



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR – CCTA
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL - UACTA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

SÍLVIA MARIA GALVÃO DE ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DO RISCO AO DESABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO
DE CRUZETA/RN: UM ESTUDO DE CASO**

POMBAL/PB

2021

**AVALIAÇÃO DO RISCO AO DESABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO
DE CRUZETA/RN: UM ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
Campus Pombal/PB, como parte das exigências para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador (a): Prof. Ma. Sinara Martins Camelo

POMBAL/PB

2021

A663a Araújo, Sílvia Maria Galvão de.
Avaliação do risco ao desabamento de água no município de Cruzeta/RN: um estudo de caso / Sílvia Maria Galvão de Araújo. - Pombal, 2021.
41f. : il. Color

Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2021.
"Orientação: Profa. Ma. Sinara Martins Camelo".
Referências.

1. Gestão de Recursos Hídricos. 2. Segurança Hídrica. 3. Regularidade. 4. Qualidade. 5. Indicadores. 6. Prestação de Serviço. 7. Vulnerabilidade. I. Camelo, Sinara Martins. II. Título.

CDU 556.18(043)

SÍLVIA MARIA GALVÃO DE ARAÚJO

**AVALIAÇÃO DO RISCO AO DESABASTECIMENTO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO
DE CRUZETA/RN: UM ESTUDO DE CASO**

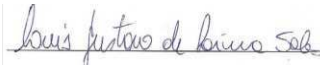
Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG
Campus Pombal/PB, como parte das exigências para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Pombal, 06 de Outubro de 2021.

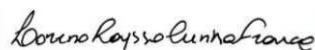
BANCA EXAMINADORA



Ma. Sinara Martins Camelo
Orientadora
UACTA/UFCG



Dr. Luís Gustavo de Lima Sales
Examinador Interno
UACTA/UFCG



Ma. Lorena Rayssa Cunha França
Examinador Externo
Engenheira Pesquisadora
CTRN/UFCG

*Aos meus pais, principalmente a minha mãe, por todo o empenho em educar-me e guiar-me para as estradas corretas da vida. Ao meu irmão por todas as orações, companheirismo e por sempre acreditar em mim.
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter seguido lado a lado comigo nessa jornada que aceitei trilhar para a minha vida, sempre me amparando em seus braços de Pai, para que conseguisse concretizar esse projeto, me dando força, saúde e sabedoria para que todos os dias pudesse continuar em harmonia com os estudos, alcançando o sucesso nas atividades realizadas.

Aos meus pais Maria do Socorro Galvão e José Evaldo de Araújo, irmãos Isaias Galvão e Matheus Henrique, avôs Antônia Lobo (*in memoriam*), Geraldo Galvão (*in memoriam*), Maria Das Neves e José Gomes e demais familiares, que apesar da distância física conseguiram se fazer presentes. Aos esforços, principalmente da minha mãe, que, em momento algum me deixou faltar nada, nunca vão ser esquecidos, grata por todo o amor.

Aos colegas da faculdade, apartamentos e vizinhos que me ajudaram a dividir momentos de alegria e de angústia, vocês foram essenciais para que esses longos anos se fizessem memoráveis.

Aos professores, alguns mais sérios e outros mais amáveis, levarei os ensinamentos de sala de aula, e de fora dela, para toda a minha vida, grata por todos os conhecimentos compartilhados. Sem dúvidas, tive os melhores e todos possuem um lugar especial no meu coração.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta minha trajetória, e em nome de Joatan Ribeiro, Seu Geraldo Alves, Padrinhos e Madrinhas, Wily Santos, Wildon Silva, Carlos Augusto, Larissa Batista, Fernanda Karolline, Augusto Medeiros, José Gabriel, recebam o meu muito obrigada e saibam que sempre podem contar com meu ombro amigo, jamais conseguirei transformar em atos a minha gratidão à todos.

Aos funcionários da instituição, por todo apoio, conversas, conselhos, e por proporcionarem um ambiente agradável e harmonioso para que pudéssemos desenvolver nossas atividades como discentes do campus.

Por fim, à orientadora Sinara Martins, que apesar de me acompanhar em uma única disciplina da graduação em meio ao início da pandemia do Covid-19, e sem me conhecer pessoalmente, aceitou esse desafio de orientação em período de desgaste físico e mental, ao qual estamos vivendo no mundo inteiro; à senhora, tenho eterno reconhecimento pela confiança depositada, compreensão e cobranças.

RESUMO

A água é um componente vital para sobrevivência dos seres vivos. As alterações climáticas são requisitos importantes no ciclo hidrológico e conseqüentemente na disponibilidade de água para a população, provocando por vezes, desequilíbrios econômico-sociais. O desabastecimento hídrico é um risco que leva a população a um nível de vulnerabilidade, uma vez que as políticas públicas que promovem infraestruturas aos usos hídricos e funcionalidade aos sistemas de abastecimento não abrangem todo o território deixando por vezes a população à mercê de como resistir aos efeitos ocasionados pelo desabastecimento. Pensando nisso, este trabalho tem como objetivo analisar o risco ao desabastecimento de água em situações de descontinuidade no Sistema de Distribuição de Água Tratada (SDAT) na cidade de Cruzeta/RN. Para isso, foram utilizados indicadores, informações da Prefeitura Municipal, além de dados censitários, e questionários, em uma quantidade amostral, que possuem um caráter quantitativo, descritivo e exploratório, com a finalidade de avaliar a vulnerabilidade da população local nessa situação de intermitência no que diz respeito aos indicadores do âmbito social e ambiental. Os resultados evidenciaram que a identificação das zonas mais vulneráveis direciona a atuação dos poderes públicos e privados principalmente na gestão de recursos hídricos por meio de intervenções nesses territórios que têm necessidade de certa urgência. Assim, foi possível perceber também as condições socioambientais entre os bairros da cidade, onde tais condições apresentam diferenciais. Assim, o bairro Santo Antônio, seguido do Novo Horizonte, apresentou em grande parte dos indicadores ligação negativa, ou seja, se apresentou como o mais vulnerável.

Palavras-chave: Segurança hídrica; Regularidade; Qualidade; Indicadores; Prestação de serviço; Vulnerabilidade.

ABSTRACT

Water is a vital component for the survival of living beings. Climate change is an important requirement in the hydrological cycle and consequently in the availability of water for the population, sometimes causing economic and social imbalances. Water shortages are a risk that leads the population to a level of vulnerability, since public policies that promote infrastructure for water uses and functionality of supply systems do not cover the entire territory, sometimes leaving the population at the mercy of how to resist the effects caused by shortages. With this in mind, this work aims to analyze the risk of water shortages in situations of discontinuity in the Treated Water Distribution System (SDAT) in the city of Cruzeta/RN. For this, indicators, information from the City Hall, in addition to census data, and questionnaires were used, in a sample quantity, which have a quantitative, descriptive and exploratory character, in order to assess the vulnerability of the local population in this situation of intermittence in the with regard to indicators in the social and environmental sphere. The results showed that the identification of the most vulnerable zones directs the actions of public and private authorities, mainly in the management of water resources through interventions in these territories that are in need of some urgency. Thus, it was also possible to perceive the socio-environmental conditions between the districts of the city, where such conditions present differences. Thus, the Santo Antônio neighborhood, followed by Novo Horizonte, had a negative link in most of the indicators, that is, it presented itself as the most vulnerable.

Keywords: Water security; Regularity; Quality; Indicators; Service provision; Vulnerability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma da metodologia utilizada.	20
Figura 2. Mapa do estado do Rio Grande do Norte com ênfase para a localização da cidade de Cruzeta/RN.	21
Figura 3. Gráfico do Grupo Situação de Posse	29
Figura 4. Gráfico do Grupo Saneamento e Abastecimento de Água.....	30
Figura 5. Gráfico do Grupo Quantidade de Componentes	31
Figura 6. Pirâmide Etária Representando o Grupo Dependência por Faixa Etária.	31
Figura 7. Gráfico do Grupo Rendimento Familiar.....	32
Figura 8. Gráfico do Grupo Capacidade Adaptativa.	33
Figura 9. Gráfico do Grupo Risco Hidráulico.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Vulnerabilidade socioambiental: temas e grupos	22
Quadro 2- Condições domiciliares: grupo e indicadores.....	23
Quadro 3- Infraestrutura urbana: grupos e indicadores.....	23
Quadro 4 - Composição familiar e dependência: grupos e indicadores	24
Quadro 5 - Renda média mensal: grupos e indicadores	25
Quadro 6 - Capacidade de reserva: grupos e indicadores.....	26
Quadro 7 - Risco hidráulico: grupos e indicadores.....	26

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CCTA – Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar

CPRM – Sistema Geológico do Brasil

E – Margem de erro ou erro máximo de estimativa.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGVSB – Índice Geral de Vulnerabilidade Socioambiental por Bairro

INSA – Instituto Nacional do Semiárido

n – Número de indivíduos da amostra

PB – Paraíba

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

RN – Rio Grande do Norte

SDAT – Sistema de Distribuição de Água Tratada

SIG – Sistema de informações geográficas

SM – Salário Mínimo

SNIS – Sistema Nacional de Informações de Saneamento

UACTA – Unidade Acadêmica de Ciência e Tecnologia Ambiental

UFMG – Universidade Federal de Campina Grande

$Z_{\alpha/2}$ – Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1 Geral	14
2.2 Específicos	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 O problema da escassez de água nas cidades do Nordeste	15
3.2 Vulnerabilidades e desigualdades no abastecimento de água	16
3.3 Metodologias de avaliação da vulnerabilidade	18
4. METODOLOGIA	20
4.1 Área de estudo	20
4.2 Seleção dos indicadores de vulnerabilidade	22
4.3 Aquisição dos dados	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37
APÊNDICE A – ENTREVISTA EXPLORATÓRIA APLICADA A UMA AMOSTRA DA POPULAÇÃO DO CIDADE DE CRUZETA/RN.	41

1. INTRODUÇÃO

A água, componente vital para sobrevivência dos seres vivos, detém papel fundamental no desenvolvimento econômico e na evolução da humanidade, sem esquecer da função social que desempenha. Não obstante, a qualidade e a disponibilidade dos recursos hídricos vêm continuamente sendo ameaçadas. Ao mesmo tempo, a possibilidade da escassez hídrica em algumas regiões do planeta pode fazer com que esse recurso natural se torne um dos mais disputados dos próximos tempos, trazendo à tona questões de planejamento, gestão, gerenciamento e segurança hídrica desse recurso (LEITE, 2020).

