó potiguar apresentaram nível ‘alto’ de risco para o indicador socioeconômico, com 12 municípios, num total de 155.660 habitantes; e 11

apresentaram risco ‘médio’ para este indicador, com 57.514 habitantes urbanos. Nenhum município apresentou nível ‘baixo’, ‘muito alto’ ou ‘muito baixo’.

A região Seridó obteve na aplicação do índice uma população ‘média’ na maioria dos municípios (V15), sendo que apenas seis municípios apresentaram ‘baixo’ risco para esta variável. Porém, o IDHM – Renda (V16) tem ‘alto’ risco na maior parte dos municípios (apenas 03 municípios com IDHM – Renda ‘médio’), 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 a esses eventos.

Outro resultado identificado foi a desigualdade social especializada a partir do índice de Gini (V19), onde 21 dos 23 municípios da região apresentaram ‘médio risco’. Já a educação (V17, peso 1) apresentou ‘muito alto’ e ‘alto’ risco para todos os casos. Por último, tem-se a variável V18 – sobre o nível de cobertura do programa bolsa família (peso 0,75), em que na região tem a maior parte dos municípios com ‘médio’ (quando 25 a 50% da população são assistidos pelo programa) e ‘alto’ risco (quando 10 a 25% da população são assistidos pelo programa), com 22 municípios, apenas Bodó com ‘baixo’ risco. Quanto maior o nível de cobertura, menor será o risco para esta variável no indicador socioeconômico, seguindo a lógica de aumentar a resiliência e a “capacidade de lidar” dos moradores em caso de desastre.

Portanto, quando associados os quatro indicadores que compõem o IRDH, a partir da metodologia supracitada, tem-se o resultado geral do risco de desabastecimento hídrico, aplicado neste artigo para região Seridó de abastecimento hídrico do RN.

Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico (IRDH) para Região Seridó.

O IRDH da região Seridó potiguar, apresenta um resultado relevante de pesquisa pois, além de chamar a atenção para o risco de colapso hídrico na região Seridó, também propõe uma discussão a respeito das ações que devem ser tomadas quanto a integração de sistemas, pesquisas por mananciais subterrâneos, investimento em infraestrutura hídrica, como construção de reservatórios maiores, renovação da rede de distribuição e saneamento básico municipal.

Figura 6. IRDH – Indicador socioeconômico/Região Seridó do RN.

A Figura 7, mostra a configuração do resultado do IRDH para a região Seridó de abastecimento hídrico do RN. A análise nos permite identificar que a região apresentou apenas ‘médio’ e ‘alto’ risco de desabastecimento. De maneira geral, os municípios da região têm boa infraestrutura hídrica sendo abastecidos pelo manancial do Rio Piranhas-Açu e/ou barragens no

cristalino potiguar, através de sistemas adutores, principalmente.

Mesmo assim, muitos municípios da região registraram colapso de abastecimento hídrico no último período de seca, denotando a vulnerabilidade do indicador ambiental da região, a partir do clima e geologia predominantes. O resultado do IRDH para a região Seridó, classificou

vinte (20) municípios com ‘alto’ risco, totalizando 143.965 habitantes nesta classe; e apenas três (3) com ‘médio’ risco, com 69.209 habitantes urbanos. Portanto, nenhum município foi classificado como ‘muito alto’, ‘baixo’ ou ‘muito baixo’ risco nesta pesquisa.

Individualizando os indicadores no resultado do IRDH, pode-se perceber as piores variáveis encontradas para cada um. Ou seja, para o indicador ambiental destaca-se problemas relacionados à baixa vazão e disponibilidade do manancial subterrâneo (V1), assim como pouca disponibilidade de corpos hídricos superficiais (V2), variáveis que também têm maior peso no indicador (1,25).

