

NOTA TÉCNICA Nº 6/2025/COMUC/SHE-SEI

Processo nº 02501.003627/2021-30

Brasília, 23 de abril de 2025.

À Superintendente de Estudos Hídricos e Socioeconômicos

Assunto: Índice de Segurança Hídrica (ISH) dos Municípios Brasileiros

1. De acordo com o conceito da Organização das Nações Unidas (ONU), a Segurança Hídrica existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, à prática das atividades econômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias, devendo ser consideradas as suas quatro dimensões (econômica, ecossistêmica, humana e resiliência) como balizadoras do planejamento da oferta e do uso da água em um país.
2. A existência de um parâmetro para aferir de forma quantitativa o grau de segurança hídrica consiste em fator de grande importância para balizar as diversas ações e investimentos relacionados ao planejamento dos recursos hídricos. O Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) trouxe o conceito do Índice de Segurança Hídrica (ISH) como uma métrica objetiva, mas ao mesmo tempo abrangente, capaz de quantificar as diferentes dimensões relacionadas ao conceito de segurança hídrica.
3. A partir dessa métrica, foi possível empregar critérios quantitativos ao elaborar as diretrizes para um Plano Nacional de Segurança Hídrica integrado e consistente, contemplando a infraestrutura hídrica de relevância nacional de forma estratégica e otimizada. Além das obras, também é possível identificar os estudos complementares e projetos necessários para viabilizá-las, bem como as lacunas de conhecimento em áreas de baixa segurança hídrica. Para além do PNSH, o índice potencialmente orienta outros planos, projetos e iniciativas, bem como as demais esferas de governo. Portanto, o uso adequado das informações contidas no ISH consiste em um instrumento de grande relevância na implementação de políticas públicas e norteador de critérios de investimentos em obras de infraestrutura hídrica de âmbito nacional.
4. A metodologia originalmente desenvolvida para o cálculo do ISH usado no PNSH apresentou os índices em função das diversas áreas de contribuição hídrica (ottobacia) da base hidrográfica ottocodificada do Brasil para os anos de 2017 e 2035. Desde a publicação do plano, no ano de 2019, diversas discussões técnicas a respeito do uso do índice têm sido realizadas em diferentes fóruns. Uma questão prática observada refere-se ao fato de que o índice é calculado para a menor unidade hidrográfica disponível a partir da base ottocodificada do Brasil, contudo, em nível de gestão política e econômica do território, é relevante a constituição do índice representativo para os municípios brasileiros. Tendo em vista que o acesso aos recursos públicos para implementação de obras de infraestrutura hídrica está estruturado a partir das bases municipais brasileiras, a apresentação do ISH por município é fundamental para fins operacionalização.
5. O cálculo do ISH incluído neste documento busca aprimorar esse aspecto, fornecendo os índices ponderados para a base municipal brasileira. Partindo-se do ISH calculado para as cerca de 600 mil ottobacias e com uso de algoritmos de geoprocessamento implementados por meio do programa FERAH desenvolvido na ANA, foram realizadas ponderações para calcular o ISH a partir da interseção entre os índices obtidos para as áreas das ottobacias e os limites geográficos das unidades municipais brasileiras.

6. Nesta proposta de ISH para a escala municipal, será também considerado, o Índice de Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano (ISH-U), desenvolvido no âmbito do ATLAS ÁGUAS em 2021. A introdução do ISH-U na metodologia municipal não tem o objetivo de substituir o ISH original da dimensão humana concebido no Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), mas sim de oferecer uma abordagem complementar que permita maior sensibilidade à avaliação da segurança hídrica nas sedes urbanas. Ambos os índices compartilham fundamentos comuns, como a disponibilidade hídrica e a demanda de abastecimento, mas o ISH-U acrescenta elementos relacionados à vulnerabilidade da produção e à eficiência da distribuição de água, o que o torna especialmente útil para análises em contextos urbanos. A utilização combinada desses dois índices foi avaliada de acordo com a disponibilidade e a adequação dos dados, buscando garantir a melhor representação possível da dimensão humana da segurança hídrica no contexto municipal.

7. Assim, esta versão do ISH apresenta o índice quantificado para cada município do Brasil, permitindo o uso da informação de forma mais direta e objetiva pelos técnicos e tomadores de decisão relacionados às esferas municipal, estadual e federal.

8. É importante destacar que o Índice de Segurança Hídrica (ISH) municipalizado apresentado nesta nota técnica não constitui uma atualização ou revisão metodológica dos índices originalmente publicados. Trata-se, na realidade, de uma releitura ou interpretação dos índices já existentes, tanto o ISH do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) quanto o Índice de Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano (ISH-U), adaptando-os para a escala municipal brasileira. As bases originais, metodologias e dados que compõem cada indicador permanecem inalteradas, assim como as datas de referência já estabelecidas nas respectivas publicações originais. Essa distinção é essencial para evitar interpretações equivocadas, esclarecendo que esta proposta não configura uma nova base de ISH, mas sim uma representação adaptada para subsidiar decisões no contexto específico dos municípios.

9. Por fim, este documento traz sugestão para aprimoramento futuro do ISH a partir da incorporação de componentes relacionados à vulnerabilidade aos impactos da mudança climática.

2 - BASE HIDROGRÁFICA

10. Todos os indicadores que compõem o ISH estão associados a uma base hidrográfica de referência. Essa base está discretizada em trechos de rio, aos quais está associada uma área de contribuição hídrica. As áreas de contribuição hídrica são codificadas segundo a metodologia de Otto Pfafstetter, tal que é possível guardar as relações de fluxo (montante-jusante) entre os trechos. Do método de codificação deriva a denominação Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO), chamando-se ordinariamente de ottobacias as áreas de contribuição hídrica a cada trecho da rede hidrográfica (Figura 2.1).



Figura 2.1 - Elementos da Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO).

11. Para construção e apresentação do ISH foi utilizada a BHO 2013, com cerca de 600 mil ottobacias. A transferência de informações de uma base geográfica de origem para as ottobacias da BHO se deu a partir da intersecção do polígono da ottobacia com os polígonos, pontos ou grades contendo a informação de origem, atribuindo-se à ottobacia o valor da feição de origem proporcional à área comum de intersecção, conforme as características de cada informação.

3 - BALANÇO HÍDRICO

12. O balanço hídrico superficial refere-se à relação entre demandas e disponibilidades hídricas (dem/disp), informando o percentual de comprometimento da oferta de água. Esta é a principal variável do ISH, aplicada diretamente nos cálculos relacionados às dimensões Humana, Econômica e Ecológica.

13. O Balanço Hídrico Superficial na ANA considera o somatório das demandas de retirada desses cinco setores usuários (humano urbano, humano rural, animal, indústria e irrigação) e relaciona com a quantidade de água disponível. Após o cômputo do comprometimento hídrico em determinado trecho, devolve-se ao curso d'água a parcela não consumida (retornos) que se soma à disponibilidade do trecho seguinte. Esse comprometimento é classificado no âmbito da ANA em 6 níveis:

- Baixo (abaixo de 5%);
- Mediano (5% a 30%);
- Alto (30% a 70%);
- Muito alto (70% a 100%);
- Crítico (acima de 100%) e;
- Intermitente (oferta nula).

14. No Brasil, o balanço hídrico se apresenta como uma ferramenta de gestão capaz de identificar pressões e potenciais conflitos que podem incidir sobre os recursos hídricos diante de diferentes cenários. É, portanto, um elemento fundamental para orientar a gestão e o planejamento nas bacias hidrográficas brasileiras, visando garantir a segurança hídrica. Nesse sentido, por exemplo, é o principal indicador para emissão de outorgas preventivas e de direito de uso de recursos hídricos. A emissão dessas outorgas no Brasil só é aprovada em determinada localidade quando as condições definidas no balanço hídrico forem favoráveis (ANA, 2013). Essas condições são dadas pelo nível de estresse hídrico definida no local de interesse. Esse balanço também vem sendo utilizado em diversos outros instrumentos de planejamento de recursos hídricos do Brasil como, por exemplo, o Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (ANA, 2021), o indicador 6.4.2 do ODS 6 e os diversos planos de bacias hidrográficas no Brasil. A seguir, são detalhados os procedimentos para considerar a oferta (ou disponibilidade hídrica) e as demandas hídricas.

3.1 - Oferta Hídrica

15. Apesar de ser um problema clássico, a alocação de água continua a ser um desafio a gestores, usuários e pesquisadores, principalmente devido ao aumento de conflitos resultantes da disputa pelo seu uso, provocados pelo aumento progressivo da demanda em um cenário, para muitas localidades, de escassez relativa cada vez mais evidente. Algumas especificidades desse processo de alocação o tornam mais complexo, principalmente, aquelas relacionadas às incertezas associadas ao comportamento aleatório dos eventos hidrológicos e consequente ocorrência da água na natureza. Nesse sentido, estudos que visam a representação adequada dos valores de vazão em cursos d'água se tornam uma importante ferramenta para a tomada de decisão por parte dos gestores desses recursos.

16. A outorga de direito de uso da água é o instrumento legal de alocação entre os diversos usos da bacia hidrográfica no Brasil. Este instrumento visa uma distribuição da água de modo a atender as necessidades ambientais, econômicas e sociais, reduzir ou eliminar conflitos entre usuários e possibilitar o atendimento das demandas futuras (ANA, 2019c). A disponibilidade hídrica é a informação básica de apoio à decisão sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos, que tem como objetivos “assegurar

o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água”, conforme disposto no artigo 11 da Lei Federal 9433 (BRASIL, 1997). Ainda, segundo a mesma Lei 9433, Art. 7º, parágrafo III, a outorga deve estar vinculada a estudos referentes ao “balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais”.

17. A disponibilidade dos recursos hídricos no Brasil é representada pelas vazões médias e mínimas. A vazão média de longa duração representa a disponibilidade de água potencial, sendo seu conhecimento essencial para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, visto que essa é a máxima vazão possível de ser regularizada, abstraindo-se as perdas por evaporação e infiltração. As vazões mínimas caracterizam a disponibilidade hídrica natural ao longo da hidrografia e são utilizadas como vazão de referência para concessão de outorgas, na elaboração de projetos de irrigação, abastecimento público etc.

18. A utilização da vazão mínima como vazão de referência para o planejamento e gerenciamento de recursos hídricos apresenta como vantagem a simplicidade de sua implementação e a minimização dos riscos de falhas no atendimento das demandas, cuja garantia de atendimento ou de permanência é necessária para que os usuários possam realizar um melhor planejamento de suas atividades e investimentos em seus empreendimentos (ANA, 2019b). Por outro lado, este procedimento vem sendo criticado por limitar o crescimento dos empreendimentos usuários da água da bacia, gerando descontentamentos e aumentando o conflito pelo uso da água, visto que, na maior parte do tempo, as vazões naturais nos rios ou regularizadas pelos reservatórios são superiores às vazões outorgadas.

19. De modo geral, duas abordagens têm sido usadas nacionalmente como critério para definição de vazões mínimas de referência: vazões mínimas com determinado tempo de recorrência e vazões de curva de permanência (ANA, 2019c). A primeira abordagem tem origem no setor de saneamento é usada como critério em vários estados, como São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, usualmente por meio da vazão mínima de 10 anos e 7 dias de duração (Q7,10), em que a estatística de vazão mínima é obtida por meio do ajuste de uma distribuição estatística (Gumbel, Weibull ou outra). Já a segunda abordagem consiste em ordenar as vazões da maior para menor e identificar a vazão que é superada em uma porcentagem grande do tempo. Esta porcentagem do tempo é usualmente denominada garantia. O valor complementar à garantia, ou seja, o tempo em que esta não é satisfeita, é usualmente denominado de risco.

20. A ANA tem favorecido essa segunda abordagem, por ser mais intuitiva tanto para o órgão gestor como para o usuário, que tem uma estimativa aproximada do risco de desatendimento a que está submetido e em geral compreende melhor o conceito subjacente à curva de permanência. Em geral, a ANA adota como vazão de referência a vazão que é superada em 95% do tempo (Q95%) uma vez que o risco de 5% é um valor médio entre os riscos que se considera toleráveis pelos diversos setores usuários (ANA, 2013).

21. No âmbito do ISH, ela corresponde a uma vazão natural com 95% de garantia (Q95) nos trechos de rio em geral. Nos trechos sob influência de reservatórios a disponibilidade é tal que à jusante da barragem de um reservatório adota-se sua vazão mínima defluente somada às contribuições de Q95 que afluem a partir dali. Já no lago dos reservatórios adota-se a vazão regularizada deduzida da vazão defluente. Nos lagos dos reservatórios operados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, é desconsiderada a capacidade de regularização, adotando-se apenas a vazão Q95 verificada no local das barragens. Eventuais transferências por canais são adicionadas ou subtraídas na rede hidrográfica conforme o caso. A base de disponibilidade hídrica é produzida na ANA e é suscetível a atualização conforme melhorias metodológicas ou no conjunto de dados primários.

3.2 - Demanda Hídrica

22. A base de Demanda Hídrica foi produzida no âmbito do Manual de Usos Consuntivos (ANA, 2019a) que estimou as vazões municipais de retirada, consumo e retorno de água por setor usuário. Para realização do balanço entre oferta e demanda, as estimativas de retirada de água municipais foram distribuídas em áreas específicas, conforme o uso, e em seguida espacializadas por otobacia (microbacias na base hidrográfica da ANA, conforme ANA, 2013). A transposição de demandas municipais para otobacia segue diferentes critérios, de acordo com as melhores informações disponíveis à época de cada consolidação da base nacional pela ANA. Atualmente, essa alocação espacial possui bom nível de

precisão, em função da maior disponibilidade de dados georreferenciados, como: pontos de captação de abastecimento urbano, mapeamentos de áreas irrigadas, mapeamentos de uso da terra, outorgas superficiais e subterrâneas, delimitação de lavras etc. A modelagem procura atribuir as demandas a partir do cruzamento desses diferentes temas com as ottobacias, dentro do mesmo município.

23. Atualmente, no caso do abastecimento humano urbano, a quantidade de água retirada por município é distribuída entre os pontos de captação superficiais e subterrâneos conforme percentual e localização indicados no Atlas Águas (ANA, 2021). Para o balanço superficial, é utilizada apenas a demanda referente aos pontos de captação superficiais. O abastecimento rural é distribuído nos setores censitários rurais, proporcionalmente a sua população verificada no Censo Demográfico 2010, do IBGE.

24. Durante a elaboração do Manual de Usos Consuntivos, foi realizada uma consolidação dos mapeamentos disponíveis à época para distribuir demandas municipais de água da indústria, mineração, abastecimento animal e irrigação.

25. A demanda de água municipal da indústria foi atribuída aos polígonos de área urbana. No caso do abastecimento animal, como cerca de 98% da demanda total é atribuída ao rebanho bovino, a modelagem espacial utilizou um mapa consolidado de pastagens para atribuição dos valores municipais. A demanda de irrigação por sua vez, é composta por três componentes: arroz, cana-de-açúcar e outras culturas. As demandas de irrigação do arroz inundado e da cana-de-açúcar de cada município foram atribuídas às áreas mapeadas dessas culturas, estabelecidas em estudos específicos (ANA, 2017a). As demais culturas foram consideradas em conjunto, sendo a demanda municipal atribuída em função da proporção entre pivôs centrais e outros métodos de irrigação presentes no município: a demanda dos pivôs foi espacializada nas ottobacias onde foram identificados pivôs ativos em estudo específico (ANA & Embrapa, 2019); a demanda residual foi distribuída nas áreas agrícolas do mapeamento de uso da terra, descontadas todas as áreas de arroz, cana e pivôs, proporcionalmente ao tamanho das áreas dentro dos municípios e ottobacias.

26. A modelagem de demandas em ottobacias procura distribuir o uso da água nas áreas prováveis de captação/consumo. No caso da demanda de abastecimento urbano, a transferência foi realizada diretamente pelo cruzamento dos pontos de captação superficial com os polígonos de ottobacias. Nos demais casos, a transferência foi proporcional à área de intersecção entre os polígonos temáticos com atribuição de demanda e os polígonos das ottobacias.

3.3 - Incertezas do Balanço Hídrico

27. A incerteza é algo inerente a qualquer estimativa dentro da hidrologia e recursos hídricos. Essa incerteza se manifesta em diferentes etapas ou processos utilizados na estimativa de variáveis hidrológicas como a disponibilidade e demanda por recursos hídricos. A incerteza está presente no erro em estimar o risco e pode ser devido a coleta de dados, incertezas de modelagem (por exemplo, técnicas de preenchimento e extensão, regionalização, consumo per capita, captação superficial etc.), erro de processamento, amostra insuficiente, entre outros. Desconsiderar a incerteza pode comprometer os resultados e fazer com que tomemos algumas decisões baseados numa certeza que não existe e provavelmente nunca existirá.

28. A incerteza no balanço hídrico se dá nesse contexto e está presente tanto no lado das estimativas de disponibilidade hídrica como do lado das estimativas da demanda. Na disponibilidade hídrica tem-se incertezas que vão desde a coleta dos dados, definição de curva-chave, até a aplicação de modelos hidrológicos e regionalização no processo de levar a informação para todos os trechos da base hidrográfica. Já para as demandas de recursos hídricos, para cada tipo tem-se incertezas que se propagam de forma específica e de diferentes formas. Essas incertezas envolvem aspectos metodológicos como a definição dos parâmetros e índices per capita para cada tipo uso. Envolvem também o aspecto espacial a partir da dificuldade em associar onde determinada demanda está captando e qual a fonte ou manancial (superficial, subterrâneo ou reservatório) está sendo utilizado. Elas também envolvem aspectos temporais como qual a magnitude e em que momento essa demanda está de fato sendo atendida.

29. Além das fontes de incertezas explicitadas anteriormente, atualmente o mundo vive um dos seus maiores desafios, que são as mudanças climáticas antropogênicas e seu impacto tanto na oferta hídrica como nas demandas. No planejamento e gestão moderna dos recursos hídricos é fundamental que as incertezas trazidas pela mudança climática sejam incorporadas no processo decisório. Com isso, pode-se buscar projetos ou estratégias robustas que ampliem a capacidade de resiliência e possibilitem à

sociedade se adaptar a essas mudanças.

