



## Indicadores de Sustentabilidade para Gestão da Água: Análise da Segurança Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe

**Abmael de Sousa Lima Junior**

Mestre em Engenharia Civil, POLI UPE, Brasil  
aslj@poli.br

**Simone Rosa Da Silva**

Professora Doutora, POLI UPE, Brasil.  
simonerosa@poli.br

**Roberta de Melo Guedes Alcoforado**

Professora Doutora, POLI UPE, Brasil.  
roberta.alcoforado@poli.br

Recebido: 04 de abril de 2024

Aceito: 16 de setembro de 2024

Publicado online: 16 de novembro de 2024

**DOI: 10.17271/1980082720420245233**

<https://doi.org/10.17271/1980082720420245233>

### Licença

Copyright (c) 2024 Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista



Este trabalho está licenciado sob uma licença [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

## **Indicadores de Sustentabilidade para Gestão da Água: Análise da Segurança Hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe**

### **RESUMO**

A segurança hídrica envolve o uso sustentável e a proteção dos mananciais, de modo a se dispor de água em quantidade e qualidade adequadas à saúde, aos meios de subsistência, aos ecossistemas e à produção, além de protegê-la contra os efeitos negativos dos eventos climáticos extremos. Internacionalmente, o conceito de segurança hídrica começou a ser discutido na década de 90, sobretudo, a partir de 2009, quando o assunto passou a ser objeto de maior número de publicações. No Brasil, a Lei Federal 9433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, e as leis estaduais correspondentes trazem implícito o conceito de segurança hídrica. Entretanto, somente em 2019 foi lançado o Plano Nacional de Segurança Hídrica, que passou a ser o instrumento fundamental de tomada de decisões nesse tema. O objetivo da pesquisa foi pré-selecionar indicadores para analisar a segurança hídrica dos municípios contemplados na bacia do rio Capibaribe, no âmbito da gestão sustentável da água. Para alcançar esse objetivo foi adotada a seguinte metodologia: pré-seleção de indicadores; aplicação de questionário a um painel de especialistas; estruturar um banco de dados. Sendo assim, este trabalho visa trazer subsídios de forma a contribuir para ações e políticas públicas de segurança hídrica por meio da elaboração de um banco de dados de indicadores. Além disso, essa pesquisa é uma proposta para trabalhos futuros, sendo possível definir uma equação do índice de segurança hídrica para os municípios da bacia.

**PALAVRAS-CHAVE:** Segurança hídrica. Saneamento básico. Recursos hídricos. Sustentabilidade.

## **Sustainability Indicators for Water Management: Analysis of Water Security in the Capibaribe River watershed**

### **ABSTRACT**

Water safety involves the sustainable use and protection of water sources, so that water is available in adequate quantity and quality to health, livelihoods, ecosystems and production, in addition to protecting it from the negative effects of extreme weather events. Internationally, the concept of water security began being discussed in the 1990s, and more so since 2009, when the issue became the subject of a greater number of publications. In Brazil Federal Law 9433/97, which establishes the National Water Resources Policy, and corresponding state laws implicitly provide the concept of water security. However, the National Water Safety Plan was only launched in 2019, and has become the fundamental instrument for decision-making on this issue. The objective of the research was to pre-select indicators to analyze the water safety of the municipalities contemplated in the Capibaribe river watershed, within the framework of sustainable water management. To achieve the objective, the following methodology was adopted: pre-selection of indicators; application of a questionnaire to a panel of experts; structure a database. Thus, this work aims to bring subsidies that contribute to water security actions and public policies through the development of an indicator database. Additionally, this research is a proposal for future work, helping to define an equation of the water security index for the municipalities in the watershed.

**KEY WORDS:** Water safety. Basic sanitation. Water resources. Sustainability.

## **Indicadores de Sostenibilidad para la Gestión del Agua: Análisis de la Seguridad Hídrica en la Cuenca del Río Capibaribe**

### **RESUMEN**

La seguridad del agua implica el uso sostenible y la protección de las fuentes de agua, de modo que el agua esté disponible en cantidad y calidad adecuadas para la salud, los medios de vida, los ecosistemas y la producción, además de protegerla de los efectos negativos de los fenómenos meteorológicos extremos. A nivel internacional, el concepto de seguridad hídrica comenzó a discutirse en la década de 1990, especialmente a partir de 2009, cuando el tema se convirtió en objeto de un mayor número de publicaciones. En Brasil, la Ley Federal 9433/97, que establece la Política Nacional de Recursos Hídricos, y las leyes estatales correspondientes traen implícitamente el concepto de seguridad hídrica. Sin embargo, recién en 2019 se puso en marcha el Plan Nacional de Seguridad del Agua, que se convirtió en el instrumento fundamental para la toma de decisiones sobre este tema. El objetivo de la investigación fue



preseleccionar INDICADORES para analizar la seguridad hídrica de los municipios contemplados en la cuenca del río Capibaribe, en el marco de la gestión sostenible del agua. Para lograr el objetivo, se adoptó la siguiente metodología: preselección de INDICADORES; aplicación de un cuestionario a un grupo de expertos; Estructurar una base de datos. Así, este trabajo tiene como objetivo traer subsidios con el fin de contribuir a acciones y políticas públicas de seguridad hídrica a través de la elaboración de una base de datos de INDICADORES. Además, esta investigación es una propuesta para futuros trabajos, siendo posible definir una ecuación del índice de seguridad hídrica para los municipios de la cuenca.

**PALABRAS CLAVE:** Seguridad del agua. Saneamiento. Recursos hídricos. Sostenibilidad.

## 1 INTRODUÇÃO

Na década de 70, os problemas ambientais, causados pelo crescimento populacional e avanços tecnológicos, causaram crescente preocupação com a disponibilidade de recursos naturais, incluindo os recursos hídricos. O problema do abastecimento de água atinge até mesmo os países desenvolvidos. Mesmo com os esforços das organizações envolvidas, especialmente dos membros da Organização das Nações Unidas (ONU), para levantar a discussão e incentivar os países a promoverem mudanças na forma de gestão e uso, a meta de segurança hídrica global ainda não foi alcançada (DELGADO, 2018).

