



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO SERIDÓ POTIGUAR

Heitor Marcelino Ovidio de Oliveira

NATAL/RN
2022

ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO SERIDÓ POTIGUAR

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia, submetido ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dra. Joana Darc Freire de Medeiros

NATAL/RN
2022

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Oliveira, Heitor Marcelino Ovidio de.

Análise da segurança hídrica de municípios da Região Seridó Potiguar / Heitor Marcelino Ovidio de Oliveira. - 2022.

42 f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Engenharia Ambiental. Natal, RN, 2022.

Orientadora: Dra. Joana Darc Freire de Medeiros.

1. Índice de segurança hídrica - Monografia. 2. Semiárido - Monografia. 3. Gestão de recursos hídricos - Monografia. I. Medeiros, Joana Darc Freire de. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 556.18

HEITOR MARCELINO OVIDIO DE OLIVIERA

ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO SERIDÓ POTIGUAR

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Joana Darc Freire de Medeiros – Orientadora Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Profa. Dra. Adelena Gonçalves Maia – Membro interno Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

Me(a).Giovana Cristina Santos de Medeiros - Membro externo Universidade Federal do Ceará (UFC)

NATAL/RN
2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pela força que me deu nos momentos difíceis e por ter iluminado meu caminho para chegar até aqui.

Aos meus pais Claubiana e Romildo que sempre me apoiaram e com muito suor e esforço nunca me deixaram faltar nada para que eu pudesse concluir meus objetivos. A minha esposa Ladislene e ao nosso filho Augusto que sempre me apoiaram e me deram forças para nesta minha caminhada. Ao meu irmão Henrique que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos em que precisei; Aos meus avós maternos Nazaré e João e aos meus avós paternos Fátima e Ronaldo, por todos os ensinamentos.

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Norte, por todos os ensinamentos acadêmicos e profissionais, que levarei comigo para onde eu for.

A todos os professores que fizeram parte da minha formação em especial Zulmara Carvalho, Carlos Alexandre Abreu e Felipe Macedo, que sempre me incentivaram buscar cada vez mais conhecimento.

Agradeço à minha orientadora Dra. Joana Darc Freire de Medeiros, que aceitou embarcar neste trabalho comigo e me deu todo o suporte, atenção e muita paciência para que esta produção se concretizasse.

E por fim agradeço aos meus amigos que me apoiaram e caminharam junto comigo na busca por um futuro melhor e a todos que contribuíram de alguma forma para a minha formação pessoal, acadêmica e profissional.

ANÁLISE DA SEGURANÇA HÍDRICA DE MUNICÍPIOS DA REGIÃO SERIDÓ POTIGUAR

RESUMO

Segurança hídrica é a garantia de água em quantidade e qualidade para abastecimento humano, prática de atividades econômicas, bem como manutenção e equilíbrio dos ecossistemas. O tema se torna importante principalmente para o nordeste, devido a sua alta vulnerabilidade hídrica, onde em períodos de seca, grande parte da região enfrenta problemas de desabastecimento, deixando cidades em situação de calamidade pública em decorrência da falta de água. Em vista disso, é necessária a adoção de medidas por parte das autoridades competentes, como obras e políticas públicas que garantem o acesso à água na região semiárida. Nessa perspectiva, visando uma melhor tomada de decisão para regiões vulneráveis, dentro do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), foi desenvolvido o Índice de Segurança Hídrica (ISH) que mensura as dimensões humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência. Nesse sentido, o presente estudo teve o objetivo de analisar a segurança hídrica nos municípios de Caicó, Cruzeta e São João do Sabugi, todos localizados no estado do Rio Grande do Norte e que fazem parte do semiárido brasileiro, onde foi possível verificar que o abastecimento dos municípios, quando depende apenas dos seus principais reservatórios não é suficiente para garantir segurança hídrica. Das três áreas analisadas apenas um município teve segurança de grau 3 (média) os outros dois foram grau 2 (baixo). Além disso foi possível constatar que a alta demanda hídrica da população para suas necessidades diárias, acaba diminuindo a oferta de água para operação de outros setores da sociedade, impactando no desenvolvimento socioeconômico dos municípios. Tais resultados mostram a importância do cálculo de segurança hídrica para áreas onde existem o risco da falta de água, alertando autoridades para a necessidade de intervenções para o melhorar a gestão dos recursos hídricos com o objetivo de suplementar seu abastecimento.

Palavras Chaves: Índice de segurança hídrica; semiárido; Gestão de recursos hídricos.

ANALYSIS OF WATER SECURITY IN MUNICIPALITIES OF THE SERIDÓ POTIGUAR REGION

ABSTRACT

Water security is the guarantee of water in quantity and quality for human supply, the practice of economic activities, as well as the maintenance and balance of ecosystems. The issue becomes important mainly for the northeast, due to its high water vulnerability, where in periods of drought, much of the region faces shortages, leaving cities in a situation of public calamity due to lack of water. In view of this, it is necessary to adopt measures by the competent authorities, such as public works and policies that guarantee access to water in the semi-arid region. In this perspective, aiming at better decision-making for vulnerable regions, within the National Water Security Plan (PNSH), the Water Security Index (ISH) was developed, which measures the human, economic, ecosystem and resilience dimensions. In this sense, the present study aimed to analyze water security in the municipalities of Caicó, Cruzeta and São João do Sabugi, all located in the state of Rio Grande do Norte and which are part of the Brazilian semiarid region, where it was possible to verify that the supply of municipalities, when it depends only on its main reservoirs, it is not enough to guarantee water security. Of the three areas analyzed, only one municipality had grade 3 (medium) security, the other two were grade 2 (low). In addition, it was possible to verify that the high water demand of the population for their daily needs, ends up reducing the supply of water for the operation of other sectors of society, impacting the socioeconomic development of the municipalities. These results show the importance of water security calculation for areas where there is a risk of water shortages, alerting authorities to the need for interventions to improve the management of water resources in order to supplement their supply.

Keywords: Water security index; semi-arid; Water resources management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Área de estudo	14
Figura 2 - Fluxograma do sistema de abastecimento da cidade de Caicó-RN.....	16
Figura 3 - Fluxograma do sistema de abastecimento da cidade de João do Sabugi - RN....	18
Figura 4 - Dimensão Humana e indicadores.....	19
Figura 5 - Grau de Segurança Municipal em Função da População Urbana em Risco	21
Figura 6 - Grau de segurança municipal em função da cobertura da rede de abastecimento	21
Figura 7 - Dimensão Econômica e indicadores	22
Figura 8 - Grau de Segurança Municipal em Função do Valor de Produção Agrícola irrigada em risco.....	22
Figura 9 - Grau de Segurança Municipal em Função do Valor de Produção Pecuária em Risco.	23
Figura 10 - Grau de Segurança Municipal em Função do Valor Agregado Bruto do Setor Industrial em Risco.	23
Figura 11 - Dimensão Ecológica e indicadores	24
Figura 12 - Grau de segurança em relação ao percentual de vazão remanescente	25
Figura 13 - Classificação de Segurança em Relação à Qualidade de Água	25
Figura 14 - Dimensão Resiliência e indicadores.....	26
Figura 15 - Classificação de Segurança em Relação ao Volume Potencial de Reservação	27
Figura 16 - Grau de segurança em função da variabilidade pluviométrica	27
Figura 17 - Intervalos de Classe dos Graus de Segurança Hídrica	28
Figura 18 - Cruzeta em colapso de abastecimento	30
Figura 19 - Rodízio de abastecimento em Caicó/RN.....	30
Figura 20 - População sendo abastecida por caminhão Pipa Caicó/RN	31

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Demandas (m ³ /s) por uso no açude Itans	16
Tabela 2 - Vazões regularizadas para diferentes garantias do açude Itans (m ³ /s).....	16
Tabela 3 - Demandas (m ³ /s) por uso no manancial de Cruzeta.....	17
Tabela 4 - Vazões regularizadas para diferentes garantias do reservatório de Cruzeta (m ³ /s)	17
Tabela 5 - Demandas (m ³ /s) por uso no Açude Santo Antônio	18
Tabela 6 - Vazões regularizadas e garantias do Açude Santo Antônio (m ³ /s)	19
Tabela 7 - Indicador de garantia de água para abastecimento	28
Tabela 8 - Cobertura para rede de abastecimento	29
Tabela 9 - Grau de Segurança Hídrica na Dimensão Humana	29
Tabela 10 - Produção por setor econômico e valor em risco	32
Tabela 11 – Grau de segurança hídrica na Dimensão Econômica por atividade	33
Tabela 12 - Indicador Quantidade de água para usos naturais	34
Tabela 13 - Indicador Qualidade de água para usos naturais.....	34
Tabela 14 - Dimensão Ecológica Final	35
Tabela 15 - Indicador Reservação Artificial	35
Tabela 16 - Indicador variabilidade Pluviométrica	36

Tabela 17 - Dimensão Resiliência Final.....	36
Tabela 18 - ISH Final.....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. METODOLOGIA	14
2.1. Área de Estudo	14
2.1.1 Caicó	15
2.2.2 Cruzeta	17
2.2.3 São João do Sabugi	17
2.2. Cálculo do Índice de Segurança Hídrica	19
2.2.1. Dimensão Humana	19
2.2.2. Dimensão Econômica	21
2.2.3. Dimensão Ecossistêmica	24
2.2.4. Dimensão Resiliência	25
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
3.1 Dimensão Humana	28
3.2 Dimensão Econômica	31
3.3 Dimensão Ecossistêmica	33
3.4 Dimensão Resiliência	35
3.5 ISH Final	36
4. CONCLUSÃO	38
REFERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural que em abundância torna-se potencializador do desenvolvimento e limitador quando em escassez, sendo necessário estratégias que contribuam para que este recurso atenda a toda sociedade. É nesse contexto que surge o tema segurança hídrica, o qual vem sendo debatido por gestores e pesquisadores, com o objetivo de encontrar soluções que garantam à sociedade o acesso à água em quantidade e qualidade para a prática de suas atividades e consumo próprio (MELO; JOHNSON, 2018).