Já para o indicador infraestrutura destaca-se a variável referente ao tempo de instalação da rede de distribuição hídrica urbana (V7) com a maioria dos municípios classificados como ‘muito alto’ risco. Além desta, tem-se a baixa capacidade dos reservatórios localizadas nas sedes municipais (V6), com a maioria dos municípios registrando ‘alto’ risco, já que armazenar água em tempos de escassez é fundamental para a resistência ao desabastecimento hídrico. Em São Fernando e São José do Seridó, por exemplo, há apenas um reservatório com 50 m³ de capacidade.

Ainda neste indicador, o tipo de captação municipal (V5), o qual tem maior peso no indicador (1,5), registrou maior parte dos municípios com ‘alto’ e ‘muito alto’ risco. Portanto, aumentou o risco para este indicador na região, visto que muitos municípios captam água em grandes ou pequenas barragens locais no cristalino potiguar que têm baixa disponibilidade hídrica e, portanto, alta vulnerabilidade em tempos prolongados de estiagem.

Por sua vez, o indicador planejamento estatal teve como destaque, as variáveis referentes a ausência ou precariedade da gestão de risco municipal (V14) e medidas estruturais para redução do risco de desabastecimento, como obras estruturantes ou projetos (V13). Além destas, a variável sobre ocorrências de colapso hídrico no município (V11), foram encontrados 10 casos com ‘muito alto’ risco, ou seja, onde houve ocorrências registradas no último período de seca (2012-2017). Esta variável tem maior peso no indicador, o que direcionou o resultado preocupante para a região Seridó (20 casos de ‘alto’ e ‘muito alto’ risco, dos 23 que compõem a região).

Por último, tem-se o indicador socioeconômico, em que se destacam negativamente as variáveis referentes à renda (V16) e educação (V17). Nestas variáveis, a

maioria dos municípios foram classificados com ‘alto’ e ‘muito alto risco’, denotando os problemas que os habitantes teriam em lidar, resistir e adaptar-se a um desastre como o desabastecimento hídrico.

Neste contexto, analisando-se os resultados, a partir das referências estudadas e experiência de trabalho na área dos recursos hídricos, foi possível a proposição de medidas estruturantes e ações para mitigação do risco de desastre na região.

A integração de sistemas de abastecimento hídrico pode ser uma solução para a diminuição dos problemas encontrados na região Seridó de abastecimento hídrico. Por exemplo, a adutora Serra de Santana pode ser expandida e integrada com os sistemas da adutora Manoel Torres, em Caicó, e da adutora Traíras, em Jardim do Seridó, o que foi realizado em parte pela concessionária através da adutora expressa emergencial para Caicó, mas precisa ser substituída por adutora maior e mais resistente, além de abastecer Currais Novos e ser integrada ao sistema da adutora Acari/Currais Novos, o que aumentaria sua capacidade de abastecimento, diminuindo a vulnerabilidade dessas duas captações em períodos de seca prolongada. Essa integração já foi feita (da adutora Serra de Santana para Caicó e Currais Novos), porém, apenas de forma emergencial, necessitando de obras maiores para melhorar a funcionalidade desses dois subsistemas adutores.

Outra possibilidade é integrar, a partir de pequenas adutoras, municípios menores (como Equador, Ipueira, São João do Sabugí e Ouro Branco, por exemplo), viabilizando seu abastecimento com parte dos grandes mananciais em municípios vizinhos menos vulneráveis, barragens ou sistemas adutores como o Boqueirão de Parelhas, Passagem das Traíras (que pode ser expandida até São José do Seridó e Cruzeta) e Adutora Manoel Torres (que pode ser expandida até São João do Sabugí). Esses são alguns exemplos de integração de sistemas que aumentariam a segurança hídrica da região.

Além dessas medidas, pode-se diminuir a vulnerabilidade dos municípios com investimentos em mais estações de tratamento de esgoto, um aterro sanitário para receber os resíduos da região, além de melhorar a gestão de risco municipal, com estrutura de defesa civil ou secretaria de recursos hídricos, associado ao plano municipal de saneamento, que é fundamental.