Apesar da boa disponibilidade de água, comparada à situação mundial, a distribuição dos recursos hídricos no Brasil, em seus diferentes Estados, é desproporcional. A garantia da segurança hídrica é uma dificuldade vista especialmente no Nordeste do Brasil (DELGADO, 2018).

Para a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura UNESCO (2019), o recurso natural mais importante para a humanidade é a água doce por abranger todas as atividades sociais, econômicas e ambientais.

Zhang et al. (2019) destacam também que a água é certamente o mais importante dentre os recursos naturais, e que ainda permanece como desafio à gestão pública, principalmente em áreas de maior escassez. Frente a essa realidade, as regiões apresentam algumas limitações de vínculos econômicos, pois a escassez de água, além de afetar a qualidade de vida humana em termos de educação, saúde, compromete a capacidade produtiva.

Segundo Meadows (1998), houve um momento na história em que o objetivo era o crescimento populacional, entretanto, algumas garantias essenciais para sobrevivência não haviam sido consideradas, de forma que para a inclusão de mais pessoas seria necessário considerar o acesso a mais alimentos, bens materiais, ar puro e água. Com o passar dos anos, e com a evolução da sociedade em busca de um modo de vida mais sedentário, tornou-se visível que os recursos naturais não são infinitos ou inesgotáveis, incluindo a água, o que passa a consistir desde os primórdios até os dias atuais em um dos grandes desafios do sistema mundial.

Atualmente, o objetivo mundial não está centralizado no aumento da população, mas sim em garantir um mínimo de vida digna para as pessoas, visando alcançar o desenvolvimento sustentável. A Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, através do Relatório Brundtland, conhecido como Nosso Futuro Comum, apoia o equilíbrio entre o aumento da população e da vida digna, o qual pode ser buscado mais facilmente quando estabilizado o tamanho da população em um nível que seja compatível com a capacidade produtiva do ecossistema (KEEBLE, 1988).

Com isso, a ONU, por meio da Agenda 2030, estabeleceu objetivos mundiais, denominados Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) para serem alcançados até o ano de 2030, em nível global. Pensando na problemática da água, um dos objetivos, mais especificamente o ODS 6, contempla assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos e todas (ONU, 2018).

Segundo Brasil (2019), a necessidade de mudança mundial é derivada principalmente da expansão da agricultura e indústria nos países em desenvolvimento. No Brasil, considerando os impactos causados pelos eventos hidrológicos extremos que ocorreram na atual década, a

segurança hídrica passa a ter um papel fundamental para o desenvolvimento social e econômico do país.

Ainda com relação aos impactos causados pelos eventos hidrológicos extremos, recentemente, nos anos de 2015 e 2016, foi registrado na bacia do rio Capibaribe, um evento de seca extrema, onde o Reservatório Jucazinho apresentou níveis muito baixos, afetando o abastecimento da população que depende do Sistema Integrado Jucazinho.

Ante o exposto, nesse trabalho, entende-se como sustentabilidade a eficiência do ponto de vista da segurança hídrica, levando em conta que a infraestrutura hídrica será capaz de atender à demanda hídrica necessária. Com isso, a presente pesquisa visa responder à seguinte questão: como os indicadores de sustentabilidade utilizados nesta pesquisa, contribuem para a segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Capibaribe? Destaca-se que os indicadores levantados nessa pesquisa também podem ser aplicados em outras bacias, a fim de classificar a segurança hídrica em outra área de estudo.

## **2 OBJETIVOS**

Selecionar indicadores de sustentabilidade hídrica visando à análise da segurança hídrica dos municípios contemplados na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, no âmbito da gestão sustentável da água. Sendo os objetivos específicos descritos na sequência.

- Identificar indicadores de sustentabilidade hídrica que reflitam a segurança hídrica na bacia.
- Estruturar um banco de dados dos indicadores selecionados para a bacia.

## **3 METODOLOGIA**

Neste item, serão apresentadas as metodologias que foram utilizadas para a elaboração deste estudo, bem como uma breve descrição da área de estudo.