A segurança hídrica, portanto, é a garantia de água em quantidade e qualidade acessível para necessidades básicas e bem-estar humano, bem como sua utilização para a subsistência, prática de atividades econômicas e à preservação do meio ambiente, proporcionando o equilíbrio do ecossistema em situações adversas relacionados à água (ONU, 2013; GWP, 2000; ANA, 2015; MASON; CALLOW, 2012).

É importante destacar que o tema Segurança hídrica está relacionado com diversas áreas, grupos, setores produtivos e regiões que possuem interesses e problemas distintos em relação a água (BEEK; ARRIENS, 2014). Visando diminuir desafios relacionados a estes interesses, foi criada a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei nº 9.433/1997, tendo como objetivo principal proporcionar o acesso universal à água em quantidade e qualidade adequada de forma sustentável, mesmo em períodos críticos em que a oferta hídrica seja reduzida (BRASIL, 2018).

A PNRH tem papel fundamental em garantir o acesso à água no Brasil, que mesmo possuindo uma das maiores reservas de água doce do mundo, algumas populações não possuem acesso à água de forma adequada. Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020), no Brasil o índice de atendimento total de água é de 84,1%, enquanto que 15,9%, o que representa 20,9 milhões de habitantes ainda não possuem abastecimento. Por região, o Norte possui o menor índice, com apenas 58,9% de sua população com abastecimento de água, seguido pelo Nordeste que tem o segundo menor índice com apenas 74,9% da população. As regiões com o maior índice é o Sudeste com 91,3% e Sul com 91%. O índice de atendimento total contempla apenas serviços que utilizam redes públicas de água.

Na região Nordeste, associado ao baixo índice de abastecimento da população, tem-se também os maiores déficits hídricos do país, principalmente no semiárido, com a ocorrência de secas periódicas, o que acaba sendo um desafio para garantir a segurança hídrica da região (CIRILO, 2015).

Os registros de seca na região semiárida sempre foram recorrentes, no século XVI entre os anos de 1721 – 1727, a região enfrentou uma grande estiagem, mas a maior e prolongada seca de sua história ocorreu no atual século entre os anos de 2012 – 2018

ocasionando diversos impactos socioeconômicos. A principal atividade econômica da região (agropecuária), entrou em colapso devido aos níveis críticos dos reservatórios, fazendo com que diversos produtores rurais perdessem seus animais e plantações. A seca atingiu também as zonas urbanas dos municípios, forçando às autoridades a impor racionamentos, criando situação de emergência (MAISONNAVE; PRADO, 2018).

Apesar da crise hídrica ser um problema recorrente na região Nordeste, as regiões sul, sudeste e centro-oeste também vêm sofrendo com problemas relacionados a água. Nos anos de 2013 a 2015 a região sudeste enfrentou desafios com relação ao abastecimento de água, principalmente a região metropolitana de São Paulo. Esta crise hídrica foi ocasionada, segundo Marengo e Alves (2015), tanto pelo déficit pluviométrico, quanto pelo crescimento populacional. Em setembro de 2021, estas regiões voltaram a registrar vazões abaixo do mínimo de referência (Q95), ou seja, a quantidade mínima de água esperada para os mananciais em 95% do seu tempo foi abaixo do esperado (SGB-CPRM, 2021).

Estes problemas atentaram às autoridades que a escassez hídrica pode atingir qualquer parte do território brasileiro, devido às suas características ambientais, climáticas e sociais diversas (MELO; JOHNSON, 2018), servindo de alerta para a melhoria do gerenciamento dos recursos hídricos, focado principalmente na segurança hídrica nacional. Em consequência, foi elaborado o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), lançado em 2019 pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) em conjunto com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2019). O plano é considerado um dos principais instrumentos para a atuação do estado em promover soluções hídricas no Brasil, em relação à infraestrutura. Para diagnosticar as demandas hídricas do país e identificar problemas causados pela dificuldade do acesso à água, o PNSH apresenta o Índice de Segurança Hídrica (ISH), composto pela combinação de quatro dimensões: humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência (FIGUEIREDO, 2020).

A dimensão humana avalia o déficit hídrico em relação à demanda e a garantia do abastecimento, sendo possível identificar áreas críticas com relação ao não acesso à água. Na dimensão econômica, identificam-se os setores que possuem uma grande demanda hídrica, com o objetivo de analisar os riscos que estes setores estão sujeitos em decorrência da oferta hídrica. Na dimensão ecossistêmica são avaliadas as condições de qualidade da água e meio ambiente, com o objetivo de identificar riscos presentes nos mananciais utilizados para abastecimento e na dimensão de resiliência, são identificados os estoques hídricos naturais e artificiais com potencial para suprir a demanda por água mesmo em situações adversas (estiagem, secas e enchentes) (ANA, 2019).

O ISH tem se mostrado eficiente em suas aplicações para o gerenciamento de risco e tomada de decisão relacionado à gestão dos recursos hídricos e a manutenção do equilíbrio

entre a demanda e a oferta de água. Nunes (2021) usou o ISH para identificar áreas críticas e posteriormente definir ações prioritárias na Bacia Hidrográfica do Rio das Contas, na Bahia.

Os resultados mostraram alinhamento com o plano de bacia, constituindo-se em uma importante base visual para a identificação das áreas críticas e para o direcionamento do debate nos comitês sobre o planejamento da segurança hídrica da bacia. Rocha (2022) utilizou o ISH para avaliar o nível de segurança hídrica do município de Currais Novos localizado no estado do Rio Grande do Norte, região semiárida do nordeste brasileiro. O autor constatou que nas quatro dimensões analisadas o município apresenta um nível de baixo a mínimo, evidenciando a necessidade de se priorizar ações que visam a implantação de projetos de adutoras ou construção de novos reservatórios, para mitigar a crise hídrica no município.

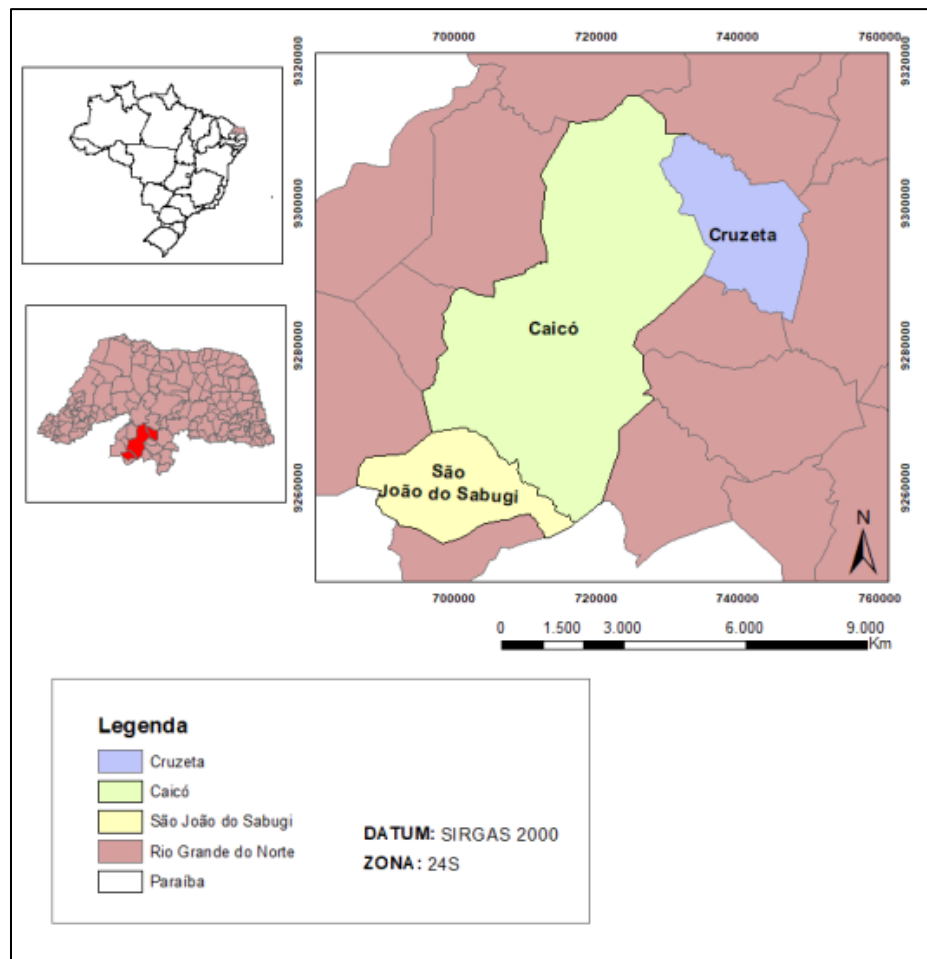
Diante do que foi explanado sobre a importância do ISH para identificar problemas em relação à segurança hídrica de uma região, o presente estudo utilizou o ISH para analisar o nível de segurança hídrica dos municípios de Caicó, Cruzeta e São João do Sabugi, todos situados na região semiárida do estado do Rio Grande do Norte. Dessa forma foi possível identificar os principais fatores que influenciam na segurança hídrica dos municípios.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

O presente trabalho teve como área de estudo os municípios de Caicó, Cruzeta e São João do Sabugi, localizados na zona central do estado do Rio Grande do Norte, região conhecida como Seridó (Figura 1).

Figura 1 - Área de estudo



Fonte: Autoria própria

Estes municípios foram escolhidos pela diferença de tamanho dos seus reservatórios em relação ao tamanho de suas populações. Os municípios possuem em comum a mesma bacia hidrográfica - Piancó-Piranhas-Açu e apresentam clima tropical e semiárido, quente e seco, com breves períodos de precipitações durante o ano, o que resulta em médias pluviométricas entre 500 e 600 mm/ano. A temperatura média anual é de 27,4 °C, com alta incidência de insolação, tal característica colabora com as altas taxas de evaporação fazendo

com que os níveis dos reservatórios da região, passem maior parte do ano com seus níveis baixos (LUCENA et al, 2012).