30. A explicitação dessas incertezas não significa estimular uma eventual inação por parte dos tomadores de decisão ou mesmo enfraquecer os resultados apresentados e conclusões obtidas a partir dos resultados do balanço hídrico. Ao contrário, a ideia é chamar atenção para que eventuais decisões que venham a ser tomadas com base nos resultados do balanço hídrico sejam sempre avaliadas com rigor e aprofundamento para que haja uma confiabilidade e maior assertividade das decisões.

31. Nos órgãos gestores de recursos hídricos, além de tomar a decisão de forma adequada é também imprescindível justificar todo o processo, incluindo a comunicação e documentação a todos os interessados, e formalizando as incertezas existentes, as limitações do conhecimento e os motivos que levaram para determinada escolha. Essa convivência com o risco e a incerteza precisa ser explicitada para ensejar a identificação e a quantificação da sua intensidade e, se possível, sua prevenção, minimização ou mitigação.

4 - ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA – ISH

32. A metodologia aqui apresentada foi retirada do Manual Metodológico do Índice de Segurança Hídrica (ANA, 2020) desenvolvido no âmbito do Plano Nacional de Segurança Hídrica. No entanto, eventuais adequações, aprimoramentos e sugestões futuras foram incluídos nessa versão do ISH voltada para os municípios.

33. O Índice de Segurança Hídrica - ISH foi concebido no âmbito do Plano Nacional de Segurança Hídrica - PNSH para retratar as diferentes dimensões da segurança hídrica dentro do território brasileiro.

34. Os conceitos envolvidos na composição do ISH foram estruturados segundo dimensões, indicadores e variáveis ou atributos, assim definidos e relacionados:

·Foram consideradas quatro dimensões de Segurança Hídrica (Humana, Econômica, Ecológica e de Resiliência) que são combinadas para formar o Índice de Segurança Hídrica.

·Cada dimensão é composta por um ou mais indicadores, capazes de quantificar aspectos a ela pertinentes.

·Cada indicador é formado por uma combinação de variáveis ou atributos mensuráveis.

·Os indicadores têm seus valores classificados em cinco faixas de gradação, normalizadas com a atribuição dos números naturais de 1 a 5, em ordem crescente do nível de segurança hídrica. A exceção é o indicador de segurança das barragens de rejeito, que varia de 1 a 3;

35. A Figura 4.1 ilustra a simbologia com as dimensões e os indicadores do ISH considerados no âmbito do PNSH.

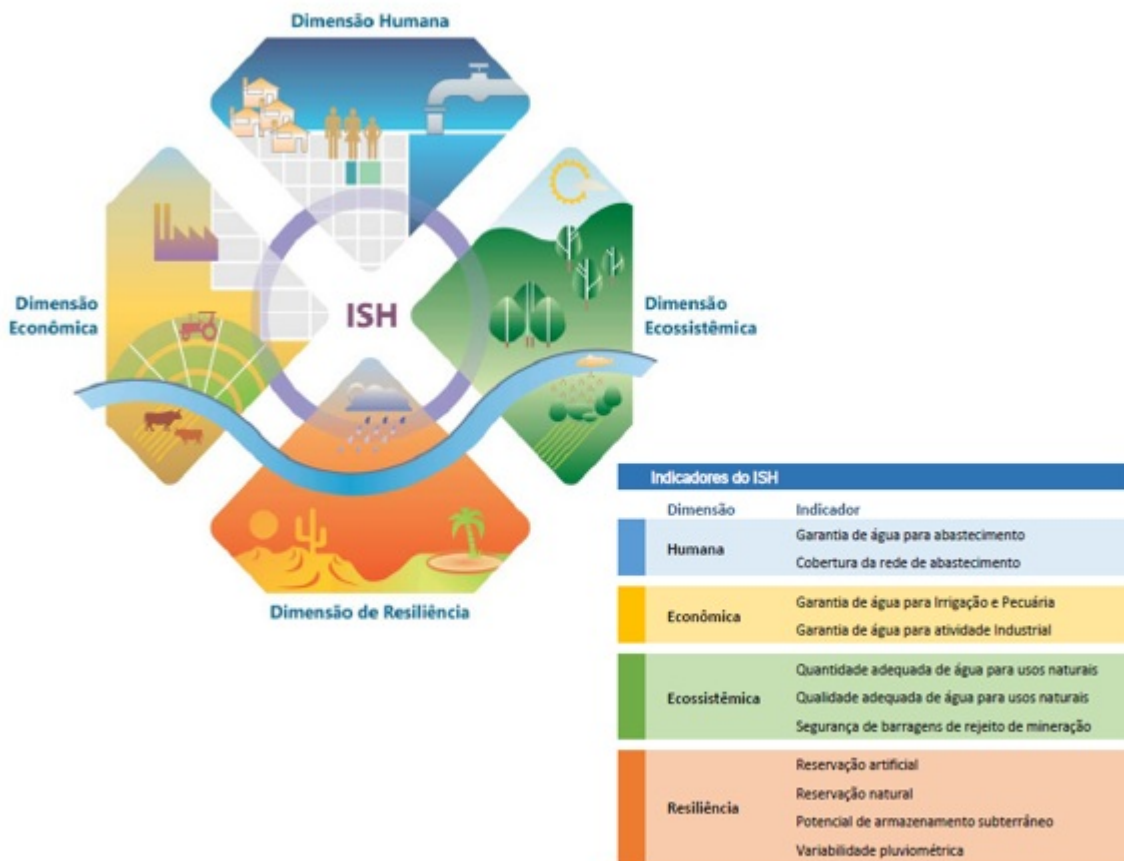


Figura 4.1 - Simbologia com as dimensões e os indicadores do ISH considerados no âmbito do PNSH

36. No processo de composição do ISH, em cada dimensão, foram atribuídos pesos aos respectivos indicadores para cálculo da média ponderada e normalização do índice. As classes e os pesos foram atribuídos segundo a visão de especialistas e testes de aderência à realidade, tendo por base o papel que cada um dos aspectos considerados desempenha na representação da segurança hídrica.

37. As dimensões humana e econômica permitem quantificar os déficits de atendimento às demandas efetivas (abastecimento humano e setor produtivo) e riscos associados, enquanto as demais dimensões, ecológica e de resiliência, possibilitam identificar as áreas mais críticas e vulneráveis.

38. De forma geral, os graus de Segurança Hídrica de cada uma das Dimensões, resultam de uma média simples ou ponderada dos graus de segurança de cada indicador que a compõe. Os cálculos são realizados em cada otobacia e os indicadores que apresentam valor nulo não participam da média.

39. Nos casos de operações envolvendo graus/níveis/classes de segurança hídrica predefinidos, os valores resultantes são reclassificados conforme a Tabela 4.1 para fins de apresentação das Dimensões.

Tabela 4.1 - 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

4.1 – Função de Risco

40. A exposição e a vulnerabilidade a determinado evento são os elementos-chave quando se estuda risco ou segurança. Assim, se de um lado, tem-se, em uma região, população que depende da água para sua sobrevivência e para suas atividades econômicas, portanto, exposta à ocorrência de eventos

extremos, do outro, caberiam medidas de engenharia e de gestão de risco para reduzir tal vulnerabilidade.

41. No contexto do ISH, o risco hídrico, derivado do balanço hídrico entre demanda e oferta de água, é componente chave para sua definição na dimensão humana e econômica. A adoção desse risco hídrico no âmbito do ISH, por meio de um Fator de Risco (FR), surgiu da necessidade de considerar de forma contínua diferenças entre balanços hídricos que, da forma como a ANA adota hoje, estariam dentro da mesma classe ou mesmo risco. Como pode ser visto no item 3 deste documento, dentro da classe de comprometimento hídrico considerado pela ANA, a região que tem um balanço com dem/disp = 70% está na mesma classe que outra região com dem/disp = 99%. Usando o FR essa diferença é devidamente quantificada e considerada na composição do ISH.

42. Esse risco hídrico foi caracterizado em duas grandes tipologias:

· Risco pós-déficit: corresponde ao valor em risco quando uma parcela da demanda não está sendo suprida - relação entre demanda e disponibilidade hídrica superior a 100%.

· Risco iminente: corresponde ao valor em risco que pode ocorrer no limiar do déficit, porém, ainda antes de sua ocorrência. É progressivamente maior à medida que o resultado da relação entre demanda e disponibilidade hídrica se aproxima de 100%. Após se concretizar o déficit, uma parte da população ainda permanece em risco iminente enquanto outra parte se encontra no risco pós déficit. Nesse caso, o risco iminente decresce à medida que aumenta o risco pós-déficit.

43. Enquanto o balanço hídrico se propõe a apresentar o percentual de comprometimento hídrico através da razão (dem/disp), a função de risco é baseada no inverso do balanço, dado que:

dem – Demanda Total de Retirada do manancial (m³/s);

disp – Disponibilidade Hídrica do manancial (m³/s);

FR – Fator de Risco.

Se há déficit (disp/dem < 1):

$$FR_{(Total)} = FR_{(Pós-déficit)} + FR_{(Iminente)}$$

$$FR_{(Pós-déficit)} = 1 - \left(\frac{disp}{dem}\right)$$

$$FR_{(Iminente)} = \frac{1}{3} \left(\frac{disp}{dem}\right)$$

Se não há déficit (disp/dem >=1):

$$FR_{(Pós-déficit)} = 0$$

$$FR_{(Iminente)} = \frac{1}{3} \left(\frac{disp}{dem}\right)^{-2}$$

44. A Tabela 4.2 ilustra o Fator de Risco (FR) percentual para diferentes relações entre disponibilidade e demanda.

Tabela 4.2 - Exemplificação do Fator de Risco (FR).

	Disp	Dem	Disp/Dem	FR _(iminente)	FR _(pós-deficit)	FR _(total)
Pré-Déficit	300	100	3.00	3.70%	0.00%	3.70%
	200	100	2.00	8.33%	0.00%	8.33%
	150	100	1.50	14.81%	0.00%	14.81%
	120	100	1.20	23.15%	0.00%	23.15%
	110	100	1.10	27.55%	0.00%	27.55%
	100	100	1.00	33.33%	0.00%	33.33%
Pós-Déficit	90	100	0.90	30.00%	10.00%	40.00%
	80	100	0.80	26.67%	20.00%	46.67%
	50	100	0.50	16.67%	50.00%	66.67%
	20	100	0.20	6.67%	80.00%	86.67%
	10	100	0.10	3.33%	90.00%	93.33%

45. Após o cálculo do balanço hídrico para todo Brasil, são calculados os fatores de risco em cada ottobacia, de acordo com as equações apresentadas. Conforme as metodologias definidas para cada caso, os riscos hídricos foram valorados em termos de número de pessoas (na dimensão humana do ISH) e de valores monetários (na dimensão econômica).

4.2 - Dimensão Humana (incluindo ISH Urbano)

46. A dimensão humana do ISH avalia a garantia da oferta de água para o abastecimento de todas as cidades do País. Busca quantificar a população exposta a maiores riscos de não atendimento e identificar regiões críticas.

47. Dado que cerca de 85% da população brasileira é urbana, o indicador restringe-se a avaliar o abastecimento de água urbano por município, considerando dois indicadores:

- Abastecimento da População Urbana

- Percentual de Cobertura da Rede de Abastecimento Urbano.

48. A composição da Dimensão Humana se dá a partir de uma média ponderada correspondendo a 70% do valor do grau associado ao abastecimento da população urbana e 30% do valor do grau associado à cobertura de rede, desde que este último grau seja inferior ao primeiro. A média é realizada para cada município brasileiro. O ISH Humano é função majoritariamente do balanço hídrico dos mananciais, expressos na matriz de população em risco.

49. O grau de segurança por município é especializado nas ottobacias que cruzam as áreas de setor censitário urbano (IBGE 2010) do município. Em ottobacias com habitantes de dois ou mais municípios, o grau calculado corresponde a uma ponderação pela população urbana de cada município na referida ottobacia. Essa população por sua vez é proporcional à área de intersecção dos setores censitários com as ottobacias. Os valores finais obtidos por ottobacia são reclassificados, para fins de apresentação. Ottobacias localizadas em áreas não urbanas apresentam valor nulo para a dimensão humana.

4.2.1 - Garantia de Água para Abastecimento da População Urbana

50. A avaliação da garantia de água foi realizada com base na disponibilidade hídrica dos mananciais superficiais e subterrâneos utilizados para abastecimento da população de cada sede municipal e na sua capacidade de atendimento às demandas.

51. As vazões demandadas para atendimento à população urbana municipal são estimadas no Manual de Usos Consuntivos (ANA, 2019). As estimativas de retirada de água para abastecimento

humano municipais foram distribuídas entre os pontos de captação superficiais e subterrâneos conforme percentual e localização indicados no Atlas Brasil de Abastecimento (ANA, 2010).

52. Partindo do cálculo do Balanço Hídrico superficial e de um balanço hídrico subterrâneo baseado na vazão explotável estimada no Atlas Brasil (ANA, 2010), são obtidas as relações entre disponibilidades e demandas (Disp/Dem) nos trechos de rio de cada ponto de captação. De posse dessa relação, foi calculado o Fator de Risco (imminente e pós-déficit) de cada ponto de captação, conforme item 2.3. Para fins desse indicador considerou-se que a quantidade de pessoas é o ativo em risco. Desta forma, a população em risco de desabastecimento é obtida multiplicando o Fator de Risco (FR) pela população urbana municipal (Contagem da população, IBGE 2017c) associada a cada ponto de captação, tal que a população urbana em risco em cada município corresponde ao somatório da população em risco associada a cada ponto de captação do município.

53. Em alguns municípios, por carência de informação, a soma dos percentuais de atendimento de seus pontos de captação não totaliza 100%. Desta forma, foi aplicada uma correção no percentual de população em risco, dividindo seu valor pela soma do percentual de atendimento dos pontos de captação conhecidos de cada município.

54. Por fim, o valor total de população urbana em risco por município e seu respectivo valor percentual é associado a um grau de segurança em função da matriz de classificação apresentada no Tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Grau de Segurança Municipal em Função da População Urbana em Risco.

População Urbana em Risco (absoluta)	População Urbana em Risco (%)				
	0 - 20%	20 - 40%	40 - 60%	60 - 80%	80 - 100%
< 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

4.2.2 - Cobertura da Rede de Abastecimento Urbano

55. Esta variável foi utilizada para captura do grau de acesso à água pela população. Os percentuais de cobertura de rede de abastecimento público urbano foram obtidos a partir do SNIS (2017). quando não informado no SNIS, foram utilizados os dados de cobertura do Censo (IBGE 2010). Os percentuais de cobertura foram associados a um grau de segurança hídrica conforme Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Grau de Segurança Municipal em Função da Cobertura da Rede de Abastecimento.

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

56. Na composição do ISH humano do município, considerou-se que a situação da cobertura de rede urbana deve funcionar apenas como fator penalizante, uma vez que sua existência plena não aumenta a segurança de um local com escassez hídrica.

57. Desta forma, o grau de segurança hídrica da cobertura de rede só é utilizado quando é menor que o grau da garantia de abastecimento humano, correspondendo a 30% do valor da dimensão humana.

4.3 - Dimensão Econômica

58. A dimensão econômica é composta por indicadores que buscam valorar os riscos dos setores econômicos que fazem uso de recursos hídricos no território nacional. Com base na divisão de setores econômicos, foram considerados dois indicadores:

·Garantia de Água para Agricultura e Pecuária

·Garantia de Água para atividade Industrial

59. Cabe ressaltar que os setores econômicos dependentes do abastecimento urbano de água (i.e., comércio e serviços) são contemplados no risco associado à dimensão humana, já que dependem dos mesmos sistemas de abastecimento e seus volumes de água utilizados compõem a demanda urbana total.

60. Para incorporar os setores que utilizam em maior proporção captações próprias de águas (irrigação, pecuária e indústria), valores monetários foram associados à produção para quantificar o dano potencial de não suprimento das demandas hídricas relacionadas à produção econômica. O valor em risco e seu percentual em relação ao total produzido pelo município, para cada atividade, foram classificados em níveis de segurança hídrica municipais.

61. Conforme apresentado no item 3.2, para o cálculo do balanço hídrico conhece-se para cada ottobacia a demanda por água para irrigação, abastecimento animal e indústria. Assim, baseando-se na demanda por água associada às ottobacias, proveniente do Manual de Usos Consuntivos, os graus de segurança hídrica obtidos por município foram transferidos para as ottobacias que interceptam o município, desde que haja demanda por água relacionada ao setor econômico considerado.

62. Assim, todas as ottobacias inseridas em um município receberam um mesmo grau de segurança hídrica, conforme a atividade considerada.

63. Para definição do indicador de Garantia de Água para Agricultura e Pecuária, realizou-se uma média dos graus de segurança de agricultura e pecuária na ottobacia, considerando-se um peso de 70% para a agricultura e 30% para a pecuária. Na ausência de uma das duas atividades, adotou-se para a atividade faltante o grau 5. Não havendo demanda nem para agricultura nem para dessedentação animal, o indicador foi considerado de classe nula.

64. Por fim, o grau de segurança da dimensão econômica na ottobacia é dado pelo menor valor entre os atribuídos aos indicadores a) Garantia de água para Agricultura e Pecuária e b) Garantia de água para uso Industrial. Caso não haja nenhuma dessas atividades econômicas na ottobacia, a dimensão econômica é considerada nula.

4.3.1 - Garantia de Água para Agricultura e Pecuária

65. Este indicador busca representar o valor em risco associado à produção primária, focado na agricultura irrigada e na pecuária, dado que a necessidade de extração de água superficial para garantia de produção é mais bem definida e representativa nessas duas atividades do setor primário.

66. A valoração da agricultura irrigada por município foi obtida por uma composição de informações disponíveis na Pesquisa Agrícola Municipal-PAM (IBGE, 2017a) e no Atlas Irrigação (ANA, 2017a).

67. A composição é necessária tendo em vista que os dados informados na PAM se referem a toda produção municipal e este indicador de segurança hídrica foca na parcela irrigada da produção.

68. No Atlas Irrigação estão disponíveis as informações de área equipada para irrigação de arroz inundado, de cana-de-açúcar, das demais culturas com pivô central e demais culturas com outros sistemas de irrigação. Também se dispõe de um coeficiente municipal que indica o número médio de safras por ano, que varia de acordo com as principais culturas irrigadas e o manejo do solo e da água realizados no município. O coeficiente de safra varia de 1,0 a 2,5.

69. Os coeficientes foram multiplicados pelas áreas equipadas definindo-se uma área colhida irrigada de referência para arroz, cana-de-açúcar e demais culturas (somando-se as áreas ajustadas de pivôs com as de outros sistemas).