As mudanças climáticas são importantes no ciclo hidrológico e na disponibilidade de água, pois os eventos hidrológicos extremos, sejam eles de seca ou chuvas torrenciais, decorrentes dessas mudanças, precisam ser investigados. Contudo, as consequências dessas mudanças vão variar conforme a localização geográfica, clima da região, uso e ocupação da bacia e as características específicas dos sistemas aquáticos, enquanto algumas zonas da região tropical são previstas altas precipitações, em outras, como o Nordeste brasileiro, inserido na região semiárida tropical, estão previstas uma diminuição nas precipitações (JEPPESEN *et al.*, 2015).

Na região semiárida brasileira, muitos reservatórios estão expostos à alta taxa de evaporação e efeitos do déficit hídrico, causando significativo decaimento no volume dos mesmos durante o período de seca. Essa mudança no volume pode alterar as condições físico-químicas, biológicas e a qualidade da água do corpo hídrico. A qualidade da água tende a diminuir enquanto a estação da seca se estende, acarretando sérios danos no suprimento regional de água. Por isso, o monitoramento e a gestão ambiental são extremamente relevantes e devem ser constantemente aplicados nessa região (DINIZ, 2017).

Segundo Diniz (2019), a junção da instabilidade na oferta de água adotada por necessidade em situações de crise hídrica associada a expansão territorial e o crescimento populacional geram impactos, principalmente, para a parcela da população que se encontra refém da calamidade associada à marginalização no espaço urbano, pois encontram-se mais vulneráveis de acordo com suas características sociais, físicas e de adaptação.

Macedo (2020), enfatiza que o desabastecimento hídrico é um risco que leva a população a um nível de vulnerabilidade, uma vez que as políticas públicas que promovem infraestruturas aos usos hídricos e funcionalidade aos sistemas de abastecimento abrangem todo o território estadual deixando por vezes a população à mercê de como resistir aos efeitos ocasionados pelo desabastecimento e como lidar com as adversidades.

A Lei do Saneamento, recentemente atualizada pela Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020, apresenta o saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

Desse modo, considerando o abastecimento de água como um dos quatro conjuntos de serviços que o compõe, pode-se observar na atualidade, a existência de uma série de dificuldades e deficiências quanto à dinâmica e desempenho do Sistema de Distribuição de Água Tratada (SDAT) ao consumidor final, acarretando possível nível de vulnerabilidade as localidades desassistidas com a descontinuidade do sistema.

Existem justificativas para tal descontinuidade operacional, como por exemplo o sistema de racionamento, rodízio e até mesmo o nível crítico de colapso no abastecimento de água devido fenômenos climáticos causados pela insuficiência de precipitação pluviométrica. Entretanto, existem saídas tecnológicas para tais acontecimentos, como as estações de bombeamento, estratégias de manobras no sistema, sistema de armazenamento de água, entre outras.

Assim, entender a problemática que cerca a descontinuidade do SDAT é de fundamental relevância para difundir o assunto com argumentos fundamentados, principalmente onde essa temática ainda não foi explorada, trazendo assim aos órgãos responsáveis práticas possíveis de serem colocadas em andamento para o adequado funcionamento dos sistemas.

Desse modo, esse trabalho tem como objetivo avaliar o risco ao desabastecimento de água na cidade de Cruzeta, localizado no interior do Rio Grande do Norte, na microrregião do Seridó, como maneira de contribuir com dados e informações que possam reduzir a exposição da população à falta de água na rotina das pessoas, em situações de crise hídrica ou não.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar o risco ao desabastecimento de água em situações de descontinuidade no Sistema de Distribuição de Água Tratada (SDAT) na cidade de Cruzeta/RN.

2.2 Específicos

- Selecionar os principais indicadores que apontem para uma possível situação de vulnerabilidade social, física e de adaptação;
- Diagnosticar os bairros mais afetados pelo não abastecimento;
- Propor medidas mitigadoras para reduzir a exposição à falta de água da população avaliada.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O Polígono das Secas apresenta regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas, no tempo e no espaço. Nesse cenário, a escassez de água constitui forte entrave ao desenvolvimento socioeconômico e, até mesmo, à subsistência da população. A ocorrência cíclica das secas e seus efeitos catastróficos são por demais conhecidos e remontam aos primórdios da história do Brasil (CPRM, 2005).

Nesse contexto se insere a região semiárida do Nordeste brasileiro, que está numa situação de vulnerabilidade devido à exploração desordenada dos recursos naturais, a partir de modelos de desenvolvimento impostos que desconsideram a realidade dos ecossistemas locais. A falta de equilíbrio no bioma caatinga é fruto de uma exploração que não se preocupou em conhecer e manter o ritmo natural dos ecossistemas locais (MEDEIROS, 2017).

Enfatiza-se ainda o fato de que a região semiárida tem sofrido, historicamente, e de forma contínua, os efeitos de frequentes e prolongadas estiagens, com sérias consequências para a sua população. As causas e fatores são bastante conhecidos, mas ainda a necessidade de trazer políticas públicas consistentes e bem estruturadas para o enfrentamento dessa problemática. O gerenciamento desses escassos recursos hídricos é condição indispensável, embora insuficiente, para a superação da situação de subdesenvolvimento econômico e social da região semiárida do Nordeste brasileiro (CIRILO et al., 2008).

3.1 O problema da escassez de água nas cidades do Nordeste

Segundo a Organização Meteorológica Mundial (1997), estima-se que a população do planeta alcançará um percentual de 10 a 12 bilhões de pessoas por volta do ano 2050, ou seja, o dobro da estatística atual. Todavia, a quantidade de recursos naturais disponíveis hoje será a mesma para atender à demanda futura, especialmente no que diz respeito a mantimentos e água.

A seca é uma das características mais marcantes quando se fala do Nordeste por outras regiões do Brasil, seguida pelo discurso midiático e político que a descreve como a região da pobreza, miséria, do subdesenvolvimento, com fisionomia de seus ocupantes estereotipadas. Tais aspectos, com ênfase na ausência de chuvas, ancoram discursos políticos que objetivam o apoio popular, se propagam por várias décadas, permitindo que os próprios nordestinos se considerem em condição de subalternidade (SOUTO, 2017).

Conforme o Instituto Nacional do Semiárido (INSA-2012), 20,4% dos municípios do Brasil são integrantes do Semiárido. O Nordeste lidera o quantitativo, contendo 1050 dos 1135 municípios a âmbito nacional inseridos no espaço geográfico do semiárido. O Rio Grande do Norte, composto por 167 municípios, tem 147 nesse espaço.

Apesar de o semiárido nordestino ser uma das regiões que possuem o clima semiárido com maior capacidade de armazenamento de água do mundo, seus reservatórios são a céu aberto, além de não haver manutenção periódica para desassoreamento e recuperação de matas ciliares, o que facilita a evapotranspiração que, de acordo com Malvezzi (2007), é três vezes maior que os índices de precipitação.

Nessa perspectiva, a problemática que envolve os efeitos da seca está diretamente relacionada às tamanhas limitações dos recursos hídricos, visto que tal fenômeno climático está presente principalmente no Nordeste do Brasil, correspondendo basicamente a área localizada no interior, qual seja, o semiárido (RABELO; LIMA NETO, 2018).

Para analisar tal fenômeno é preciso compreender que a sua definição se fundamenta na redução do índice pluviométrico de uma região por determinado tempo de duração, grau de intensidade e a sua abrangência, provocando a ocorrência de resultados diversos para o ambiente ao qual está submetido a este fenômeno, variando desde a limitação na produção agropecuária, intensas migrações, mortes humanas e animais, como também a escassez de água nos reservatórios da região (DANTAS, 2018).

A falta de organização/precaução aos eventos de seca sempre foi questionável no estado do Rio Grande do Norte, no contexto do Semiárido Brasileiro, pois nos períodos chuvosos não são elaboradas ações de infraestrutura e políticas públicas efetivas. No entanto, salienta-se o alicerce resistente às intempéries do fenômeno da seca construído pelo povo que ali reside, por ser, conseqüentemente, uma área marcada pelo desabastecimento hídrico, pela estiagem prolongada associada à vulnerabilidade social da população, o que contribui para a elevação do risco dessa variedade de desastre, deixando marcado na história os períodos de secas severas vivenciadas no passado (MACEDO, 2020).

3.2 Vulnerabilidades e desigualdades no abastecimento de água

Os sistemas de abastecimento de águas são infraestruturas complexas que têm por finalidade captar água bruta de acordo com as disponibilidades e necessidades, produzir água potável através da água bruta captada obedecendo às normas de qualidade, armazenar e distribuir essa água para a população de forma adequada e confiável. A regularidade no

fornecimento de água é o diferencial nesses sistemas para os sistemas de abastecimento de água intermitentes, pois é a forma pela qual muitas pessoas têm acesso à água no mundo de hoje (DINIZ, 2019).