É frequente a ocorrência de secas na região. Entre os anos de 2012 e 2018, a área de estudo passou por uma seca prolongada, trazendo dificuldades em relação ao abastecimento. Segundo o Monitor de Secas da ANA (2012 – 2018), a região vivenciou um período de seca extrema, quando as chuvas não foram suficientes para amenizar a severidade da situação. Somente em 2018 o nível de seca foi amenizada. A seca afetou a agricultura e a pecuária na região, bem como sua ecologia e hidrologia (ANA, 2014).

A vegetação presente na região é a caatinga Hiperxerófila de caráter mais seco, com cactáceos em abundância, plantas de porte mais baixo e espalhadas. (IBAMA, 2004). O relevo é caracterizado pela depressão sertaneja, com a presença do planalto da Borborema com Escarpas Erosivas e da chapada do Apodi com predominância dos solos Luvisolos Crômicos, solos Litólicos (BELTRÃO et al, 2005; DOS SANTOS et al, 2016).

A geologia da região é tempo pré-cambriano, Neoproterozóico e paleoproterozóico. Caracterizado por escudos cristalinos formados por rochas ígneas e metamórficas que formam o embasamento das bacias sedimentares do nordeste brasileiro (CPRM, 2010).

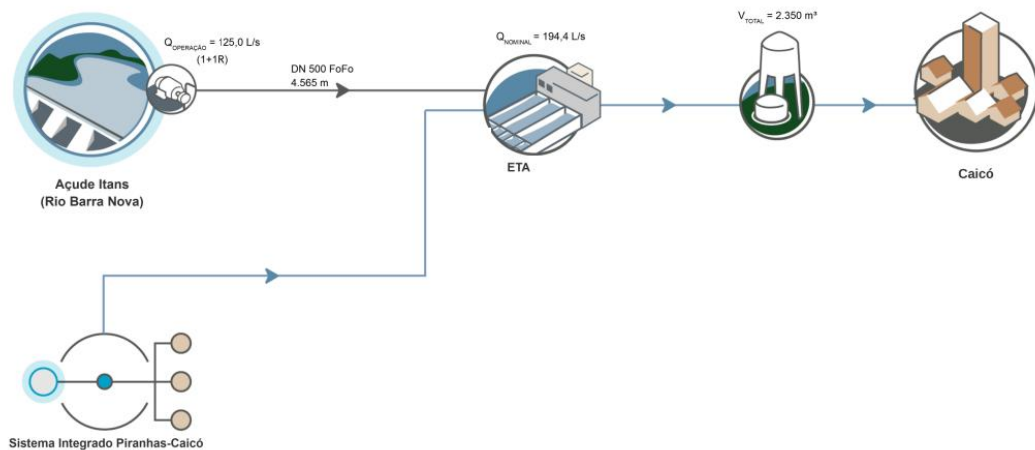
2.1.1 Caicó

O município de Caicó ocupa uma área com cerca de 1.230 Km² e tem uma população estimada em 68.726 mil habitantes, dos quais 15,1% está na zona Rural e 84,1% na zona urbana. (IBGE, 2021).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2020), o município tem 68.383 habitantes atendidos por abastecimento de água, o que representa 99,5% de sua população. Já para o esgotamento sanitário esse número é menor, apenas 15.435 habitantes são atendidos por este serviço, o que representa 22,4% de sua população.

De acordo com o Atlas Águas (ANA, 2019), o sistema de abastecimento do município é composto por dois sistemas produtores: Açude Itans (Rio Barra Nova) com capacidade máxima de 81.800.000 m³ e pelo Rio Piranhas-Açu através do sistema integrado Piranhas (Aduutora Manuel Torres). O município possui uma Estação de Tratamento de Água, sistemas de reservatórios elevados de distribuição e rede de distribuição com cerca de 195 Km de extensão (SNIS, 2020) (Figura 2).

Figura 2 - Fluxograma do sistema de abastecimento da cidade de Caicó-RN



Fonte: Atlas Águas - ANA, 2019. Adaptado pelo autor

O açude Itans além de atender as demandas de abastecimento humano, também atende as demandas de pecuária, irrigação e indústria, apresentando uma demanda total superior a sua capacidade de regularização (Tabela 1 e Tabela 2).

Tabela 1 - Demandas (m^3/s) por uso no açude Itans

USO	Demanda m^3/s
Abastecimento Humano	0,006
Pecuária	0,027
Irrigação	0,675
Industrial	0,087
Aquicultura	0,00
Total	0,795

Fonte: ANA, 2019. Adaptado pelo autor.

Tabela 2 - Vazões regularizadas para diferentes garantias do açude Itans (m^3/s)

Reservatório	Q99%	Q95%	Q90%
Itans	0,30	0,35	0,36

Fonte: ANA, 2016. Adaptado pelo autor.

O Sistema integrado Piranhas-Caicó (Adutora Manuel Torres), além de Caicó abastece mais 2 cidades da região (São Fernando e Timbaúba dos Batistas), garantindo água para quase 66 mil pessoas. O rio Piranhas-Açu no ponto de captação da adutora é perenizado pelo sistema Coremas na Paraíba (ANA, 2016).

2.2.2 Cruzeta

O município de Cruzeta apresenta uma população estimada em 7.968 habitantes, dos quais aproximadamente 6.521 (81,8%) vivem na zona urbana, enquanto 1.446 vivem na zona rural (18,2%) com uma área territorial de 295,830 Km². (IBGE, 2021).

O município tem 7.411 habitantes atendidos com o serviço de abastecimento de água, o que representa 93% da população total, enquanto 557 pessoas não são atendidas por este serviço, o que representa 7% da população. Em relação ao serviço de esgotamento sanitário, 6.500 pessoas possuem acesso a este serviço, o que representa 81,6% da população. A cidade é abastecida pelo açude Cruzeta, possui uma Estação de Tratamento de Água e a rede de distribuição de água possui uma extensão de 38 Km, enquanto a rede de coleta de esgoto possui 31 Km de extensão (SNIS, 2020).

O açude Cruzeta, principal reservatório do município, está localizado na bacia hidrográfica do rio Seridó e tem como principais afluentes: o rio Quimproró, rio Do Meio e rio Salgado. O reservatório é utilizado tanto para o abastecimento da cidade de Cruzeta como para irrigação e pecuária (Tabela 3). Este açude, assim como Itans tem uma demanda superior a sua capacidade de regularização (Tabela 4).

Tabela 3 - Demandas (m³/s) por uso no manancial de Cruzeta

USO	Demanda m³/s
Abastecimento Humano	0,028
Pecuária	0,026
Irrigação	0,874
Industrial	0,010
Aquicultura	0,00
Total	0,938

Fonte: ANA, 2016. Adaptado pelo autor.

Tabela 4 - Vazões regularizadas para diferentes garantias do reservatório de Cruzeta (m³/s)

Reservatório	Q99%	Q95%	Q90%
Cruzeta	0,01	0,04	0,08

Fonte: ANA, 2016. Adaptado pelo autor.

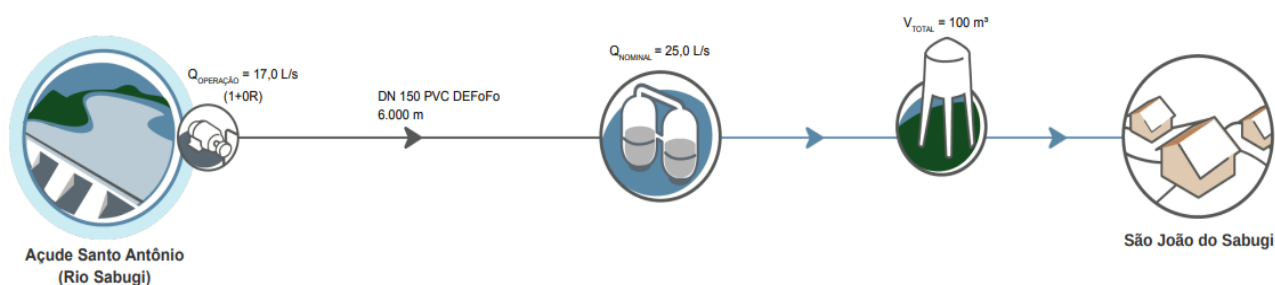
2.2.3 São João do Sabugi

O município de São João do Sabugi ocupa uma área de 277 KM² e tem uma população estimada em 6.221 habitantes, dos quais cerca de 4.800 pessoas residem na zona urbana o

que representa 77,2% da população o restante da população encontra-se na zona rural do município (IBGE, 2021).

Em relação ao abastecimento de água, São João do Sabugi tem 100% de sua população atendida pelo serviço, porém quanto ao serviço de esgotamento sanitário menos da metade da população têm acesso, cerca de 3.040 habitantes, segundo o censo de 2010. A cidade está inserida nos domínios da bacia hidrográfica Piranhas-Açu, drenada pela sub-bacia do Rio Sabugi, onde os principais tributários são os riachos Salgado, Carnaubinha e do Cordeiro. O município conta com um reservatório local Açude Santo Antônio que é alimentado pelo Rio Sabugi com capacidade máxima de 65.334.000 m³ e uma rede de distribuição de água com extensão de 24 Km (SNIS, 2020). Abaixo o fluxograma simplificado do sistema de abastecimento do município (Figura 4).

Figura 3 - Fluxograma do sistema de abastecimento da cidade de João do Sabugi - RN



Fonte: Atlas Águas - ANA, 2019.

O açude Santo Antônio do Sabugi atende a diversas atividades na região como o abastecimento humano, dessedentação animal e a agricultura irrigada, com as demandas representadas na Tabela 5 e tem uma capacidade de regularização (Tabela 6) superior a demanda.

Tabela 5 - Demandas (m³/s) por uso no Açude Santo Antônio

USO	Demanda m ³ /s
Abastecimento Humano	0,013
Pecuária	0,007
Irrigação	0,257
Industrial	0,00
Aquicultura	0,00
Total	0,277

Fonte: ANA, 2016. Adaptado pelo autor.

Tabela 6 - Vazões regularizadas e garantias do Açude Santo Antônio (m³/s)

Reservatório	Q99%	Q95%	Q90%
Sabugi	0,36	0,44	0,54

Fonte: ANA, 2016. Adaptado pelo autor.