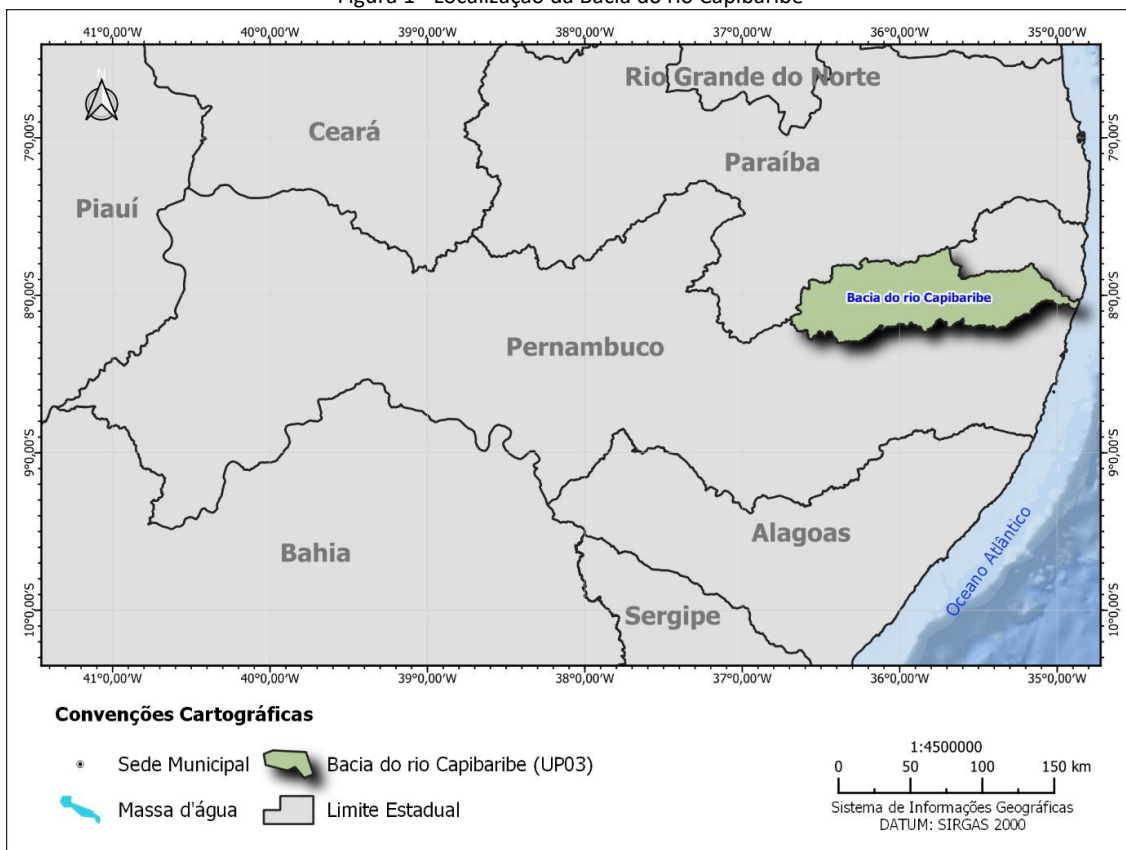
### **3.1 Descrição da Área de Estudo**

A bacia objeto deste estudo é a do rio Capibaribe (Unidade de Planejamento 03), uma das bacias mais significativas em reservas hídricas do estado de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2022). Segundo Pernambuco (2022), a bacia do rio Capibaribe localiza-se na porção norte-oriental do estado de Pernambuco entre as coordenadas 07º 41' 20" e 08º 19' 30" de Lat. Sul, e 34º 51' 00" e 36º 41' 58" de Long. Oeste, conforme observa-se na



Figura 1.

Figura 1 - Localização da Bacia do rio Capibaribe



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Pernambuco (2022).

A abrangência regional infere à bacia do Capibaribe um ambiente complexo no qual podem ser evidenciados fenômenos climáticos extremos, que requer um modelo de gestão hídrico e ambiental, que atenda às suas especificidades (PERNAMBUCO, 2010).

A área da bacia é de 7.454,88 km<sup>2</sup>, correspondente a cerca de 7,58% do território Pernambucano. Desde sua nascente, entre os municípios de Poção e Jataúba, à sua foz, no Oceano Atlântico, em Recife, o rio corta 42 municípios os quais são demonstrados no

Quadro 1 (PERNAMBUCO, 2010).

Quadro 1 - Municípios Inseridos na Bacia do rio Capibaribe

Município	Área na Bacia (%)	Município	Área na Bacia (%)
Belo Jardim	5,5	Passira*	4,57
Bezerros	2,97	Paudalho*	3,57
Bom Jardim	0,73	Pesqueira	0,05
Brejo da Madre de Deus*	10,19	Poção	0,23
Camaragibe*	0,46	Pombos*	2,04
Carpina*	4,02	Recife*	0,92
Caruaru	7,13	Riacho das Almas*	4,11
Casinhas*	1,41	Salgadinho	1,12
Chã de Alegria*	0,66	Sanharó	0,08
Chã Grande	0,18	Santa Cruz do Capibaribe*	4,55
Cumaru*	3,99	Santa Maria do Cambucá*	1,18
Feira Nova*	1,42	São Caetano	0,17
Frei Miguelinho*	2,93	São Lourenço da Mata*	2,82
Glória do Goitá*	3,11	Surubim*	3,44
Gravatá	3,22	Tacaimbó	0,35

Município	Área na Bacia (%)	Município	Área na Bacia (%)
Jataúba*	9,57	Taquaritinga do Norte*	5,96
João Alfredo	0,72	Toritama*	0,41
Lagoa do Carro	0,52	Tracunhaém	0,14
Lagoa do Itaenga*	0,76	Vertente do Lério*	0,94
Limoeiro*	1,85	Vertentes*	2,62
Moreno	0,21	Vitória de Santo Antão*	2,71

\*Municípios com sede urbana na bacia

Fonte: Adaptado pelos autores a partir de Pernambuco (2010).

Dentre os reservatórios de maior porte da bacia do rio Capibaribe, destacam-se: Jucazinho, Carpina, Tapacurá e Goitá. Esses reservatórios foram construídos inicialmente para controle de enchentes, embora atualmente suas águas também sejam utilizadas para outras atividades, caracterizando usos múltiplos da água (BRAGA, *et al.*, 2015).

Os conflitos de uso e os impactos ambientais significativos ao longo de toda a bacia exigem especial atenção para compatibilizar as demandas atuais e futuras. Seus vários tributários levam além de suas contribuições hídricas, o suporte a diversos níveis de ocupação em cadeias produtivas na agropecuária, na indústria e no setor de serviços. Dentre as principais fontes de degradação ambiental está a poluição advinda do lixo urbano e industrial, que se inicia no solo atingindo as águas superficiais e infiltra-se com o chorume, contaminando também as águas subterrâneas (PERNAMBUCO, 2010).

O Capibaribe ainda possui grande potencial para usos diversos, como agricultura, pesca, abastecimento de água, entre outras atividades, apesar de encontrar-se hoje poluído por resíduos sólidos e líquidos, orgânicos e inorgânicos, industriais e agrícolas, além de apresentar altas taxas de assoreamento e uma população estimada em 430 mil habitantes em seu entorno (PERNAMBUCO, 2010). Isso se dá devido aos desequilíbrios ambientais, decorrentes dos eventos climáticos extremos, uso intensivo do solo, interposto a deficiência hídrica. Tudo isso dificulta o abastecimento humano, ocasiona problemas operacionais dos sistemas de saneamento ambiental e dificulta o uso agropecuário no período de estiagem (PERNAMBUCO, 2010).

Em se tratando do setor industrial, no Alto Capibaribe, onde a indústria do vestuário é importante para os municípios de Santa Cruz do Capibaribe e Toritama, existe uma grande demanda por água neste setor devido ao grande número de lavanderias que estão instaladas nesses municípios. Muitas indústrias têm suas captações de água diretamente no rio Capibaribe. No entanto, devido ao rio ser intermitente, existe diversas construções de pequenas barragens de nível no leito do rio para acumular água na estação seca (BRAGA, *et al.*, 2015).