Uma solução para a diminuição do risco de desabastecimento geral da região Seridó potiguar, e consequente aumento da sua segurança hídrica, é a Barragem de Oiticica, em construção desde 2013,

no município de Jucurutu, obra do governo federal que receberá a água oriunda do eixo norte da transposição do rio São Francisco, viabilizando a terceira maior barragem do Estado com capacidade para 556.000.000 m³, atrás apenas da Armando Ribeiro Gonçalves e Santa Cruz do Apodi, aumentando muito a capacidade de suporte da região Seridó. A partir da entrega dessa obra, seria possível a viabilização do projeto do sistema adutor

Oiticica-Caicó, fundamental para a segurança hídrica dos quase 60.000 habitantes urbanos nesse município (o maior da região). Também a adutora Armando Ribeiro-Currais Novos (segundo maior município da região), que, junto com a Oiticica-Caicó, compõe o Projeto Seridó de segurança hídrica do governo federal, seria fundamental para diminuição do IRDH da região Seridó.

Figura 7. IRDH – Índice de Risco de Desabastecimento Hídrico/Região Seridó do RN.

A barragem de Oiticica localiza-se a montante da Armando Ribeiro Gonçalves, o que estrutura um sistema de reservatórios com alta capacidade, viabilizando a segurança hídrica na região a partir da gestão do recurso hídrico, além de viabilizar captações municipais no próprio rio, como em Jardim de Piranhas e Jucurutu, por exemplo, a partir da chegada das águas do eixo norte da transposição do rio São Francisco, que aumentará a vazão do rio Piranhas-açu.

Nesse contexto, essas propostas incidem na redução da vulnerabilidade regional ao desabastecimento hídrico, aumentando a capacidade de lidar e se adaptar da população, reduzindo a susceptibilidade ao desabastecimento hídrico, já que a região é bastante exposta a esse desastre em virtude de suas características ambientais. Essa relação estrutura os territórios de risco de desabastecimento do Rio Grande do Norte, os quais, na região Seridó, têm a maioria dos municípios com alto risco, portanto, necessitam de maior atenção. Assim, as medidas mitigadoras podem direcionar a melhor organização desses territórios através da redução do IRDH.

Conclusões

A hipótese desta pesquisa, de que a relação entre fatores ambientais, socioeconômicos, de infraestrutura e planejamento estatal promove territórios de risco de desabastecimento hídrico, foi testada, a partir do IRDH, em que os indicadores do índice correspondem aos fatores da hipótese. Com isso, foi possível concluir que há uma materialização desta relação no espaço, produzindo os territórios de risco no estado, como os municípios da região Seridó, mostrados neste artigo. Portanto, conclui-se que o resultado da pesquisa - a análise do risco de desabastecimento hídrico, a partir do mapa de risco da região Seridó, confirma a hipótese.

Os resultados da pesquisa podem contribuir diretamente para a gestão dos recursos hídricos do estado, diagnosticando problemas, tais como a identificação de municípios mais vulneráveis e quais indicadores precisam ser melhorados, sugerindo ações para redução da vulnerabilidade dos municípios, a partir da melhoria da capacidade de lidar, susceptibilidade e adaptação da população do estado.

Os territórios de risco de desabastecimento hídrico identificados na região Seridó, são, principalmente, os municípios identificados como 'alto' e 'muito alto' risco. O resultado do IRDH identificou 20 municípios classificados como 'alto'

risco de desabastecimento hídrico e 3 com 'médio' risco. O que caracteriza a região como de atenção imediata quanto a este tipo de desastre.

De maneira geral este resultado se deu por causa das características ambientais que aumentam a exposição ao desabastecimento hídrico (inerente ao perigo de desabastecimento hídrico), assim como os problemas encontrados quanto aos indicadores de infraestrutura hídrica (principalmente relacionados ao tipo de captação hídrica municipal), planejamento estatal (principalmente ocorrências de colapso hídrico e falta de investimento em planos de saneamento e defesa civil) e socioeconômico (principalmente problemas com educação e renda da população municipal), o que incide na vulnerabilidade da população desses municípios que compõem os territórios de risco dessas regiões do Estado em relação ao desabastecimento hídrico.