Projetados para atender à população de forma ininterrupta, os sistemas de abastecimento de água têm, no entanto, sofrido com a ocorrência mais frequente do funcionamento intermitente, o qual ocorre quando o serviço de abastecimento de água fica disponível aos usuários menos de 24 horas por dia, sendo um fator indesejável, por ocasionar problemas estruturais e/ou operacionais, ou por situações de escassez de água, tais como a redução da disponibilidade hídrica provocada pela variabilidade climática e pela degradação das bacias hidrográficas; a crescente demanda decorrente do crescimento populacional e as dinâmicas econômicas locais, regionais e nacionais (ILAYA-AYZA et al., 2017, SIMUKONDA; FARMANI; BUTLER, 2018).

O abastecimento de água, um dos segmentos do saneamento básico tornou-se, na atualidade, sem demérito dos demais, um dos principais temas de discussão no Brasil. Conforme com Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) em 2018, 35 milhões de brasileiros não tinham acesso à água potável, fator preocupante na medida em que afeta diretamente a saúde da população. Os sistemas de distribuição de água são compostos por instalações que tem por finalidade fornecer água com qualidade, regularidade e de forma acessível para a população, além de respeitar os interesses dos usuários e dos mananciais utilizados, pensando nas presentes e futuras gerações (HELLER; PÁDUA, 2006).

As análises de vulnerabilidade dos usuários domésticos a tais situações indesejáveis são importantes para identificação das zonas do sistema que necessitam de ajustes para redução dos prejuízos aos usuários lá localizados, e frequentemente são realizadas agregando indicadores que representam os fatores associados aos impactos. Ao agregar esses indicadores é possível comparar diferentes graus de vulnerabilidade (CUTTER et al. 2003).

Diante disso, a Constituição Federal, em 1988, instaura o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à sadia qualidade de vida, assim como define atribuições no setor de saneamento aos três níveis de governo (União, Estado e Município) no que tange a: instituir diretrizes para o saneamento básico, promover programas de melhorias das condições de saneamento e, organizar e prestar os serviços públicos de interesse local (diretamente ou sob regime de concessão) (BRASIL, 1988). Ademais, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) estabelece a água como recurso natural limitado, de domínio público e dotado de valor econômico (BRASIL, 1997).

A Lei Federal Nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, estabelece as diretrizes nacionais

para o saneamento básico. Com base no art. 3º desta lei, o saneamento básico é um conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais.

Entretanto, Favretto et al. (2016) ressalta que muitos dos sistemas de abastecimento de água vêm apresentando falhas, sejam elas provenientes da falta de manutenção adequada na rede de distribuição, aplicação de tratamentos insatisfatórios, possíveis erros na projeção do crescimento populacional dos municípios ou da necessidade de atendimento em alta demanda atrelada à crescente escassez hídrica provocadas pelas mudanças climáticas.

Com isso, a partir desse questionamento sobre prováveis erros do sistema, o ser humano é capaz de sentir que os impactos causados têm aumentado consideravelmente em áreas urbanas, sendo consequência, sobretudo, de uma combinação de efeitos relacionados a fatores socioeconômicos, demográficos, científicos, entre outros (MENDONÇA; LEITÃO, 2008).

3.3 Metodologias de avaliação da vulnerabilidade

A vulnerabilidade tem sido aceita como processo com seguimento nos resultados de sistemas socioeconômicos que põe as pessoas em risco. Segundo Krellenberg *et al.*, (2017), a vulnerabilidade se enquadra no tocante à maneira com que a população está submetida ao risco de acordo com sua susceptibilidade a suportar danos e sua capacidade para enfrentar, abordar, gerenciar e superar os impactos negativos do desastre.

Cutter et al. (2003), enfatizam que o maior problema no estudo da vulnerabilidade é não possuir um meio adaptável para identificar e mensurar os riscos e as vulnerabilidades ao desastre. Desse modo, cada pesquisa inclina-se a conectar os indicadores às causas de degradação ou impactos às quais o seu objeto de trabalho está predestinado.

Tais indicadores são avaliados com base na seleção de que retratam investigações ligadas aos riscos, demonstrando as dimensões da vulnerabilidade. Ao considerar que a identificação e mensuração deve reproduzir as condições particulares da realidade de cada localidade, principalmente no que diz respeito aos fatores socioeconômicos e culturais (BIDÔ, 2016).

Figueirêdo *et al.* (2010), apresentam um método de Vulneragri, no qual se classifica a vulnerabilidade ambiental das bacias hidrográficas aplicando-se dezessete (17) indicadores subdividido em três (3) critérios de avaliação (exposição, sensibilidade do meio e capacidade de resposta) e elabora-se, ao final, um índice que retrata tamanha vulnerabilidade.

Ferrer *et al.* (2018), desenvolveram um indicador onde se fez necessário identificar os

elementos envolvidos na vulnerabilidade da população ao desabastecimento de água de São José dos Campos (SP), utilizando variáveis socioeconômicas a fim de entender o perfil da população mais atingida pela escassez hídrica a partir de dados censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Maior (2014), aponta o Índice Geral de Vulnerabilidade Socioambiental por Bairro (IGVSB), e contou como suporte a sistemática de trabalhos de Deschamps (2004), Hogan (2007), Alves et al. (2010), Almeida (2010) e Pessoa (2012). De modo que, o sistema culminou em vinte e nove (29) indicadores socioeconômicos e cinco (05) ambientais, agrupados em oito (8) temas e em quatorze (14) grupos.

A metodologia aplicada consiste em pesquisa bibliográfica associada a uma investigação exploratória, levantamentos de dados e aplicação do IGVSB. Utiliza de linguagem quantitativa, ao evidenciar o nível de vulnerabilidade socioeconômica da população; a cartografia para expressar os dados quantitativos encontrados em mapas cartográficos da cidade; e a qualitativa que retrata a situação de vulnerabilidade da população local com investigação *in loco* nas dimensões socioeconômica e ambiental (OLIVEIRA, 2018).

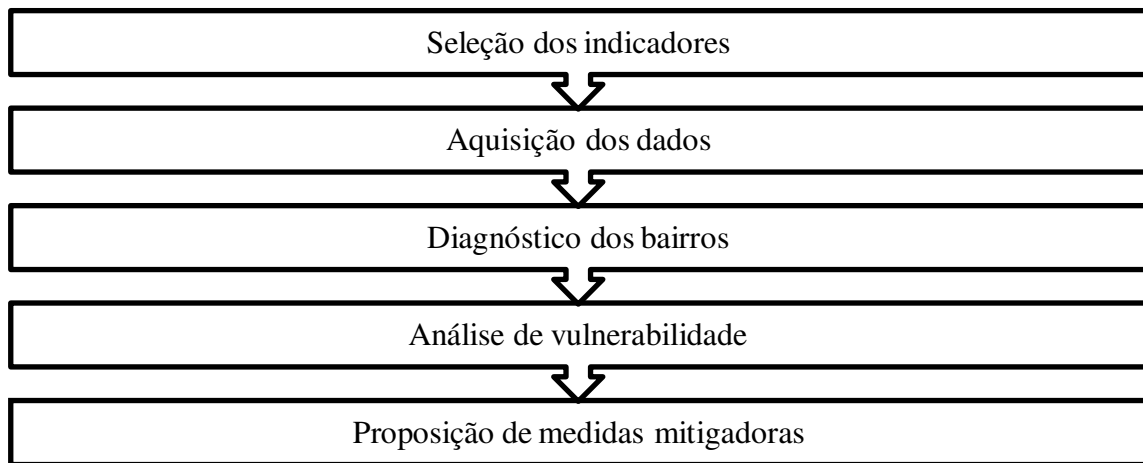
Desse modo, com a finalidade de unir informações todas as linhas de pesquisa acerca da vulnerabilidade têm contribuído gradativamente para combinar técnicas de acordo com cada característica peculiar dos estudos, gerando resultados satisfatórios nessa linha de pesquisa (DINIZ, 2019).

4. METODOLOGIA

De maneira a compreender a problemática que envolve a descontinuidade no SDAT, foram utilizados indicadores, informações da Prefeitura Municipal, além de dados censitários, e questionários com caráter quantitativo, descritivo e exploratório, com a finalidade de avaliar a vulnerabilidade da população local nessa situação de intermitência no que diz respeito aos indicadores do âmbito social e ambiental.

A metodologia proposta baseia-se em cinco (05) etapas expressas na Figura 01.

Figura 1. Fluxograma da metodologia utilizada.



Fonte: Autor, 2021.