A produção agropecuária tem ocasionado desmatamentos no manejo inadequado dos solos e é o principal fator de indução de processos de erosão e assoreamento, além da salinização e contaminação por agrotóxicos (PERNAMBUCO, 2010).

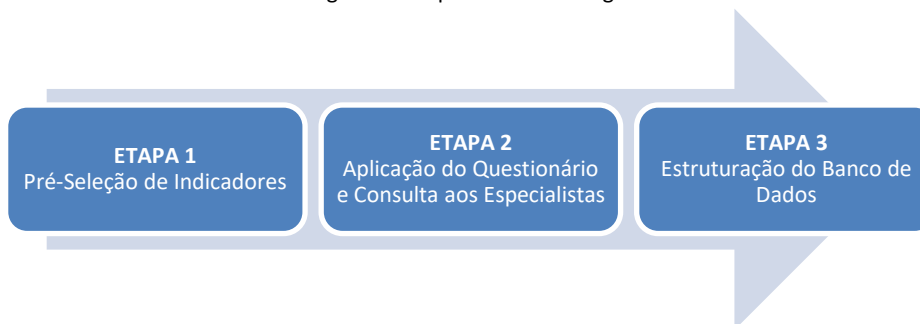
A bacia hidrográfica do rio Capibaribe tem como áreas de proteção ambiental a mata de Dois Irmãos, mata do engenho Tapacurá, mata Outeiro do Pedro, mata de São João da Várzea, mata de Quizanga, mata do Toró, mata Camucim e a reserva particular do patrimônio natural – RPPN fazenda Bituri, além da área de proteção dos mananciais, instituída pela Lei 9.860/86 (PERNAMBUCO, 2010).



### 3.2 Método de Análise

A metodologia específica utilizada neste estudo foi subdividida em 3 etapas de trabalho, conforme observa-se na Figura 2. Adiante serão apresentados o detalhamento de cada uma das etapas da metodologia.

Figura 2 - Etapas da Metodologia



Fonte: Elaborado pelos autores.

#### **ETAPA 01 - Pesquisa e Pré-seleção de Indicadores**

Esta etapa consiste na pesquisa e pré-seleção dos indicadores e construção das dimensões que compõe o índice de segurança hídrica para os municípios da bacia do rio Capibaribe. Para tanto, foi realizada uma pesquisa detalhada na literatura visando a coleta e seleção de indicadores de segurança hídrica.

Com a aplicação de tais indicadores é possível mensurar as condições de segurança hídrica, nos âmbitos: abastecimento de água e esgotamento sanitário, hidroambiental, social e capacidade institucional, permitindo o planejamento direcionado para realidade local dos municípios e auxiliando na tomada de decisão.

#### **ETAPA 02 - Aplicação de Questionário e Consulta aos Especialistas**

Os indicadores pré-selecionados na etapa anterior, foram dispostos em um questionário para fins acadêmicos visando a avaliação por especialistas, o questionário pode ser apreciado no link disponibilizado no item 4.2.

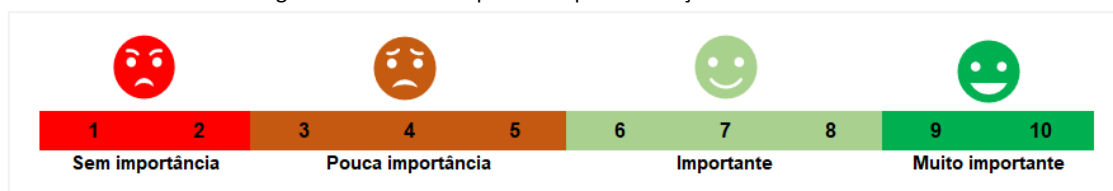
A aplicação do questionário seguirá o método Delphi, tal metodologia é utilizada visando estruturar a comunicação de um grupo de especialistas através de interações realizadas em rodadas sucessivas de questionários, devidamente acompanhados de feedback. É importante destacar que será mantido o total anonimato das respostas dos participantes.

Para execução da metodologia Delphi, as seguintes etapas serão seguidas: 1) Escolha do grupo de especialistas; 2) Elaboração do questionário; 3) Aplicação do questionário ao painel de especialistas; 4) Coleta e reflexão das respostas dos especialistas; 5) Análise e compilação das respostas do questionário.

O questionário aborda os seguintes tópicos: Apresentação da pesquisa; informações de preenchimento do questionário; informações gerais do entrevistado (e-mail, faixa etária, formação acadêmica, entidade onde trabalha, atividade que desempenha, tempo de atuação na instituição) e atribuição dos níveis de importância dos indicadores pré-selecionados.

Para cada indicador apresentado foi utilizada a escala de Likert, dividida em quatro níveis, de acordo com os graus de importância conforme disposto na Figura 3. O número mais próximo de 0 representa um indicador sem importância para a análise, podendo ser descartado. Por outro lado, um número mais próximo de 10 corresponde a um indicador muito importante, sendo ele essencial para esta pesquisa.

Figura 3 - Escala de Importância para Avaliação dos Indicadores



Fonte: Elaborado pelo autor.

As consultas foram feitas através de formulários elaborados na plataforma Google Forms e foram aplicados virtualmente através de e-mails. Foram selecionados especialistas distribuídos em diferentes áreas de atuação, os quais tem ligação direta com a gestão do saneamento e recursos hídricos.

A quantidade de especialistas que devem ser entrevistados é muito variada (POWELL, 2003), entretanto estudos indicam que um número ótimo deles não deve ser inferior a 10 (dez), na maioria dos casos, os painéis têm no máximo algumas dezenas de membros (GRISHAM, 2009).

Destaca-se que um número abaixo de 10 (dez) pessoas compromete os resultados em termos de consenso efetivo e relevância das informações obtidas. Já um número muito elevado gera uma quantidade enorme de informações e torna a administração e a análise inviáveis (MIRANDA et al., 2012).

É importante salientar que, normalmente, no máximo metade das pessoas responde ao primeiro contato e é comum participantes desistirem no meio do processo, levando o tamanho do painel a diminuir. Assim, recomenda-se começar com um grupo de especialistas de tamanho confortavelmente superior ao mínimo que se quer atingir (MARQUES; FREITAS, 2018).