Os indicadores escolhidos para o IRDH, são utilizados na maioria dos trabalhos sobre estudos de risco de desastres, o quais foram escolhidos justamente por essa razão. Além desses indicadores, outro bastante utilizado nos estudos geográficos de risco é o cultural, que pode ser inserido no índice em outro momento (trabalhos futuros), em uma expansão da pesquisa. A percepção da população municipal quanto aos perigos a que está exposta, assim como as ações que têm para lidar ou se adaptar a um desastre, são importantes para aumentar ou diminuir o risco de desastre em um território.

Nesse contexto, a metodologia de análise de risco de desabastecimento mostrou-se pertinente e eficiente na quantificação/qualificação do risco desse tipo de desastre em nível regional. O intuito de utilizá-la em outros estados do Brasil pode ser realizado, a partir das proposições contidas neste artigo, podendo ser adaptada a partir de um outro sistema de indicadores, o que é natural no fazer científico, afinal, o conhecimento está em constante evolução e transformação.

Agradecimentos

Faz-se necessário agradecer ao PPGE/UFRN – Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, na figura do professor Dr. Adriano Lima Troleis, por todo apoio e orientações sempre pertinentes ao longo desta pesquisa. Também à Pró-Reitoria de Pesquisa e Inovação (PROPI) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), pela

vinculação desta pesquisa em nível de doutoramento no quadro de projetos de pesquisa da instituição, através do Edital nº 09/2018 (3ª chamada) - PROPI/RE/IFRN.