70. Para valorar a parte irrigada da produção foi estimada uma taxa regional média de produção (R\$/ha) partindo-se dos dados da PAM de Valor da Produção Anual (R\$) e a Área Cultivada (ha) por município das culturas arroz, cana-de-açúcar e total (soma dos valores totais de culturas temporárias e culturas permanentes), relativos ao ano de 2017.

71. A taxa de produção (R\$/ha) foi calculada por Região Rural (IBGE, 2015) dividindo a soma do Valor da Produção Anual (R\$) pela soma das respectivas áreas cultivadas dos municípios inseridos em cada região. Ficou definida, assim, uma taxa regional para cada um dos 3 casos (arroz, cana e demais culturas).

72. O valor da produção irrigada de arroz, cana e demais culturas em cada município foi estimado multiplicando-se suas taxas de produção regionais pelas respectivas áreas colhidas irrigadas de referência. Para considerar o ganho de produtividade gerado pelos equipamentos de irrigação, a taxa média, para o caso das demais culturas, foi duplicada.

73. O valor da produção irrigada municipal foi definido pela soma dos valores de produção irrigada de arroz, cana e demais culturas.

74. Para a alocação de valor aos rebanhos animais, teve-se como ponto de partida os quantitativos de rebanhos, auferidos ao final do ano, em cada município apresentados na Pesquisa da Pecuária Municipal-PPM do IBGE (2017b). Este rebanho não está vinculado a um valor de produção, pois este valor só é auferido quando de fato se extrai um produto do animal ou quando ocorre o abate. Não obstante, cotações de mercado permitem inferir um valor de referência para o rebanho vivo, que seria seu valor de corte, por meio da representação do valor de cada cabeça animal viva.

75. Desta feita, para estimar o valor intrínseco do rebanho, que é o que o pecuarista arrisca perder caso não se tenha água suficiente em um determinado evento de escassez hídrica, foi realizada uma cotação dos valores de mercado a partir do portal Agrolink (Agrolink, 2018).

76. Foram obtidos os valores do mês de dezembro de 2017 do boi gordo, búfalo, suíno (tipo carne), caprino e ovino adulto e frango, conforme Tabela 4.5. Esta data de referência foi a adotada por ser aquela mais recente disponível na data do cálculo. As referências de preço são para 15 kg de carne de cada um desses rebanhos, exceto o frango que é relativo a 1kg. Uma vez que esses valores são aqueles de referência para a carne, estabeleceu-se o percentual de 60% para o valor intrínseco do rebanho. Para equinos foi adotado o mesmo valor dos bovinos.

Tabela 4.5 - Valores de Referência para Valoração da Pecuária Municipal.

	Bovino	Bubalino	Suíno	Caprino	Ovino	Galináceo
Valor adotado por cabeça (60%)	2.080,00	2.800,00	300,00	180,00	180,00	3,38
Valor por cabeça (a preço de carne)	3.466,67	4.666,67	500,00	300,00	300,00	5,63
Peso abate	400	500	100	30	30	2,50
R\$/15kg	130	140	75	150	150	2,25
KG da cotação	15	15	15	15	15	1
Tipo cotado no Agrolink	Boi Gordo	Búfalo	Suíno (Carne)	Adulto	Adulto	Frango

77. O valor da produção pecuária por município foi obtido multiplicando-se o valor adotado por cabeça da tabela 2 pelo número de cabeças no município informado na PPM de 2017. Após o estabelecimento dos valores de produção (em reais) por município para agricultura e pecuária, esses foram rateados nas ottobacias inseridas na área do município, proporcionalmente à demanda de retirada de água para irrigação e dessedentação animal, respectivamente.

78. O Fator de Risco (FR) de cada ottobacia (item 2.3), definido com base no balanço hídrico, foi multiplicado pelo valor da produção, resultando num valor em risco para agricultura e para pecuária na ottobacia.

79. Esses valores em risco, estabelecidos por ottobacia, foram reaglutinados por município, resultando num valor em risco municipal, para cada atividade. O valor em risco e seu percentual em relação ao valor total da produção foram classificados em graus de segurança hídrica para a agricultura irrigada e pecuária, conforme Tabelas 4.6 e 4.7, nessa ordem.

Tabela 4.6 - 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

Tabela 4.7 - 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

80. Os graus de segurança hídrica para agricultura e pecuária, a nível municipal, foram então transferidos para as ottobacias da área do município onde havia, respectivamente, demandas para irrigação e dessedentação animal. Assim, por atividade, todas as ottobacias inseridas no município receberam um mesmo grau de segurança.

81. Para as demandas de pecuária, exclusivamente, devido ao seu caráter difuso no território, optou-se por não associar uma classe de segurança para bacias com valores de retirada de água muito pequenos (inferiores a 0,1 L/s).

82. Por fim, para compor o indicador de Garantia de Água para Agricultura e Pecuária, realizou-se uma média das classes de agricultura e pecuária na ottobacia, considerando-se um peso de 70% para a agricultura e 30% para a pecuária. Na ausência de uma das duas atividades, adotou-se para atividade faltante a classe 5. Não havendo demanda nem para agricultura nem para dessedentação animal, o indicador foi considerado de classe nula.

4.3.2 - Garantia de Água para Uso Industrial

83. O indicador de segurança hídrica na Indústria busca valorar o risco de não atendimento às demandas industriais por água, baseando-se no Valor Agregado Bruto - VAB Industrial calculado na pesquisa Produto Interno Bruto dos Municípios - PIBMunic, (IBGE,2016).

84. Semelhante à metodologia adotada para as atividades do setor primário (item 4.1), o VAB industrial municipal de 2016 foi transferido para as ottobacias inseridas na área do município, de forma proporcional às demandas de retirada de água para a indústria, conforme dados do Manual de Usos Consuntivos (ANA, 2019).

85. Com base no resultado do balanço hídrico entre disponibilidade e demanda por água, foi calculado o Fator de Risco (FR) de cada ottobacia (ver item 2.3) que, multiplicado pelo VAB industrial, resultou no valor em risco da atividade industrial na ottobacia.

86. Os valores em risco de cada ottobacia na área do município foram somados, resultando num valor em risco municipal para a indústria. Esse valor em risco e seu percentual em relação ao seu VAB industrial foram classificados em níveis de segurança hídrica, conforme Tabela 4.8.

87. Os graus de segurança hídrica municipais foram transferidos para as ottobacias inseridas na área do município onde havia demanda de retirada de água para a indústria, tal que todas essas ottobacias receberam o mesmo grau de segurança definido para seu município.

Tabela 4.8 - 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

4.4 - Dimensão Ecológica

88. Foram considerados três indicadores para caracterizar a dimensão ecológica, buscando mensurar condições minimamente saudáveis para o meio ambiente do ponto de vista da segurança hídrica. Os indicadores escolhidos foram:

- Quantidade de água adequada para usos naturais
- Qualidade de água adequada para usos naturais
- Segurança das barragens de rejeitos de mineração

89. Os graus de segurança hídrica da dimensão ecológica na escala de otobacia são obtidos através de uma média simples dos graus de segurança não nulos de cada indicador. Desta forma, indicadores nulos não influenciam no computo da dimensão.

90. Para apresentação, o valor médio obtido para a dimensão ecológica é classificado conforme Tabela 4.1.

4.4.1 - Quantidade de Água Adequada para Usos Naturais

91. Este indicador foi elaborado como forma de contemplar a quantidade mínima de vazão necessária para usos naturais associados a um determinado trecho de rio, nas condições de ocorrência de vazões baixas.

92. Foi adotado, para tanto, o percentual remanescente da vazão natural com permanência de 95% no trecho (Q95%), após as retiradas de água para usos consuntivos. Ou seja, a partir do resultado do balanço hídrico que fornece o percentual de comprometimento hídrico, foi estabelecido o percentual de vazão remanescente dado por 100% menos o resultado do balanço. Quando o comprometimento é superior ou igual a 100%, o percentual de vazão remanescente, quando da ocorrência da Q95%, é 0 (zero).

93. Os valores percentuais de vazão Q95% remanescente foram classificados em faixas conforme Tabela 4.9. Os trechos de rio que naturalmente possuem regime intermitente (onde a Q95% é zero) e não contam com aporte de água de reservatórios não foram classificados, apresentando para esse indicador grau nulo.

Tabela 4.9- Grau de Segurança em Relação ao Percentual de Vazão Remanescente.

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

4.4.2 - Qualidade de Água Adequada para Usos Naturais

94. O indicador de qualidade considera o atendimento à qualidade da água em cada trecho de rio, em função da concentração de DBO5,20, estimada no âmbito do Atlas Esgotos – Despoluição de

bacias hidrográficas (ANA,2017).

95. A concentração de DBO ao longo dos trechos de rio foi calculada considerando as condições de lançamento dos efluentes domésticos urbanos e a capacidade de diluição do curso d'água baseada na vazão Q95% e nas características hídricas de reservatórios, conforme o caso.

96. As condições de lançamento do esgoto urbano decorrem da adoção de uma carga de 54 gDBO/hab.dia, de dados de população urbana dos municípios e das características de coleta e tratamento de esgoto doméstico de cada sede urbana do Brasil, com ano referência 2013.

97. A classificação da concentração de DBO em níveis de segurança hídrica foi baseada nas concentrações limites das 4 classes de enquadramento estabelecidas na Resolução CONAMA n°. 357/2005, considerando que quanto menor a DBO, mais favorável é o equilíbrio natural do ecossistema. Adicionalmente, foi incorporada uma classe mais crítica (nível de segurança Muito Baixo) para as concentrações acima de 20 mg/L de DBO.

98. Os limites de concentração e respectivos níveis de segurança constam na Tabela 4.10.

Tabela 4.10- Classificação de Segurança em Relação à Qualidade da 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

99. Os trechos de rio com disponibilidade hídrica nula não foram considerados nesse indicador, apresentando classe de segurança nula, de forma que este indicador não participa do computo da dimensão ecossistêmica.

4.4.3 - Segurança das Barragens de Rejeito de Mineração

100. A presença de barragens de rejeitos de mineração e os possíveis impactos associados ao seu rompimento para os trechos de jusante compõem o indicador de segurança de barragens de rejeito de mineração.

101. Para construção do indicador utilizou-se o cadastro do Relatório de Segurança de Barragens – RSB, relativo ao ano de 2015, que conta com 17.259 barragens cadastradas. Deste total, foram selecionadas as barragens com finalidade de contenção de rejeitos, totalizando um montante de 724. O relatório também apresenta as informações de Categoria de Risco (relacionado a características estruturais da barragem) e Dano Potencial Associado (impacto causado por um eventual rompimento).

102. Ademais, foram consideradas as 449 barragens que compuseram o Plano Nacional de Segurança de Barragens 2016 (PNSB 2016) do DNPM. Diversas delas já correspondiam às barragens do RSB. Todos os registros foram levados em conta, de forma a contemplar a situação de maior risco.

103. A partir da classificação de Risco Estrutural e Dano Potencial, definiu-se o nível de segurança hídrica que varia apenas de 1 a 3, considerando que não existe uma condição de alta segurança para o ecossistema na presença de barragens de rejeito. A classificação é apresentada na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Grau de Segurança Hídrica Conforme Riscos das Barragens de Rejeito.

		<i>Dano Potencial (Impacto)</i>		
		Baixo	Médio	Alto ou Sem informação
<i>Risco Estrutural</i>	Baixo	3	3	2
	Médio	3	2	1
	Alto ou Sem informação	2	1	1

104. Com o grau de segurança definido para cada barragem, e a partir da ottobacia em que cada barragem se localiza, replicaram-se os valores para cada uma das bacias de jusante, até a foz do curso d'água barrado. Os trechos com mais de uma barragem a montante receberam o valor do nível de segurança mais crítico.

105. Nos trechos de rio sem a influência de barramentos a montante, esse indicador foi considerado nulo.

4.5 - Dimensão Resiliência

106. A dimensão de resiliência foi concebida para retratar os níveis de segurança hídrica relacionados à ocorrências de eventos críticos de secas no território brasileiro.

107. Neste sentido, procurou-se utilizar indicadores de suscetibilidade natural a esses eventos, do ponto de vista climático e hidrológico. Considerou-se que quanto menos suscetível é determinado local, maior é sua segurança hídrica.

108. Por outro lado, buscando contemplar o impacto, na segurança hídrica, de medidas adaptativas a situações de escassez de água, agregou-se um indicador de condições artificiais de aumento de resiliência que é baseado na existência ou não de reservatórios artificiais de armazenamento de água.

109. Os indicadores das condições artificiais e naturais que compõem a dimensão de resiliência são:

- Reservação Artificial (condição artificial)
- Reservação Natural (condição natural)
- Potencial de Armazenamento Subterrâneo (condição natural)
- Variabilidade da chuva (condição natural)

110. Para composição da Dimensão de Resiliência, inicialmente foi definido o grau de segurança da condição natural dada pela média simples dos graus de segurança hídrica de seus três indicadores: Reservação Natural, Potencial de Armazenamento Subterrâneo e Variabilidade da Chuva.

111. Numa segunda etapa, foi realizada uma média simples entre o grau da condição artificial de resiliência, definido pela Reservação Artificial, e o grau da condição natural. Entretanto, a condição artificial só é considerada se contribuir para o aumento da segurança hídrica, ou seja, se sua classe de segurança é superior à classe da condição natural. Caso contrário, a dimensão de resiliência é definida apenas pelos indicadores da condição natural (Tabela 4.12).

112. Os graus de segurança hídrica para cada um dos quatro indicadores foram definidos a nível de ottobacia e conforme metodologia apresentada nos itens a seguir.

Tabela 4.12 - Composição da Dimensão de Resiliência.

<i>Condição</i>	<i>Peso Relativo</i>
Condição Artificial (CA)	50% se grau CA < CN
	0% se grau CA ≥ CN
Condição Natural (CN)	50% se grau CA < CN
	100% se grau CA ≥ CN

4.5.1 - Reservação Artificial

113. A componente de reservação artificial busca retratar a segurança hídrica pela oferta potencial de água fornecida pelo conjunto de reservatórios existentes no País.

114. O Índice de Reservação Artificial foi calculado para o centroide de cada área de contribuição hidrográfica (ottobacia), em função do termo apelidado como “volume potencial” – correspondendo à estimativa da propensão de determinado usuário em captar água reservada para abastecer uma região. A variável foi concebida como uma analogia ao cálculo do potencial elétrico (ou gravitacional) em um ponto devido à distribuição espacial de cargas ou massas.

115. Dessa forma, considerou-se uma disponibilidade potencial de água em um ponto como a soma de contribuições individuais de reservatórios, sendo cada contribuição diretamente proporcional ao volume reservado e inversamente proporcional à distância de cada reservatório ao ponto, como ilustrado na Figura 4.2.

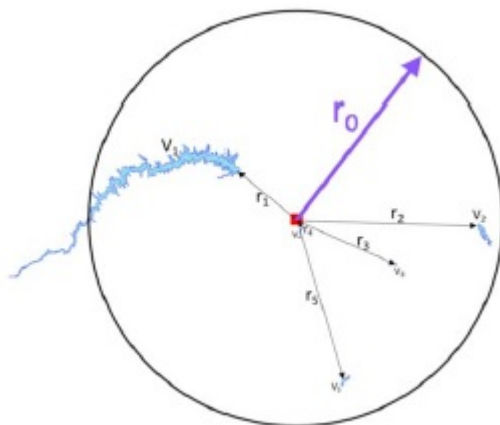


Figura 4.2– Metodologia de Cálculo do Indicador de Reservação Artificial

116. São considerações adicionais que também se fizeram necessárias para o cálculo do indicador:

- Utilização da capacidade (volume máximo) dos reservatórios no lugar do volume, onde aplicável. Para os reservatórios localizados na região do semiárido e de que se dispunha de informações, utilizou-se a capacidade de recuperação anual em vez do volume máximo, por corresponder a um valor mais realista da reservação artificial que, para a região, é comprometida pelos altos índices evaporimétricos e baixa pluviometria, como apresentado no projeto Reservatórios do Semiárido Brasileiro – Hidrologia, Balanço Hídrico e Operação (ANA, 2017).
- Introdução de um raio de corte no entorno do centroide de cada ottobacia, delimitando um círculo de raio de 50 km, para consideração somente dos reservatórios que se inserem nesse limite de distância.
- Utilização do inverso do quadrado da menor distância entre o ponto do centroide e o reservatório.

d) Adotou-se como mínima distância (quando, por exemplo, o ponto avaliado cai dentro da área do reservatório) o valor de 1,0 metro.

117. Assim sendo, calculou-se o Volume Potencial ponto a ponto como sendo:

$$Vol_{potencial}(r \leq r_0) = \sum_{i=0}^{n_{Res}(r \leq r_0)} \frac{Vol_i^{m\acute{a}x}}{r_i^2}$$

118. Em que:

- $Vol_{potencial}(r < r_0)$ representa o valor do volume potencial associado a um ponto de grade contido dentro de uma área delimitada por um círculo de raio r_0 centrada nesse ponto.
- $Vol_{i}^{m\acute{a}x}$ representa o volume máximo do reservatório i , situado dentro da área delimitada pelo círculo de raio r_0 .
- r_i representa a distância do ponto ao i -ésimo reservatório contido ou interceptado pela área delimitada por r_0 .
- $n_{Res}(r < r_0)$ representa o número total de reservatórios contidos ou interceptados pela área do círculo de raio r_0 .

119. Com isso, calculou-se para o centroide de cada ottobacia o volume potencial que caracteriza a reservação artificial.

120. Dessa forma, o cálculo do indicador se realiza através dos seguintes passos metodológicos:

121. Calcula-se o volume potencial associado a cada ottobacia, tendo em vista a base de centroides de cada bacia e a base de massas d'água com volumes preenchidos, conforme metodologia apresentada.

122. Faz-se a classificação em quantis para identificação de um grau de segurança associado ao valor de reservação potencial da bacia (Tabela 4.13). Essa classificação foi realizada de forma semiautomática, com a divisão em quatro quantis para valores acima de 1,0 hm^3/km^2 e a adoção de grau 1 para valores inferiores a esse, como forma de contornar o grande número de registros com valor zero.