4.1 Área de estudo

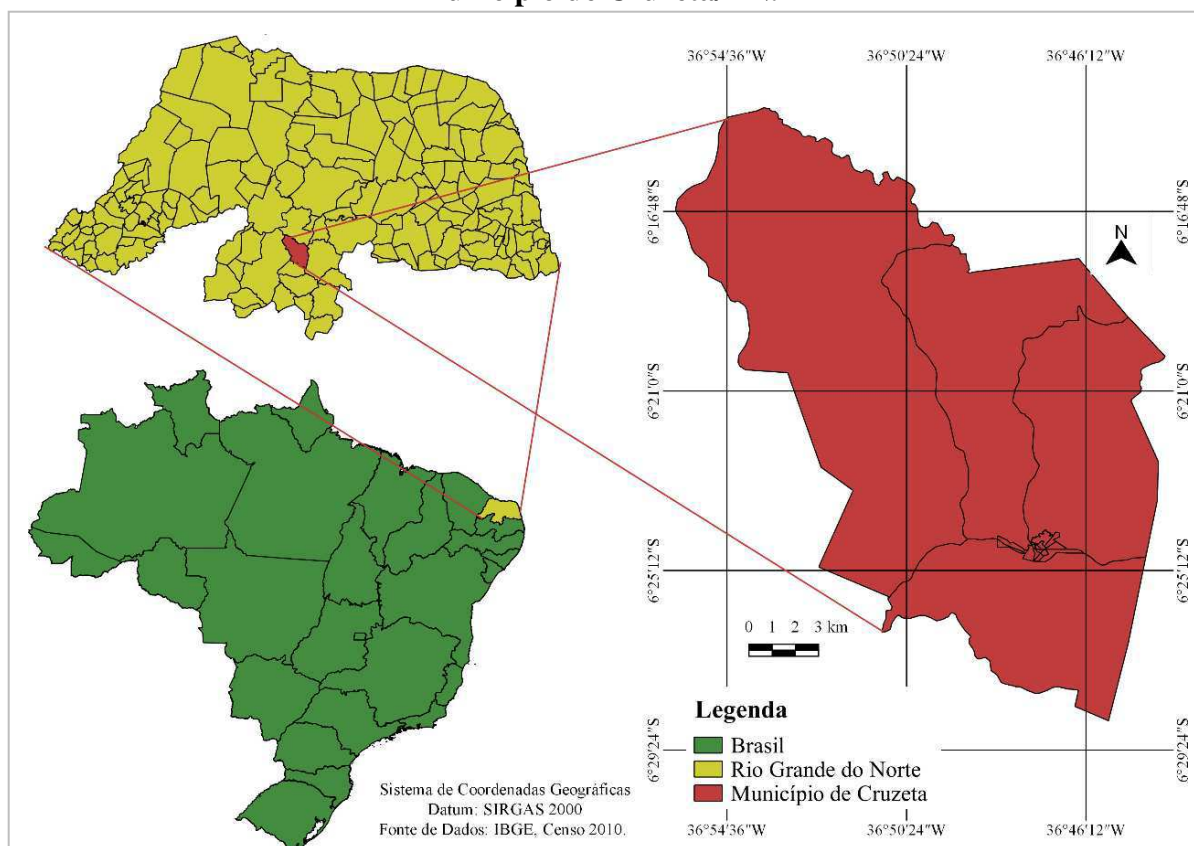
A área de estudo são os bairros Novo Horizonte, Centro e Santo Antônio, situados na cidade de Cruzeta, localizada na microrregião Seridó Oriental, fazendo parte da mesorregião Central Potiguar, do Estado do Rio Grande do Norte, Brasil (Figura 02). Localiza-se há cerca 230 km da cidade de Natal, capital do Estado e tem como coordenadas geográficas de posição 6° 26' de latitude Sul e 36° 35' de longitude Oeste de Greenwich e aproximadamente 230 m de altitude média.

No tocante à divisão político-administrativa, limita-se ao Oeste com os municípios de São José do Seridó e Caicó, ao Leste, com Acari, ao Norte, com Florânia, e ao Sul, com o município de Jardim do Seridó. De acordo com o último censo demográfico realizado pelo IBGE (2010), o município possui em sua área territorial 295,8 km², densidade demográfica de 26,93 hab/km², e população de 7.967 habitantes, estimada em 2018 pelo IBGE em 8.014

habitantes.

Quanto às características naturais, a área pertence ao bioma caatinga. Apresenta, em sua composição vegetal, características de formação de savana seca, composta de vegetação xerófila de porte arbóreo, arbustivo e herbáceo. No tocante ao clima, é classificado como semiárido quente com precipitação média de $550 \text{ mm}\cdot\text{ano}^{-1}$, sendo o período chuvoso concentrado nos meses de fevereiro a junho, e os demais apontados por uma expressiva crise hídrica (DINIZ, 2017).

Figura 2. Mapa do estado do Rio Grande do Norte com ênfase para a localização do município de Cruzeta/RN.










Fonte: Autor, 2021.

No que diz respeito ao reservatório da cidade, segundo o embasamento do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), designando-o como Açude Cruzeta, localizado dentro da bacia hidrográfica estadual do rio Piranhas/Açu, possui capacidade de $23.546.000 \text{ m}^3$ e profundidade máxima de 15 m. O mesmo foi projetado em 1910, porém sua construção deu-se início em 1920 e finalizou-se em 1929 pelo barramento do Riacho São José com o ponto de coordenadas geográficas dada pela Latitude $06^{\circ}24'32''\text{S}$ e Longitude $36^{\circ}48'01''\text{W}$ (FREITAS, 2008).

4.2 Seleção dos indicadores de vulnerabilidade

Ao propor avaliar a vulnerabilidade, esta pesquisa se volta a definir, a partir de uma seleção, determinados indicadores que se tornarão índices de vulnerabilidade socioambiental para os bairros da cidade de Cruzeta. Foi feita adaptação na metodologia desenvolvida por Maior (2014) e Diniz (2019), elencada seis (06) temas e oito (08) grupos, subdivididas em dezenoves (19) indicadores (Quadro 01).

Quadro 1- Vulnerabilidade socioambiental: temas e grupos.

Condições Domiciliares	 Situação de posse
Infraestrutura Urbana	 Saneamento
	 Abastecimento de Água
Composição Familiar e Dependência	 Quantidade de componentes
	 Dependência por faixa etária
Renda Média Mensal	 Rendimento Familiar
Capacidade de Reserva	 Capacidade Adaptativa
Risco Hidráulico	 Distanciamento do Reservatório

Fonte: Adaptado de Maior (2014) e Diniz (2019).

Maior (2014) e Diniz (2019), estabelecem em seus trabalhos uma espécie de ligação entre o indicador e o processo de vulnerabilidade como sendo positiva quando, à medida que a variável cresce ela contribui para diminuir a vulnerabilidade, e negativa, quando à medida que a variável cresce ela contribui para o aumento da vulnerabilidade.

Para o tema Condições domiciliares, foi analisado o grupo Situação de Posse, com três (03) indicadores (Quadro 02).

No grupo Situação de Posse, foi tido que as residências próprias ou em aquisição

demonstram ligação favorável com a vulnerabilidade socioambiental, auxiliando para a sua redução. Essa relação é respaldada na relevância dada ao local de habitação na cultura brasileira, visto que a casa própria é a garantia e a base física da sobrevivência (MAIOR, 2014).

Em domicílios considerados como alugados e cedidos, a correlação é negativa, visto que estabelece a relação de pagamento de uma locação, na qual nunca será da família, e normalmente o domicílio não atende às necessidades dela, já que o inquilino não detém de autoridade para reformá-los. Para os domicílios cedidos, este indicativo reflete no aumento da vulnerabilidade por não assegurar a estadia familiar por período definido (OLIVEIRA, 2018).

Quadro 2- Condições domiciliares: grupo e indicadores.

Grupo	Indicador
Situação de Posse	Pessoas morando em domicílios próprios ou de aquisição
	Pessoas morando domicílio alugado
	Pessoas morando em domicílio cedida para moradia

Fonte: Adaptado de Maior (2014).

Para o tema Infraestrutura Urbana, foram avaliadas as situações de saneamento e abastecimento de água e seus respectivos indicadores (Quadro 03).

Quadro 3- Infraestrutura urbana: grupos e indicadores.

Grupo	Indicador
Saneamento	Domicílio sem rede geral de esgoto ou pluvial
Abastecimento de Água	Domicílio sem abastecimento de água da rede geral
	Domicílio com abastecimento de água da rede geral ou por poço

Fonte: Adaptado de Maior (2014).

No tocante aos grupos do referido tema, considerou-se tais serviços urbanos como primordiais, pois são responsáveis no avanço ao desenvolvimento da qualidade de vida, saúde e segurança ambiental da população. A ausência/ineficiência na rede geral de esgoto e rede pluvial leva ao acréscimo da vulnerabilidade socioambiental, indicando, conseqüentemente, relação de negatividade, visto que tal grupo reflete na salubridade ocasionando a geração de futuros problemas a população local. Da mesma forma acontece para o grupo do abastecimento de água, onde relaciona-se os domicílios da população urbana com e sem rede geral de abastecimento, no qual a descontinuidade do mesmo favorece para a maximização da vulnerabilidade socioambiental, determinando, conseqüentemente, uma relação de negatividade (CORREIA, 2016).

O tema Composição Familiar e Dependência foi avaliado a partir dos grupos de quantidade de componentes e dependência por faixa etária e seus respectivos indicadores (Quadro 04).

Quadro 4 - Composição familiar e dependência: grupos e indicadores.

Grupo	Indicador
Quantidade de Componentes	Família com alta frequência de componentes
	Família com pessoas agregadas
Dependência por Faixa Etária	Pessoas com faixa etária até 14 anos
	Pessoas idosas (64 anos ou mais)

Fonte: Adaptado de Maior (2014).

No grupo Quantidade de Componentes, Oliveira (2018) ressalta que o indicador Famílias com alta frequência de componentes possui uma associação negativa, visto a demanda de um rendimento mensal significativo a fim de atender às despesas que uma família numerosa requer, além da realidade domiciliar carecer de cômodos suficientes para instalar uma grande quantidade de pessoas, necessidade essa que implica ainda mais na qualidade de vida daqueles que se encontram nessa situação. Em Famílias com pessoas agregadas, a relação estabelecida também é negativa por assimilar a presença de pessoas que não possuem elo com a família, ou

seja, não se trata de parente, convivente, pensionista ou empregado doméstico (MAIOR, 2014). A vulnerabilidade desse indicador implica no fato dos agregados não colaborarem para os custos do domicílio. Tal dependência financeira inclina-se a agravar a situação de vulnerabilidade.

Acerca da dependência, o ponto de vista a ser analisado refere-se à faixa etária de pessoas até 14 anos e pessoas idosas (64 anos ou mais), sendo essas as que demandam de cuidados – seja criança ou idoso – e ocasionam eventuais gastos para os responsáveis pelos domicílios, limitando, nas famílias mais vulneráveis, período produtivo de um integrante da família que necessita estar estudando ou trabalhando. Dessa maneira, os dois indicadores estabelecem associação de negatividade com a vulnerabilidade social (MAIOR, 2014).

Para o tema Renda, levou-se em consideração o grupo com três (03) indicadores (Quadro 05), os quais buscam fazer alusão ao rendimento acumulado da família, isto é, o somatório de todos os constituintes da família.