Portanto, para essa pesquisa foi definido um número total de 30 (trinta) especialistas, distribuídos conforme a sugestão apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 - Painel de Especialistas

Entidade	Quantidade de Especialistas
<b>Órgãos Governamentais</b>	
Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA	5
Órgãos gestores de recursos hídricos estaduais	5
Agências Reguladoras de Saneamento	5
Professores e Pesquisadores de Universidades Públicas e Privadas	5
<b>Concessionárias de Saneamento Básico</b>	
Públicas	5
Privadas	5
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

As respostas recebidas dos questionários foram analisadas por meio da distribuição de frequência das categorias de avaliação. O consenso entre os especialistas quanto à importância de cada indicador será determinado a partir do Nível de Consenso (NC) das respostas fornecidas pelos especialistas para cada um dos indicadores. Essa metodologia utiliza medidas de tendência central e percentagem e tem sido bastante utilizado em análises semelhantes. No Quadro 3, observa-se a classificação adotada para avaliar o nível de consenso das respostas dadas pelos especialistas.

Quadro 3 - Classificação do Nível de Consenso

Nível de Consenso (NC)	Classificação
Alto	70% das respostas estão em uma única categoria de avaliação; ou, 80% estão em duas classes de avaliação adjacentes
Médio	60% das respostas estão em uma categoria de avaliação; ou, 70% estão em duas categorias de avaliação adjacentes.
Baixo	50% das classificações estão em uma única categoria de avaliação; ou, 60% em duas categorias de avaliação adjacentes
Inexistente	Menos de 60% das classificações estão em duas categorias de avaliação adjacentes

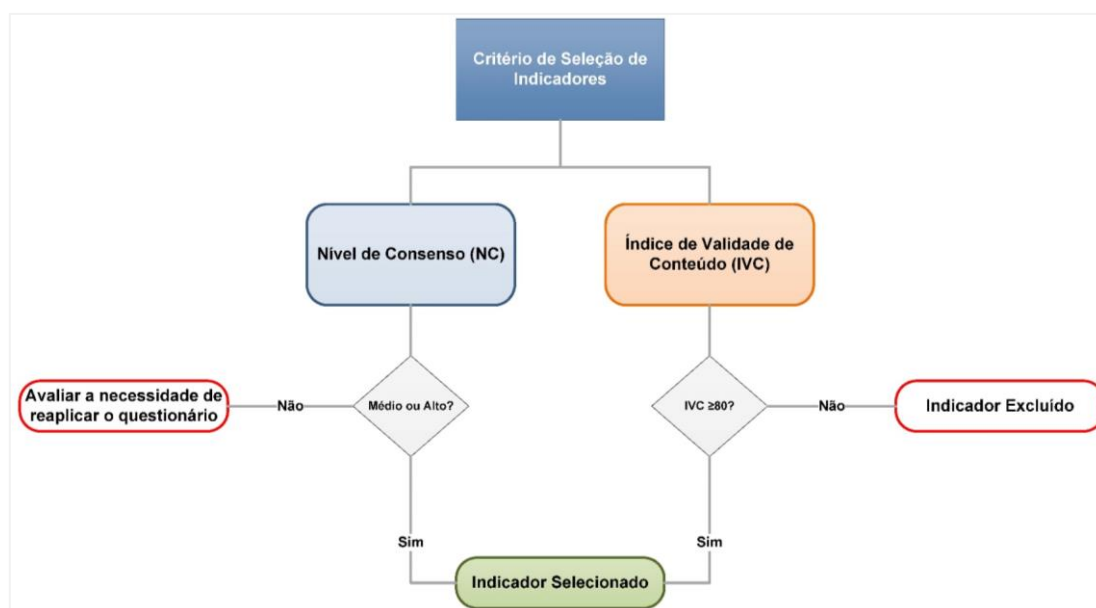
Fonte: Adaptado pelos autores a partir de Rabelo (2022).

Para avaliar a relevância de cada indicador pré-selecionado, será utilizado o Índice de Validade de Conteúdo (IVC), esse método mede a proporção de participantes que estão em concordância a respeito dos itens apresentados, de forma quantitativa. O índice de validade de conteúdo foi calculado por meio da Equação 1 (RABELO, 2022).

$$IVC = \frac{n^{\circ} \text{ de respostas "importante" ou "muito importante"}}{n^{\circ} \text{ total de respostas}} \quad \text{Equação 1}$$

É recomendado que o resultado do IVC seja de no mínimo 80%, sendo assim, para a validação dos dados do presente estudo, foi adotado que para o indicador ser selecionado, ele deve ter um nível de consenso (NC) classificado como médio ou alto consenso entre os especialistas e um IVC de no mínimo 80%.

Figura 4 - Critério de Seleção de Indicadores



Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Machado (2018).

Ao final dessa etapa, serão definidos os indicadores relevantes para a análise da segurança hídrica, recomendados pelos especialistas, e que desse modo deverão prosseguir nas etapas subsequentes do estudo.

### **ETAPA 03 – Estruturação do Banco de Dados**

Nesta etapa, será estruturado um banco de dados, constando das informações levantadas dos municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Capibaribe para cada um dos indicadores selecionados. Dessa forma, será possível realizar uma análise da consistência das informações. Essa etapa é primordial, pois um banco de dados mal estruturado impacta diretamente nos resultados das análises, podendo até mesmo implicar em erros ou impedir a aplicação do tratamento estatístico.

Os dados coletados serão tabulados com a ajuda do software Excel, visando tratar problemas como: valores ausentes e valores discrepantes, em seguida os dados serão carregados no software Statistical Package for Social Sciences (SPSS), visando à análise multivariada por meio da análise fatorial (AF), com extração pela análise dos componentes principais (ACP).

Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010) recomendam que sejam eliminados indicadores com ausência de dados superior a 10% para os municípios.

Destaca-se que podem ser empregadas ações para a correção desses dados, a fim de minimizar os efeitos pelas perdas deles ou por um excesso de exclusão de variáveis. Porém, é importante frisar que, interferir o mínimo possível é a melhor escolha, para evitar uma tendência nos resultados.

## 4 RESULTADOS

Na sequência são apresentados os resultados obtidos neste estudo com base na metodologia já descrita anteriormente.