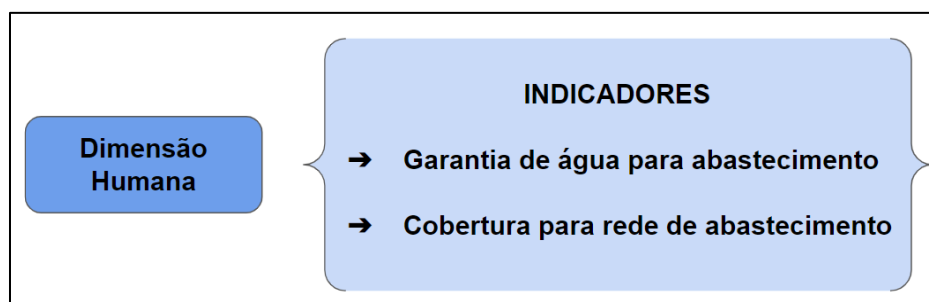
2.2. Cálculo do Índice de Segurança Hídrica

A metodologia utilizada para o cálculo do ISH nas quatro dimensões indicadas pelo PNSH foi adaptada tendo como base o Manual Metodológico do ISH da ANA (BRASIL, 2019).

2.2.1. Dimensão Humana

A dimensão humana analisa a garantia da oferta de água para o abastecimento dos municípios, buscando identificar a porção da população que está vulnerável a riscos de desabastecimento e coletar informações no que se refere a regiões em maiores níveis críticos. Para esta dimensão se utiliza dois indicadores: Garantia de Abastecimento da População Urbana e a Cobertura da Rede de Abastecimento Humano (Figura 5).

Figura 4 - Dimensão Humana e indicadores



Fonte: BRASIL, 2019 – Adaptado pelo autor

➤ Garantia de Água para abastecimento

A partir do cálculo do balanço hídrico (equação 1), é possível obter a razão entre disponibilidade e demanda hídrica em cada reservatório que atende os municípios deste estudo. Para este trabalho a disponibilidade hídrica corresponde a uma vazão regularizada com 90% de garantia (Q90). Com essa informação, calcula-se o fator de risco (iminente e pós-déficit) para cada reservatório, utilizando as equações 2 e 3 quando há déficit hídrico, ou seja, quando $BHS < 1$. Quando não há déficit hídrico ($BHS > 1$) o fator de risco iminente e pós-déficit é obtido pelas equações 4 e 5. Para se obter o Fator de Risco Total para cada município foram somados os fatores de risco (equação 6) e em seguida feito uma média, para os municípios com mais de um reservatório (SNIRH, 2020).

$$BHS = \frac{disp}{dem} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

- BHS = Balanço Hídrico Superficial
- Dem = Demanda Total de Retirada do manancial (m³/s);
- Disp = Disponibilidade Hídrica do manancial (m³/s);

➤ Para situação em que há déficit (BHS < 1)

$$FR(\text{pós-déficit}) = 1 - \left(\frac{disp}{dem}\right) \quad (\text{Equação 2})$$

$$FR(\text{Iminente}) = \frac{1}{3} \left(\frac{disp}{dem}\right) \quad (\text{Equação 3})$$

➤ Para situação em que não há déficit (BHS > 1)

$$FR(\text{pós-déficit}) = 0 \quad (\text{Equação 4})$$

$$FR(\text{Iminente}) = \frac{1}{3} \left(\frac{disp}{dem}\right)^{-2} \quad (\text{Equação 5})$$

$$FR(\text{total}) = FR(\text{pós-déficit}) + FR(\text{Iminente}) \quad (\text{Equação 6})$$

A parcela da população em risco de abastecimento da cidade será obtida pela multiplicação do fator de risco total pela população urbana do município. Para o cálculo da população urbana foi utilizado o censo do IBGE 2010. O valor que representa a população urbana em risco do município e seu respectivo valor percentual são associados a um grau de segurança em função da matriz de classificação apresentada na metodologia do ISH (Figura 6) (ANA, 2021).

Figura 5 - Grau de Segurança Municipal em Função da População Urbana em Risco

<i>População Urbana em Risco (absoluta)</i>	<i>População Urbana em Risco (%)</i>				
	<i>0 - 20%</i>	<i>20 - 40%</i>	<i>40 - 60%</i>	<i>60 - 80%</i>	<i>80 - 100%</i>
< 2.000	5	5	4	4	3
2.000 - 5.000	5	4	3	3	2
5.000 - 10.000	4	3	3	2	2
10.000 - 50.000	4	3	2	2	1
> 50.000;	3	2	2	1	1

Fonte: ANA, 2021

➤ Cobertura para a rede de abastecimento

O indicador Cobertura da Rede de Abastecimento Humano capta informações sobre o acesso ao serviço de abastecimento de água pela população dos municípios. Os dados de cobertura de abastecimento nas cidades estudadas foram obtidos a partir de consultas feitas no portal SNIS (2020) e do censo do IBGE 2010, em seguida a informação foi associada a um grau de segurança (Figura 7).

Figura 6 - Grau de segurança municipal em função da cobertura da rede de abastecimento

<i>Grau de Segurança Adotada</i>	<i>Cobertura de Rede de Abastecimento (%)</i>	
	<i>Limite Inferior</i>	<i>Limite Superior (<=)</i>
1	0	80%
2	80%	90%
3	90%	95%
4	95%	98%
5	98%	100%

Fonte: ANA, 2021

Após o cálculo dos dois indicadores, o ISH na dimensão humana de cada município do estudo foi obtido pela média ponderada dos dois indicadores (equação 7), sendo 70% de garantia do abastecimento humano e 30% para a cobertura de rede.

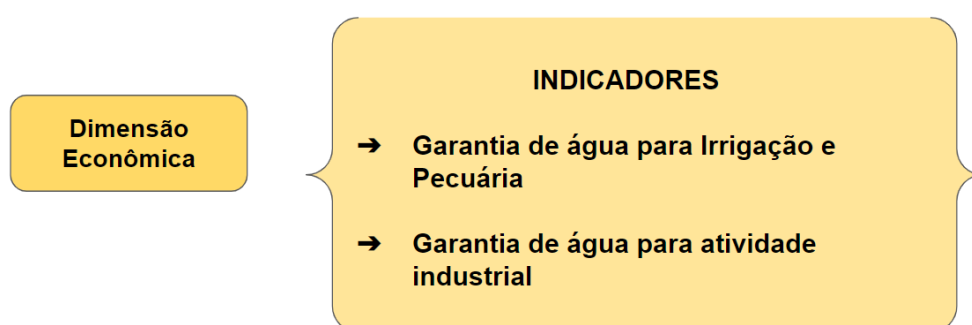
(Equação 7)

$$\frac{(0,7 \times \textit{Garantia de água para abastecimento}) + (0,3 \times \textit{Cobertura de abastecimento humano})}{0,7 + 0,3}$$

2.2.2. Dimensão Econômica

Essa dimensão é composta por indicadores que mensuram os riscos dos setores econômicos que utilizam recursos hídricos nos municípios em análise. A partir da divisão dos setores econômicos, foram considerados indicadores para esta dimensão a garantia de água para agricultura e pecuária e a garantia de água para a atividade industrial (Figura 8).

Figura 7 - Dimensão Econômica e indicadores



Fonte: BRASIL, 2019 – Adaptado pelo autor

➤ **Garantia de água para Irrigação e Pecuária**

Este indicador busca representar o valor em risco que está associado a estas atividades, tendo em vista a importância da utilização de água para a produção. Os dados destas atividades foram obtidos através das fontes Pesquisa Agrícola Municipal - PAM (IBGE, 2017a) e da Pesquisa da Pecuária Municipal – PPM (IBGE, 2017b), como indica o Manual metodológico do Índice de Segurança Hídrica (SNIRH, 2020).

Após a análise e definição dos valores monetários da produção agropecuária, foi utilizado o Fator de Risco Total (equação 6), multiplicado pelo valor da produção de cada atividade. O resultado obtido foi o valor em risco para as atividades de irrigação e pecuária nos reservatórios dos municípios, onde o grau de segurança foi classificado de acordo com as Figuras 9 e 10.

Figura 8 - Grau de Segurança Municipal em Função do Valor de Produção Agrícola irrigada em risco.

Valor em risco (mi R\$)	Valor em Risco (%)				
	0 - 10%	10 - 20%	20 - 30%	30 - 40%	> 40%
< 1,0	5	5	4	3	3
1,0 - 5,0	5	4	3	3	2
5,0 - 10,0	4	3	3	2	2
10,0 - 50,0	3	3	2	2	1
> 50,0	3	2	2	1	1

Fonte: SNIRH, 2020

Figura 9 - Grau de Segurança Municipal em Função do Valor de Produção Pecuária em Risco.

Valor em risco (mi R\$)	Valor em Risco (%)				
	0 - 10%	10 - 20%	20 - 30%	30 - 40%	> 40%
< 1,0	5	5	4	3	3
1,0 - 5,0	5	4	3	3	2
5,0 - 15,0	4	3	3	2	2
15,0 - 35,0	3	3	2	2	1
> 35,0	3	2	2	1	1

Fonte: SNIRH, 2020

Para compor o indicador foi utilizada uma média ponderada, considerando um peso de 70% para a agricultura e 30% para a pecuária, conforme equação 8.

$$\frac{(0,7 \times \text{Agricultura}) + (0,3 \times \text{Pecuária})}{0,7 + 0,3} \quad (\text{Equação 8})$$

➤ Garantia de água para atividade Industrial

Quanto ao indicador garantia de água para atividade Industrial, o mesmo busca mensurar o risco de desabastecimento de água às demandas industriais, utilizando o Valor Agregado Bruto (VAB industrial), calculado na pesquisa do Produto Interno Bruto dos Municípios - PIBMunic (IBGE, 2016).

Após a análise dos dados e com base no cálculo do Balanço Hídrico (Equação 1), é calculado o Fator de Risco (Equações 2, 3 e 4), o qual é multiplicado pelo VAB industrial, resultando no valor de risco da atividade industrial nos reservatórios dos municípios, em que seu grau de risco é classificado de acordo com a tabela apresentada na figura 11.