Quadro 5 - Renda média mensal: grupos e indicadores.

Grupo	Indicador
Rendimento Familiar	Família com rendimento de até 2 SM
	Família com rendimento de 2 a 5 SM
	Família com rendimento acima de 5 SM

Fonte: Adaptado de Maior (2014).

As faixas de rendimentos de até 2 SM (salários mínimos) e de 2 a 5 SM foram apontadas como contributivas à vulnerabilidade, indicando uma relação de negatividade. Isso porque a quantidade de até 2 salários mínimos é muito abaixo das verdadeiras necessidades de uma família. Já a quantia de 2 a 5 SM, dependendo do arranjo familiar, não alcança as despesas reais para o sustento básico familiar que, no caso da população vulnerável, soma-se a alta frequência de componentes (MAIOR, 2014).

Correia (2016), destaca que, em compensação, a faixa de rendimento acima de 5 SM auxilia para a minimização da vulnerabilidade, instituindo relação de positividade com ela, dado que uma família com maior poder aquisitivo muito provavelmente terá maior capacidade de resposta a eventos externos, sociais ou ambientais.

O tema Capacidade de Reserva foi avaliado a partir de três (03) indicadores, conforme exposto (Quadro 06).

Quadro 6 - Capacidade de reserva: grupos e indicadores.

Grupo	Indicador
Capacidade Adaptativa	Sem capacidade de reserva
	Capacidade de reserva baixa
	Capacidade de reserva média

Fonte: Adaptado de Diniz (2019).

Diniz (2019), destaca que, para a Capacidade de Reserva, a existência de reservatórios na residência assegura a ininterruptão do acesso à água das pessoas que residem nesses domicílios, mesmo em casos de intermitência no abastecimento de água. Em vista disso, esse indicador é considerado mitigador em relação à vulnerabilidade, exceto quando não há capacidade de reserva, ou até mesmo quando tal capacidade for mínima. Segundo Grande (2016), o aumento da capacidade de reserva modifica a percepção sobre o desabastecimento.

Por fim, no Risco Hidráulico, verificou-se no grupo Distanciamento do Reservatório três (03) indicadores (Quadro 07).

Quadro 7 - Risco hidráulico: grupos e indicadores.

Grupo	Indicador
Distanciamento do reservatório	Alto
	Médio
	Baixo

Fonte: Adaptado de Diniz (2019).

Da mesma maneira como os outros indicadores apontam para um nível de vulnerabilidade, o crescimento ou a diminuição da vulnerabilidade também se origina pelo risco

hidráulico correspondente à medida de expansão oriunda do crescimento populacional nos limites geográficos da cidade. Isso acarretado no distanciamento do domicílio em relação ao reservatório único de distribuição de água. Por consequência disto, maior será o risco de falta de água nesse domicílio, provocando o aumento da vulnerabilidade local (DINIZ, 2019).

4.3 Aquisição dos dados

A técnica da entrevista torna possível a clareza em captar informações, explicações e interpretações ao interrogado (OLIVEIRA, 2018). À vista disso, Levine et al. (2000), com o objetivo de determinar o tamanho de uma amostra (n) a ser entrevistada com base na estimativa da proporção populacional do local de estudo, sugeriu a Equação 01.

$$n = \frac{[Z_{\alpha/2}]^2 \cdot 0,25}{E^2} \quad (\text{Equação 01})$$

onde:

n = Número de indivíduos da amostra;

$Z_{\alpha/2}$ = Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado.

E = Margem de erro ou erro máximo de estimativa. Identifica a diferença máxima entre a proporção amostral e a verdadeira proporção populacional.

Nesse intuito, o método de entrevista foi semiestruturado por agregar cinco (05) grupos (APÊNDICE A), no contexto. Foram retratadas temáticas que apontassem as principais situações de vulnerabilidade social, física e de adaptação envolvendo as condições domiciliares, infraestrutura urbana, composição familiar e dependências; capacidade de reserva e o risco hidráulico, em virtude de que, os outros três (03) inseridos na pesquisa, dispõem de dados do recenseamento demográfico do IBGE (2010).

Outrossim, as respostas encontradas serão reproduzidas de forma gráfica que representará o conjunto dos dados utilizados para facilitar a compreensão das informações nesse conjunto, auxiliando no diagnóstico dos bairros mais vulneráveis, em especial pela descontinuidade do abastecimento.

Leva-se em consideração, confiança de 90%, o erro máximo de estimativa (E) de $\pm 5\%$ (ou 0,05), o valor crítico de $(Z_{\alpha/2}) = 1,645$ e a margem de erro de 0,25, substituindo os valores na Equação 01, obtendo-se a seguinte estimativa:

$$n = \frac{[Z_{\alpha/2}]^2 \cdot 0,25}{E^2} = \frac{1,645^2 \cdot 0,25}{0,05^2} = 270,6 \cong 271$$

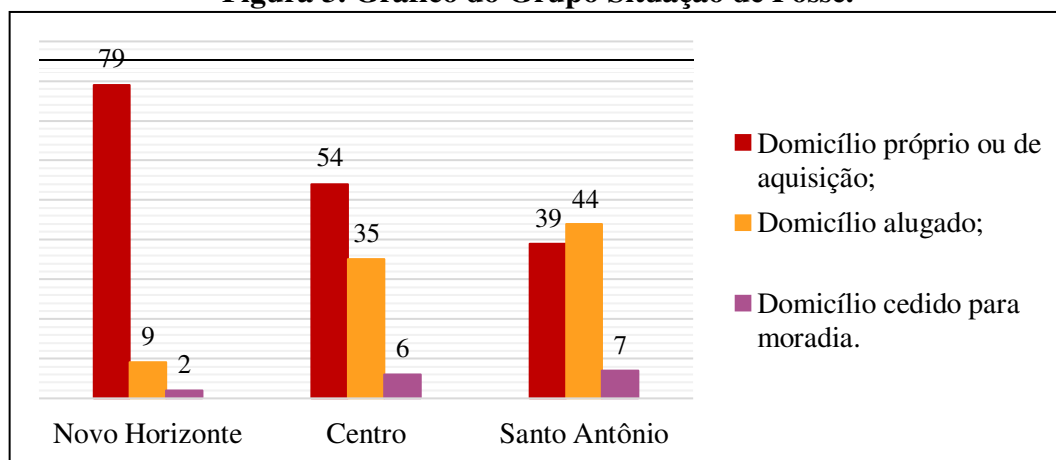
Logo, o número de indivíduos da amostra deve, portanto, ser equivalente a 271 pessoas dos três (03) bairros da cidade, sendo, aproximadamente 90 pessoas por bairro para fazer o tratamento dos dados e obter o diagnóstico. Dessa maneira, as informações necessárias para a parte da pesquisa foram obtidas através da amostra examinada em meados de abril de 2021, nos dois primeiros finais de semana do mês, dado que são os dias nos quais as pessoas estão em tempo integral em suas moradias, e mais especificamente no horário matutino pensando na sensação térmica mais confortável do dia. Contou ainda com quatro (04) colaboradores que auxiliaram em preencher as informações necessárias nos logradouros dos referidos bairros.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados relativos a cada indicador selecionado pode ser observada a partir da retratação em gráficos e da coleta de informações. Por meio desses gráficos foram estabelecidos os níveis de vulnerabilidade com base na metodologia de Maior (2014) e Diniz (2019), ao estabelecer a ligação entre o indicador e o processo de vulnerabilidade como sendo positiva ou negativa.

Sobre o tema Condições Domiciliares, no que concerne ao grupo Situação de Posse (Figura 03), verifica-se no bairro Santo Antônio o maior número de pessoas morando em domicílio alugado 49% – circunstância que acarreta no aumento da vulnerabilidade. Por outro lado, 88% das pessoas do Novo Horizonte, residem em domicílios próprios, o que corresponde a 79 pessoas com imóveis próprios, a cada 90 entrevistados. Diante desse panorama, o grupo obteve percentual superior no indicador, domicílio próprio ou de aquisição, tendo em vista os demais analisados, alcançando assim nível satisfatório para a diminuição da vulnerabilidade.

Figura 3. Gráfico do Grupo Situação de Posse.



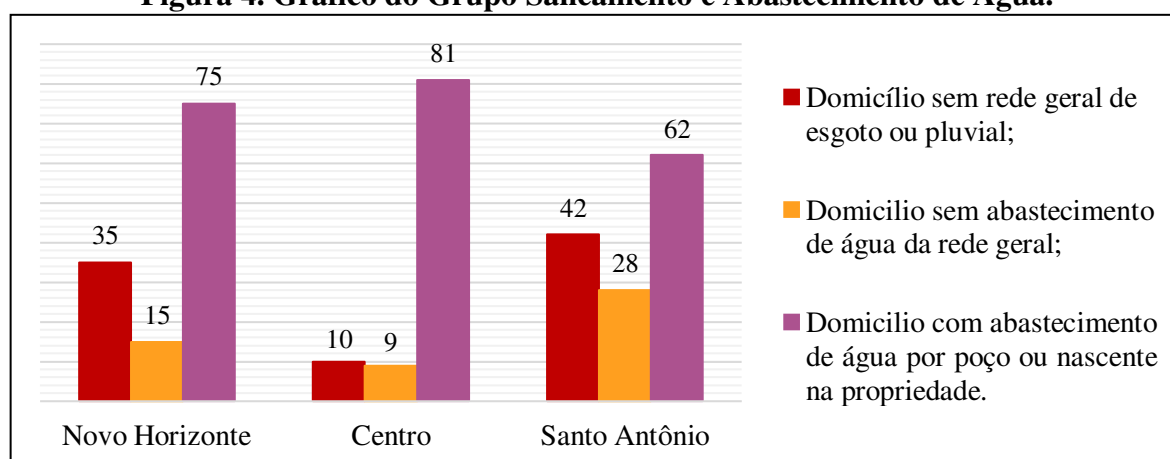
Fonte: Autor, 2021.