### 4.1 Pré-seleção de Indicadores

Após a pesquisa da literatura, descrita na Etapa 1, foram selecionados 28 indicadores, os quais foram agrupados em 4 dimensões. Essas dimensões foram definidas de modo a abranger todos os componentes do saneamento básico, bem como aspectos ambiental, social e institucional, uma vez que essas dimensões influenciam diretamente na segurança hídrica, conforme detalhado na sequência. Cabe destacar que, ao final da pesquisa, os indicadores poderão ser reagrupados a depender da correlação identificada entre eles.

No Quadro 4, observam-se os indicadores selecionados no âmbito da dimensão de infraestrutura de abastecimento de água e esgotamento sanitário, bem como sua descrição detalhada. No total, foram selecionados 11 (onze) indicadores, sendo 7 (sete) de abastecimento de água e 4 (quatro) de esgotamento sanitário.

Quadro 4 - Indicadores da Dimensão de Infraestrutura de Abastecimento de Água e Esgoto

CÓD.	INDICADOR	DESCRIÇÃO	UND	FONTE
A1	População urbana atendida com esgotamento sanitário	População urbana beneficiada com esgotamento sanitário pelo prestador de serviços.	Hab.	SNIS (2020)
A2	População total atendida com esgotamento sanitário	População total atendida com esgotamento sanitário pelo prestador de serviços.	Hab.	SNIS (2020)
A3	População urbana atendida com abastecimento de água	População urbana atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços.	Hab.	SNIS (2020)
A4	População total atendida com abastecimento de água	População total atendida com abastecimento de água pelo prestador de serviços.	Hab.	SNIS (2020)
A5	Índice de atendimento total de água	Percentual de atendimento da população total com abastecimento de água.	%	SNIS (2020)
A6	Índice de atendimento urbano de água	Percentual de atendimento da população urbana com abastecimento de água.	%	SNIS (2020)
A7	Índice de coleta de esgoto	Percentual de coleta de esgotamento sanitário.	%	SNIS (2020)
A8	Índice de tratamento de esgoto coletado	Volumes de esgoto tratados em relação ao total de esgoto produzido.	%	SNIS (2020)
A9	Consumo médio per capita de água	Representa o consumo médio diário de água por habitante em um município.	l/hab.dia	SNIS (2020)
A10	Densidade de rede de água	Representa a extensão de rede de água por ligação.	m/lig.	SNIS (2020)
A11	Performance Técnica do Gerenciamento de Perdas de Água	Desempenho quanto ao controle de perdas de água na distribuição.	Und.	ANA (2021)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Quadro 5, observam-se os indicadores selecionados no âmbito da dimensão hidroambiental, bem como sua descrição detalhada. No total, foram selecionados 11 (onze) indicadores, os quais têm ligação direta com a segurança hídrica.

Quadro 5 - Indicadores da Dimensão Hidroambiental

CÓD.	INDICADOR	DESCRIÇÃO	UND	FONTE
H1	Índice de vulnerabilidade quantitativo dos mananciais e sistemas de produção de água	Representa a situação dos mananciais e eficiência da produção de água.	Und.	ANA (2021)
H2	Índice de Vulnerabilidade Hídrica (IVH)	Consiste na composição da vulnerabilidade social e vulnerabilidade ecossistêmica (desastres naturais, mudanças climáticas e infraestruturas hídricas) medido na escala municipal.	Und.	Moura (2020)
H3	Índice de área verde	Corresponde à quantidade de área verde presente em um município.	%	MAPBIOMAS (2019)
H4	Disponibilidade hídrica superficial	Vazão que está disponível no manancial durante, pelo menos 95% do tempo.	M <sup>3</sup> /s	ANA (2021)
H5	Disponibilidade hídrica subterrânea	Quantidade de água disponível na reserva hídrica de um aquífero.	M <sup>3</sup> /s	ANA (2021)
H6	Índice Integrado de Seca	Representa o monitoramento das secas e seus impactos.	Und.	CEMADEN (2022)
H7	Índice de atendimento total de resíduos sólidos	Percentual de cobertura do serviço de coleta de resíduos sólidos em relação à população total.	%	SNIS (2020)
H8	Índice de coleta regular direta e indireta de resíduos sólidos	Percentual de cobertura regular do serviço de coleta de resíduos sólidos em relação à população urbana.	%	SNIS (2020)
H9	Índice de pavimentação e meio-fio na área urbana (Águas Pluviais)	Percentual de vias públicas urbanas com pavimentação e meio-fio.	%	SNIS (2020)
H10	Índice de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana (Águas Pluviais)	Percentual de vias públicas urbanas com redes ou canais pluviais subterrâneos.	%	SNIS (2020)
H11	Densidade de captações de águas pluviais na área urbana (Águas Pluviais)	Número de captações de drenagem urbana por área de um município.	Und/km <sup>2</sup>	SNIS (2020)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Além disso, também foi considerada a dimensão Social, pois essa dimensão tem relação direta com a segurança hídrica de um município.

Segundo a Global Water System Project (2012), para assegurar uma abordagem sustentável para a gestão da água, não é suficiente documentar os aspectos físicos, químicos e biológicos do ciclo hidrológico e desenvolver opções técnicas para criar um acesso mais equitativo. É preciso compreender as dinâmicas sociais e políticas, bem como as aspirações, crenças e valores que afetam o comportamento humano em relação à utilização dos recursos hídricos.

Na Quadro 6 observa-se os indicadores selecionados nessa dimensão, bem como sua descrição detalhada. No total, foram selecionados 3 (três) indicadores.

Quadro 6 - Indicadores da Dimensão Social

CÓD.	INDICADOR	DESCRIÇÃO	UND	FONTE
S1	Índice de Vulnerabilidade Social	Representa o acesso, a ausência ou a insuficiência de capital humano, renda e trabalho em áreas do território brasileiro.	Und.	IPEA (2015)
S2	Crescimento Populacional	Projeção populacional a nível municipal (população urbana e rural).	Hab.	ANA (2021)
S3	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	Representa o desenvolvimento socioeconômico dos municípios brasileiros.	Und.	FIRJAN (2016)

Fonte: Elaborado pelos autores.