Figura 10 - Grau de Segurança Municipal em Função do Valor Agregado Bruto do Setor Industrial em Risco.

Valor em risco (mi R\$)	Valor em Risco (%)				
	0 - 10%	10 - 20%	20 - 30%	30 - 40%	> 40%
< 1,0	5	5	4	3	3
1,0 - 10,0	5	4	3	3	2
10,0 - 25,0	4	3	3	2	2
25,0 - 150,0	3	3	2	2	1
> 150,0	3	2	2	1	1

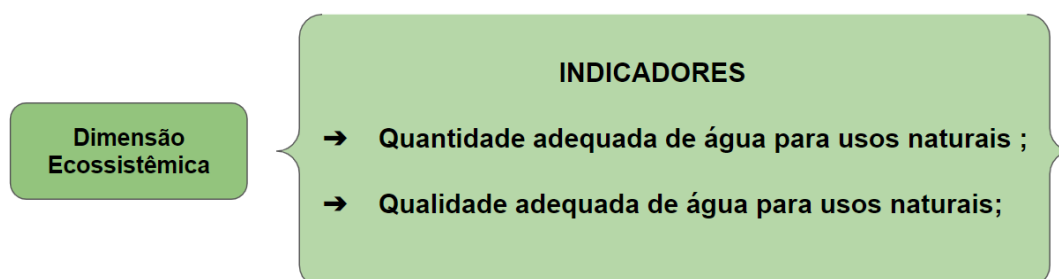
Fonte: SNIRH, 2020

Finalmente, o cálculo final para a dimensão econômica é a adoção do valor mínimo dentre os graus dos Indicadores de Garantia de Água para Agricultura, Pecuária e a Garantia de Água para uso da indústria.

2.2.3. Dimensão Ecológica

Para esta dimensão foram considerados dois indicadores para valorar as condições mínimas para manter o ecossistema em funcionamento. Não foi abordado o indicador relacionado com segurança de barragens, tendo em vista que os municípios do estudo não possuem a atividade de mineração (Figura 12).

Figura 11 - Dimensão Ecológica e indicadores



Fonte: BRASIL, 2019 – Adaptado pelo autor

➤ Quantidade adequada de água para usos naturais

A Quantidade de água adequada para usos naturais refere-se a quantidade mínima de vazão necessária para o funcionamento dos ecossistemas naturais de regiões de um determinado rio, em situações adversas como a ocorrência de vazões baixas.

Para obtenção deste indicador, foi utilizado o cálculo do Balanço Hídrico (BSH) (Equação 1) e o cálculo de comprometimento hídrico do reservatório, que avalia em termos percentuais a quantidade de água disponível para atender a demanda, que tem como resultado o valor percentual da vazão remanescente dos reservatórios (Equação 9).

$$\text{Vazão Remanescente}(\%) = 100\% - \left(\frac{dem}{disp} \times 100\%\right) \quad (\text{Equação 9})$$

Os valores percentuais da vazão remanescente, foram associados ao grau de segurança (Figura 13). Para cada município foi realizada uma média simples entre os valores obtidos dos reservatórios de abastecimento de cada um. Quando o valor da vazão remanescente é positivo significa que a área de estudo possui uma oferta de água suficiente para atender a demanda e ainda teria folga para atender outros usos, quando o valor é negativo a oferta de água não é suficiente para atender a demanda.

Figura 12 - Grau de segurança em relação ao percentual de vazão remanescente

<i>Grau de Segurança Adotada</i>	<i>Vazão Remanescente (razão de Q95%)</i>
1	0 - 5%
2	5 - 10%
3	10 - 30%
4	30 - 50%
5	≥ 50%

Fonte: SNIRH, 2020

➤ **Qualidade adequada de água para usos naturais**

Para obter o indicador qualidade de água adequada para usos naturais foi utilizado o parâmetro de qualidade da água, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) dos reservatórios. A classificação da concentração de DBO deve respeitar a Resolução CONAMA nº. 357/2005, em que quanto menor a DBO, mais favorável é o equilíbrio natural do ecossistema.

No presente estudo foram utilizadas as informações do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó-Piranhas-Açu (ANA, 2016). O grau de segurança deste indicador é obtido através de uma média simples entre os valores obtidos nos municípios em seus respectivos reservatórios comparado com os valores da Figura 14.

Figura 13 - Classificação de Segurança em Relação à Qualidade de Água

<i>Grau de Segurança Adotada</i>	<i>Concentração de DBO_{5,20} no trecho (mg/L)</i>
1	≥ 20
2	10 - 20
3	5 - 10
4	3 - 5
5	< 3

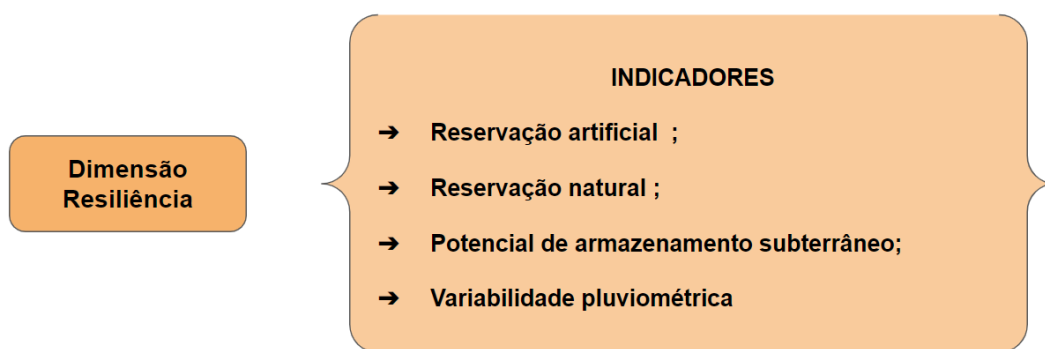
Fonte: SNIRH, 2020

2.2.4. Dimensão Resiliência

A dimensão de resiliência mensura os níveis de segurança em relação a eventos climáticos adversos no território estudado, sendo assim, uma determinada região tem segurança hídrica, quando está menos suscetível a estes tipos de eventos climáticos.

Para determinar o grau de segurança nesta dimensão, são utilizados os indicadores de Reserva Artificial, Reserva Natural, Potencial de Armazenamento Subterrâneo, e Variabilidade Pluviométrica (Figura 15)

Figura 14 - Dimensão Resiliência e indicadores



Fonte: BRASIL, 2019 – Adaptado pelo autor

Para o estudo não foram analisados os indicadores de Reservação Natural e Potencial de Armazenamento Subterrâneo, pois os municípios estão inseridos em uma região que tem uma geomorfologia caracterizada por solos rasos formados sobre um substrato cristalino, e rochas impermeáveis o que dificulta a capacidade de armazenamento subterrâneo, quando ocorre este armazenamento as vazões produzidas são pequenas e a água é, na maior parte das vezes, salinizada (CPRM, 2010).

➤ **Reservação Artificial**

O indicador representa a mensuração dos parâmetros de oferta da água fornecida pelos reservatórios dos municípios. Para este indicador foi feita uma adaptação pré-determinada na metodologia de ISH (SNIRH, 2020), o qual indica que para os reservatórios localizados na região semiárida em vez de utilizar nos cálculos o volume máximo dos reservatórios, utiliza-se o volume útil, tendo em vista os desafios que a região enfrenta ocasionado pelos altos níveis de evaporação e poucas chuvas durante o ano.

Para a análise do indicador na área de estudo, foram utilizadas as informações disponibilizadas no Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu (ANA, 2016), na qual, após análise dos dados foi feito o cálculo do volume potencial (Equação 10). Os dados das áreas dos respectivos reservatórios foram extraídos do Anexo B - Reservatórios do Semiárido Brasileiro -Piancó Piranhas - Açu - da ANA (ANA, 2017).

$$Volume\ Potencial\ (m^3) = \left(\frac{Volume\ útil(hm^3)}{Área\ do\ Reservatório\ (Km^2)} \right) \quad (Equação\ 10)$$

O resultado é associado e classificado de acordo com a tabela apresentada na Figura 16. Nos casos em que os valores do volume potencial forem abaixo de 1,0 hm³/Km², adota-se o grau 1.

Figura 15 - Classificação de Segurança em Relação ao Volume Potencial de Reservação

Grau de Segurança Adotado	Volume Potencial por Ottobacia (hm ³ /km ²)	
	Limite Inferior	Limite Superior
1	0,000	1,000
2	1,000	1,9022
3	1,9022	4,0671
4	4,0671	16,2072
5	16,2072	-

Fonte: SNIRH, 2020

➤ **Variabilidade pluviométrica**

A Variabilidade das precipitações foi representada pelo Coeficiente de Variação (CV) das séries de precipitação anual das estações pluviométricas localizadas nos municípios estudados. Os dados de precipitações anuais foram disponibilizados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), entre os anos de 1992 a 2015. Após a aquisição dos dados foi calculado a média e o desvio padrão, o resultado foi associado a tabela apresentado na Figura 17, para se obter o grau de segurança em relação à variabilidade pluviométrica. Por fim a dimensão Resiliência é obtida através do cálculo da média entre os dois indicadores analisados.

Figura 16 - Grau de segurança em função da variabilidade pluviométrica

Grau de Segurança Adotado	Variabilidade Pluviométrica	
	Limite Inferior	Limite Superior
1	0,25	-
2	0,21	0,25
3	0,19	0,21
4	0,17	0,19
5	0,00	0,17

Fonte: SNIRH, 2020

Todos os valores encontrados nos indicadores e posteriormente nas dimensões foram analisados de acordo com a Figura 18, e assim determinado o grau no qual classificam-se.