Tabela 4.13 – Classificação de Segurança em Função do 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	-

4.5.2 - Reservação Natural

123. De um modo geral, locais onde as vazões de referência Q95% estão próximas aos valores das vazões médias de longo termo QMLT correspondem a regiões onde estão situados aquíferos com recargas importantes. Em áreas onde o inverso se observa, com a Q95% muito inferior à QMLT, verifica-se que usualmente as contribuições de vazão subterrânea são mínimas (como em bacias de substrato cristalino).

124. Isto posto, como a razão entre a Q95% e a QMLT se associa diretamente ao armazenamento natural de água nas bacias hidrográficas, este indicador reflete, de modo indireto, as garantias da vazão de base por recarga de águas subterrâneas de uma dada região. Assim, em locais onde a razão possui maiores valores, identifica-se uma capacidade superior de regularização natural das vazões por longos períodos, fator este que reduz a vulnerabilidade à seca da região, contribuindo para uma maior segurança hídrica. Em locais em que o oposto ocorre, identifica-se uma maior vulnerabilidade a períodos mais críticos de oferta hídrica.

125. Dessa maneira, definiu-se a componente de regularização natural pela relação entre a vazão mínima natural Q95% e a vazão média de longo termo QMLT. Estas vazões são obtidas da base de disponibilidade hídrica da ANA, a nível de ottobacia.

126. Os passos metodológicos para a definição do indicador são como segue:

127. A partir da base disponibilidade hídrica por ottobacia, calcula-se a razão entre a vazão com 95% de permanência e a vazão média de longo termo.

128. Associa-se um grau de segurança a cada ottobacia a partir da divisão semiautomática em quantis de todos os valores obtidos, da seguinte forma: filtram-se do universo os valores nulos e divide-se o espaço em cinco quantis para definição dos limites das classes e, por fim, adicionam-se os valores nulos dentro do primeiro quantil.

129. Os limites de razão Q95% / QMLT e os respectivos graus de segurança são apresentados na Tabela 4.14.

130. A Tabela 4.14 resume os deferentes graus de segurança hídrica conforme os limites obtidos para a relação Q95/Qmlt.

Tabela 4.14 – Grau de Segurança Hídrica em Função de Q95 / Qmlt

Grau de Segurança Adotado	Razão Q ₉₅ / Q _{MLT}	
	Limite Inferior	Limite Superior
1	0,000	0,085
2	0,085	0,161
3	0,161	0,253
4	0,253	0,373
5	0,373	-

4.5.3 - Potencial de Armazenamento Subterrâneo

131. Este indicador busca retratar a segurança hídrica por meio de uma análise do potencial de reservação de águas subterrâneas nos aquíferos do país, estimado com base no coeficiente de infiltração (CI), o qual é representado por um valor médio em cada aquífero.

132. Os dados para os aquíferos são provenientes do Mapa das Áreas Aflorantes dos Aquíferos e Sistemas Aquíferos do Brasil, na escala 1:1.000.000, elaborado a partir da análise de consistência, adequação e reclassificação de informações geológicas e hidrogeológicas existentes, de autorias e escalas diversas, e tendo como referencial principal a Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo (CPRM, 2006). Os aquíferos e sistemas aquíferos foram classificados em três domínios: i) Poroso; ii) Fraturado; e iii) Cárstico.

133. A reclassificação de polígonos de unidades geológicas e seus agrupamentos, de acordo com suas características hidrogeológicas, gerou a segregação de 181 Aquíferos e Sistemas Aquíferos Aflorantes. O Mapa de Áreas Aflorantes dos Aquíferos e Sistemas Aquíferos foi produzido pela Coordenação de Águas Subterrâneas (COSUB) da Agência Nacional de Águas (ANA, 2013).

134. A Tabela 4.15 apresenta o grau de segurança hídrica adotado a partir das faixas de valores dos coeficientes de infiltração dos sistemas aquíferos. Desta forma, foi estabelecido um grau de segurança 1 para aquíferos pouco produtivos e com CI abaixo de 1%, escalonando até adotar o grau 5 para os aquíferos muito produtivos e com CI maior ou igual a 15%. Alguns aquíferos complementares que não

dispunham de dados confiáveis de coeficiente de infiltração foram avaliados em função do seu domínio, de forma que para unidades pouco produtivas ou não aquíferas foi adotado o grau de segurança 1 e para aquíferos porosos ou cársticos foi arbitrado o grau de segurança 5.,

135. Tabela 4.15 – Grau de Segurança em Função do Critério de Coeficiente de Infiltração e Tipo de Aquífero.

Grau de Segurança Adotado	Critério de CI e tipo de Aquífero
5	CI \geq 15% e Porosos ou Cársticos sem CI
4	10% < CI < 15%
3	5% < CI < 10%
2	1% < CI < 5%
1	CI < 1% e unidades pouco produtivas

136. A transferência da informação de grau de segurança para as ottobacias foi realizada a partir do cruzamento do centroide de cada ottobacia com os polígonos de aquífero aflorante, adotando-se para cada ottobacia o grau relativo ao aquífero no qual o ponto de seu centroide se insere.

4.5.4 - Variabilidade Pluviométrica

137. Esta parcela é representada pelo coeficiente de variação (CV) das séries de precipitação anual das estações pluviométricas do banco de dados da ANA (Hidro) especializadas para todo o território nacional por meio da técnica de interpolação inverso do quadrado da distância, considerando-se para cada ponto de grade as 4 estações mais próximas de seu centroide. O CV foi interpolado em uma grade de 0,25° x 0,25°, tendo sido utilizadas 3.368 séries de chuvas. A informação, originalmente em grade, foi transferida para a ottobacia através da média dos valores provenientes da intersecção entre o centroide da ottobacia e o valor da quadrícula. Os valores associados a cada ottobacia foram classificados em graus de segurança a partir da distribuição em 5 classes conforme ilustrado na tabela 4.16.

Tabela 4.16 – 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

4.6 - ÍNDICE DE SEGURANÇA HÍDRICA URBANA

138. Recentemente, a ANA divulgou uma atualização do Índice de Segurança Hídrica - Humano no Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), utilizando dados atualizados do ATLAS ÁGUAS (ANA, 2021a), com base na Nota Técnica nº 46/2021/SPR (ANA, 2021b). O Índice de Segurança Hídrica Urbano (ISH-U), como detalhado no Capítulo 3 do ATLAS ÁGUAS (ANA, 2021a) e na mencionada Nota Técnica (ANA, 2021b), compartilha várias bases de dados com o ISH Humano, tais como disponibilidade hídrica, demandas, pontos de captação e cobertura de rede. No entanto, o ISH-U vai além, incorporando dados adicionais, premissas mais robustas e análises de consistência, além de incluir etapas qualitativas de avaliação. Isso possibilita uma caracterização mais ampla e detalhada da vulnerabilidade na produção e distribuição de água para o abastecimento das sedes urbanas.

139. O Índice de Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano (ISH-U) considera quatro indicadores, combinados matricialmente em dois subíndices: um relacionado à eficiência da produção de

água (indicadores de vulnerabilidade dos mananciais e dos sistemas produtores) e outro sobre a eficiência da distribuição de água (indicadores de cobertura e de desempenho no gerenciamento das perdas). Combinados, os subíndices geram a classificação final da segurança hídrica do abastecimento nas sedes urbanas brasileiras. A Figura 4.3 ilustra as classes de cada indicador e as combinações que geram os subíndices e o ISH-U final.

140. Todos os mananciais e sistemas que atendem as sedes urbanas foram analisados no ATLAS, inclusive aqueles que também atendem algum distrito de um mesmo município. Apenas os sistemas exclusivos de distritos isolados não fazem parte do escopo. Os mananciais superficiais e subterrâneos (representados por pontos de captação) e os sistemas produtores, ou o município, a depender da variável/indicador, são as principais unidades de análise do ATLAS. Algumas classificações municipais derivam das médias ponderadas das classificações dos mananciais/sistemas que atendem o mesmo município. O escopo do ATLAS engloba todos os municípios, à exceção de apenas três que não possuem sistemas públicos de abastecimento (Queimada Nova/PI, Bom Jesus do Araguaia/MT e Galinhos/RN).

141. De acordo com a ANA (2021b), o Índice de Segurança Hídrica Urbano (ISH-U) é particularmente sensível a questões nos sistemas produtores, vulnerabilidades na qualidade da água dos mananciais e fragilidades nos controles de perdas dos sistemas de distribuição. Essas diferenças são especialmente pronunciadas nas regiões Norte e Centro-Oeste. Nestas áreas, apesar de sua alta disponibilidade hídrica nas fontes de abastecimento, a maioria dos municípios é classificada como Máxima no ISH Humano (ou Alta, se houver redução devido à menor cobertura de rede). Em contrapartida, o ISH-U capta de maneira mais precisa as diversas necessidades de expansão dos sistemas e de gerenciamento de perdas nessas regiões. Assim, o ISH Humano e o Urbano devem ser vistos como dimensões complementares, exibindo maior ou menor sensibilidade dependendo da aplicação desejada. **Para a municipalização do ISH médio na dimensão humana, optou-se por considerar a dimensão mais crítica entre o ISH Humano e Urbano no cálculo que compõe o valor ponderado final do ISH.**

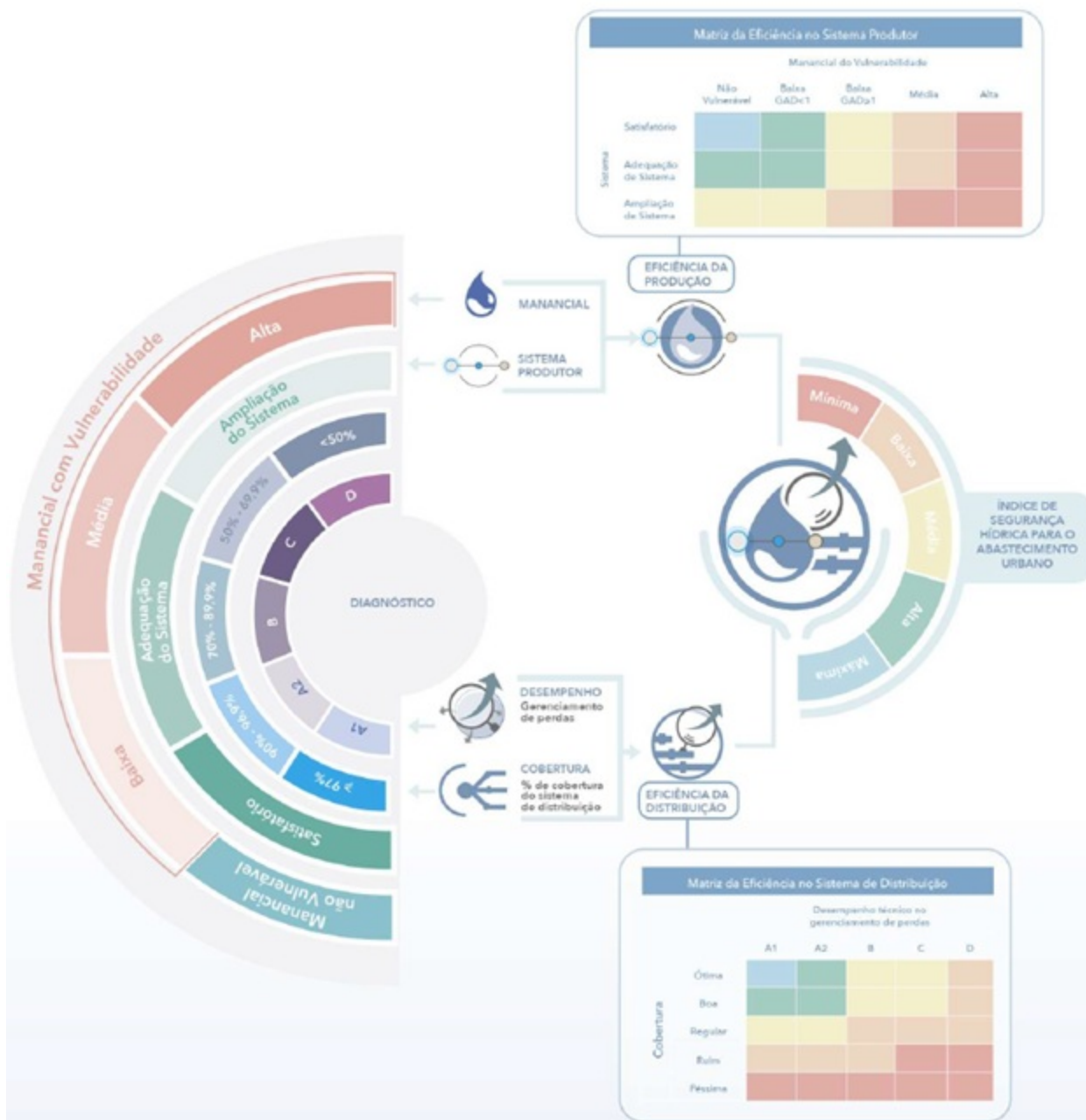


Figura 4.3 - Indicadores e subíndices do Índice de Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano (ISH-U)

5 – SEGURANÇA HÍDRICA NOS MUNICÍPIOS

142. O Índice de Segurança Hídrica – ISH é o resultado da composição de suas quatro dimensões: Humana, Econômica, Eossistêmica e de Resiliência, consideradas em igualdade de condições.

143. O valor do ISH é definido originalmente (na versão original do PNSH), então, pela média aritmética simples dos resultados não nulos das 4 dimensões em cada área de contribuição hídrica (ottobacia) da base hidrográfica ottocodificada do Brasil. Para levar da BHO para os municípios foram realizadas diferentes formas de agregação dos resultados da BHO pertencentes ou associadas aos municípios conforme veremos nos itens 5.1 e 5.2.

144. No processo de cálculo, foram considerados os valores não inteiros dos graus de segurança hídrica, ou seja, o resultado das operações internas que definiram cada dimensão. Para fins de apresentação, os valores obtidos foram reclassificados conforme Tabela 4.1.

145. A Tabela 5.1 apresenta a relação dos dados utilizados na construção de cada indicador e sua respectiva fonte.

Tabela 5.1 – Resumo dos Planos de Informação para Construção dos Indicadores.

Dimensão	Planos de Informação
Humana	Balanço hídrico (Dem/Disp) por ottobacia - ANA
	Demandas hídricas(m³/s) por tipo de uso, município e ottobacia - Manual de Usos Consuntivos-ANA
	Pontos de captação para abastecimento urbano - Atlas de Abastecimento Urbano - ANA
	População urbana municipal - IBGE
	Polígonos de setor censitário urbano - IBGE
	Percentual de cobertura de rede de abastecimento urbano – Snis e IBGE
Econômica	Balanço hídrico (Dem/Disp) por ottobacia - ANA
	Demandas hídricas(m³/s) por tipo de uso, município e ottobacia - Manual de Usos Consuntivos-ANA
	Valor da produção agrícola municipal - PAM - IBGE
	Área cultivada por município – PAM - IBGE
	Área irrigada por município – Atlas Irrigação - ANA
	Regiões Rurais - IBGE
	Quantitativos de rebanho por município - PPM - IBGE
	Valor de cabeça animal, por tipo de rebanho - agrolink adaptado
	Valor Agregado Bruto da indústria - IBGE
Polígono das áreas municipais - IBGE	
Ecológica	Balanço hídrico (Dem/Disp) por ottobacia - ANA
	Concentração de DBO por ottobacia - Atlas Esgotos - ANA
	Categoria de risco e dano potencial de barragens - RSB - ANA
Resiliência	Polígonos de reservatórios e seus volumes - ANA
	Vazões médias e Q95 por ottobacia - ANA
	Polígonos de aquíferos aflorantes classificados por tipo e seus coeficientes de infiltração - ANA
	Coefficiente de variação da chuva anual (Grade) - ANA

5.1 - Associação da BHO com os Municípios

146. A estimativa de áreas dos municípios inseridas em cada ottobacia foi realizada a partir do cruzamento no programa FERAH¹ dos arquivos vetoriais da BHO e limites municipais da Base Cartográfica do IBGE. Como critério para que um município esteja incluído em uma bacia hidrográfica bastava que ele interceptasse o polígono da ottobacia. O percentual da ottobacia dentro de cada município foi sempre considerado nas ponderações e agregações dos indicadores. Assim, para cada ottobacia foram associados os municípios nela contidos ou, de outra forma, para cada município foram levantadas todas as ottobacias que cobriam seu território.

5.2 – Agregação do ISH da BHO para os Municípios

147. A partir dos valores associados de cada município com a BHO que continha os resultados do ISH total (já com a composição das quatro dimensões) e o ISH de cada dimensão, efetuou-se a agregação contando inicialmente o número de trechos em cada classe de ISH (mínimo = 1, baixo = 2, médio = 3, alto = 4 e máximo = 5) para cada dimensão, incluindo o ISH total. Depois efetuou-se a agregação numérica considerando o valor do ISH (não a classe ao qual ele está rotulado) de cada ottobacia. Foram efetuados 8 tipos diferentes de agregação:

148. ISH_Tipo 1 - agregação no município considerando a média simples do ISH de cada dimensão e do total de todos os trechos associados ao município;

149. ISH_Tipo 2 - agregação no município considerando a média ponderada pela área de cada ottobacia do ISH de cada dimensão e do total de todos os trechos associados ao município;

150. ISH_Tipo 3- agregação no município considerando a média ponderada pelas demandas de cada ottobacia do ISH de cada dimensão e do total de todos os trechos associados ao município;

151. ISH_Tipo 4 - agregação no município considerando o valor mínimo do ISH de cada ottobacia em cada dimensão e do total de todos os trechos associados ao município;

152. ISH_Tipo 5 - agregação no município considerando a classe do ISH com maior número de trechos em cada dimensão e do total;

153. ISH_Tipo 6 - agregação no município considerando a classe com o ISH mais baixo dentre todos os trechos com demanda hídrica existente associados ao município em cada dimensão. O valor agregado do ISH (ISH total) considerando as 4 dimensões é dado pela média aritmética simples dos ISHs de cada dimensão obtido na etapa anterior. No caso da dimensão humana foi considerado o indicador mais restritivo entre o ISH do PNSH e o ISH-Urbano;

154. ISH_Tipo 7 - agregação no município considerando o menor valor ou a classe mais restritiva para o ISH já municipalizado que existe para as dimensões HUMANA E ECONOMICA oriundas do atlas águas. Na dimensão Humana o atlas águas atualizou o ISH do PNSH e desenvolveu-se o ISH-Urbano, sendo aqui utilizado o mais restritivo. A agregação só ocorre nessas 2 dimensões;

155. ISH_Tipo 8- agregação no município considerando a média simples entre os valores do ISH do Tipo 3 e do Tipo 6. A ponderação foi a mesma e igual a 0,5.