Por fim, foram selecionados indicadores relacionados à dimensão Institucional. Na Quadro 7, observam-se os indicadores selecionados, bem como sua descrição detalhada. No total, foram selecionados 3 (três) indicadores.

Quadro 7 - Indicadores da Dimensão Institucional

CÓD.	INDICADOR	DESCRIÇÃO	UND	FONTE
I1	Legislação sobre coleta seletiva de resíduos sólidos	Relativo à presença de regulamentação sobre a coleta seletiva dos resíduos sólidos.	Und.	IBGE (2019)
I2	Legislação sobre saneamento ambiental	Referente à existência de Plano municipal de saneamento básico que contemple todos os componentes do saneamento.	Und.	IBGE (2019)
I3	Índice de atendimento aos parâmetros da qualidade da água estabelecidos pela Portaria 888/2021	Percentual de atendimento dos procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.	%	SNIS (2020)

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2 Painel de Especialistas

Os indicadores pré-selecionados foram dispostos em um questionário para avaliação de um painel de especialistas através do método Delphi. O questionário foi desenvolvido conforme detalhado na metodologia, e está disponível no link abaixo.

**Link para Acesso ao Formulário de Pesquisa:**

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScSV0si7w0RgebK5HTMHwqDi\\_InD5W84k2O9mEgzBgGymQwYA/viewform?usp=pp\\_url](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScSV0si7w0RgebK5HTMHwqDi_InD5W84k2O9mEgzBgGymQwYA/viewform?usp=pp_url)

Após a realização da pesquisa aos especialistas, obteve-se um total de 30 respostas ao questionário aplicado, na sequência são detalhadas as respostas por tipo de empresa ou entidade onde trabalha, formação acadêmica, tempo de atuação na área onde atua e faixa etária.

No que diz respeito a formação acadêmica dos especialistas, observa-se que mais de 50% são formados em Engenharia Civil, conforme observa-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Número de Entrevistados por Formação Acadêmica

Formação Acadêmica	Número de Entrevistado	Percentual (%)
Biologia e Mestre em Saúde Pública	1	3,33
Engenharia Agrícola	2	6,67
Engenharia Ambiental	1	3,33
Engenharia Civil	21	70,00
Engenharia Florestal	1	3,33
Engenharia Química	2	6,67
Engenheiro Agrônomo	1	3,33
Técnico em Edificações	1	3,33
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quando analisamos o tempo de atuação na instituição onde trabalha, observamos que boa parcela dos especialistas entrevistados são de nível pleno e sêniores, representando 40% da amostra, conforme observa-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Nível de Especialista por Número de Entrevistados

Nível do Especialista	Tempo de Atuação	Número de Entrevistados	Percentual (%)
Junior	1 a 5	18	60,00
Pleno	5 a 10	3	10,00
Sênior	acima de 10	9	30,00
<b>TOTAL</b>		<b>30</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com relação a faixa etária dos entrevistados a grande maioria está presente na faixa etária de 25 a 34 anos, representando 56,67% da amostra, conforme observa-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Faixa Etária por Número de Entrevistados

Faixa etária	Número de Entrevistado	Percentual (%)
menos de 25	1	3,33%
25 a 34 anos	17	56,67%
35 a 44 anos	5	16,67%
45 a 54 anos	2	6,67%
mais de 55	5	16,67%
<b>TOTAL</b>	<b>30</b>	<b>100,00%</b>

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 4.3 Nível de Consenso e Índice de Validade de Conteúdo

Aplicando a metodologia para cálculo do nível de consenso e índice de validade de conteúdo, observa-se que dos 28 indicadores pré-selecionados para compor o banco de dados, somente um foi descartado, sendo o indicador H9 que representa o Índice de pavimentação e meio-fio na área urbana (Águas Pluviais), no Quadro 8 observa-se o resultado do nível de consenso e índice de validade de conteúdo.

Quadro 8 - Resultado do Cálculo do Nível de Consenso e Índice de Validade de Conteúdo

Indicador	Nível de Consenso (NC)	Índice de Validade de Conteúdo	Indicador Selecionado?
A1	Alto	1,00	Sim
A2	Alto	0,93	Sim
A3	Alto	1,00	Sim
A4	Alto	0,97	Sim
A5	Alto	1,00	Sim
A6	Alto	1,00	Sim
A7	Alto	1,00	Sim
A8	Alto	0,90	Sim
A9	Alto	0,90	Sim
A10	Alto	0,87	Sim
A11	Alto	0,97	Sim
H1	Alto	0,87	Sim
H2	Alto	0,87	Sim
H3	Alto	0,83	Sim
H4	Alto	0,87	Sim
H5	Alto	0,87	Sim
H6	Alto	0,90	Sim
H7	Alto	0,83	Sim
H8	Alto	0,83	Sim
H9	Médio	0,77	Não
H10	Alto	0,83	Sim
H11	Alto	0,87	Sim



Indicador	Nível de Consenso (NC)	Índice de Validade de Conteúdo	Indicador Selecionado?
S1	Alto	0,90	Sim
S2	Alto	0,90	Sim
S3	Alto	0,90	Sim
I1	Alto	0,97	Sim
I2	Alto	1,00	Sim
I3	Alto	0,97	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores.

#### 4.4 Banco de Dados

Com base nos resultados apresentados no item 4.3, foi estruturado com o apoio do software Excel um banco de dados contendo todos os indicadores selecionados, organizados cada um em sua devida dimensão. Também foi elaborado um dicionário de dados, visando facilitar o entendimento dos dados selecionados.

Devido a extensão do banco de dados o mesmo será disponibilizado via link para consulta e elaboração de trabalhos futuros.

#### **Link para Acesso ao Banco de Dados:**

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/15S0H1IEhloIzUPyyVeuLxNW5L994D4yR/edit?usp=sharing&oid=111383957665854458373&rtpof=true&sd=true>

### 5 CONCLUSÃO

Com a intenção de entender e avaliar os fenômenos que interferem na segurança hídrica, se desenvolveu o presente estudo, que teve como objetivo geral constituiu na seleção de indicadores e construção do banco de dados que subsidiarão em trabalhos futuros visando obter o um índice de segurança hídrica da bacia (ISH-C).