Figura 17 - Intervalos de Classe dos Graus de Segurança Hídrica

Símbolo	Intervalo	Grau
	1,00 - 1,5	Mínimo - 1
	1,51 - 2,5	Baixo - 2
	2,51 - 3,5	Médio - 3
	3,51 - 4,5	Alto - 4
	4,51 - 5,0	Máximo - 5

Fonte: BRASIL, 2019

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Dimensão Humana

Dentre os municípios em análise para esta dimensão, Cruzeta é o que apresenta o menor grau de segurança hídrica, puxado tanto pelo baixo grau do indicador de garantia de água para abastecimento (Tabela 7) quanto pela mediana cobertura de abastecimento da população (Tabela 8). Cruzeta detém 94% (FR Total) de sua população em risco hídrico, o que comprova que a disponibilidade hídrica não é suficiente para atender a demanda desta população. Podendo ainda, se agravar em períodos de estiagem enfrentados durante o ano, como também ocorreu nos períodos entre 2011 e 2018, quando o sistema de abastecimento da cidade entrou em colapso (Figura 19).

Tabela 7 - Indicador de garantia de água para abastecimento

Município	BHS	FR Pós Déficit	FR Iminente	FR Total	Grau
Caicó	0,45	0,55	0,15	0,70	2 (baixo)
Cruzeta	0,09	0,91	0,03	0,94	2 (baixo)
São João do Sabugi	1,94	0	0,088	0,088	5 (máximo)

Tabela 8 - Cobertura para rede de abastecimento

Município	População (hab)	População atendida	Grau
Caicó	60.000	99,5%	5 (máximo)
Cruzeta	6.737	93%	3 (médio)
São João do Sabugi	5.287	100%	5 (máximo)

Fonte: IBGE, 2010

Caicó encontra-se numa situação mais favorável quando comparado a Cruzeta, no entanto, apresenta ISH médio para a dimensão humana (Tabela 9). Apesar do município ter classificação de nível médio do ISH para esta dimensão humana, é necessário atentar-se para a proporção da população que está em risco que é de 70% (FR Total). Ou seja, o ISH médio nesta dimensão não é uma situação confortável para a população, em períodos de seca, como ocorreu no período entre 2011 e 2018, a cidade enfrentou problemas no abastecimento, sendo necessária a utilização de carros-pipa e de rodízio para garantir o abastecimento da população (Figuras 20 e 21).

Tabela 9 - Grau de Segurança Hídrica na Dimensão Humana

Município	Grau
Caicó	3 (médio)
Cruzeta	2 (baixo)
São João do Sabugi	5 (máximo)

São João do Sabugi, no entanto, apresenta grau 5 na dimensão humana, ou seja, o nível máximo de segurança hídrica. Este resultado deve-se principalmente pela baixa demanda do Açude Santo Antônio. Considerando o valor total da demanda apresentada na Tabela 5 e da vazão regularizada com garantia de 90% Q90 (Tabela 6), o Fator de Risco Total apresentado na tabela 7 foi igual a 0 (zero), ou seja, o município apresenta uma situação em que não há déficit hídrico, onde a população em risco é de apenas 423 habitantes (8%), tendo, portanto, um indicador para garantia de abastecimento igual a 5 (Tabela 7). Como a cobertura de rede de abastecimento no município conta com 100% de sua população atendida pelo serviço, caracterizando-se novamente como grau 5 (Tabela 8).

Figura 18 - Cruzeta em colapso de abastecimento

20/09/2016 14h44 - Atualizado em 20/09/2016 14h44



No RN, Cruzeta entra em colapso de abastecimento de água

Baixa em nível de açude que abastece a cidade motivou colapso. Ao todo, 21 municípios potiguares estão sem fornecimento regular de água.

Do G1 RN



Seca no RN chega ao quinto ano consecutivo com 153 cidades em situação de emergência por falta d'água (Foto: Anderson Barbosa e Fred Carvalho/G1)

Fonte: G1/RN

Figura 19 - Rodízio de abastecimento em Caicó/RN

05 Maio 2015



Por Blog do Seridó às 10:47min. em Caicó

Caicó passa por rodízio de abastecimento neste mês. Confira o calendário

A Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (Caern) divulga para conhecimento de toda a população de Caicó, o calendário de rodízio de abastecimento de água referente ao mês de maio.

O calendário especifica que o Centro e Acampamento serão abastecidos todos os dias, com manobras leves. Para os demais setores abastecidos pela adutora Manoel Torres (Piranhas/Caicó), seguirão o cronograma assim definido:

Rodízio no abastecimento de água na cidade de Caicó - maio/2015

Fonte: Blog do Toscano Neto (a)

Figura 20 - População sendo abastecida por caminhão Pipa Caicó/RN



Fonte: Blog do Toscano Neto (b)

3.2 Dimensão Econômica

Em relação à produção agropecuária da área de estudo, Caicó é o município com maior valor de produção tanto na agricultura, quanto na pecuária, portanto, tendo o maior valor em risco quando comparado aos municípios de Cruzeta e São João do Sabugi, A mesma coisa acontece com a produção industrial. A tabela 10 apresenta o valor da produção de cada setor e o valor total em risco monetário, sendo que para identificar o risco em cada setor, é multiplicado o valor da produção pelo *FR total* disposto na tabela 7, para cada município.

Apesar da importância da atividade agropecuária para a região, o cultivo e a criação de animais na maioria dos casos ocorrem na forma de subsistência com cultivos alimentares e pequenos animais ou pequenas criações bovinas para o autoconsumo e inserção no mercado local e regional. Isso ocorre pelo fato de a atividade na região estar muito dependente das precipitações ao longo do ano. Em casos de seca prolongada com alguns anos de déficit pluviométrico, o sistema de produção fica dependente do meio ambiente e dos

recursos naturais, isso acaba sendo um limitador para o desenvolvimento da atividade na região semiárida (SOBOURIN, 2009).

Para a produção industrial na região semiárida a manutenção continuada do balanço hídrico é fundamental para o desenvolvimento dessas atividades de forma sustentável, pois nessas regiões semiáridas, a água tende a ser fator limitante na operação dessas atividades, podendo gerar conflitos de uso e escassez, por este motivo este setor acaba sendo limitado na região (VIEIRA, 2002).

Tabela 10 - Produção por setor econômico e valor em risco

Município	Produção Agricultura (R\$)	Produção Pecuária (R\$)	Produção Industrial (R\$)	Valor em Risco Total (R\$)
Caicó	3.098.000	35.634.360	75.962.000	81.216.092
Cruzeta	1.511.000	10.113.750	18.531.000	28.347.000
São João do Sabugi	254.920	12.491.000	2.685.000	1.357.921

Fonte: IBGE, 2017; IBGE, 2016

Para Caicó, a atividade agropecuária é composta por 8% pela agricultura e 92% pela pecuária (Tabela 10). Para estas atividades existe um risco associado à escassez, principalmente pelo motivo do município estar localizado no semiárido, portanto Caicó acaba tendo um baixo grau de segurança hídrica para a atividade agropecuarista. Em relação a garantia de água para a produção industrial a situação de Caicó é ainda pior do que para o setor anterior, e é o cenário mais crítico entre os outros municípios deste estudo (Tabela 10). Por fim, Caicó apresenta o pior grau entre os outros municípios na dimensão econômica (Tabela 11), este cenário é ocasionado principalmente pela alta demanda hídrica da população para suas necessidades diárias, o que acaba diminuindo a oferta de água para operação de outros setores da sociedade, impactando no desenvolvimento socioeconômico do município.

A produção agropecuária do município de Cruzeta é composta por 13% da agricultura e 87% da pecuária (Tabela 10). O município tem um cenário muito parecido com o de Caicó, o qual também teve como resultado baixa garantia de água para o setor agropecuário. Em relação à produção industrial, Cruzeta ficou um grau acima do município de Caicó, porém não é um cenário confortável (Tabela 11), pois a maior parte da água deve ser direcionada para o consumo humano e não para o setor produtivo, o que pode ocasionar conflito de abastecimento.

Tabela 11 – Grau de segurança hídrica na Dimensão Econômica por atividade

Município	Grau (Agricultura)	Grau (Pecuária)	Grau (Indústria)	Grau
Caicó	2 (baixo)	2 (baixo)	1 (Mínimo)	1 (Mínimo)
Cruzeta	2 (baixo)	2 (baixo)	2 (baixo)	2 (baixo)
São João do Sabugi	5 (Máximo)	2 (baixo)	5 (Máximo)	5 (Máximo)

Para o município de São João do Sabugi, por apresentar uma situação hídrica mais confortável, o valor total em risco é muito baixo comparado aos outros municípios, sua agricultura representa apenas 2% da produção agropecuária, enquanto os outros 98% é composto pela pecuária (Tabela 10). A agricultura por não ter uma demanda hídrica alta no município, apresenta grau máximo de segurança, diferente da pecuária, que por compor a maior parte do setor agro, possui maior demanda por água, diminuindo a segurança hídrica para esta atividade. A indústria que também não tem grande demanda hídrica, o nível é máximo (Tabela 11).

Por fim o grau de segurança hídrica para a dimensão econômica no município é máximo. Este cenário ocorre pois o município não tem uma economia forte, e não possui uma alta demanda hídrica, tendo assim uma confortável oferta de água para a proporção de atividades econômicas nele desenvolvidas. Tal fato deve-se a uma menor população em relação aos outros municípios e a oferta de água por reservatórios superficiais locais que circunvizinham o município.

3.3 Dimensão Ecológica

Para o indicador quantidade de água para usos naturais, os municípios de Caicó e Cruzeta tiveram comprometimento hídrico superior a 100%, ou seja, não possui oferta hídrica para usos naturais, portanto o percentual de vazão remanescente foi considerado zero para os municípios. Diferentemente do município de São João do Sabugi, cuja o cenário se mostra mais confortável, em que para o indicador, o grau de segurança foi classificado como alto. O município apresentou comprometimento hídrico abaixo dos 100% no cálculo da vazão remanescente, ou seja, possui oferta hídrica para usos naturais (Tabela 12). Estes resultados mostraram que a demanda hídrica dos municípios de Caicó e Cruzeta são bem maiores do que a oferta de água, a ponto de a quantidade de água não ser suficiente para o funcionamento dos ecossistemas naturais da região.