Considerando o tema Infraestrutura Urbana, no que se refere ao grupo Saneamento (Figura 04), observou-se que 32% dos domicílios pertencentes a amostragem se enquadra no indicador de não possuir acesso à rede geral de esgoto, ou seja 87 de 271 domicílios da cidade. No tocante aos bairros, o Santo Antônio seguido do Novo Horizonte, expressaram para o referido grupo um nível intermediário de vulnerabilidade, possuindo 42 e 35 domicílios sem cobertura de esgotamento sanitário, destacando para tais localidades, as fossas sépticas como solução individual para coleta dos despejos gerados nas residências.

No grupo Abastecimento de Água (Figura 04), as três regiões apresentaram 52 domicílios, 58% ao todo, para o indicador sem acesso à rede geral de água, isso em razão de parte terem suas ligações com a Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte cortadas por dificuldades financeiras; e outras, devido à constante descontinuidade no SDAT em razão dos longos períodos de estiagem, ocasionando a interrupção total ou parcial do abastecimento, resolveram por conta própria abastecer o seu domicílio por água vinda de poços tubulares ou açudes da região.

Em compensação, 213 moradias apresentam cobertura no sistema de abastecimento de água. Desta forma, se pode concluir que a Infraestrutura Urbana da região apresenta nível médio de vulnerabilidade, visto que, apesar da boa cobertura do sistema de abastecimento de água, a análise do saneamento favorece para o agravamento do grau de vulnerabilidade da população.

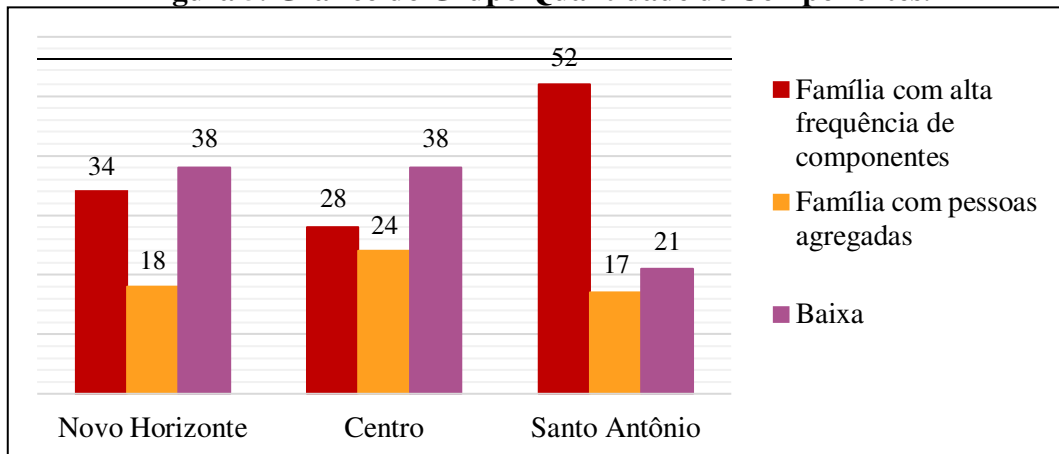
Figura 4. Gráfico do Grupo Saneamento e Abastecimento de Água.



Fonte: Autor, 2021.

Na análise do tema Composição familiar e dependência, para o grupo Quantidade de componentes (Figura 05), manifestou a partir dos seus indicadores, os seguintes resultados: 59 pessoas foram consideradas agregadas à família e 114 detém alta frequência componentes. Desse modo, os dois indicadores apresentados acima registram um grau de 63% em relação ao todo para tal grupo, sendo apontado como nível médio de vulnerabilidade.

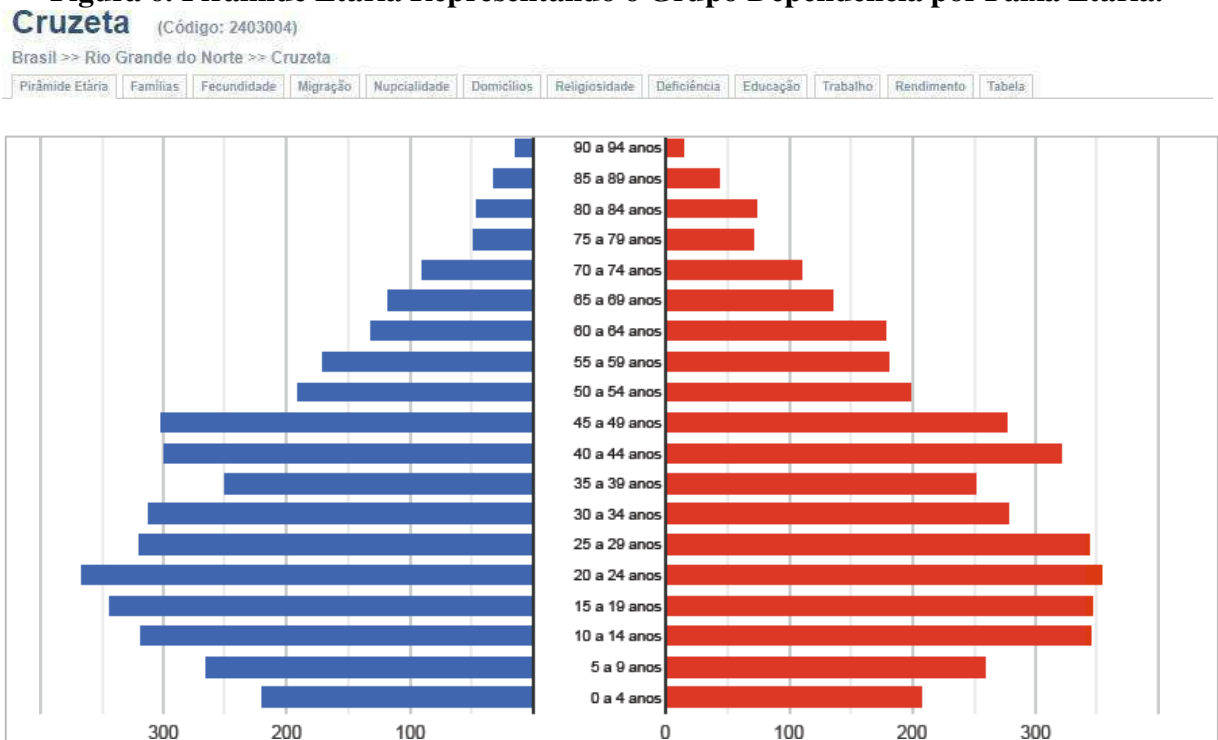
Figura 5. Gráfico do Grupo Quantidade de Componentes.



Fonte: Autor, 2021.

Já o grupo Dependência por faixa etária (Figura 06), identifica-se aproximadamente 1619 pessoas com faixa etária até 14 anos, e 819 com 64 anos ou mais. Desse modo, pode-se totalizar o nível de vulnerabilidade como alto quanto à Composição familiar, bem como a Dependência por faixa etária em razão da combinação dos indicadores: famílias numerosas, e/ou com membros agregados ao alto percentual de crianças e idosos.

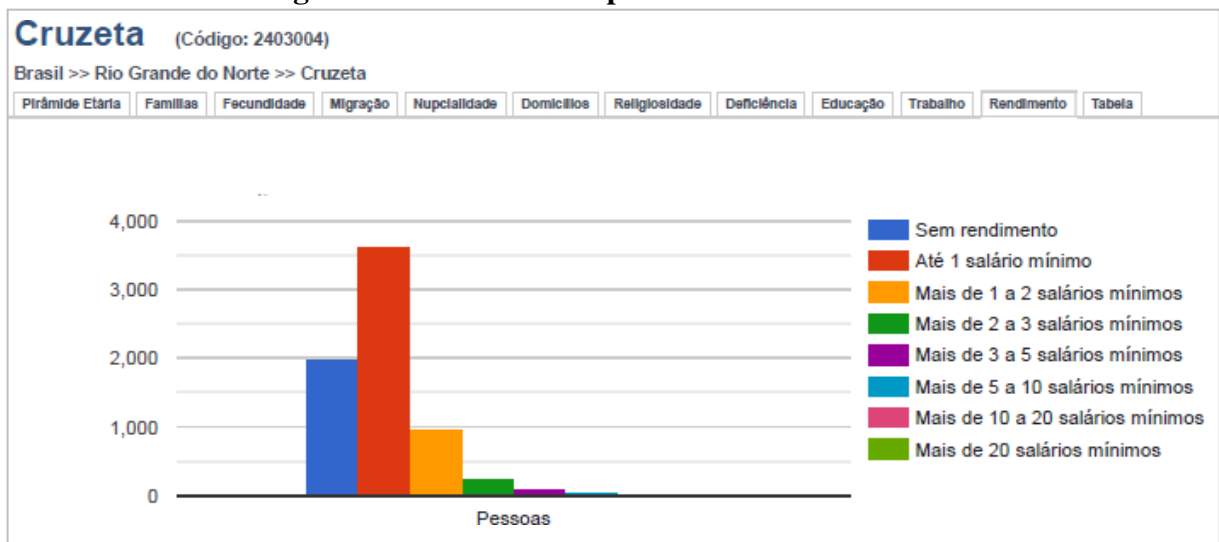
Figura 6. Pirâmide Etária Representando o Grupo Dependência por Faixa Etária.



Fonte: IBGE, Censo 2010.

Para o caso do tema Renda média mensal, grupo Rendimento familiar (Figura 07), foram divididos em três indicadores: Até 2 SM (situação 01), entre 2 a 5 SM (situação 02) e acima de 5 SM (situação 03). Essas divisões estão entre as classes utilizadas pelo IBGE para fragmentar as classes sociais com base na renda. Constatou-se que 4560 famílias possuem rendimentos enquadrados na situação 01, outras 334 encaixa-se na situação 02, e apenas 50 famílias adapta-se à situação 03. Em contrapartida, tem-se 1969 famílias da cidade sem rendimento, ou seja, algo em torno de aproximadamente 39% da população estudada a partir de tais indicadores, fator esse que acarreta no aumento da vulnerabilidade adicionado ao vasto número do indicador apresentado na situação.