Sabe-se que apesar do reconhecimento de que tanto a quantidade quanto a qualidade da água devem trazer visibilidade também à dinâmica social da água, compreendendo seu caminho refeito por mulheres e homens, chamamos de ciclo hidrossocial, a grande maioria dos indicadores de sustentabilidade hídrica são limitados pela problemática da oferta de água.

Sendo assim, observa-se aqui que, os resultados deste estudo não encerram o debate sobre segurança hídrica. De forma a trazer subsídios que podem contribuir para elaboração de ações e políticas públicas mais próximas à realidade de cada município, recomenda-se a continuidade deste estudo com a aplicação de um tratamento estatístico com objetivo de verificar a correlação e as possíveis associações entre os indicadores (variáveis) analisados que influenciam na segurança hídrica da bacia. Para realização da análise pode ser utilizada a Análise Fatorial (AF) dos componentes principais, por meio da extração de fatores pela matriz de correlação, com objetivo de determinar a quantidade de fatores que melhor representam o padrão de correlação entre as variáveis, com isso será possível resumir diferentes variáveis em um conjunto reduzido de fatores.

A partir da análise dos componentes principais será possível obter uma equação que irá representar um índice de segurança hídrica para cada município da bacia.

Dessa forma, a construção do índice de segurança hídrica da bacia do rio Capibaribe, é fundamental no sentido de produzir parâmetros importantes para avaliação do nível de segurança hídrica dos municípios, bem como proporcionar a tomada de decisão no planejamento da gestão da água. Este índice é uma proposta de contribuir com o planejamento e a gestão pública, dando a possibilidade de definir as prioridades, formulação, avaliação e monitoramento das políticas públicas, entre outras perspectivas.

A relação entre o município e sua classificação no âmbito da segurança hídrica mostra a sua capacidade de abranger diferentes dimensões vão proporcionar diferentes condições para o Estado, permitindo que essa alcance melhores níveis de abastecimento de água, hidroambientais, sociais e institucionais.

## 6 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

BRAGA, R. A. P.; FARIAS, C. R. O.; SILVA, S. R.; CAVALCANTE, E. R. **Gestão e Educação Socioambiental na Bacia do Capibaribe**. 1. Ed. Recife: Ed. Clã, 2015. 144p.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília, 2019. 116 p. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>. Acesso em: 02 maio 2022.

DELGADO, Juliana Aparecida da Silva. **Segurança Hídrica e a Gestão de Risco da RMSP**. 2018. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Ciência Ambiental, Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Brito; SILVA JÚNIOR, José Alexandre da. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. **Opinião Pública**, v. 16, n. 1, p. 160-185, jun. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0104-62762010000100007>.

GRISHAM, Thomas. The Delphi technique: a method for testing complex and multifaceted topics. **International Journal of Managing Projects In Business**, v. 2, n. 1, p. 112-130, 23 jan. 2009. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/17538370910930545>.

GWSP. GLOBAL WATER SYSTEM PROJECT. **Recomendações para Rio+20: segurança hídrica para um planeta sob pressão**. Rio de Janeiro. 2012. 8 p. Disponível em: [http://www3.inpe.br/igbp/arquivos/Water\\_FINAL\\_LR-portugues.pdf](http://www3.inpe.br/igbp/arquivos/Water_FINAL_LR-portugues.pdf). Acesso em: 02 maio 2022.

KEEBLE, Brian R. The Brundtland report: our common future. *Medicine And War*, v. 4, n. 1, p. 17-25, jan. 1988. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/07488008808408783>.

MACHADO, Fernando Henrique. **Proposição de Indicadores de Segurança Hídrica: Seleção, Validação e Aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim**. 2018. 255 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jundiá, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/153669>. Acesso em: 07 set. 2022.

MACHADO, Fernando Henrique. **Proposição de Indicadores de Segurança Hídrica: Seleção, Validação e Aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim**. 2018. 255 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Jundiá, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/153669>. Acesso em: 07 set. 2022.

MARQUES, Joana Brás Varanda; FREITAS, Denise de. Método DELPHI: caracterização e potencialidades na pesquisa em educação. **Pro-Posições**, v. 29, n. 2, p. 389-415, ago. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1980-6248-2015-0140>.



MEADOWS, Donella. Indicators and Information Systems for Sustainable Development. **The Sustainability Institute**. p. 1-95. set. 1998. Disponível em: <https://donellameadows.org/wp-content/userfiles/IndicatorsInformation.pdf>. Acesso em: 19 set. 2022.

MIRANDA; CASA NOVA, CORNACCHIONE JUNIOR. Dimensões da qualificação docente em contabilidade: um estudo por meio da técnica Delphi. 2012, Anais. São Paulo: EAC/FEA/USP, 2012. Disponível em: <http://www.congressosp.fipecafi.org/artigos122012/120.pdf>. Acesso em: 24 set. 2022.

ONU. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Documentos Temáticos**: objetivos de desenvolvimento sustentável 6-7-11-12-15. Brasília, 2018. 116 p.

PERNAMBUCO. Agência Pernambucana de Águas e Climas. Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco**. Recife. 2022.

PERNAMBUCO. Agência Pernambucana de Águas e Climas. Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos. **Plano Hidroambiental da Bacia do rio Capibaribe**. Recife. 2010.

POWELL, Catherine. The Delphi technique: myths and realities. **Journal of Advanced Nursing**, v. 41, n. 4, p. 376-382, fev. 2003. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2648.2003.02537.x>.

RABELO, Nosliana Nobre. **Análise da Segurança Hídrica no Estado do Ceará**: subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. 2022. 170 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

RABELO, Nosliana Nobre. **Análise da Segurança Hídrica no Estado do Ceará**: subsídios para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. 2022. 170 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

UNESCO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA EDUCAÇÃO CIENCIA E CULTURA. **Water Security and the Sustainable Development Goals Water Security and**. 2019.

ZHANG, Xiang et al. Urban drought challenge to 2030 sustainable development goals. **Science of The Total Environment**, v. 693, p. 133536, nov. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.342>.