Tabela 12 - Indicador Quantidade de água para usos naturais

Município	Vazão remanescente para usos naturais	Grau
Caicó	0%	1 (Mínimo)
Cruzeta	0%	1 (Mínimo)
São João do Sabugi	49%	4 (Alto)

Em relação ao indicador da qualidade da água para usos naturais, Cruzeta apresentou o maior nível de DBO entre os reservatórios do estudo, sendo classificado, portanto, como um município com grau mínimo para o indicador. Em seguida vem Caicó classificado com níveis de DBO abaixo dos que foram apresentados pelo município anterior, e foi classificado com um baixo indicador. Para São João do Sabugi os níveis de DBO apresentados foram os menores em relação aos outros dois municípios (Tabela 14).

Tabela 13 - Indicador Qualidade de água para usos naturais

Município	Nível de DBO	Grau
Caicó	10mg a 20mg	2 (Baixo)
Cruzeta	>20mg	1 (Mínimo)
São João do Sabugi	5mg a 10mg	3 (Médio)

Fonte: ANA, 2016

Diante dos resultados apresentados, Cruzeta e Caicó ficaram com níveis mínimos nos indicadores desta dimensão, enquanto São João do Sabugi foi classificado com grau de ISH médio (Tabela 14). O cenário de Caicó e Cruzeta se agravam a medida que seus reservatórios perdem volume de água seja pelo uso ou pela evaporação que é um fator crucial que impacta diretamente nos níveis de água dos reservatórios localizados no semiárido. Estes açudes são altamente vulneráveis à eutrofização e ao assoreamento, pois acabam retendo sedimentos exportados de suas bacias de drenagem (FREITAS, RIGHETTO, ATTAYDE, 2011). Além disso, como estes reservatórios passam maior parte do ano com baixo volume, os níveis de oxigênio dissolvido e pH apresentam altos valores e como consequência acaba aumentando a atividade fotossintética algal, provocando aumento de dos níveis de DBO na água (SHAPIRO, 1990).

Tabela 14 - Dimensão Ecológica Final

Município	Grau
Caicó	1 (Mínimo)
Cruzeta	1 (Mínimo)
São João do Sabugi	3 (Médio)

3.4 Dimensão Resiliência

Caicó possui o maior reservatório com o maior volume útil dentre os municípios estudados, seguido de São João do Sabugi que possui a segunda maior área hidráulica e Cruzeta que possui o menor reservatório. Caicó possui o maior volume potencial, calculado pela relação entre o volume útil e a área do seu reservatório. São João do Sabugi com uma população de pouco mais de 6.000 (seis mil) pessoas possui um reservatório com tamanho parecido com o de Caicó, que abastece pouco mais de 68.000 (sessenta e oito mil). Com isso Caicó e São João do Sabugi obtiveram grau 4 (Alto) neste indicador, enquanto que Cruzeta por possuir um reservatório com baixo volume potencial obteve grau médio para o indicador (Tabela 15).

Tabela 15 - Indicador Reservação Artificial

Município	Área do Reservatório (Km²)	Volume Útil (hm³)	Volume Potencial (hm³/Km²)	Grau
Caicó	13,4	76,95	5,74	4 (Alto)
Cruzeta	7,49	22,37	2,99	3 (Médio)
São João do Sabugi	13,15	64,62	4,91	4 (Alto)

Fonte: ANA, 2017

Para o indicador de variabilidade pluviométrica, foi calculada a média das precipitações anuais entre os anos de 1992 e 2015 dos municípios, bem como o desvio padrão. Os resultados mostraram que os três municípios obtiveram limites superiores a 0,25, o que a caracteriza baixa segurança para o indicador de variabilidade pluviométrica (Tabela 16).

Tabela 16 - Indicador variabilidade Pluviométrica

Município	Média de chuvas anuais (mm/ano)	Máximo (mm)	Mínimo (mm)	Desvio Padrão	Grau
Caicó	536,67	990	110,9	0,48	1 (Mínimo)
Cruzeta	639,46	1054,6	67	0,38	1 (Mínimo)
São João do Sabugi	585,34	1332	230	0,50	1 (Mínimo)

Fonte: EMPARN, 2022

Por fim, para esta dimensão Caicó e São João do Sabugi obtiveram grau baixo para, enquanto Cruzeta teve o mínimo grau (Tabela 17). Este cenário é dado pelo fato de os municípios estarem localizados no semiárido, onde a ocorrência de chuvas durante o ano são poucas e a evaporação acaba impactando no volume hídrico destes municípios.

Tabela 17 - Dimensão Resiliência Final

Município	Grau
Caicó	2 (Baixo)
Cruzeta	1 (Mínimo)
São João do Sabugi	2 (Baixo)

3.5 ISH Final

Por fim, após os cálculos das quatro dimensões o índice de segurança hídrica de Caicó e Cruzeta foram classificados com nível mínimo de segurança hídrica já que o cálculo dos seus ISHs resultou em intervalos entre 1 e 1,5. Vale ressaltar que no estudo para estes municípios foram considerados apenas os seus principais reservatórios. Para São João do Sabugi seu índice ficou entre o intervalo de 2,51 e 3,5, caracterizando-o como ISH grau 3, o que torna o município com a melhor situação hídrica entre as cidades apresentadas neste estudo (Tabela 18).

Tabela 18 - ISH Final

Município	Dimensão Humana	Dimensão Econômica	Dimensão Ecológica	Dimensão Resiliência	Grau	Classificação
Caicó	3 (Médio)	1 (Mínimo)	1 (Mínimo)	2 (Baixo)	1,5	1 (Mínimo)
Cruzeta	2 (Baixo)	2 (Baixo)	1 (Mínimo)	1 (Mínimo)	1,5	1 (Mínimo)
São João do Sabugi	5 (Máximo)	5 (Máximo)	3 (Médio)	2 (Baixo)	3,5	3 (Médio)

Portanto, percebe-se que o ISH retrata bem a condição dos municípios em relação à água, principalmente a realidade dos seus principais reservatórios, o que mostra que os municípios de Caicó e Cruzeta necessitam de intervenções que favoreçam à suplementação do seu abastecimento. Faz necessário, por exemplo, a implantação de programas voltados para o melhoramento da gestão dos recursos hídricos, tendo em vista que a segurança hídrica destes municípios aponta para um nível crítico. Apesar de o município de São João do Sabugi, ter apresentado o melhor ISH entre as áreas de estudo, não retira a responsabilidade das autoridades de atuarem de forma conscientizadora e programática para melhorar ainda mais a segurança hídrica do município.

Os municípios deste estudo já estão inseridos em programas que suplementam o abastecimento através de sistemas de adutoras, como o sistema integrado Piranhas-Caicó e do sistema integrado Serra de Santana o que ajudam a garantir o abastecimento. Outra solução futura que está sendo apresentada é o projeto Seridó, que tem como objetivo a construção de uma rede de adutoras que será suprida pela barragem das Oiticicas e pela barragem Armando Ribeiro Gonçalves abastecidas por águas provenientes da transposição do Rio São Francisco, o que garantirá o abastecimento humano em toda a região do Seridó pelos próximos 50 anos, impactando de modo positivo nas dimensões de ISH apresentadas no estudo (REVISTA ÁGUAS DO BRASIL, 2021).

4. CONCLUSÃO

O ISH se apresentou como uma ferramenta importante na análise da segurança hídrica, identificando problemas na área de estudo, retratando com simplicidade e clareza, suas diferentes dimensões, levantando informações quanto ao risco relacionado aos usos da água, aos fenômenos de seca e cheias, e principalmente, levando em consideração as quatro dimensões como balizadoras para o planejamento da oferta e do uso da água em um país.

As áreas do estudo apresentaram níveis de grau mínimo e médio de segurança hídrica das quais, Cruzeta e Caicó ficaram classificadas com níveis mínimos e apenas São João do Sabugi foi classificado com nível médio, situação essa, ocasionada pela quantidade menor da população com relação aos outros municípios, o que acaba interferindo na demanda do reservatório desta cidade. mas que não o torna confortável com relação a oferta de água. Com isso fica evidente que a área necessita de projetos que possam sanar a crise hídrica, que integralizem resultados para as dimensões analisadas.

Finalmente, o trabalho apresentou os principais indicadores que influenciam na segurança hídrica, conseguindo retratar a situação das áreas do estudo, levantando informações quanto a situação hídrica dos municípios que fazem parte do Seridó potiguar. Foi possível observar que as dimensões Econômica e Ecológica acabam tendo um peso no grau final do ISH, isso ocorre pelo fato da demanda maior ser destinada a dimensão humana, o que acaba gerando um conflito entre as demandas. Com isso pode se constatar que alta demanda hídrica da população para suas necessidades diárias, acaba diminuindo a oferta de água para operação de outros setores da sociedade como o setor produtivo, impactando no desenvolvimento socioeconômico do município.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Atlas Águas: Mananciais e sistemas, 2019**. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/>. Acesso em: 14 de abr. de 2022

ANA - Agência Nacional de Águas. **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu**. Brasília. ANA, 2016. Disponível em: http://piranhasacu.ana.gov.br/produtos/PRH_PiancoPiranhasAcu_ResumoExecutivo_30062016.pdf . Acesso em: 14 de abr. de 2022

ANA - Agência Nacional de Águas. **Monitor de Secas, 2014**. Brasília. Disponível em: <https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=4&ano=2022> . Acesso em: 10 de jun. de 2022

ANA - Agência Nacional de Águas. **Anexo B - Reservatórios do Semiárido brasileiro: Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação, 2017**. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/ccc25b76-f711-41ea-a79e-c8d30c287e53/attachments/ANEXO_B_-_Pianc,_Piranhas,_Au.pdf . Acesso em: 18 de Jul. de 2022.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIANCÓ – PIRANHAS – AÇU. **A Bacia**. Caicó, 2016. Disponível em: <http://www.cbhpiancopiranhasacu.org.br/site/a-bacia/> . Acesso em: 15 de abr. de 2022

BELTRÃO, Breno Augusto; ROCHA, Dunaldson Eliezer G. A. da; MASCARENHAS, João de Castro; SOUZA JUNIOR, Luiz Carlos de; PIRES, Saulo de Tarso Monteiro; CARVALHO, Valdecílio Galvão Duarte de. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Rio Grande do Norte: diagnóstico do município de São João do Sabugi**. Recife, CPRM, 2005. Disponível em: https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/17259/rel_sao_joao_sabugi.pdf?sequence=1 . Acesso em: 14 de abr. de 2022

BLOG TOSCANO NETO (a). **Caicó passa por rodízio de abastecimento neste mês. Confira o Calendário**. Disponível em: <https://blogdotoscanoneto.blogspot.com/2015/06/o-drama-da-seca-parte-da-populacao-de.html> . Acesso em: 06 de Jul. de 2022

BLOG TOSCANO NETO (b). **O drama da seca! Parte da população de Caicó já está sendo abastecida através de carros-pipas**. Disponível em: <https://blogdotoscanoneto.blogspot.com/2015/06/o-drama-da-seca-parte-da-populacao-de.html> . Acesso em: 06 de Jul. de 2022

BRASIL, Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. **Plano regional de desenvolvimento do nordeste. Recife: SUDENE, 2018**. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/pr-consolidado-seghidrica-pdf-pdf> . Acesso em: 31 de mar. de 2022

BRASIL. Agência Nacional de Águas (ANA). **Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH)**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf> . Acesso em: 06 de abr. de 2022.