Referências

- Almeida, L. Q. de, Welle, T., Birkmann, J., 2016. Disaster risk indicators in Brazil: A proposal based on the world risk index. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, [online], v. 17. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.04.007>. Acesso: 29 mai. 2019.
- ANA. Agência Nacional De Águas, 2018. HidrowEB. Disponível: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>. Acesso: 21 set. 2018.
- ANA. Agência Nacional De Águas, 2014. Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica dos rios Piancó-Piranhas-Açu. Brasília.
- Beltrão, A. B. et al., 2005. Projeto Cadastro De Fontes De Abastecimento Por Água Subterrânea. CPRM. 1 ed. Recife.
- Blaikie, P. et al., 1994. *At Risk: Natural Hazards, people's vulnerability, and disasters*. 1 ed. Routledge. Londres.
- Brasil, Ministério da Integração Nacional, Secretaria Nacional de Defesa Civil, 1999. *Manual de Planejamento em Defesa Civil*. Brasília.
- Brasil, Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, 2019. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, (SNIS). Série Histórica. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso: 07 mai. 2019.
- CAERN. Companhia de Águas e Esgotos do RN, 2018. Relatórios de Qualidade da Água 2018. Disponível em: <http://portal.caern.com.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=172794&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=qualidadedaagua2018>. Acesso: 29 jan. 2019.
- CAERN. Companhia de Águas e Esgotos do RN, 2019. Relatórios de Qualidade da Água 2019. Disponível em: <http://portal.caern.com.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=191033&ACT=&PAGE=0&PARM=&LBL=>>. Acesso: 15 jan. de 2020.
- Castro, A. L. C. de, Moura A. Z. B., Calheiros L. B., 2007. Glossário De Defesa Civil Estudos de Riscos e Medicina de Desastres. Ministério Da Integração Nacional. Secretaria Nacional De Defesa Civil. Disponível: <https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2012/06/16-Glossario-de-Defesa-Civil-Estudo-de-Risco-e-Medicina-de-Desastres.pdf>. Acesso: 7 fev. de 2020.
- Castro, C. M. de, 2010. *Águas do Rio de Janeiro: Da Metrópole com Riscos à Metrópole dos Riscos*. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.
- Cordão, M. J. S., Rufino, I. A. A., Araújo, E. L., 2013. Geotecnologias aplicadas ao planejamento de sistemas de abastecimento de água urbanos: uma proposta metodológica. *Engenharia Sanitária e Ambiental* [online], v. 18, n. 3, p. 263–274. Disponível: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000300009>. Acesso: 8 fev. 2020.
- CPRM. Serviço Geológico do Brasil, 2019. GeoSGB: Sistema de Geociências do Serviço Geológico do Brasil. Disponível: <http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>. Acesso em 12 jul. de 2019.
- Damkjaer, S., Taylor, R., 2017. The measurement of water scarcity: Defining a meaningful indicator. *Ambio* 46, 513–531. <https://doi.org/10.1007/s13280-017-0912-z>. Acesso: 19 set. 2021.
- Del Grande, M. H., 2016. Distribuição e acesso à água em Campina Grande: uma análise a partir da ecologia política. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.
- Diniz, M. T. M., Pereira, V. H. C., 2015. Climatologia do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil: Sistemas Atmosféricos Atuantes e Mapeamento de Tipos de Clima. *Boletim Goiano de Geografia* [online]. v. 35. n. 3, p. 488-506. Disponível: <https://doi.org/10.5216/bgg.v35i3.38839>. Acesso: 05 jan. 2019.
- Diniz, T. G., 2019. Vulnerabilidade ao desabastecimento em situação de intermitência no abastecimento de água. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande.
- Feitosa, F. A. C. (Coord.) et al., 2008. *Hidrogeologia: conceitos e aplicações*. 3 ed. Rio de Janeiro: CPRM-LABHID. 812 p. Recife.
- Foster, S., Hirata, R, 1988. Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data. WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual. Lima, Peru.
- Guerra, A. J. T. et al., 2009. 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. Anais...São Paulo.
- Hohenthal, J., Minoia, P., 2017. Social aspects of water scarcity and drought. in Eslamian S. and Eslamian F.A. (eds). Handbook of Drought and Water Scarcity. Principle of Drought and Water Scarcity. CRC Taylor and Frances, 607-626. <https://iris.unito.it/handle/2318/1704077#.YU3bNLhKjIU>. Acesso: 19 set. 2021.
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística, 2018. MUNIC - Aspectos gerais da gestão da política de saneamento básico. Rio de Janeiro.
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística, 2017. MUNIC - Perfil dos Municípios Brasileiros: Gestão de Riscos e Respostas a Desastres. Rio de Janeiro. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/caico/pesquisa/1/89503?ano=2017>. Acesso: 17 mar. 2019.
- IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística, 2017. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. [s.n.] Disponível: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/meio-ambiente/9073-pesquisa-nacional-de-saneamento-basico.html?=&t=resultados>. Acesso: 15 set. 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Censo demográfico 2010. Rio de Janeiro. Disponível: <https://cidades.ibge.gov.br/> Acesso: 09 jan. 2019.
- IDEMA. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte, 2018. SigaWEB. Disponível: <http://sistemas.idema.rn.gov.br:8080/i3geo/>. Acesso: 12 jul. 2019.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2007. CPTEC/INPE lança homepage para monitorar seca. Disponível: http://www.inpe.br/urc/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=1093. Acesso: 02 dez. 2020.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2015. Projeto mapeia vulnerabilidade da população a secas em municípios do semiárido. Disponível: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3999. Acesso 12 dez. 2020.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2016. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN). Sistema de Alerta Precoce de Secas e Desertificação (SAP). Disponível: <http://www.dsr.inpe.br/laf/sap/>. Acesso: 09 jan. de 2021.
- IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change, 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp. Disponível: <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg2/>. Acesso: 12 jul. 2018.
- IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change, 2012. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the intergovernmental panel on climate change. 1th ed. Londres: Cambridge University Press. Disponível: http://ipcc-wg2.gov/SREX/images/uploads/SREX-All_FINAL.pdf. Acesso: 25 ago. 2014.
- Jensen, O., Wu, H., 2018. Urban water security indicators: Development and pilot. Environmental Science and Policy 83, 33–45. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.02.003>. Acesso: 19 set. 2021.
- Macedo, Y. M., 2015. Vulnerabilidade socioambiental no Bairro Mãe Luiza, Natal-RN/ Brasil. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.
- Macedo, Y. M., Troleis, A. L., 2020. Risco De Desabastecimento Hídrico na Região Oeste do Rio Grande do Norte, Brasil. Geosaberes, 11, p. 532-550. Disponível: <https://doi.org/10.26895/geosaberes.v11i0.1074>. Acesso: 15 set. 2020.
- Marandola J. E., Hogan, D. J., 2004. As dimensões da Vulnerabilidade. São Paulo em Perspectiva [online], v. 20, n. 1. p. 33-43. Disponível: http://produtos.seade.gov.br/produtos/spp/v20n01/v20n01_03.pdf. Acesso: 15 ago. 2016.
- Marengo, J. A., 2008. Vulnerabilidade, impactos e adaptação do clima no semiárido do Brasil. 2008. Parcerias estratégicas [online]. N° 27, p 1-5. Disponível: http://seer.cgee.org.br/index.php/parcerias_estrategicas/article/viewFile/329/323. Acesso: 16 out. 2020
- Marengo, J.A., 2009. Mudanças Climáticas e Eventos Extremos no Brasil. Dagema Comunicação. Rio de Janeiro. 76 p.
- Medeiros, M. D., 2018. Eventos hidroclimáticos extremos e vulnerabilidade socioambiental a