156. A partir de uma análise aprofundada e considerando o princípio do PNSH de ter um foco no suprimento a déficits existentes e projetados a partir de demandas efetivas, resultados de estimativas dos cenários atuais e tendenciais de usos da água, optou-se por adotar como ISH dos municípios a agregação do ISH tipo 6, que foi feita com base na consideração da situação mais crítica em cada dimensão onde existe uma demanda hídrica efetiva.

6 - RESULTADOS

157. A partir da metodologia descrita para o cálculo do ISH e suas quadro dimensões (econômica, ecossistêmica, humana e resiliência), foram gerados mapas com a indicação do grau de segurança hídrica para todos os municípios brasileiros considerando a referência do mês de novembro de 2024.

158. A Figura 6.1 apresenta o resultado para o ISH médio para todos os municípios brasileiros, considerando a referência de novembro de 2024. Os graus de segurança hídrica seguem a codificação apresentada na Tabela 4.1, variando entre graus mínimo (cor vermelha), baixo (alaranjado), médio (amarelo), alto (verde) e máximo (cor azul). O gráfico em forma de disco no canto direito do mapa indica o percentual do total de municípios que se enquadra em cada um dos cinco graus de segurança hídrica. Para o ano de 2024, do total de municípios brasileiros, cerca de 38% encontram-se com grau de segurança hídrica elevado (máximo ou alto), enquanto cerca de 32% apresentam grau baixo ou mínimo e cerca de 30% encontram-se categorizados com grau médio.

159. A região nordeste e o extremo sul do Brasil consistem nas áreas que apresentam o maior número de municípios com índices de segurança hídrica mais críticos (baixo e mínimo).

A região nordeste destaca-se como a porção do território nacional mais crítica em relação aos níveis de segurança hídrica, tendo em vista o impacto do clima semi-árido e a disponibilidade hídrica nula em boa parte do tempo - cursos d'água intermitentes - e grande variabilidade pluviométrica inter e intra-anual, com reflexos principalmente nos indicadores das dimensões ecossistêmica e de resiliência. Na porção do extremo sul do país, no estado do Rio Grande do Sul, a elevada pressão sobre os recursos hídricos disponíveis e o baixo índice de segurança hídrica derivam da histórica ocupação do solo por lavouras de arroz irrigado pelo método de inundação, associada a grande variabilidade pluviométrica.

160. Nas regiões com maior segurança hídrica, o resultado do ISH se deve à maior disponibilidade hídrica natural combinada com pequena pressão de demandas, o que se reflete em todas as dimensões. Cabe ressaltar também a importância relativa dos reservatórios, que aportam às suas áreas de influência uma resiliência maior aos eventos extremos de secas, elevando a segurança hídrica dessas regiões

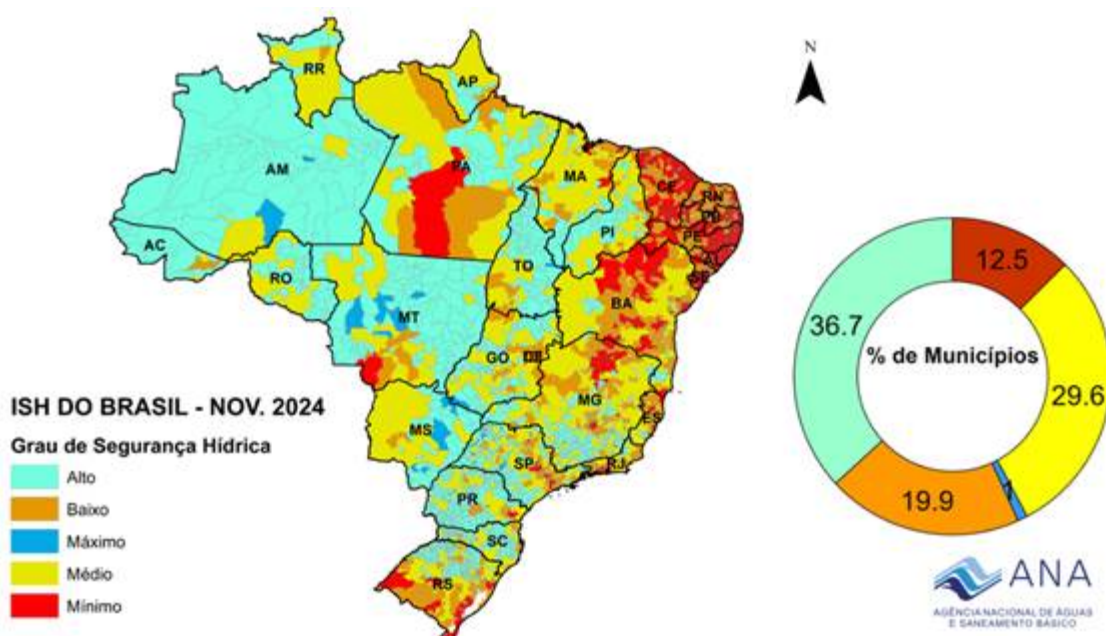


Figura 6.1– Índice de segurança hídrica para novembro de 2024, considerando a média de todas as quatro dimensões. O gráfico em forma de disco mostra os percentuais de municípios brasileiros que se enquadra em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

161. As Figuras 6.2 a 6.5 apresentam o ISH individualizado considerado cada uma das 4 dimensões: econômica, ecossistêmica, humana e resiliência, respectivamente. Verifica-se que dependendo da dimensão considerada o percentual de municípios enquadrado em cada uma das cinco categorias se altera significativamente. Nesse contexto, o ISH composto a partir das quatro dimensões permite uma caracterização mais compatível com a grande diversidade climática, de ecossistemas e de uso e ocupação do vasto território nacional. Por outro lado, a avaliação de cada dimensão em separado permite identificar possíveis ações no sentido de aumentar a segurança hídrica com enfoque na dimensão eventualmente mais sensível. No que concerne à evolução do grau de segurança hídrica dos municípios ao longo do horizonte

temporal espera-se a tendência geral de aumentar o número de municípios enquadrados em níveis mais críticos e reduzir o percentual de municípios com níveis mais altos de segurança hídrica, especialmente em virtude da expectativa de aumento da pressão por recursos hídricos combinada ao efeito da mudança climática de redução média da disponibilidade hídrica em longo prazo.

162. Conforme detalhado anteriormente, o ISH para dimensão econômica (resultados apresentados na Figura 6.2) tem por objetivo aferir os riscos aos setores agropecuário e industrial, por serem aqueles que fazem o uso mais expressivo dos recursos hídricos do território nacional, refletindo os riscos a que está sujeita a produção desses setores em face da variabilidade da oferta hídrica. A análise da dimensão econômica apresentada na Figura 6.2 permite identificar os municípios brasileiros onde é requerida infraestrutura hídrica para usos múltiplos (barragens, canais e eixos de integração). Observa-se que o padrão espacial das áreas mais críticas, no que se refere a dimensão econômica, se assemelha àquele obtido para o ISH geral médio, apresentado na Figura 6.1.

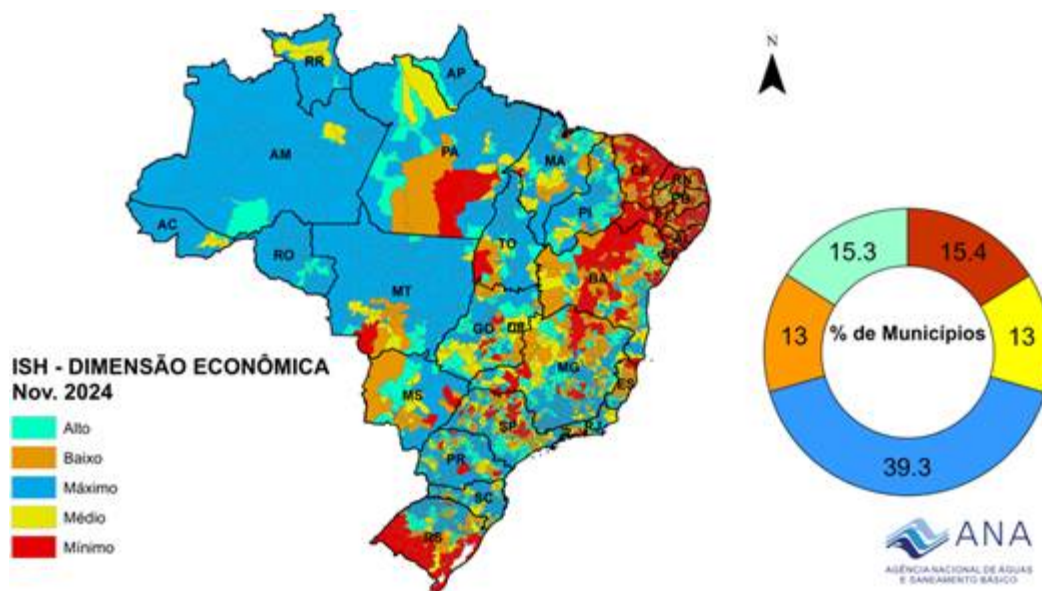


Figura 6.2 – Índice de segurança hídrica para novembro de 2024, considerando a dimensão econômica. O gráfico em forma de disco mostra os percentuais de municípios brasileiros que se enquadram em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

163. A dimensão ecossistêmica (resultados apresentados na Figura 6.2), por sua vez, integra aspectos relacionados a indicadores de qualidade da água e meio ambiente sinalizando a vulnerabilidade de mananciais para abastecimento humano e usos múltiplos. A partir deste indicador, observa-se, por meio dos resultados mostrados que cerca de 27% dos municípios brasileiros encontram-se com nível de segurança mínimo devido, principalmente, às elevadas concentrações de DBO nos cursos d'água, poluídos predominantemente por esgotos domésticos sem tratamento adequado. Os municípios do nordeste, especialmente devido a intermitência dos rios tendem a naturalmente apresentar situação mais crítica a concentrações elevadas de DBO. Os municípios mais próximos a região costeira, também tendem a apresentar valores mais críticos, especialmente devido a maior concentração populacional. Nesses municípios, investimentos em obras de saneamento básico, tais como coleta/tratamento de esgotos e drenagem de águas pluviais, concomitantemente com ampliação da oferta hídrica, são de grande importância para melhoria efetiva dos índices.

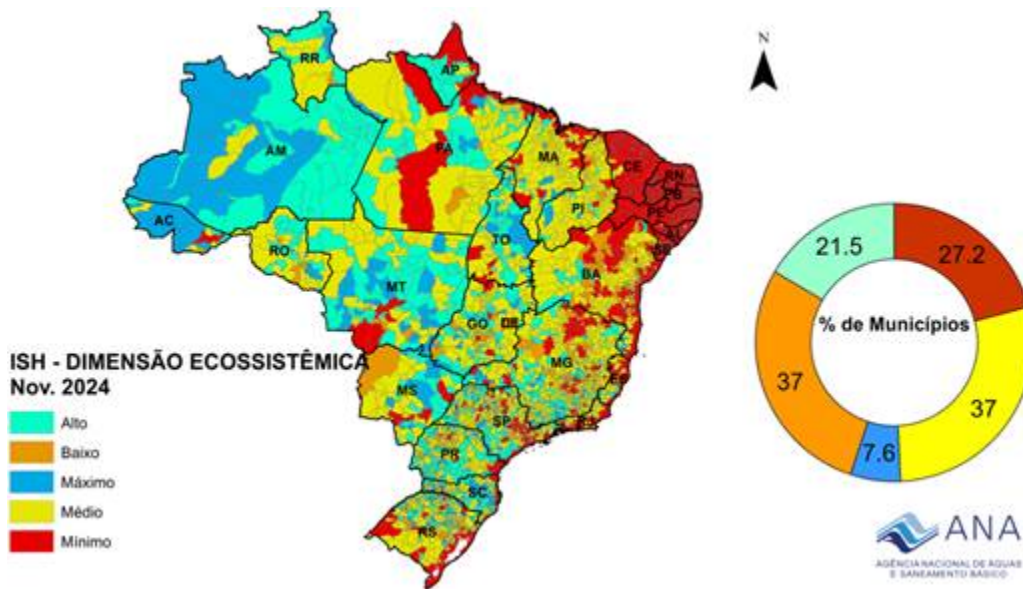


Figura 6.3– Índice de segurança hídrica para novembro de 2024, considerando a dimensão ecossistêmica. O gráfico em forma de disco mostra os percentuais de municípios brasileiros que se enquadram em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

164. A dimensão humana do ISH (resultados apresentados na Figura 6.3) avalia a garantia da oferta de água para o abastecimento de todas as cidades do País. Busca-se quantificar a população exposta a maiores riscos de não atendimento e identificar regiões críticas. O cálculo do indicador para essa dimensão utilizou como fator restritivo, além do balanço hídrico, o nível de cobertura da rede urbana de distribuição de cada município, representativo do acesso à água pela população. A análise da dimensão humana permite identificar municípios onde são requeridos sistemas adutores e o aproveitamento de outras fontes hídricas (existentes ou que demandam nova infraestrutura). O percentual de municípios com graus baixo e mínimo de ISH para essa dimensão totalizam cerca de 18% e estão espalhados principalmente por estados das regiões nordeste, sudeste, centro-oeste e sul.

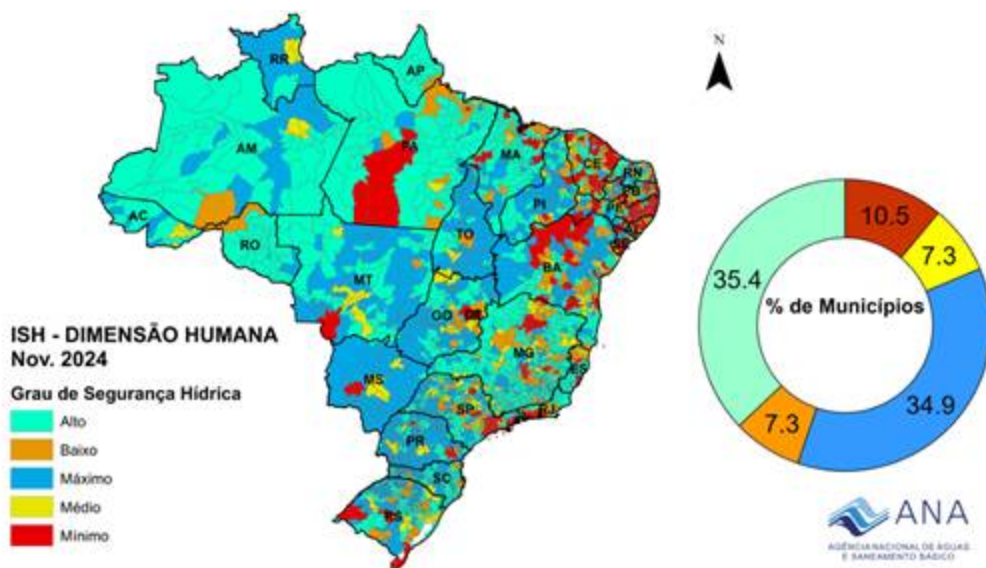


Figura 6.4– Índice de segurança hídrica para novembro de 2024 considerando a dimensão humana. O gráfico em forma de disco mostra os percentuais de municípios brasileiros que se enquadram em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

165. A dimensão de resiliência do ISH expressa o potencial dos estoques de água naturais e artificiais do Brasil para suprimento de demandas a múltiplos usuários em situações

de estiagem severa e seca, eventos que podem ser agravados pela mudança climática. A análise dessa dimensão permite identificar as áreas com menor grau de resiliência, em que um balanço hídrico deficitário é mais crítico devido à alta variabilidade pluviométrica somada à ausência de reservatórios ou de águas subterrâneas. Essas áreas requerem infraestrutura hídrica mais complexa e em geral de caráter integrado e abrangência regional. Os resultados apresentados na Figura 6.5 mostram que cerca de 53 % dos municípios brasileiros encontram-se com grau baixo ou mínimo no que se refere a essa dimensão do ISH. A distribuição espacial das municipalidades é bastante heterogênea cobrindo grande parte do território com a região nordeste apresentando-se como a mais vulnerável.

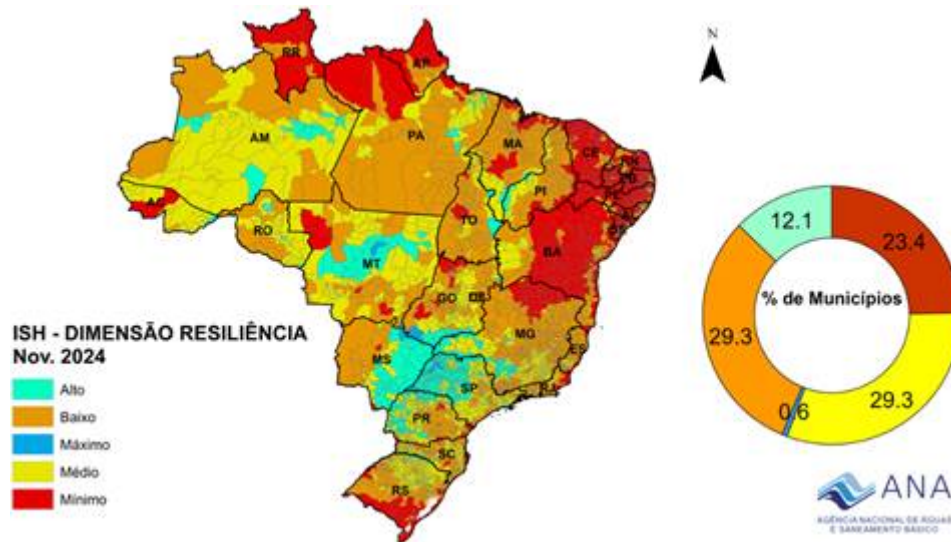
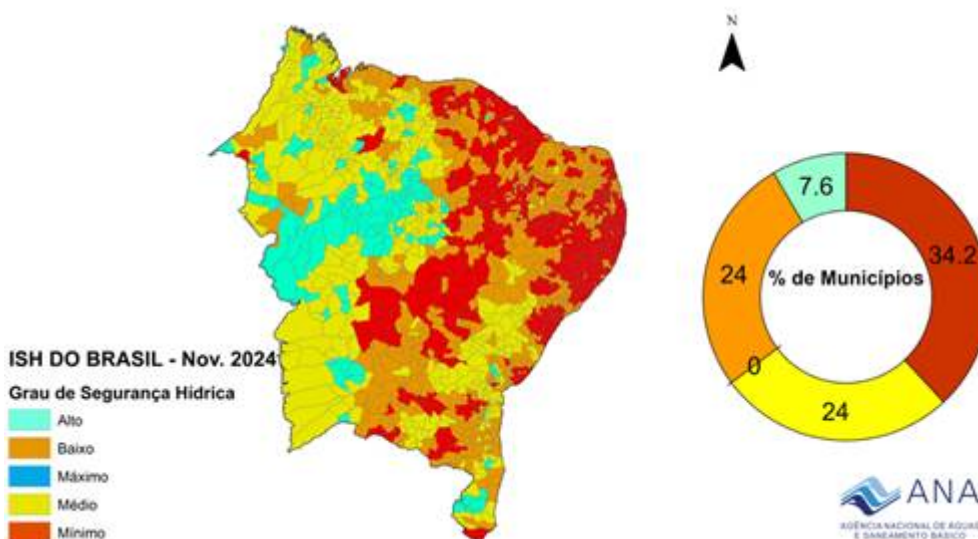


Figura 6.5– Índice de segurança hídrica para novembro de 2024 considerando a dimensão resiliência. O gráfico em forma de disco mostra os percentuais de municípios brasileiros que se enquadram em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

166. As mesmas informações apresentadas da Figura 6.1 para o ISH global são mostradas por regiões do Brasil nas Figuras 6.6 e 6.7. Os gráficos em discos atualizam os percentuais de municípios considerando o total de municipalidades por região geográfica.