BEEK, Eelco Van.; ARRIENS, Wouter. Lincklaen. **Water security: putting the concept into practice**. TEC background paper, n.20. Estocolmo: Global Water Partnership, 2014. Disponível em: https://aquadoc.typepad.com/files/gwp_tec20_web.pdf .Acesso em: 31 de mar. de 2022

CPRM. **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte: Programa geologia do Brasil: levantamento da geodiversidade**. Rio de Janeiro, Brasil, 2010. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/16773?show=full>. Acesso em: 30 de Mar. De 2022

BRITO, Yáscara Maia Araújo de; BRITO, Higor Costa de; RUFINO, Iana Alexandra Alves; BRAGA, Cybelle Frazão Costa. **Panorama da seca plurianual 2012–2018 no semiárido brasileiro: impactos hidrológicos, agrícolas e medidas de convivência**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 58, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/74667> . Acesso em: 06 de jun. de 2022

DOS SANTOS, Rosimeire Cavalcante et al. **Estoques de volume, biomassa e carbono na madeira de espécies da Caatinga em Caicó, RN**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 36, n. 85, p. 1-7, 2016. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/772/465> . Acesso em: 14 de abr. de 2022.

DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra a Seca. **Fichas Técnicas dos Reservatórios _____ do _____ Estado: _____ RN.** Disponível em: https://www.dnocs.gov.br/php/canais/recursos_hidricos/fic_tec_estado.php?sigla_estado=RN. Acesso em: 14 de abr. de 2022.

FIGUEIREDO, Luciana Maria. **O papel do Plano Nacional de Segurança Hídrica: a universalização do acesso a água no país, principalmente no Nordeste e Ceará**. 2020. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/2999Z>. Acesso em: 31 de mar. de 2022

FILHO, Manoel Lucas; MACÊDO, Sérgio Luiz; SANTOS, Nelson César Fernandes. **PROGRAMA ÁGUA AZUL: qualidade das águas dos principais corpos d'água interiores norte - riograndenses com vistas ao consumo humano e preservação ambiental**. Natal.Governo do Estado do Rio Grande do Norte, 2015. Disponível em: http://www.programaaguaazul.ct.ufrn.br/relatorios/aguas_superficiais/2014/18RelatorioTomoI2015.pdf Acesso em: 29 de mar. de 2022

FREITAS, Francisco Rafael Sousa; RIGHETTO, Antônio Marozzi; ATTAYDE, José Luiz. **Caracterização Físico-Química nos Compartimentos Verticais do Reservatório Cruzeta (Semi-Árido do RN)**. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/d769a7720c2208836c949f278588b02d_e61cb6f895aa335ce5bd96cf06a82b52.pdf . Acesso em: 13 de set. de 2022

GESUALDO, Gabriela Chiquito; MENDIONDO, Eduardo Mario. **Integração de serviços ecossistêmicos e segurança hídrica: Uma abordagem de gestão de recursos hídricos em bacias sob mudanças**. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Foz do Iguaçu-PR, 2019. Disponível em: <https://abrh.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/107/XXIII-SBRH0773-1-20190505-124145.pdf> Acesso em: 10 de mai. 2022

GWP - GLOBAL WATER PARTNERSHIP. **Towards water security: a framework for action**. Estocolmo: _____ GWP, _____ 2000. _____ Disponível em: <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/references/towards-water-security.-a-framework-for-action.-mobilising-political-will-to-act-gwp-2000.pdf>. Acesso em: 29 de mar. de 2022

PORTAL DE NOTÍCIAS G1 – **No RN, Cruzeta entra em colapso de abastecimento de água**. Disponível em: <https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2016/09/no-rn-cruzeta-entra-em-colapso-de-abastecimento-de-agua.html> . Acesso em: 19 de Set. de 2022

IBAMA- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de manejo ESEC do Seridó**. Encarte 1, 2 e 3. Brasília, dezembro – 2004. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/caatinga/lista-de-ucs/esec-do-serido> . Acesso em: 14 de abr. de 2022

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/caico.html> . Acesso em: 11 de abr. de 2022

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 11 de abr. de 2022

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. IBGE, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pibmunic/tabelas>. Acesso em: 15 de abr. de 2022

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Pecuária Municipal - PPM**: _____ IBGE, _____ 2017. _____ Disponível _____ em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?edicao=22651&t=resultados>

LUCENA, Joselma Araújo; SOUZA, Bartolomeu Israel; MOURA, Marcelo de Oliveira; LIMA, Joab de Oliveira. **Análise de variabilidade de precipitação pluviométrica como subsídio para o planejamento agrícola em Caicó-RN**. Revista brasileira de climatologia, v.10, Jan-Jun2012. 121p. Disponível em: _____ <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/30591/19779>. Acesso em: 14 de abr. de 2022.

MAISONNAVE, Fabiano.; PRADO, Avener. **Nordeste: Seca histórica já dura seis anos e ameaça tornar-se regra no semiárido**. Folha de São Paulo, 24 de abr., 2018. Disponível em: <https://arte.folha.uol.com.br/ciencia/2018/crise-do-clima/nordeste/seca-historica-ja-dura->

[seis-anos-e-ameaca-tornar-se-regra-no-semiarido/](#) . Acesso em: 06 de jun. de 2022

MARENGO, Jose Antônio; ALVES, Lincoln M. **Crise hídrica em São Paulo em 2014: seca e desmatamento**. GEOUSP Espaço e Tempo (Online), v. 19, n. 3, p. 485-494, 2015. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/30anos/Coelhoetal.pdf> . Acesso em: 31 de mar. de 2022

MASON, Nathaniel; CALOW, Roger. **Water security: from abstract concept to meaningful metrics**. An Initial Overview of Options (Overseas Development Institute London 2012), Working Paper No 357., 2012. Disponível em: <https://cdn.odi.org/media/documents/7866.pdf>. Acesso em: 31 de mar. de 2022

MEDEIROS, Miliane de Souza. **Caracterização quali-quantitativa do sistema de abastecimento de água no município de Caicó-RN**. 2018. 48f. TCC (Graduação) - Curso de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Caraúbas/RN, 2018. Disponível em: <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/2905> . Acesso em 14 de abr. de 2022

MELO, Marília Carvalho de; JOHNSON, Rosa Maria Formiga. **O conceito emergente de segurança hídrica**. Sustentare, v. 1, n. 1, p. 72-92, 2018. Disponível em: <http://periodicos.unincor.br/index.php/sustentare/article/view/4325> . Acesso em: 28 de mar. de 2022

NUNES, Tiago de França. **Procedimento metodológico de definição de ações prioritárias para segurança hídrica local. Aplicação: Bacia Hidrográfica do Rio Das Contas – Bahia**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia (UFBA). Salvador, p.114. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/34271> Acesso em: 19 de abr. 2022

REVISTA ÁGUAS DO BRASIL. 2021: Rebob Rede Brasil de Organismos de Bacia, v. 28, 2021.

Rio Grande do Norte. Empresa de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN), 2022. **Precipitação Anual por Estação de Coleta em mm (1992 – 2015)**. Disponível em: <http://meteorologia.emparn.rn.gov.br/relatorios/relatorios-pluviometricos> . Acesso em: 17 de set. 2022

ROCHA, Eloisa Ionara Silva. **Avaliação da Segurança Hídrica: Estudo de Caso, Currais Novos – Rio Grande do Norte**. TCC (Graduação) – Curso Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal/RN, p.37. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/46069>. Acesso em: 10 de mai. 2022

SABOURIN, Eric. **Interações entre população e recursos naturais: Evoluções dos sistemas de produção**. 2009. Disponível em: <https://agritrop.cirad.fr/552659/1/ID552659.pdf> . Acesso em 14 de set. 2022

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB) – CPRM . **Crise hídrica: maior parte das baías no sudeste e centro-oeste registra vazões abaixo do mínimo de referência.** Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Noticias/Crise-hidrica>. Acesso em: 04 de abr. 2022.

SHAPIRO, Joseph. (1990). **Current beliefs regarding dominance by blue green-algae: the case for the importance of CO₂ and pH.** Verh. int. Ver. Theor. Angew. Limnol. 24: 38 – 54. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03680770.1989.11898689> . Acesso: 13 de set. 2022

SNIRH. **Metadados do Índice de Segurança Hídrica (ISH).** Brasília, 2020. Disponível em: [Índice de Segurança Hídrica - ISH \(snirh.gov.br\)](http://snirh.gov.br) . Acesso em: 29 de mar. de 2022

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico temático Serviços de Água e Esgotos - Visão Geral ano de referência 2020.** Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos> .Acesso em: 04 de abr. de 2022

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Série história, Ano de referência, 2020.** Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#> .Acesso em: 13 de abr. de 2022

UN WATER. **Water Security & the Global Water Agenda A UN-Water Analytical Brief., 2013.** Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/water-security-global-water-agenda/> . Acesso em: 29 de mar. de 2022

VIEIRA, Vicente. **Sustentabilidade do semiárido brasileiro: desafios e perspectivas.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 4, p. 105-112, 2002.