Figura 7. Gráfico do Grupo Rendimento Familiar.

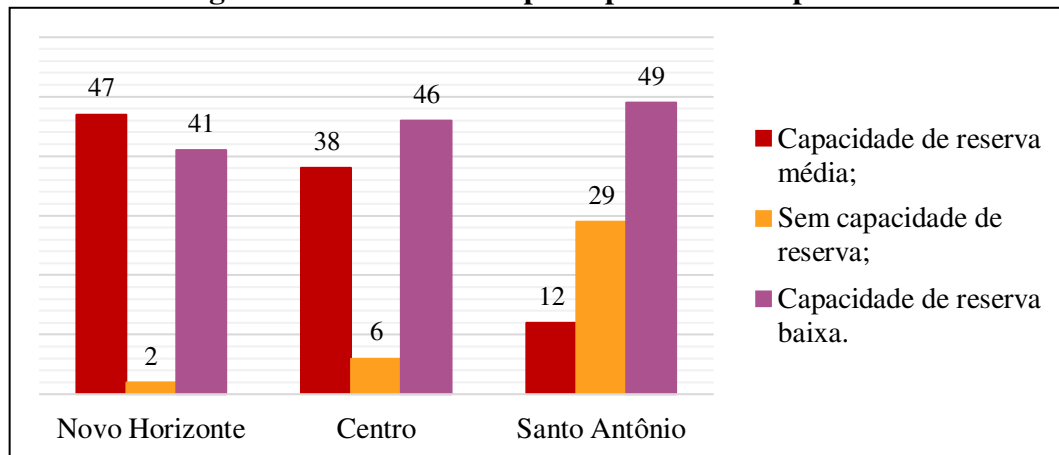


Fonte: IBGE, Censo 2010.

Sobre o tema Capacidade de Reserva, grupo Capacidade Adaptativa (Figura 08), a escolha dos indicadores baseou-se em três classes com relação ao percentual de reserva que garante a continuidade do acesso à água, mesmo em casos de intermitência.

Na entrevista exploratória os indicadores que construíram a representação para tal foram: inexistência de capacidade de reserva e capacidade baixa ou média. Isto posto, observou-se um percentual total de 41% para aqueles domicílios que não possuem capacidade de reserva, sendo o maior percentual no bairro Santo Antônio. Já no que diz respeito à baixa capacidade de reserva se obteve para os três bairros valores próximos. Nesta situação, vê-se um nível alto de vulnerabilidade em função do baixo percentual (quanto) por parte da amostra não possuir capacidade de reserva de água acarretando as principais atividades sociais do cotidiano.

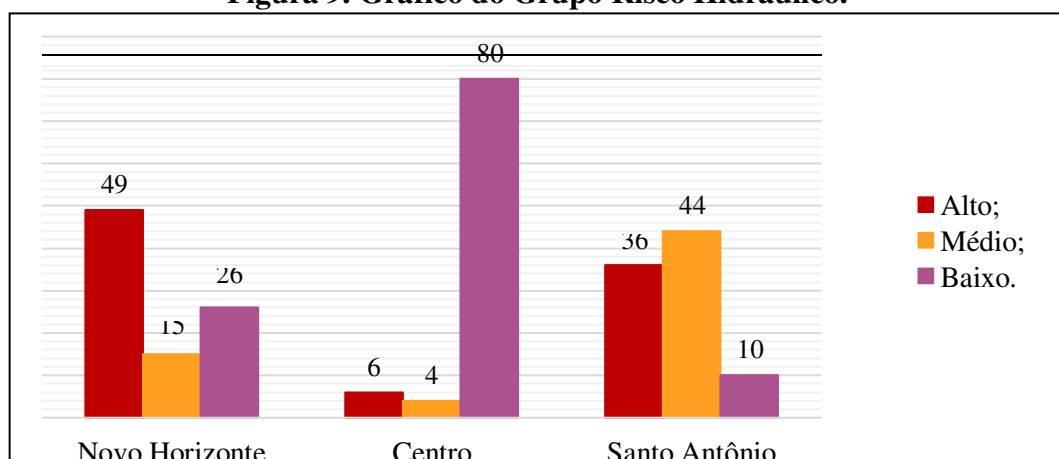
Figura 8. Gráfico do Grupo Capacidade Adaptativa.



Fonte: Autor, 2021.

Ao finalizar a análise do panorama socioambiental da cidade, para o tema Risco Hidráulico, no grupo Distanciamento do Reservatório (Figura 09), destaca-se a localização do bairro Novo Horizonte, ao apresentar um valor de 54% das famílias, evidenciando o alto nível de risco por caracterizar a exposição física como enfoque da vulnerabilidade ao desabastecimento de água pela falta de água nesse domicílio. Tal área apresenta condições topográficas desfavoráveis, como a relação topografia e distância do principal reservatório de distribuição de água da companhia que atua na cidade, ocasionando problemas no abastecimento de água com situações de intermitência.

Figura 9. Gráfico do Grupo Risco Hidráulico.



Fonte: Autor, 2021.

Portanto, ao ser apresentados e discutidos os principais índices e sua dinâmica no intervalo de tempo trabalhado, identificou-se que a principal problemática do sistema de abastecimento

de água, decorre das perdas existentes juntamente com a queda na qualidade da água distribuída, uma vez que o volume produzido para atender a população urbana, e capacidade de preservação encontram-se satisfatórias em requisito de quantidade (LEITE, 2020).

Resultados semelhantes foram encontrados por Diniz, Grande e Galvão (2021) na identificação das áreas cujos usuários podem ser potencialmente mais afetados pela intermitência no abastecimento e a recomendação de medidas mitigadoras para a redução de sua vulnerabilidade. Corrobora-se com os autores no que tange à vulnerabilidade do desabastecimento de água ao qual uma cidade está exposta, em situação de intermitência no serviço de abastecimento, podendo ser efetivamente caracterizada usando-se dados acessíveis e informações disponíveis da concessionária de abastecimento de água, de imagens de satélite e de dados censitários.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o fato de que não se encontra uma metodologia universalmente aceita para a avaliação da vulnerabilidade no que diz respeito ao desabastecimento de água, esse trabalho permite concluir que o uso de estratégias múltiplas vem tomando uma magnitude nos trabalhos acadêmicos. Isto porque, a identificação das zonas mais vulneráveis direciona a atuação dos poderes públicos e privados principalmente na gestão de recursos hídricos por meio de intervenções nesses territórios por apresentar necessidade de urgência.

A seleção dos principais indicadores que apontam para a situação de vulnerabilidade social, física e de adaptação possibilitou encontrar a razão e a natureza que apontaram para um diagnóstico, constatando-se que a ligação entre o indicador e o processo de vulnerabilidade tende a ser positiva apenas no Grupo Situação de Posse, visto que a variável cresceu, contribuindo para a diminuição da vulnerabilidade.

Além disso, verificou-se que para a maior parte dos grupos estudados (07), houve níveis médio (02) e alto (04) de vulnerabilidade, como é o exemplo do Grupo de Saneamento, Abastecimento e Quantidade de Componentes. Tais níveis foram considerados como intermediário, ao passo que a Quantidade de componentes, Dependência por faixa etária, Rendimento familiar, Capacidade adaptativa e Risco hidráulico foi considerado crescente, contribuindo assim para o aumento da vulnerabilidade.

Foi possível perceber também as condições socioambientais entre os bairros da cidade, onde tais condições apresentam diferenciais. Assim, o bairro Santo Antônio, seguido do Novo Horizonte, em grande parte dos indicadores apresentou ligação negativa, ou seja, como o mais vulnerável, atingindo níveis altos de vulnerabilidade para os grupos Situação de posse, Saneamento, Quantidade de componentes, Risco Hidráulico e Capacidade adaptativa. Considerando o último grupo no tocante ao indicador sem capacidade de reserva e capacidade baixa o Santo Antônio apresenta um percentual onde 32% e 55% da população convive nessa situação de alto nível de vulnerabilidade, tendo em vista que esse indicador é considerado um mitigador em relação à vulnerabilidade, e tais registros mostram a deficiência do SDAT para com bairro e a partir disso estão refletidos nos aspectos físicos e de adaptação que reproduzem o status vulnerável alimentado pela precariedade dos serviços.

Em condições opostas, encontram-se o Centro, que mostrou-se a partir dos indicadores, resultados menores nos níveis por tal região abrigar populações com boas condições domiciliares, baixo número de moradores nos referidos domicílios permanentes, ter o risco hidráulico considerado como baixo, apresentando um percentual de 89%, onde, dos 90

entrevistados 80 ressalta a proximidade das moradias ao reservatório principal, ocasionando em não haver dificuldade quanto a descontinuidade no SDAT, além de valer-se das principais melhorias feitas na área.

Isso posto, apesar de alguns resultem mais vulnerabilidade que outros, vale evidenciar que toda a área urbana do município de Cruzeta é, por si próprio, vulnerável ao desabastecimento de em consequência às severas crises hídricas a qual é enfrentada nos últimos anos.

Portanto, verifica-se ao final desta pesquisa os indicadores que possuem mais sobrecarga para mostrar níveis de vulnerabilidade, bem como, fez-se realizável o diagnóstico entre os bairros apontando aquele que se enquadra no tocante a maneira com que a população está submetida ao risco de acordo com sua susceptibilidade a suportar danos e sua capacidade para enfrentar, abordar, gerenciar e superar os impactos negativos do desastre. Para mais, torna-se essencial evidenciar a dificuldade quanto a aquisição de dados, principalmente, pela desatualização, tal como, por alguns indicadores específicos não serem fornecimento pelo censo do IBGE.