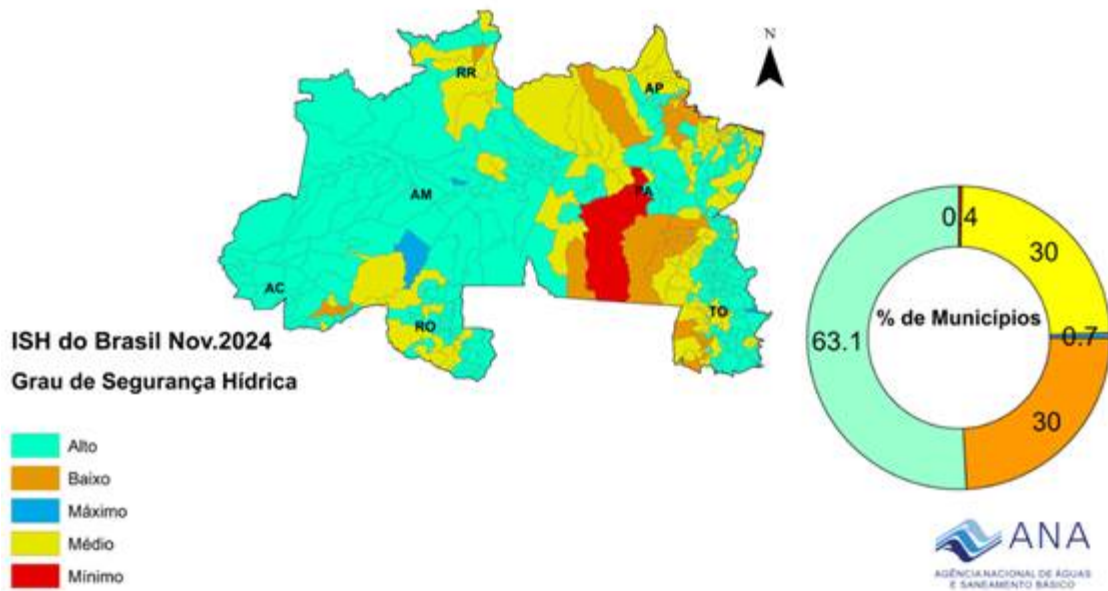


Figura 6.6– Índice de segurança hídrica médio para os municípios da região nordeste (figura acima) e norte (figura abaixo) para novembro de 2024. O gráfico em forma de disco mostra o percentual de municípios de cada região que se enquadra em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

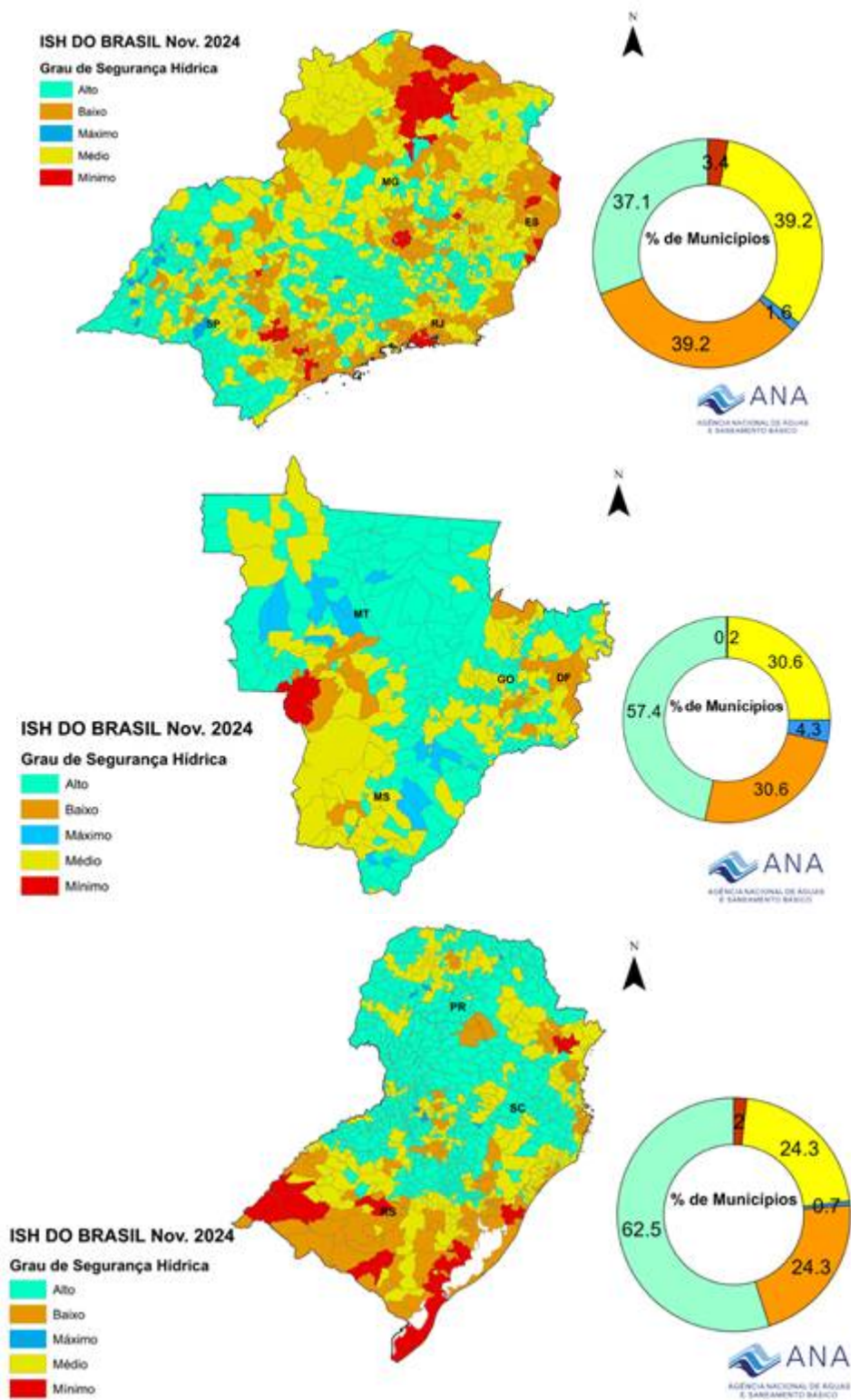


Figura 6.7– Índice de segurança hídrica global para os municípios da região sudeste (figura acima), centro-oeste (figura central) e sul (figura abaixo). O gráfico em forma de disco mostra o percentual de municípios de cada região que se enquadra em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

167. As Figuras 6.8 a 6.15 apresentam o índice de segurança hídrica para cada uma das quatro dimensões considerando as regiões do Brasil.

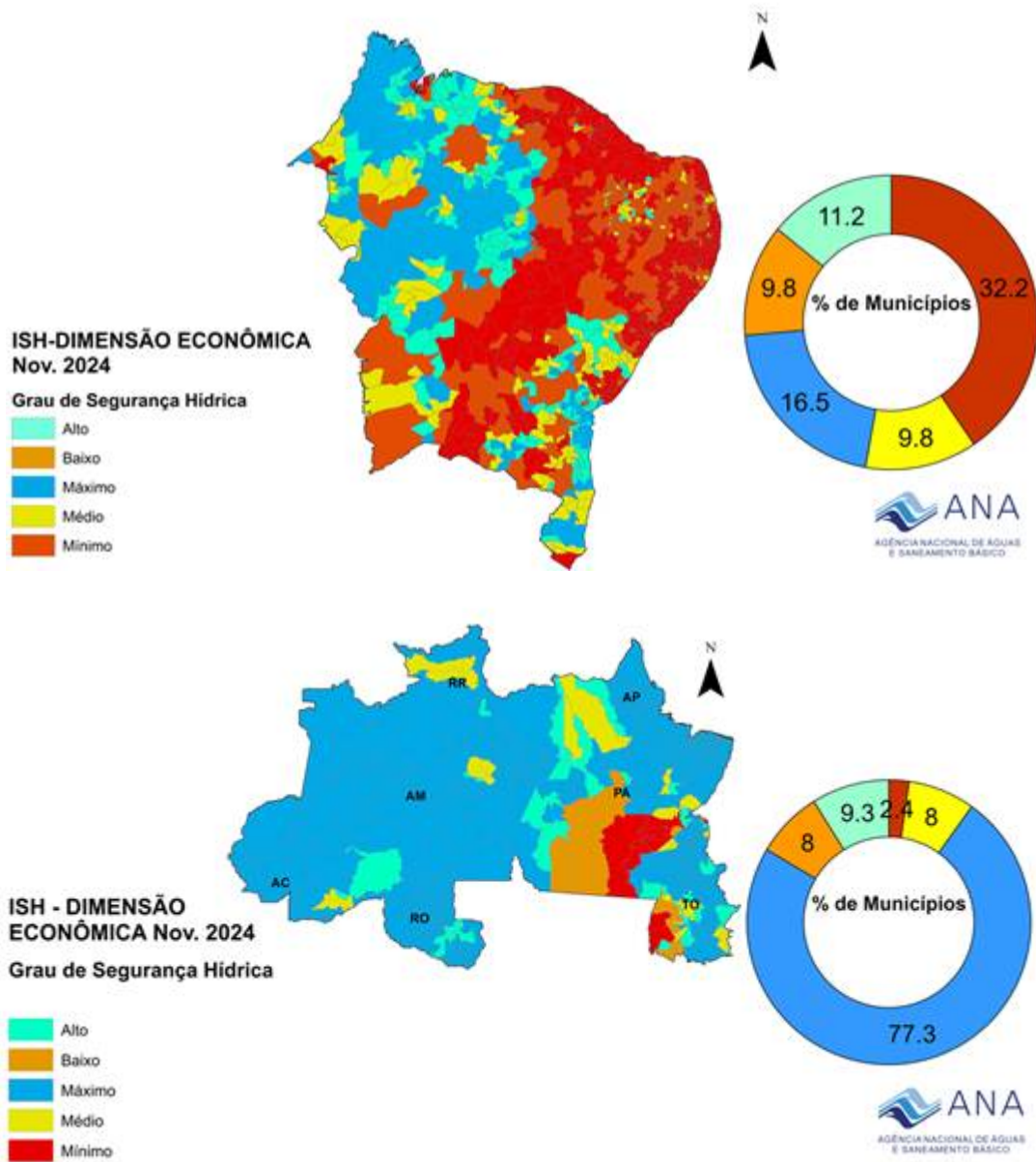


Figura 6.8– Índice de segurança hídrica para os municípios da região nordeste (figura acima) e norte (figura abaixo) para dimensão econômica. O gráfico em forma de disco mostra o percentual de municípios de cada região que se enquadra em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

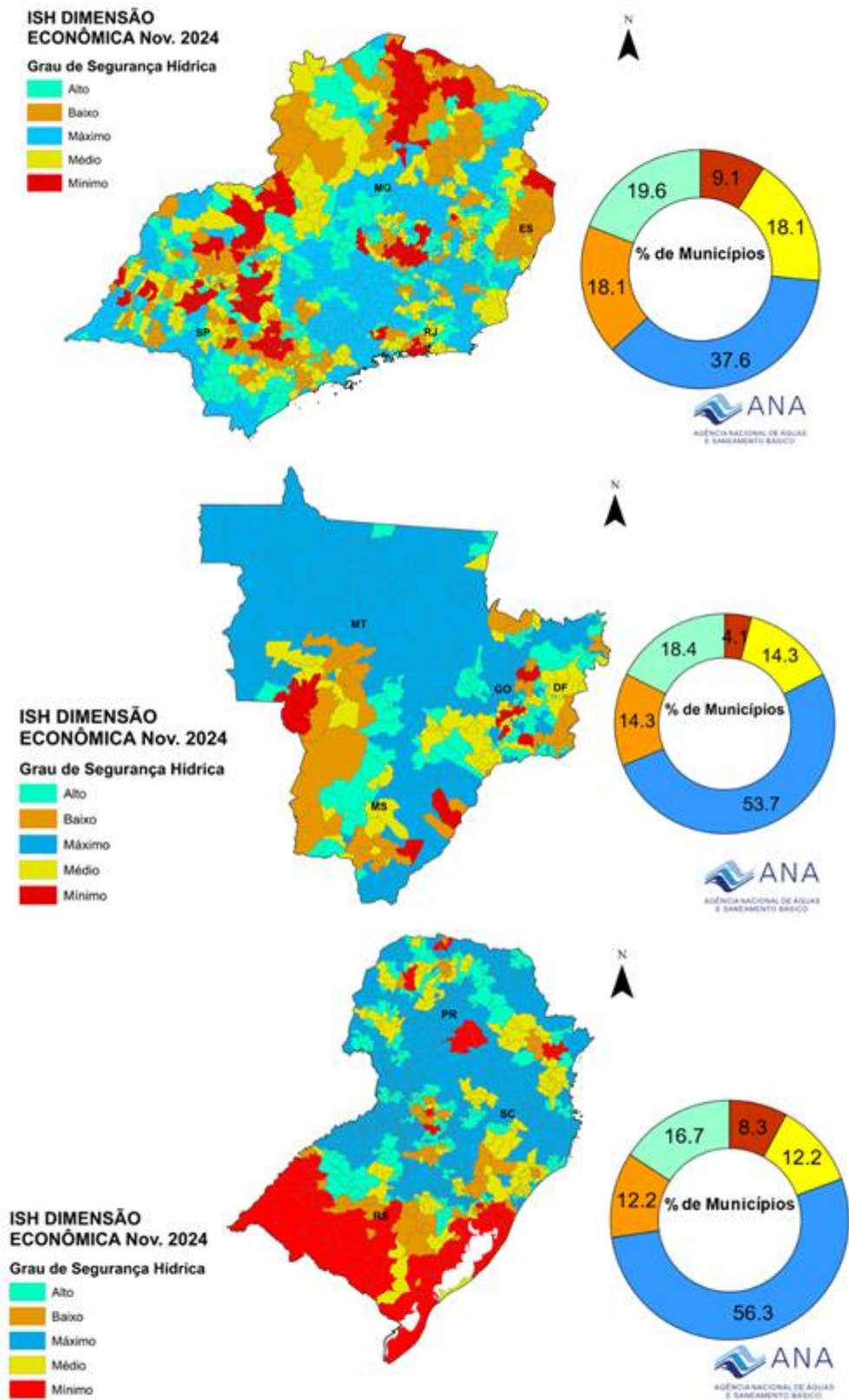


Figura 6.9– Índice de segurança hídrica para os municípios da região sudeste (figura acima), centro-oeste (figura central) e sul (figura abaixo) para dimensão econômica. O gráfico em forma de disco mostra o percentual de municípios de cada região que se enquadra em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