- inundações no Baixo-Açu - RN. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza.
- Medeiros, M. D., 2014. Vulnerabilidade Social E Exposição A Riscos Naturais No Município De Natal, RN. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal.
- Nabi, G., Ali, M., Khan, S., Kumar, S., 2019. The crisis of water shortage and pollution in Pakistan: risk to public health, biodiversity, and ecosystem. *Environmental Science and Pollution Research* 26, 10443–10445. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04483-w>. Acesso: 20 set. 2021.
- Oliveira, F. L. S. de., 2018. Indicadores De Vulnerabilidade e Risco Local: O Caso Do Município de Pacoti, CE. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza.
- Paungartten, S. P. L., Costa, N. O., 2020. Segurança Hídrica e Vulnerabilidade Hídrica Em Moçambique-África. in Monteiro, J. B., Caracristi, I., Almeida L. Q. Clima, recursos hídricos e tecnologias sociais no semiárido. *Sertão Cult*, 119-136. <https://editorasertaocult.com/10-35260-87429397-2020/>. Acesso: 20 set. 2021.
- Pfaltzgraff, P. A. dos S.; Torres, F. S. de M. (Org.), 2010. Geodiversidade do Estado do Rio Grande do Norte. 1 ed. Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Recife. Disponível: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16773>. Acesso: 24 abr. 2016.
- PMBJ. Prefeitura Municipal de Bom Jesus, 2017. Plano Municipal De Saneamento Básico: Diagnóstico Preliminar Dos Sistemas De Saneamento Básico Do Município De Bom Jesus/RN. Apoio Técnico FUNASA/UFRN. Bom Jesus.
- Rosendo, E. E. Q., 2014. Desenvolvimento de indicadores de vulnerabilidade à seca na região semiárida brasileira. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. Disponível: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5536>. Acesso: 20 dez. 2021.
- Rosendo, E. E. Q.; Filgueira, H. J. A.; Silva, T. C.; Souza, B. I.; Junior, M. H. S., 2017. Determination and application of drought vulnerability indexes in the semi-arid region of Brazil, *GAIA Scientia* [online]. Volume 11(2): 45-56. Disponível: 10.22478/ufpb.1981-1268.2017v11n2.31778. Acesso em: 10 out. 2019.
- Sales, C. B., Almeida L. Q., 2019. Diagnóstico da Exposição aos Riscos de Movimento de Massa e Alagamento em Comunidades do Município de Alagoa Nova, Paraíba / Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 12, n 7. <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/242556>. Acesso: 19 set. 2021.
- Saavedra, J., Marchezini, V., 2020. Procesos de recuperación posdesastre en contextos biopolíticos neoliberales: los casos de Chile 2010 y Brasil 2011. *ÍCONOS Revista de Ciencias Sociales* 24, n 66, 131-148. <https://doi.org/10.17141/iconos.66.2020.3987>. Acesso: 19 set. 2021.
- SEMARH. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do RN, 2014. A Gestão De Recursos Hídricos no Rio Grande Do Norte Em Períodos de Grande Escassez. Joana Darc Medeiros. Apresentação no Dia Mundial da Água. 22 de mar. 2014. 22 slides.
- SEMARH. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do RN, 2019. Banco De Dados Geográficos: Cadastro De Poços. Disponibilizado em meio digital (shapefile).
- SERHID. Secretaria De Estado Dos Recursos Hídricos, 1998. Plano Estadual de Recursos Hídricos. (relatório síntese). Governo do Rio Grande do Norte. Natal.
- Smith, K., 2001. *Environmental Hazards: assessing risk and reducing disaster*. 3th ed. Routledge. London.
- Souza K. O. C., Fracolli L. A., Ribeiro C. J. N., Menezes A. F., Silva G. M., Santos A. D., 2021. Quality of basic health care and social vulnerability: a spatial analysis. *Rev Esc Enferm. USP*. <https://doi.org/10.1590/1980-220X-REEUSP-2020-0407>. Acesso: 19 set. 2021.
- SRHCE. Secretaria Dos Recursos Hídricos Do Ceará, 2018. Plano De Ações Estratégicas De Recursos Hídricos Do Ceará. Governo do Ceará. Fortaleza.
- Troleis, A. L. Silva, B. L., 2018. Do polígono das secas à vulnerabilidade ao colapso hídrico: uma análise do território do Rio Grande Do Norte – *Revista Geosertoes* [online]. Disponível: <http://revistas.ufcg.edu.br/cfp/index.php/geosertoes/article/view/524>. Acesso: 15 de Jul de 2019.
- Troleis, A. L., Silva, B. L., 2018. Os recursos hídricos do Rio Grande do Norte: uma análise da vulnerabilidade territorial ao colapso no abastecimento de água, *Confins* [online]. Disponível:

- <http://journals.openedition.org/confins/12901>. Acesso: 07 jun. 2020.
- Tzanakakis, V. A., Paranychianakis, N. V., Angelakis, A. N. 2020. Water Supply and Water Scarcity. *Water* 12, no 9. <https://doi.org/10.3390/w12092347>. Acesso: 20 set. 2021.
- UNISDR. International Strategy for Disaster Reduction, 2009. Terminology on Disaster Risk Reduction. Disponível em: <<https://www.preventionweb.net/files/7817UNISDRTerminologyEnglish.pdf>>. Acesso: 15 jul. 2018.
- Valdés-Pineda, R. ; García-Chevesich, P. ; Valdés, JB; Pizarro-Tapia, R., 2020. O primeiro lago de secagem no Chile: causas e opções de recuperação. *Água*, 12. <https://doi.org/10.3390/w12010290>. Acesso: 20 set. 2021.
- Veyret, Y., 2007. Os Riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. 1 ed. Editora Contexto. São Paulo.
- Welle, T. Birkmann, J., 2015. The World Risk Index – An Approach to Assess Risk and Vulnerability on a Global Scale. *Journal of Extreme Events* [online]. Vol. 02, No. 01. Disponível: <https://doi.org/10.1142/S2345737615500037>. Acesso: 24 set. 2017
- White, G. F.; Kates, R. W.; Burton, I., 2001. Knowing better and losing even more: the use of knowledge in hazards management. In: *Environmental hazards*. V. 3, n. 3-4, set./dez. p. 81-92.