Neste contexto, visando os trabalhos futuros, recomenda-se: incluir ou atualizar outros indicadores de acordo com a atualização dos dados, como por exemplo quando for realizado um Recenseamento Demográfico; criar tecnologias para aquisição de dados; utilizar software livre para se permitir visualizar e analisar dados georreferenciados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 09/01/1997, P. 470.

ALMEIDA, L. Q. **Vulnerabilidade Socioambiental de rios urbanos.** Bacia hidrográfica do rio Maranguapinho. Região metropolitana de Fortaleza, Ceará. Rio Claro: Unesp, 2010, 278 p. Tese (doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 2010.

ALVES, H. P. F. et al. **Vulnerabilidade socioambiental nos municípios do litoral paulista no contexto das mudanças climáticas.** In: XIV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2010, Caxambú. Anais. Caxambú, setembro/2010.

BIDÔ, E.S. **Avaliação da Vulnerabilidade Ambiental de Bacias Hidrográficas no Rio Grande do Norte.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2016.

BRASIL, Senado Federal. **Constituição da república federativa do Brasil.** Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007.** Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Diário Oficial da União 2007.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.** Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da União 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Secretaria Nacional de Saneamento – SNIS.** Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019. Brasília: SNIS/MDR, 2020. 183 p.: il.

CIRILO, J.A. **Políticas públicas de recursos hídricos para o semi-árido.** Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 61-82, 2008.

CORREIA, L.A.M.B. **Vulnerabilidade Socioambiental: Análise da cidade do Natal/RN a partir do Índice Geral de Vulnerabilidade Socioambiental por Bairro.** [Dissertação]; Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. PRODEMA/UFRN. Natal, RN. 2016.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. **Diagnóstico do município de Cruzeta, estado do Rio Grande do Norte.** Organizado [por] João de Castro Mascarenhas, Breno Augusto Beltrão, Luiz Carlos de Souza Junior, Saulo de Tarso Monteiro Pires, Dunaldson Eliezer Guedes Alcoforado da Rocha, Valdecílio Galvão Duarte de Carvalho. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

CUTTER, S.L.; BORUFF, B.J.; SHIRLEY, W.L. **Social vulnerability to environmental hazards**. Social Science Quarterly, v. 84, n. 2, p. 242-261, 2003.

DANTAS, J.C. **Gestão da água, gestão da seca: a centralidade do açude no gerenciamento dos recursos hídricos do semiárido**. 135f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS (DNOCS). **FICHA TÉCNICA**. Disponível em:<https://www.dnocs.gov.br/php/canais/recursos_hidricos/fic_tec_reservatorio.php?codigo_reservatorio=108&descricao_reservatorio=A%E7ude+Cruzeta>.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba**. Curitiba: UFPR, 2004, 155 p. Tese (doutorado) – Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

DINIZ, I.S.M. **A qualidade da disponibilidade hídrica do reservatório de Cruzeta na região semiárida tropical em evento de seca prolongada**. Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Ambiental. - Natal, RN, 2017. 23f.: il.

DINIZ, T. G.; GRANDE, M. H. D.; GALVÃO, C. O. **Vulnerabilidade domiciliar em situação de intermitência no abastecimento de água**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 26, p. 535-543, 2021.

DINIZ, T.G. **Vulnerabilidade ao desabastecimento em situação de intermitência no abastecimento de água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, – Campina Grande, 2019. 65 f.: il. color.

FAVRETTO, C.R. et al. **Análise do Sistema de Abastecimento de Água do Município de Arroio do Padre/RS**. Blucher Engineering Proceedings, v. 3, n. 2, p. 1253-1262, 2016.

FERRER, L.M.; MONTEIRO, A.M.V.; AMARAL, S. **Indicador de Vulnerabilidade Social Urbana ao Desabastecimento de Água (IVSUD), SÃO JOSÉ DOS CAMPOS, SP**. In: III Simpósio de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul, 2018, Juiz de Fora. Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2018.

FIGUEIRÊDO, M.C.B.; VIEIRA, V.P.P.B.; MOTA, S.; ROSA, M.F.; MIRANDA, S. **Análise da vulnerabilidade ambiental**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2010.

FREITAS, Francisco Rafael Sousa. **Eutrofização do Reservatório Cruzeta na bacia representativa do rio Seridó RN**. 2008. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

GRANDE, M.H. **Distribuição e acesso à água em campina grande: uma análise a partir da ecologia política**. [s.l.] Universidade Federal de Campina, 2016.

GRANDE, M.H.; GALVÃO, C.; MIRANDA, L.; GUERRA S.L.D. **A percepção dos usuários sobre os impactos do racionamento de água em suas rotinas domiciliares**. Ambiente & Sociedade, v. 19, n. 1, p. 163-182, 2016.

HELLER, L.; PÁDUA, V.L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Editora UFMG, 2006.

HOGAN, D. J. et al. **A vulnerabilidade social no contexto metropolitano: o caso de Campinas**. Relatório apresentado a FAPESQ do Projeto de Dinâmica Intrametropolitana e Vulnerabilidade Sociodemográfica nas Metrópoles do Interior Paulista: Campinas e Santos. São Paulo, 2007.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

ILAYA-AYZA, A.E.; BENÍTEZ, J.; IZQUIERDO, J.; PÉREZ-GARCÍA, R. **Multi-criteria optimization of supply schedules in intermittent water supply systems**. Journal of Computational and Applied Mathematics, v. 309, p. 695-703, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO (INSA). **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro**. 2012.

JEPPESEN E., BRUCET S., NESELLI-FLORES L. ET AL. 2015. **Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity**. Hydrobiologia, 2015 (750): 201- 227.

KRELLENBERG, K. et al. **Urban vulnerability and the contribution of socio-environmental fragmentation: Theoretical and methodological pathways**. Progress in Human Geography, v. 41, n. 4, p. 408–431, 2017.

LEITE, C.N.M. **Análise e recomendações do sistema de abastecimento de água do município de monte das gameleiras**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. Natal, 2020.

LEVINE, D.M.; BERENSON, M.L.; STEPHAN, D. **Estatística: Teoria e Aplicações usando Microsoft Excel em Português**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

MACEDO, Y. M. **Risco de desabastecimento hídrico no Rio Grande do Norte, Brasil**. 341f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, 2020.

MAIOR, M.M.S. **Vulnerabilidade socioambiental e expansão urbana: uma proposta metodológica para análise da cidade de João Pessoa-PB**. Campina Grande: UFCG, 2014. Tese (Doutorado) – Programa de Pós- Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

MALTA, F.S.; COSTA, E.M.; MAGRINI, A. **Índice de vulnerabilidade socioambiental: uma proposta metodológica utilizando o caso do Rio de Janeiro, Brasil**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 22, n. 12, p. 3933-3944, 2017.

MALVEZZI, Roberto. **Semi-Árido: uma visão holística**. Brasília: Confea, 2007.

MEDEIROS, Andréia Dias de et al. **Análise da gestão das águas de reservatórios no Seridó**

do Estado do Rio Grande do Norte. In.: Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGG/UEPB), como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Geografia. 2017.

MENDONÇA, F.; LEITÃO, S.A.M. **Riscos e vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos.** GeoTextos, v. 4, 2008.

OLIVEIRA, F.L.B. **Vulnerabilidade socioambiental e expansão urbana: análise do município de Solânea-PB.** 164 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB, 2018.

ORGANIZACIÓN, M.M. **Hay suficiente agua en el mundo?.** 22p. Genève: OMM; Paris: UNESCO, 1997.

PESSOA, Z. S. **A metrópole periférica: identidade e vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Natal-RN/Brasil.** São Paulo: UNICAMP, 2012. 276 p. Tese (doutorado) Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sociedade, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2012.

RABELO, U.P.; LIMA NETO, I.E. **Efeito de secas prolongadas nos recursos hídricos de uma região semiárida: uma análise comparativa para o Ceará.** Revista DAE, v. 66, n.º. 212, p. 61-79, 2018.

SIMUKONDA, K.; FARMANI, R.; BUTLER, D. **Intermittent water supply systems: causal factors, problems and solution options.** Urban Water Journal, v. 15, n. 5, p. 488-500, 2018.

SOUTO, Lucas Valente et al. **O nordeste e a escassez de água: uma abordagem da microrregião de Pau dos Ferros/RN.** XVII Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, p. 1-16, 2017.

**APÊNDICE A – ENTREVISTA EXPLORATÓRIA APLICADA A UMA AMOSTRA
DA POPULAÇÃO DA CIDADE DE CRUZETA/RN.**

Condições Domiciliares: Grupos e Indicadores	
Grupo	Indicador
Situação de posse	Pessoas morando em domicílios próprios ou de aquisição;
	Pessoas morando domicílio alugado;
	Pessoas morando em domicílio exemplo casa cedida para moradia.
Infraestrutura Urbana: Grupos e Indicadores	
Grupo	Indicador
Saneamento	Domicílio sem rede geral de esgoto ou pluvial.
Abastecimento de Água	Domicílio sem abastecimento de água da rede geral;
	Domicílio com abastecimento de água por poço ou nascente na propriedade.
Composição familiar e dependência: Grupos e Indicadores	
Grupo	Indicador
Quantidade de componentes	Família com alta frequência de componentes;
	Família com pessoas agregadas.
Capacidade de Reserva: Grupos e Indicadores	
Grupo	Indicador
Capacidade Adaptativa	Sem capacidade de reserva;
	Capacidade de reserva baixa;
	Capacidade de reserva média.
Risco Hidráulico: Grupos e Indicadores	
Grupo	Indicador
Distanciamento do Reservatório	Alto;
	Médio;
	Baixo.

Fonte: Maior, 2014 e Diniz, 2019 (Adaptado)