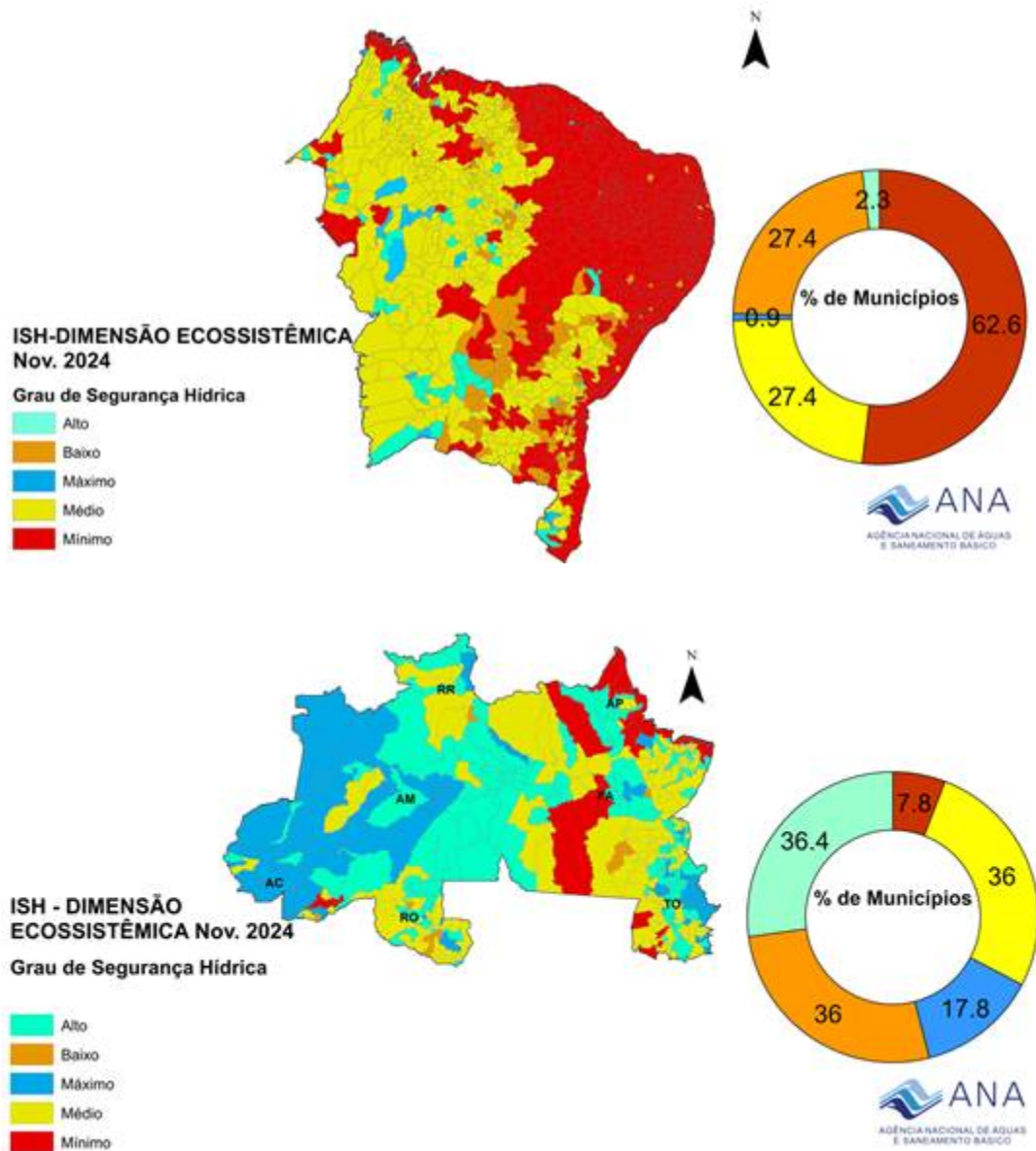
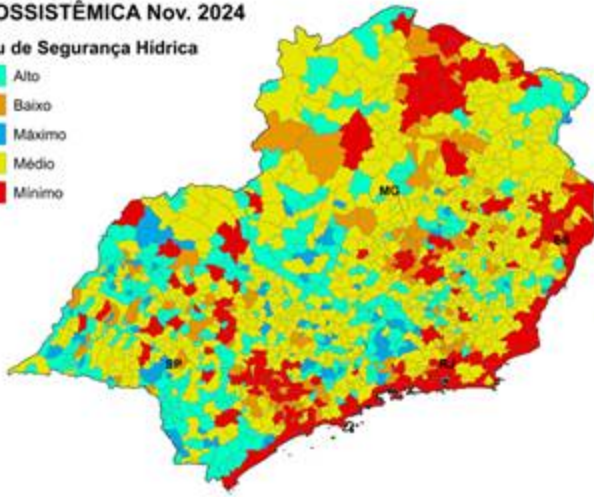


Figura 6.10– Índice de segurança hídrica para os municípios da região nordeste (figura acima) e norte (figura abaixo) para dimensão ecossistêmica. O gráfico em forma de disco mostra o percentual de municípios de cada região que se enquadra em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

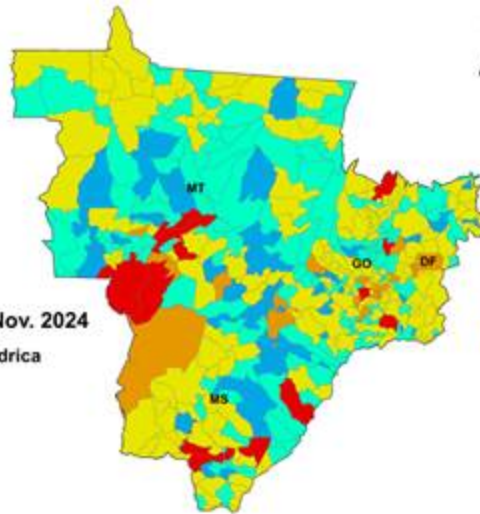
**ISH DIMENSÃO
ECOSSISTÊMICA Nov. 2024**

Grau de Segurança Hídrica



**ISH DIMENSÃO
ECOSSISTÊMICA Nov. 2024**

Grau de Segurança Hídrica



**ISH DIMENSÃO
ECOSSISTÊMICA Nov. 2024**

Grau de Segurança Hídrica

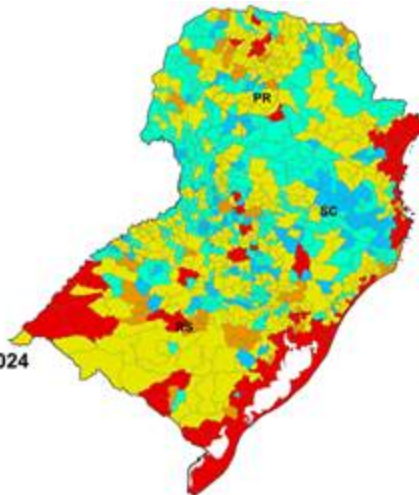


Figura 6.11– Índice de segurança hídrica para os municípios da região sudeste (figura acima), centro-oeste (figura central) e sul (figura abaixo) para dimensão ecossistêmica. O gráfico em forma de disco mostra o percentual de municípios de cada região que se enquadra em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

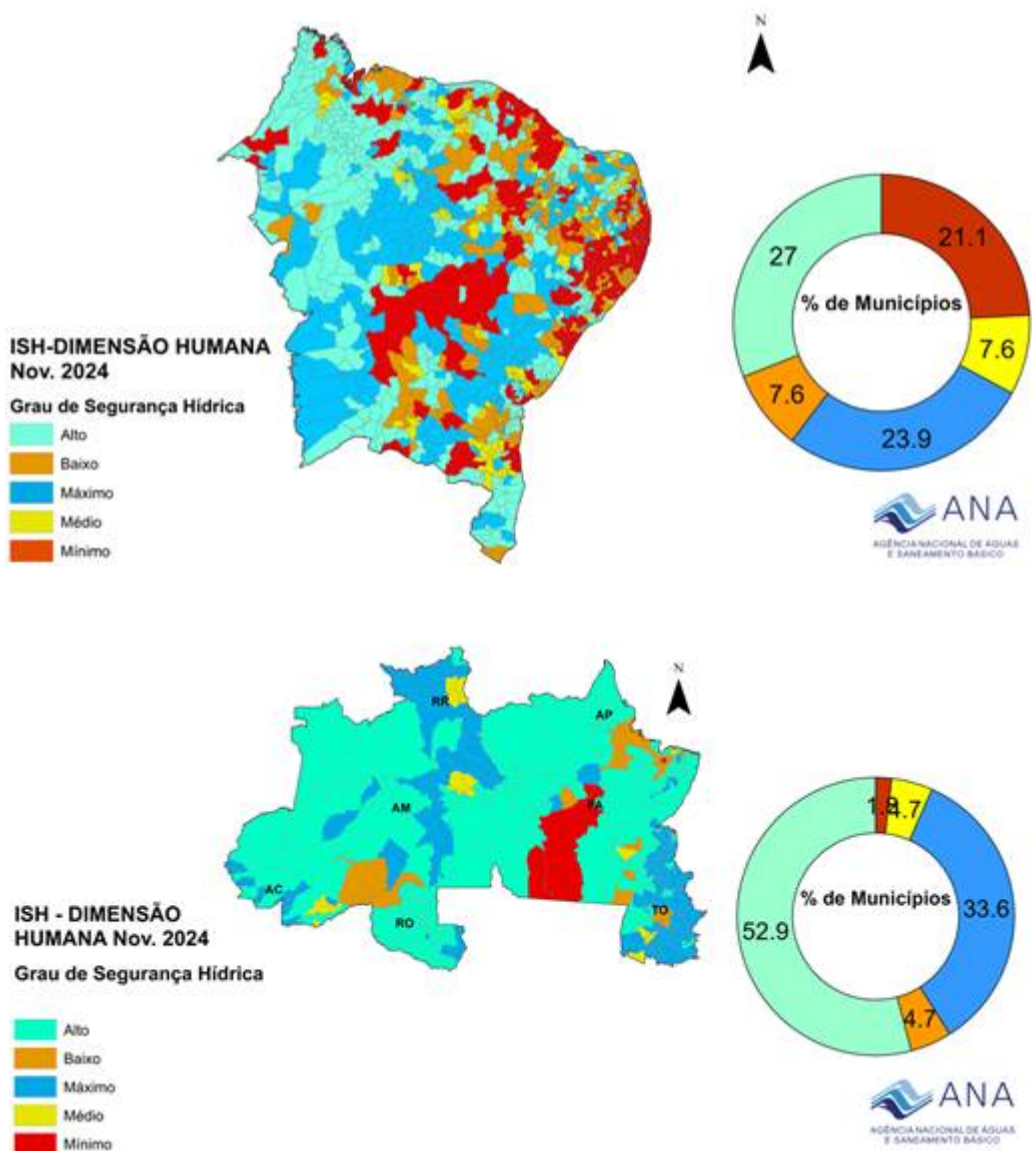


Figura 6.12– Índice de segurança hídrica para os municípios da região nordeste (figura acima) e norte (figura abaixo) para dimensão humana. O gráfico em forma de disco mostra o percentual de municípios de cada região que se enquadra em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

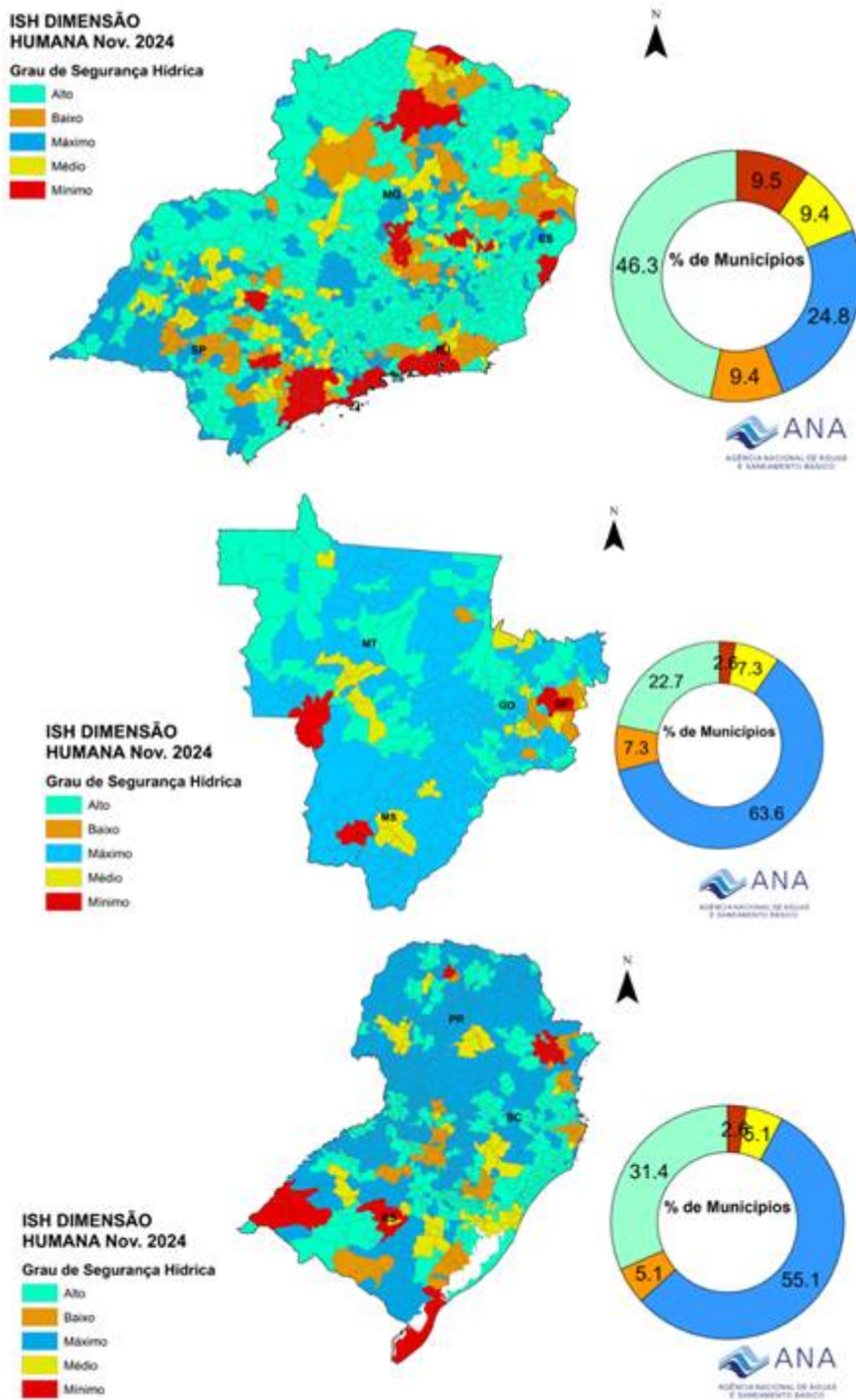


Figura 6.13 Índice de segurança hídrica para os municípios da região sudeste (figura acima), centro-oeste (figura central) e sul (figura abaixo) para dimensão humana. O gráfico em forma de disco mostra o percentual de municípios de cada região que se enquadra em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

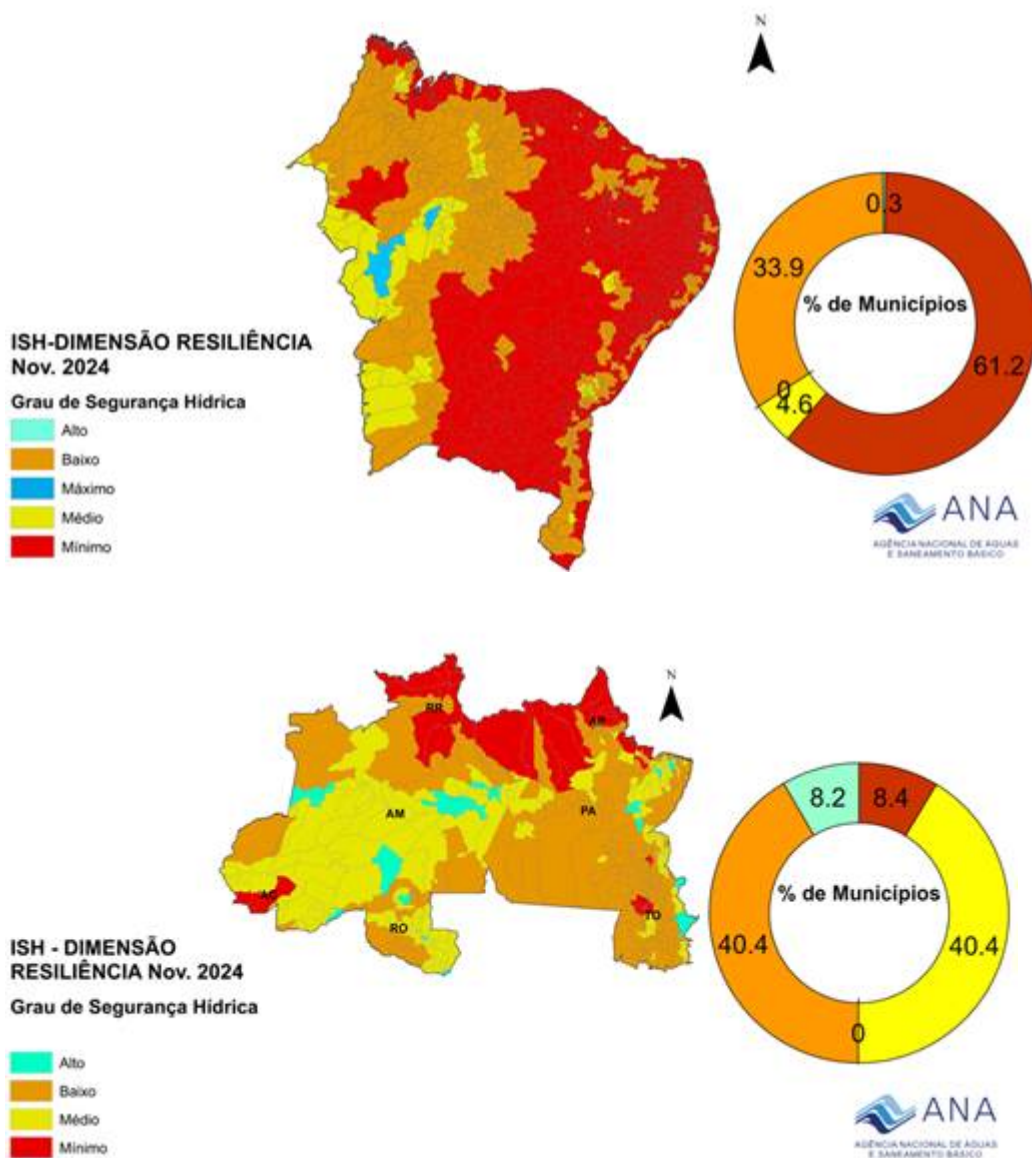


Figura 6.14– Índice de segurança hídrica global para os municípios da região nordeste (figura acima) e norte (figura abaixo) para o novembro de 2024 - dimensão resiliência. O gráfico em forma de disco mostra o percentual de municípios de cada região que se enquadra em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

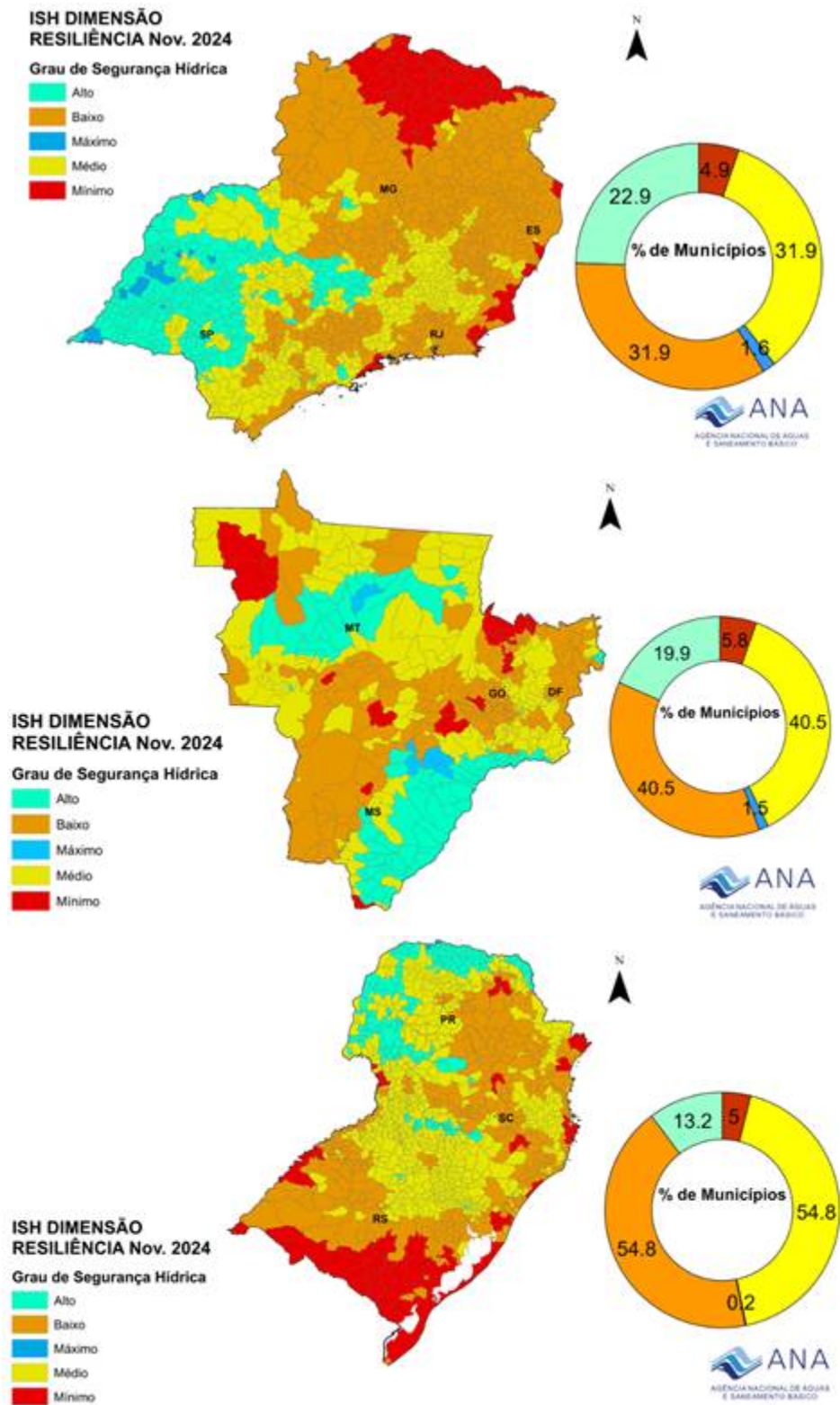


Figura 6.15 Índice de segurança hídrica para os municípios da região sudeste (figura acima), centro-oeste (figura central) e sul (figura abaixo) para novembro de 2024-dimensão resiliência. O gráfico em forma de disco mostra o percentual de municípios de cada região que se enquadra em cada um dos cinco graus de segurança hídrica.

7 - O ISH NO APOIO A POLÍTICAS PÚBLICAS

168. As políticas públicas voltadas para os recursos hídricos, quando aplicadas no lado da escassez hídrica (em detrimento de cheias e inundações), buscam sempre maximizar a oferta de água ou aumentar a eficiência no uso dos recursos hídricos, o que minimizaria as demandas. As políticas públicas voltadas para os recursos hídricos, quando aplicadas no lado da escassez hídrica (em detrimento de cheias e inundações), buscam sempre maximizar a oferta de água ou aumentar a eficiência no uso dos recursos hídricos, o que minimizaria as demandas. Ressalta-se que a ampliação da oferta se dá não apenas por meio de infraestrutura cinza, mas também por meio das chamadas soluções baseadas na natureza, que compõem um rol de infraestruturas denominadas de verde. As infraestruturas verdes incluem práticas e sistemas que utilizam a natureza de forma sustentável para preservar, restaurar ou imitar os processos naturais, contribuindo para a gestão da água e a proteção dos ecossistemas. Áreas reintegradas ao ambiente natural para captar e armazenar água, melhorando a qualidade da água e recarregando aquíferos, coberturas que utilizam plantas para capturar a água da chuva, reduzindo o escoamento e ajudando na regulação térmica dos edifícios, restauro e proteção das margens dos rios para manter a biodiversidade e melhorar a absorção de água, reduzindo a velocidade do escoamento e mitigando enchentes e restauro das margens dos rios para manter a biodiversidade e melhorar a absorção de água, reduzindo a velocidade do escoamento e enchentes são exemplos aplicáveis de soluções baseadas na natureza.

169. Referente ao lado da demanda, entram não apenas as melhorias tecnológicas, mas, principalmente ações de gestão que estimulem a utilização dessas novas tecnologias e incentivem o uso racional dos recursos hídricos. Ações como cobrança pelo uso dos recursos hídricos, programas de promoção e reconhecimento da eficiência, entre outros, são estratégias não estruturais e eficientes da gestão dos recursos hídricos. O desafio maior, seja do lado da oferta ou da demanda, é sempre estimar da forma mais acurada possível essa efetividade dessas ações em termos de aumento da oferta ou diminuição da demanda pelo aumento da sua eficiência.

170. Nesse sentido, observa-se que a escolha do balanço hídrico como elemento chave na definição do ISH está muito associada à sua capacidade de ser sensível as políticas públicas voltadas para os recursos hídricos. Os resultados dessas políticas, se bem mensurados, recaem numa melhoria do nível de comprometimento hídrico a partir de uma atualização do balanço hídrico.

171. Devido a variações anuais inerentes a boa parte dos indicadores e variáveis que compõe o ISH, esse índice tem natureza dinâmica. Essas variações se dão por ordem natural, por exemplo variabilidade climática, ou antrópica, por exemplo mudanças nos preços das commodities que impactam no VAB municipal, ou mesmo a entrada de uma nova infraestrutura hídrica que amplie a oferta hídrica em determinada região. Essa característica dinâmica é fundamental no monitoramento de como está evoluindo a segurança hídrica no Brasil, independentemente se a fonte de variabilidade em determinado ano seja natural ou humana. Essa dinamicidade pode oferecer aos gestores de recursos hídricos gatilhos para que ações de contingência possam ser tomadas para fins de mitigação de uma situação mais crítica ou vulnerável de segurança hídrica em determinado momento e determinada região.

172. Por outro lado, uma das críticas que se faz ao ISH é justamente essa característica dinâmica. Para fins de aplicação do ISH em políticas públicas é desejável utilizar um ISH estático e que só fosse sensível às eventuais intervenções dessas políticas, no sentido de aferir a efetividade dessas ações no aumento da segurança hídrica. No entanto, essa aparente dificuldade pode ser contornada fixando um ISH de referência, e que, para fins de avaliação de políticas públicas, esse ISH fixo seja utilizado para valorar os benefícios advindos dessas políticas, sem prejuízo de continuar avaliando um ISH interanual. Inclusive dentro de uma estratégia de análise de cenários pode-se aferir se houve possíveis falhas e omissões em projetos ou mesmo qual seria a condição do ISH caso determinada política pública não tivesse sido realizada.

8 – FUTURA DIMENSÃO DE MUDANÇA CLIMÁTICA NO ISH

173. A inclusão de uma nova dimensão denominada "Mudança Climática" ao Índice de Segurança Hídrica (ISH) é um avanço necessário para considerar os impactos das mudanças climáticas no planejamento hídrico brasileiro. Essa proposta visa aprimorar o ISH atual ao trazer explicitamente a questão climática, reconhecendo a crescente importância das projeções

climáticas na tomada de decisões relacionadas aos recursos hídricos.

174. A nova dimensão partirá inicialmente como base metodológica a classificação desenvolvida pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) no âmbito do Plano Nacional de Adaptação (PNA). Essa classificação organiza o impacto potencial das mudanças climáticas nos recursos hídricos em quatro classes principais: Emergencial, Crítica, Alerta e Cautela, com base em critérios de magnitude e convergência das projeções climáticas futuras.

175. O critério de convergência adotado para definição das classes avalia o grau de consistência entre diferentes cenários climáticos projetados pelos modelos globais. Quanto maior a proporção dos cenários apontando para redução significativa na disponibilidade hídrica, maior será a classe atribuída e, conseqüentemente, maior será o nível de atenção demandado pelos gestores. Já o critério de magnitude considera o percentual médio da redução projetada na disponibilidade hídrica, escolhendo valores realistas e representativos do impacto médio esperado.

176. Inicialmente, optou-se por criar essa nova dimensão isoladamente, sem perturbar diretamente os indicadores das demais dimensões existentes (Humana, Econômica, Ecológica e de Resiliência). Essa escolha metodológica é fundamentada pela simplicidade operacional, permitindo realizar análises comparativas com e sem a influência da mudança climática. Além disso, essa abordagem evita complexidades adicionais na interpretação dos indicadores atuais, mantendo a clareza dos resultados originais do ISH e garantindo maior facilidade para gestores e formuladores de políticas públicas.

177. A decisão por uma dimensão separada facilita a aplicação prática e operacional do índice, já que permite avaliações distintas das condições atuais e futuras sob impacto das mudanças climáticas. Com isso, as equipes técnicas terão uma base robusta e comparativa que explicita claramente como o clima pode alterar o panorama hídrico de qualquer bacia hidrográfica ou região no Brasil, ajudando a direcionar melhor as estratégias de mitigação e adaptação necessárias.

178. A incorporação da dimensão climática no ISH representará uma inovação estratégica na gestão de recursos hídricos, assegurando que investimentos e decisões sejam avaliados através da lente climática. Isso proporcionará uma oportunidade concreta para que os investimentos em segurança hídrica sejam planejados considerando o cenário futuro, potencializando a resiliência climática dos sistemas hídricos no Brasil.

179. Adicionalmente, ao incluir explicitamente a questão climática no ISH, promove-se uma gestão hídrica mais justa e equitativa. Considerar os efeitos das mudanças climáticas significa reconhecer e abordar a vulnerabilidade das regiões e populações mais expostas aos impactos, contribuindo diretamente para a promoção da justiça climática no setor hídrico.

180. Por fim, essa nova dimensão não substitui as análises tradicionais do ISH, mas complementa-as com uma visão prospectiva essencial para uma gestão hídrica sustentável e adaptativa. Essa visão integrada e adaptativa posiciona o ISH como uma ferramenta ainda mais relevante e eficaz para enfrentar os desafios complexos impostos pelas mudanças climáticas, protegendo as populações atuais e futuras e garantindo segurança hídrica para todos os

brasileiros.

9 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

181. Ao nível global, as preocupações com Segurança Hídrica passaram a se manifestar com maior veemência neste século XXI. As quatro dimensões – humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência – do conceito de Segurança Hídrica definido pela ONU balizaram a elaboração do PNSH e representam um grande desafio a ser vencido pelo Brasil, país com características continentais e grandes diferenças inter-regionais, que se evidenciam em um território que abrange 8,5 milhões de km² e abriga uma população de mais de 200 milhões de habitantes.

182. Nesse contexto de crescimento das demandas hídricas, associado à incidência dos efeitos da mudança climática, é preciso contar com a oferta de água planejada racionalmente, para o momento atual e para o futuro, mediante a implantação de infraestrutura robusta, viabilizada financeiramente, mantida e operada adequadamente, além de estabelecer medidas para o uso consciente da água. A aplicação eficaz de instrumentos de gestão pode também promover a segurança hídrica, garantindo que as políticas sejam amplamente integradas e coordenadas a partir de diferentes iniciativas. Assim, a solução para os desafios hídricos não reside apenas na expansão da oferta, mas também em uma abordagem holística que abrange múltiplas estratégias.

183. Para enfrentar esse amplo desafio, o ISH, elaborado a partir de avaliação da Segurança Hídrica no Brasil em suas quatro dimensões, representa uma ferramenta estratégica para garantia da oferta de água e por conseguinte da própria segurança hídrica no Brasil. A municipalização do indicador representa um avanço importante ao facilitar a adaptação das políticas públicas pelos tomadores de decisão. Além disso, o ISH oferece diversos benefícios potenciais: permite monitorar a evolução da segurança hídrica, construir uma base de comparação ao longo do tempo e entre diferentes regiões para a implementação de políticas públicas, e direcionar investimentos para áreas mais críticas. Ele também possibilita testar os impactos em cada um dos parâmetros agregados no indicador, orientando a identificação das soluções mais eficazes para aprimorar a segurança hídrica.

184. A versão original do Índice de Segurança Hídrica compõe o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) e encontra-se disponível no sítio eletrônico: <https://pnsh.ana.gov.br/seguranca>. A versão municipalizada do índice, apresentada nesta nota técnica, pode ser acessada sob demanda a partir de correspondência eletrônica endereçada a ana.fioreze@ana.gov.br ou saulo.souza@ana.gov.br e estão disponíveis em arquivo excel (.xlsx) e shapefile (.shp). Futuramente, pretende-se disponibilizar os arquivos no portal de meta dados da ANA e em um portal específico com o emprego de painéis de visualização do tipo dashboard.

185. É importante destacar que o procedimento de municipalização do ISH, originalmente calculado no PNSH para os trechos da malha hídrica — e não para municípios, conforme descrito nesta nota técnica, foi uma iniciativa da Coordenação de Mudança

Climática/COMUC-ANA. O propósito dessa iniciativa é reinterpretar os resultados obtidos nas análises do indicador através de uma métrica que seja mais alinhada à gestão pública, facilitando assim a aplicação dos dados na formulação e implementação de políticas públicas em diversos níveis de governança: federal, estadual e municipal. Ressalta-se, portanto, que este procedimento ainda não está oficialmente homologado como um produto oficial do PNSH para o ISH.

186. É importante destacar que o ISH municipalizado apresentado nesta nota técnica não constitui uma atualização ou revisão metodológica dos índices originalmente publicados. Trata-se, na realidade, de uma releitura ou interpretação dos índices já existentes, tanto o ISH do Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH) quanto o Índice de Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano (ISH-U), adaptando-os para a escala municipal brasileira. As bases originais, metodologias e dados que compõem cada indicador permanecem inalteradas, assim como as datas de referência já estabelecidas nas respectivas publicações originais. Essa distinção é essencial para evitar interpretações equivocadas, esclarecendo que esta proposta não configura uma nova base de ISH, mas sim uma representação adaptada para subsidiar decisões no contexto específico dos municípios.

187. Para o futuro, a metodologia do ISH será reavaliada a fim de incorporar novos horizontes e dados mais recentes, assegurando que permaneça relevante e precisa. Além disso, pretende-se considerar a inclusão de riscos associados a diferentes cenários de mudança climática, ampliando a capacidade de adaptação e resposta e incorporando o componente de mudança climática ao índice. Essa evolução contínua da metodologia visa fortalecer ainda mais a segurança hídrica e garantir que as políticas públicas estejam sempre baseadas nas informações mais atualizadas e relevantes.

Atenciosamente,

(assinado eletronicamente)
SAULO AIRES DE SOUZA
Coordenador de Mudança do Clima

(assinado eletronicamente)
CÁSSIO GUILHERME RAMPINELLI
Analista de Infraestrutura

De acordo. Para a divulgação necessária e para a programação de futuras atualizações e de articulação para incorporar aos planos e políticas relevantes.

(assinado eletronicamente)
ANA PAULA FIOREZE
Superintendente de Estudos Hídricos e Socioeconômicos

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Brasil: Abastecimento Urbano de Água. Brasília: ANA, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Base Hidrográfica otocodificada – BHO2013. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuid=7bb15389-1016-4d5b-9480-5f1acdadd0f5>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Relatório de Segurança de Barragens - RSB. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/cadastros/barragens/RelatoriodeSegurancadeBarragens.aspx>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Irrigação. Brasília: ANA, 2017a. Disponível em: <http://atlasirrigacao.ana.gov.br/>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Esgotos - Despoluição de Bacias Hidrográficas. Brasília: ANA, 2017b. Disponível em: http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/ATLASESGOTOSDespoluicaoodeBaciasHidrograficasResumoExecutivo_livro.pdf

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Manual de usos consuntivos de água. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-deconteudos/central-depublicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Índice de Segurança Hídrica – ISH. Manual Metodológico. Versão 1.0 : ANA, 2020. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c349dc5a-0c01-4f14-9519-e3340fef2c66/attachments/Metodologia_ISH.pdf

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas Águas – Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano: ANA, 2021^a. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/1d27ae7adb7f4baeb224d5893cc21730>

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Nota Técnica SPR/ANA nº 46/2021 - Atualização da Dimensão Humana do ISH : ANA, 2021b. Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/c349dc5a-0c01-4f14-9519-e3340fef2c66/attachments/Nota%20Tecnica%2046_2021_SPR%20-%20Atualiza%C3%A7%C3%A3o%20ISH.pdf

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS e EMBRAPA Milho e Sorgo. Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil - 2. ed. - Brasília:

ANA & Embrapa, 2019. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-deconteudos/central-de-publicacoes/levantamento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-2019>

Agrolink – Portal Agrolink. Agrolink, 2017. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/cotacoes/>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico: IBGE, 2010. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censodemografico/demografico-2010/universo-caracteristicas-da-populacao-e-dosdomicilios-42->

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produto Interno Bruto dos Municípios: IBGE, 2016. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pibmunic/tabelas>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Regiões Rurais: IBGE, 2015. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-doterritorio/divisao-regional/15780-regioes-rurais.html?=&t=o-que-e>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa da Pecuária Municipal - PPM: IBGE, 2017a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9107-producao-da-pecuaria-municipal.html?edicao=22651&t=resultados>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Agrícola Municipal - PAM: IBGE, 2017b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-epermanentes.html?edicao=22566&t=resultados>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estimativa da População: IBGE,

2017c. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2017/serie_2001_2017_TCU.xls

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto: SNIS, 2017. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>

Agência Nacional de Águas e Embrapa Milho e Sorgo. Levantamento da agricultura irrigada por pivôs centrais no Brasil - 2. ed. - Brasília:

ANA & Embrapa, 2019. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-deconteudos/central-de-publicacoes/levantamento-da-agricultura-irrigada-por-pivos-centrais-201>



Documento assinado eletronicamente por **Saulo Aires de Souza**, **Coordenador de Mudanças Climáticas**, em 23/04/2025, às 12:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, caput, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Cássio Guilherme Rampinelli**, **Analista de Infraestrutura**, em 23/04/2025, às 13:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, caput, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Paula Fioreze**, **Superintendente de Estudos Hídricos e Socioeconômicos**, em 24/04/2025, às 11:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, caput, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ana.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0033378** e o código CRC **39BA1764**.